

УДК 59(081)
ББК 26я44
В35

Составитель
академик *Э.М. Галимов*

Вернадский В.И.

Собрание сочинений : в 24 т. / В.И. Вернадский ; под ред. академика Э.М. Галимова ; Ин-т геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского ; Комиссия РАН по разработке научного наследия академика В.И. Вернадского. – М. : Наука, 2013– . – ISBN 978-5-02-038093-6.

Т. 3. Опыт описательной минералогии (1914–1922) / науч. ред. и сост. академик Э.М. Галимов. – 2013. – 572 с. – ISBN 978-5-02-038096-7 (в пер.).

Предлагаемое Собрание сочинений в 24-х томах включает почти все научные работы В.И. Вернадского, тексты выступлений, дневники и основную часть его эпистолярного наследия. Основу настоящего издания составили тематические выпуски, публиковавшиеся в виде отдельных книг, начиная с 1992 г., в серии «Библиотека трудов академика В.И. Вернадского» Комиссией РАН по разработке научного наследия В.И. Вернадского. В собрание включены также избранные сочинения В.И. Вернадского в пяти томах, изданные Институтом геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (тогда АН СССР) в 1954–1960 гг., а также прижизненные и другие издания.

Третий том продолжает изложение капитального труда В.И. Вернадского “Опыт описательной минералогии”, начатое во втором томе настоящего издания. Эта часть, над которой В.И. Вернадский работал с 1914 по 1922 год, посвящена минералогии сернистых минералов и соединений.

ISBN 978-5-02-038093-6
ISBN 978-5-02-038096-7 (т. 3)

© Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Комиссия РАН по разработке научного наследия академика В.И. Вернадского, 2013
© Галимов Э.М., составитель, 2013
© Галимов Э.М., предисловие, 2013
© Редакционно-издательское оформление. Издательство «Наука», 2013

ПРЕДИСЛОВИЕ К ТРЕТЬЕМУ ТОМУ*

В третий том настоящего Собрания сочинений В.И. Вернадского включен второй том его капитального труда «Опыт описательной минералогии». Над вторым томом В.И. Вернадский работал с 1914 по 1922 год с дополнениями, делавшимися до 1924 года. Вторым том «Опыта описательной минералогии» В.И. Вернадский посвятил минералогии сернистых минералов и соединений.

Настоящий том собрания сочинений печатается по тексту тома III «Избранных сочинений» В.И. Вернадского, вышедших под редакцией А.П. Виноградова и Г.П. Барсанова в 1959 году. В него, как указывает редактор тома (Г.П. Барсанов) были включены помимо уже изданных в 1914 году разделов второго тома «Опыта описательной минералогии», части работы (описания сульфидов и селенидов), оставшихся в архиве В.И. Вернадского в виде не вполне законченной рукописи. В подготовке издания, помещенного в третьем томе «Избранных сочинений» В.И. Вернадского как указывают его редакторы, большую работу выполнили О.М. Шубникова и А.Д. Шаховская.

Как упоминалось в предисловии ко 2-ому тому настоящего собрания сочинений Комиссией по разработке научного наследия академика В.И. Вернадского в серии «Библиотека трудов академика В.И. Вернадского» (основана академиком А.Л. Яншиным) была выпущена книга «В.И. Вернадский. Труды по минералогии» (М.: Наука, 2002 г.) под редакцией профессора М.И. Новгородовой. Это издание включало в себя и содержание второго тома «Опыта описательной минералогии». Однако из него был исключен большой раздел (§ 32–140 «Избранных сочинений В.И. Вернадского») «в связи с тем, как отмечает во введении М.И. Новгородова, – что в них рассматривается сероводород, не являющийся минералом». Поэтому, несмотря на то, что в «Трудах» под редакцией М.И. Новгородовой текст излагается в более современном формате и сопровождается содер-

* См. общее предисловие к настоящему собранию сочинений В.И. Вернадского, первый том, с. 3–5.

жательной вводной статьей М.И. Новгородовой: «В.И. Вернадский – минералог», было отдано предпочтение в качестве основы для данного тома тексту третьего тома «Избранных сочинений В.И. Вернадского» 1959 года.

Третий том, также как и второй включает обширный список цитированной В.И. Вернадским литературы, который представляет сегодня отдельную библиографическую ценность.

В третий том включен также ряд отдельных статей В.И. Вернадского по минералогии.

Э.М. Галимов

ОПЫТ ОПИСАТЕЛЬНОЙ МИНЕРАЛОГИИ

Том II

СЕРНИСТЫЕ
И СЕЛЕНИСТЫЕ
СОЕДИНЕНИЯ

СЕРНИСТЫЕ И СЕЛЕНИСТЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Общие замечания

1. Химический состав сернистых и селенистых минералов. Среди природных соединений серы и селена находится очень много обычных руд тяжелых металлов, давно обративших на себя внимание, ибо они играют видную, главенствующую роль в природной химии серебра, свинца, цинка, ртути, кадмия, меди, отчасти железа, никеля, висмута, сурьмы, мышьяка. Поэтому вещества эти изучались очень давно, но долгое время их химическая природа не могла быть отличена от других, похожих на них, близких, а иногда даже далеких им соединений.

И сейчас в группе природных соединений серы должны быть отмечены два рода тел: одни, химическая природа которых довольно ясно понята и может быть истолкована с точки зрения наших современных знаний с большой полнотой – *производные сернистого водорода и селенистого водорода*, и другие (большой частью бедные селеном), химический характер которых возбуждает большие сомнения и едва ли может считаться установленным с точностью, сравнимой с нашими знаниями о первой группе.

Едва ли можно сомневаться, что эти последние, малоизвестные, минералы должны быть разделены на несколько классов соединений, химически различных. С одной стороны, здесь есть классы тел, богатых серой (*многосернистые соединения*), а с другой – более бедных серой, в которых на первое место выступают свойства других металлоидов – мышьяка, сурьмы, теллура и от которых даже есть переходы к соединениям этих элементов с металлами, не заключающими серы (производные арсинов, стиббинов и т.д.).

Весьма вероятно, что роль серы в разных природных телах различна и что в конце концов является наиболее правильным не соединять сернистые минералы в одну группу, а разделять их на несколько независимых отделов. По-видимому, мы имеем здесь дело по крайней мере с четырьмя очень отличными типами тел: 1) с производными H_2S , H_2Se , 2) с производными многосернистых водородов, 3) с производными арсинов, стиббинов и т.п. – H_3As , H_2As_2 и т.д., причем входящая в состав их сера играет совершенно иную роль, чем в первых двух группах минералов; наконец, 4) совершенно отдельно должны быть поставлены соединения теллура, заключающие серу. Если можно сомневаться в необходимости различать первые три группы, то отделение теллуристых соединений едва ли может вызывать большие возражения, ибо и в природе теллуристые тела, хотя бы и заключающие серу, представляют группу соединений, почти не связанную химическими реакциями с другими,

закрывающими серу, соединениями. Что же касается первых трех групп, то между второй и третьей группами есть переходы, не очень хорошо до сих пор объяснимые, а первая группа отделяется очень резко химически от второй и третьей, но в отношении генезиса мы имеем в природе ряд указаний на образование ее во время одних и тех же химических процессов.

2. В этом томе «Опыта» я остановлюсь только на первой группе сернистых тел – на производных сероводорода и селенистого водорода. Химическая природа их была узнана постепенно и медленно. Вначале, в связи с выработкой в науке учения о типах, около ста лет тому назад была замечена аналогия между H_2O (тип воды) и H_2S (тип сероводорода). Несколько позже установлена аналогия в химических свойствах H_2Se и H_2S , хотя далеко идти по этому пути едва ли позволяют научные данные. Во всяком случае, эти аналогии были первыми научными обобщениями, сделанными в этой области знаний¹; они впервые внесли в нее луч света. С тех пор, несмотря на отдельные частные возражения, не прекращавшиеся и до недавнего времени², они могут считаться прочным приобретением научного мышления в этой области знания.

По идее Берцелиуса³ сера, являясь, подобно кислороду, электроотрицательным элементом, способна с электроположительными элементами давать *сульфооснования*, а с электроотрицательными – *сульфиды* (аналогичные ангидридам). Сернистые основания, сульфооснования, соединяясь с сульфидами, дают *сульфосоли*, которые по химической формуле соответствуют таким кислородным солям, в которых кислород, атом за атом, замещен серой. Аналогично сере, той же самой способностью заменять кислород во всех подобного рода телах обладают еще *селен и теллур*. Берцелиус выделил эти четыре элемента – O, S, Se и Te, как *corpora amphogenia*, т.е. тела, способные, соединяясь с металлами, придавать их соединениям характер оснований и кислотных окислов⁴.

3. Основываясь на этих соображениях, Берцелиус выделил, как аналогичную кислородным телам, группу сернистых минералов, главным образом руд, которые давно уже были соединены вместе на основании внешних физических признаков, без всякого прямого отношения к химической формуле. Среди этих минералов Берцелиус нашел сульфобазы, сульфиды, сульфосоли, селенобазы, аналогичные теллуристые соединения. То, что в общих чертах теория Берцелиуса совпала с эмпирической классификацией минералогов, казалось, указывало, что выделение этих минералов в одну или в несколько близких групп было сделано в общем правильно.

Раньше эти минералы соединялись вместе на основании своего внешнего *вида* и некоторых, очень неглубоких, знаний об их химическом составе. Вместе в одну группу были соединены: 1) вещества с ясным внешним *металлическим обликом*, с характерным металлическим блеском, тяжелые, дающие цветную черту, на воздухе более или менее быстро изменяющиеся, нестой-

¹ Berzelius, 1821, с. 80 и сл.; 1826, с. 232.

² F. Beijerinck, 1898, с. 437, для халькопирита.

³ Berzelius. 1843, с. 183 и сл.

⁴ Впрочем, уже Берцелиус говорил: «Вообще можно сказать, что все электроотрицательные элементы обладают более или менее такой же способностью, но это выражено у них не так ясно, как у тех четырех веществ» [перевод с немецкого]. (Berzelius, 1843, с. 183–184).

кие и 2) легко выделяющие настоящий *металл* и потому служащие *рудами*. Согласно такому их характеру, эти минералы получили уже особые общие названия у минералогов XVI–XVIII столетий; так, уже в XVIII веке они были прочно соединены в группы блесков, колчеданов и т.д. Обобщение Берцелиуса в общем подтвердило это деление; оно внесло в него лишь поправки, заставило выделить отсюда несколько внесенных сюда, чуждых сернистым, кислородных минералов (например, Fe_2O_3 – *железный блеск*), но в то же время оно вызвало необходимость присоединить к этим телам группу минералов, уже и раньше смущавшую минералогов-эмпириков, так называемую группу *обманок*, которые не вполне подходили к данной выше характеристике: блеск их не вполне металлический, вес не так тяжел, черта иногда не цветная, металл иной раз выделяется трудно. Опять-таки и из обманок были выброшены Берцелиусом некоторые кислородные тела (роговая обманка) и только некоторые, как, например, цинковая обманка, марганцовая обманка, получили себе место в новой группе сернистых тел. Блески, колчеданы, обманки широко разрослись в первой половине XIX столетия и, по мере открытия новых минералов и лучшего изучения старых, служили проверкой гипотезы Берцелиуса. Наблюдавшиеся отклонения от нее долгое время могли объясняться малой изученностью природных тел, ибо в общем эта теория давала точное понятие о составе и свойствах данных минералов; а так как очень долго сложность состава и многочисленность входивших в их состав элементов не позволяли придавать многим из отнесенных сюда минералов точной стехиометрической формулы, то на отклонения от теории можно было смотреть спокойно, считать их результатом малой изученности этих минералов.

4. Вскоре, в первой же половине XIX столетия, другое открытие, сделанное Митчерлихом, – открытие *изоморфизма*, казалось, позволило окончательно разобраться в относящихся сюда соединениях и объяснить наблюдаемые противоречия с теорией Берцелиуса. Однако мы видим теперь, что оно было применено здесь неправильно и только надолго затормозило понимание химического состава и химических свойств изучаемых минералов.

Как раз к этому времени анализы, несомненно, привели к целому ряду соединений, которые никаким путем не могли быть сведены к простым или к сложным производным H_2S , H_2Se , H_2Te , как того требовала теория Берцелиуса. Это были частью очень богатые серой соединения, например столь обычный железный колчедан – FeS_2 , частью соединения, не содержащие серы, а содержащие, кроме металлов, мышьяк и сурьму, например: NiAs (никелин), CoAs_3 (скуттерудит) или Ag_3Sb (дискразит). Вскоре сюда же присоединилась небольшая – но в природе очень важная – группа тел, которая одновременно содержала металл, сурьму (или мышьяк) и серу, например NiSbS (ульманнит), арсенипирит (мышьяковый колчедан), и которая не могла быть сведена никакими гипотезами к сульфосолям, т.е. к типу H_2S . Ясно было, что во всяком случае в характере *сурьмы и мышьяка* есть какие-то особенности, которые не позволяют соединять их прямо с угаданной гением Берцелиуса группой химических соединений.

Выход из этого затруднения, казалось, и был найден применением учения об изоморфизме. Под влиянием Розе¹ упрочилось предположение об изомор-

¹ G. Rose, 1852, с. 46.

физме в некоторых случаях мышьяка и сурьмы с серой, например об изоморфизме таких соединений, как NiAs и NiS. В то же время многосернистые соединения типа FeS₂ выводились из H₂S, изменяя атомность железа, т.е. принимая существование четырехатомного железа – Fe^{IV}.

Этим путем, действительно, был введен некоторый порядок в эти соединения, и долгое время научная работа не выходила за пределы указанных обобщений. В конце концов допускались: 1) полный изоморфизм S, Se, Te, 2) изоморфизм в некоторых соединениях S, As, Sb и даже Bi, 3) способность некоторых элементов менять атомность¹.

5. Однако при всех таких допущениях все же наблюдаемые факты не отвечали теории. Теория обычно не давала никакого объяснения химическим реакциям данных тел и даже в значительном числе случаев не могла объяснить их химических формул.

Прежде всего представление об изоморфизме элементов S, As, Sb, Bi не находило никакой аналогии ни в одной другой группе химических соединений, кроме данной. Химический характер их всюду оказывался совершенно иным. И мало-помалу выяснилось, что предполагаемая близкая аналогия кристаллической формы может быть усмотрена с несомненностью лишь в некоторых структурах правильной системы, как, например, в принадлежности некоторых из данных тел (например: пирита – FeS₂, сперрилита – PtAs₂, ульманнита – NiSbS) к одному и тому же кристаллическому классу – к $3\lambda^2 4L^3 3Pc$. Очевидно, это так же мало служит доказательством аналогии в химической структуре этих тел, как мало указывает на химическое сходство существование двух разных веществ в жидком состоянии.

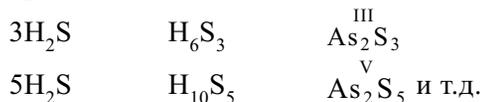
В конце концов выяснилось, что лучше всего оставить в стороне все эти соображения и что является более правильным отделить мышьяковистые, сурьмянистые и висмутистые металлы от сернистых металлов, отбросив предполагаемый изоморфизм таких металлических соединений, как RS^{II}, RAS^{II}, RSb^{II}, RBi^{II}.

Ибо, как известно, для мышьяка и сурьмы мы совершенно не имеем прочно установленных соединений типа R₂As^I и R₂Sb^I и те тела (как, например, NiAs), которые обычно приводятся как представители этого класса, могут быть так рассматриваемы лишь при предположении, что никель имеет в них двухатомный характер, на что у нас нет никаких данных. Как только мы придадим никелю форму Ni^{III}, принадлежность NiAs к типу H₂As^I отпадает, и придется рассматривать его как производное R₃As^I. Как известно, для сурьмы и мышьяка наиболее обычные водородистые и металлические соединения имеют именно эту структуру – H₃As, H₃Sb. Поэтому соединение мышьяковистых минералов в одну группу с сернистыми телами является недопустимым, и этого не делал, например, Берцелиус в своей классификации, опубликованной до открытия Митчерлиха². Однако, если таким образом довольно легко отделить чисто мышьяковистые и сурьмянистые металлические соединения

¹ Ср., например, *Groth*, 1904, с. 5, 16 и сл.

² *Berzelius*, 1847, с. 184 (статья 1824 г.).

от чисто сернистых, теллуристых и селенистых, то отделение таких тел, в которых вместе с металлами и серой находятся сурьма и мышьяк или висмут, представляет большие трудности. Дело в том, что мышьяк и его аналоги имеют в таких соединениях резко выраженный двойственный характер: с одной стороны, они замещают водород H_2S , т.е. являются производными сероводорода, аналогично сульфобазам и металлическим сульфидам, давая сульфиды, например As_2S_3 или As_2S_5 , т.е.



С другой стороны, они дают производные H_3As (аналогично H_3Sb), которые также способны соединяться с серой, давая своеобразные сложные тела, аналогичные соединениям аммиака с серой, например, так называемому сульфаммонiu. Надо отметить, что эти соединения мышьяка и сурьмы имеют наибольшую аналогию с соответствующими соединениями фосфора или азота, и с ними как раз необходимо сравнивать некоторые содержащие серу природные мышьяковистые и сурьмянистые минералы, не попадающие в разряд сульфосолей¹.

6. Все усилия исследователей в течение 80 лет, протекших после обобщения Берцелиуса, были направлены к тому, чтобы подвести соединения, содержащие металлы, S и As (соответственно Sb, Bi) к группе сульфосолей. Но в результате этой работы в конце концов образовался остаток, который не мог быть сведен ни к каким возможным сульфосолям, ни к каким производным H_2S . Это были соединения, богатые металлом, вроде арсенипирита (близкие к $FeAsS$), ульманнита ($NiSbS$) и т.п. Легко видеть, что их нельзя свести к соединениям типа H_2S , если не допустить возможности маловероятных основных соединений сульфида AsS . В то же время нельзя относить их и к двойным соединениям, например считать $NiSbS = NiSb_2 \cdot NiSb_2$ или $FeAsS = FeS \cdot FeAs_2$. Этому последнему противоречат реакции их распада при нагревании. К сожалению, такие реакции изучены мало, но все-таки можно видеть, что при этом по крайней мере часть серы уходит одновременно с As в виде AsS , аналогично тому, что наблюдается в сульфосолях. Надо думать, следовательно, что аналогично сульфосолям и в соединениях этих тел существует какая-то связь между атомами As и S. Но здесь эта связь более сложная. Так, например, по наблюдению Бертье², при прокаливании $CoAsS$ в атмосфере, лишенной кислорода, сперва летит AsS и остается тело, близкое к Co_2AsS , из которого может быть выгнана почти вся сера, и остается тело, близкое к Co_2As . Едва ли можно как-нибудь объяснить это явление при допущении существования здесь двойного соединения $CoAs_2CoS_2$ или какой-нибудь сульфосоли As_2S_2 . Но это явление станет более понятным при допущении здесь

¹ К сожалению вся группа соединений $\overset{I}{M}_3P$ или $\overset{I}{M}_3N$ очень мало изучена. Однако нельзя не отметить, что аналогично сульфаммонiu есть указание и на существование соединений $\overset{I}{K}_3N$ с серой, что K_3As и Na_3As дают соединение с NH_3 , аналогичное соединению $\overset{I}{M}_3As$ с серой. К сожалению, в этой области пока не только теория, но и опыт и наблюдения химиков не могут служить сколько-нибудь надежной путеводной нитью.

² Berthier, 1836, с. 116. Бертье делал эти опыты над рудой из Тунаберга, состав которой не вполне отвечал $CoAsS$.

соединений типа $H_n As_m$, в которых так или иначе присоединены, без связи с металлом, атомы серы, т.е. *продукта присоединения* типа $M_n As_m \cdot Sr^1$.

На сложную структуру этих тел указывают и другие реакции, например – одновременное выделение H_3As и H_2S при действии водорода на $FeAsS$ (арсенипирит). В последнее время работы Джоли² начинают вносить в эту темную область некоторый свет – путем изучения температуры возгонки составных частей при нагревании этих минералов. Для минералов, заключающих мышьяк в форме производных сероводорода, температура удаления As или AsS иная ($190-250^\circ$), чем для тел, содержащих RAs или $RAsS$ (около $430-520^\circ$). Однако и здесь есть некоторые осложнения, которые неясны и требуют еще дальнейшего исследования.

Конечно, здесь нет возможности останавливаться на выяснении структуры этих тел. Я надеюсь к этому вернуться позже, в другом месте «Опыта», в главе об арсинах, стибинах и их производных. Нам важно пока лишь отделить всю эту группу богатых металлом сульфмышьяковистых и сульфосурьмянистых тел от группы производных сероводорода. Эти сернистые тела обладают более сложной структурой, чем производные сероводорода.

7. Однако и в оставшейся группе металлических тел соединены вместе тела, отнюдь не отвечающие одной и той же химической структуре. Во-первых, отнесение в одну группу с производными серы и селена соединений *теллура* решительно не оправдывается фактами. Не говоря уже о том, что в природе неизвестны их изоморфные смеси, химическая аналогия, «изоморфизм», соединений теллура с серой и селеном вызывает справедливые сомнения³. В то же время и структура сложных теллуристых металлов чрезвычайно неясна, и при современном состоянии наших знаний они должны быть выделены отдельно от соединений S и Se , не говоря уже о соединениях As и Sb , с которыми они не имеют и отдаленного сходства. Роль серы, которая иногда присутствует в этих соединениях, неясна. Во всяком случае, соединение теллуристых минералов с сернистыми и селенистыми основывалось только на теоретических идеях Берцелиуса, давно уже оставленных наукой как отдаленное историческое воспоминание. Оно сохранилось как пережиток, не тронутый логикой исследователя.

8. Точно так же должны быть выделены отсюда и соединения, более богатые серой, чем те, которые отвечают H_2S . В природе это будут почти исключительно соединения Fe , Co , Ni , может быть Zn и Pb . Эти богатые серой соединения, играющие крупную роль в химических процессах Земли, по сво-

¹ Явление, может быть, еще более сложное. Так, по наблюдениям Лочки, при прокаливании арсенипирита в атмосфере CO_2 получился в остатке почти чистый FeS . Лочка объясняет это явление взаимодействием между $FeAs_2$ и выделяющейся серой. Несомненно, мы имеем здесь явление очень неясное, требующее дальнейшей работы, но во всяком случае никак не объяснимое при допущении изоморфного или иного соединения $FeAs_2$ и FeS_2 . Ср. *Loczka*, 1889, с. 42.

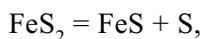
² *Joly*, 1913 (1), с. 241 и сл.; 1913 (2), с. 858 и сл.; 1914, с. 1.

³ *Retgers*, 1891, с. 70 и сл. Ср. *Ариуни*, 1893, с. 106,110. Работы Метцнера (*T. Metzner*, 1898, с. 203) и Пуже (*Pouget*, 1899, с. 565–571) вполне подтвердили этот вывод. Работы Пуже касаются как раз класса изучаемых здесь веществ. Барталь (*Bartal*, 1907, с. 347) считает необходимым соединить селенистые и теллуристые соединения и отделить их от сернистых. Его соображения любопытны. Ср. ниже, § 10.

им химическим и генетическим условиям очень отличны от тех соединений, которые мы соединяем вместе как производные сероводорода. В этом отношении есть известная аналогия их с богатыми металлом сернистыми соединениями (§ 6).

Мы должны отнести все эти тела к группе *полисернистых соединений*, к производным не сероводорода, а *многосернистых водородов*, главным образом H_2S_2 и H_2S_4 ¹. Если мы будем придерживаться аналогии с кислородными соединениями, надо признать, что тела этого рода аналогичны не воде, не окисям, а перекисям, и очевидно, таким образом, должны быть поставлены в совершенно особую группу тел, резко отличную от обычных сернистых соединений.

И действительно, эти тела обладают химическими свойствами, резко отличающими их от обычных сернистых соединений. Так, они чрезвычайно легко при простом нагревании теряют лишние атомы серы и переходят в обычные сернистые соединения, причем легко удаляемые атомы серы обладают особенно большой способностью давать соединения. Так, например, при нагревании идет реакция:



причем обычно в природе выделяющаяся сера окисляется, давая легко H_2SO_4 и ее соли (см. т. I, § 251²). Аналогичная реакция идет при окислении, для некоторых тел этого ряда, под влиянием воздуха при обыкновенной температуре, например при окислении *гауэриума*³. С другой стороны, эти тела никогда не образуются распадением сульфосолей, генетически с ними ни в природе, ни искусственным синтезом не связаны. Нет генетической связи их и с другими сернистыми минералами.

Здесь не место останавливаться на свойствах этих сернистых соединений и доказывать их принадлежность к совершенно иному типу соединений, чем обычные сернистые соединения. Это я сделаю в соответствующей части «Опыта», при рассмотрении свойств природных полисернистых соединений. Надо, однако, отметить, что очень многие исследователи придают этим телам другое химическое строение и не считают их производными многосернистых водородов. Нельзя отрицать, что в свойствах этих тел действительно есть много неясного и что многосернистые соединения металлов изучены очень плохо, однако все же благоразумнее отделить эти богатые серой тела от обычных сернистых соединений, так как у нас нет никаких наведений, которые связывали бы их друг с другом. Допущение существования в этом ряде тел четырехатомного железа (соответственно кобальта или никеля) несколько не подвинуло бы наши знания, ибо отнюдь не могло бы объяснить обособленного положения в природных химических реакциях этих колчеданов по сравнению с обычными сернистыми телами.

¹ Любопытно, что новые работы значительно упрощают наши прежние представления о структуре полисернистых водородов. Вместо прежних тел, вроде Na_2S_5 и т.д., новые работы указывают на существование в твердом виде только Na_2S_2 и Na_2S_4 . *Rùle a. Thomas*, 1914, с. 177 и сл. О маслообразных полисульфидах H_2S_2 и H_2S_3 см. *Waltona. Parsons*, 1921, с. 2539.

² [В первом издании т. I «Опыта описательной минералогии», § 282].

³ Характерны особые свойства этой серы, заметно летучей при обычных давлениях и температуре (*Beutell*, 1913, с. 767).

Несомненно, однако, есть некоторые данные, которые подходили бы к этому воззрению – такова аналогия железа с марганцем. Для марганца, MnS_2 вполне отвечает MnO_2 , и можно было бы думать, что ему аналогичны FeS_2 , CoS_2 и NiS_2 , отвечающие в таком случае H_2S . Большая устойчивость этих тел на земной поверхности при этом получила бы простое объяснение, ибо MnO_2 тоже очень устойчива в этих термодинамических условиях. Однако многие химические реакции едва ли допускают такое объяснение; так, например, при окислении FeS_2 получаются соединения закиси железа (FeSO_4), для объяснения чего потребовались бы вспомогательные, ничем не поддерживаемые гипотезы о неустойчивости кислородных соединений Fe^{IV} и т.д. Наконец, и прямые определения характера железа в пирите и марказите указывают на его состояние в закисной форме¹.

При таких условиях будет больше соответствовать нашему уровню знаний выделение многосернистых соединений в такую группу, принадлежность которой к производным H_2S не доказана, и отнесение их к производным полисернистых водородов.

9. Таким образом, в конце концов, у нас остаются минералы, которые могут считаться производными – простыми и сложными – H_2S или аналогично связанные с H_2Se . Однако и положение этих последних в данной группе далеко не является ясным. Дело в том, что селенистые металлы в сернистые металлы в природе не дают, вообще говоря, изоморфных смесей и обычно встречаются *отдельно*. Лишь две сульфобазы – серебряная (*агвиларит*) и ртутная (*онофрит*) – нередко получают формулу изоморфных смесей Ag_2S с Ag_2Se и HgS с HgSe , но весьма вероятно, что мы имеем и здесь дело с двойной солью² (§ 31). Однако все же здесь есть соединения, которые не позволяют резко отделять друг от друга природные производные H_2S от производных H_2Se , таковы, например, соединения висмута – висмутовые сульфид и селенид – Bi_2S_3 или Bi_2Se_3 . Они находятся в природе вместе, и состав отвечающих им минералов получает наиболее простое объяснение, как изоморфная смесь $\text{Bi}_2(\text{S}, \text{Se})_3$ (ср. § 31). Точно так же и в группе сложных соединений мы имеем метаселеновисмутистые соединения, которые приходится считать способными давать изоморфные смеси с метасульфовисмутистыми при природных условиях. Поэтому мы сохраняем в одной группе производные H_2S и H_2Se .

10. К тому же, согласно обобщению Берцелиуса, как для производных H_2Se , так и для аналогичных продуктов H_2S , мы имеем ряд фактов, доказывающих их полную аналогию по химической функции с кислородными солями. Так, например, нам известны разнообразные сложные промежуточные соединения – *окисернистые, окиселенистые и окисульфоселенистые*. Например, для AS_2O_5 – AS_2S_5 мы имеем ряд кислот и солей³:

¹ Phummer, 1911, с. 1487 и сл.

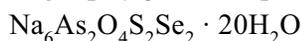
² Может быть, сюда должен быть отнесен *гвадалказарит*, однородность которого сомнительна.

³ Le Roy, Mc-Coy a. Foster, 1904, с. 452 и сл.

H_3AsO_4	мышьяковая кислота;
H_3AsO_3S	моносulфооксимышьяковая кислота;
$H_3AsO_2S_2$	дисулфооксимышьяковая кислота;
H_3AsOS_3	трисулфооксимышьяковая кислота;
H_3AsS_4	сульфомышьяковая кислота.

Соли всех этих кислот связаны взаимными переходами в реакциях синтеза; в зависимости от условий среды при этом могут получаться те или иные из относящихся сюда соединений. Некоторые из относящихся сюда кислот известны и в свободном состоянии. Известны также и аналогичные сложные ангидриды, например наблюдаемый и в природе Sb_2O_2 .

Еще менее изученные окиселенистые соединения тоже принадлежат к этому типу тел, например изученные Мессингером¹ кристаллические окисульфоселенистые соединения натрия:



или окиселенистая соль калия – $K_6As_2O_3Se_3 \cdot 10H_2O^2$.

К сожалению, мы все время здесь имеем дело с телами, чрезвычайно мало изученными. Соли соответственных кислот исследованы главным образом для щелочных металлов, отчасти для Mg, Ba, Sr, Ca. Для тяжелых металлов, сульфосоли которых мы наблюдаем в природе, они совершенно не изучены. Но все же, однако, существование этих кислот и соответственных им солей ясно доказывает аналогию строения кислородных, сернистых и селенистых³ тел, столь блестяще предположенную Берцелиусом.

Совершенно к тому же приводит существование сульфогалоидных соединений, ибо галоидные тела связаны с кислородом через посредство оксигалоидных; в них кислород может быть замещен серой или селеном без нарушения основной структуры тела.

Несомненно, однако, что о полном тождестве здесь не может быть и речи. Мы имеем здесь аналогию, которая, давая ряд совпадений, в то же время позволяет подмечать различия и этим путем определять химическую структуру соединений. Среди таких различий можно отметить несколько любопытных наведений. Во-первых, то, что функции некоторых оснований меняются в сторону большей основности при замене кислорода серой; так, например, ZnS иногда имеет ясно кислые свойства, тогда как у ZnO этот характер выражен много слабее. Еще резче это видно для Bi_2Se_3 по сравнению с Bi_2O_3 . Сернистый висмут (Bi_2S_3) и даже Bi_2Se_3 суть ясные кислотные ангидриды и соли их не менее устойчивы, чем соли Sb_2S_3 и As_2S_3 , между тем как соли

¹ *Messinger*, 1897, с. 797.

² *Clever u. Muthmann*, 1895, с. 124.

³ Барталь (*Bartal*, 1907, с. 347) указывает ряд соображений, заставляющих думать, что с химической точки зрения соединения Se и S должны быть разделены. Однако в селеносолях и сульфосолях, и по Барталю, различие между ними менее резкое, чем в галоидных или кислородных соединениях.

Bi_2O_3 и вообще окислов висмута весьма сомнительны или по крайней мере неустойчивы¹.

11. Классификация сернистых и селенистых природных соединений.

Итак, в конце концов, принимая во внимание все вышеуказанные соображения, можно, основываясь на химической структуре минералов, дать следующую *классификацию сернистых и селенистых природных соединений*, подлежащих изучению в этом томе «Опыта».

А. Бинарные соединения (Простые сернистые и селенистые соединения)

а) *Сульфокислоты*, например H_2S .

б) *Сульфиды и селениды* – имеют характер кислотных остатков, т.е. таких производных H_2S и H_2Se , сера и селен которых соответственно могут замещаться сульфоксилем (HS) или селеноксилем (HSe), водород коих способен, в свою очередь замещаясь металлами, давать сульфосоли или селеносоли. Сульфиды, соединяясь с сульфобазами, дают сульфосоли. Тела эти аналогичны кислородным бинарным ангидридам.

в) *Сульфобазы и селенобазы* – имеют характер основных остатков, т.е. таких производных H_2S и H_2Se , которые, присоединяясь к сульфидам (селенидам), дают сульфосоли (селеносоли). Эти тела аналогичны кислородным бинарным основаниям.

г) *Инертные сернистые тела*.

д) *Гидраты бинарных сернистых соединений*.

В. Тройные и более сложные сернистые соединения (Сложные сернистые соединения)²

а) *Сульфосоли* – аналогичны простым кислородным солям.

б) *Сложные сульфобазы* – аналогичны основным кислородным солям.

12. Природные сернистые и селенистые минералы не только представляют цельную и оригинальную группу с химической точки зрения. И в физическом отношении они обладают рядом свойств, им общих, ясно связанных с их своеобразной химической структурой, свойств, играющих видную роль в их истории в земной коре.

Чрезвычайно характерно для них, что при природных условиях они способны встречаться очень часто, а может быть и в известной стадии своей истории почти всегда – в двух состояниях: *коллоидальном и кристаллическом*. Вместе с тем для них только как исключение известны газообразные состояния (оставляя в стороне сероводород, стоящий вообще среди них особняком).

Коллоидальные состояния мы не раз наблюдали и среди элементов. Подобно тому как и там, здесь химический состав этих коллоидальных тел не ясен, и может быть мы имеем среди них лишь своеобразные гидрогели, кото-

¹ *Guthieru. Bünz*, 1906, с. 162 и сл.

² Существование в природе аналогичных селенистых тел сомнительно или ничтожно. Почти всегда они являются в виде небольших изоморфных подмесей. И включение представляет одна из мегаселеновисмутистых солей свинца.

рые могут существовать только в присутствии воды и давать иногда гидрозолы. Как бы то ни было, эти коллоидальные тела являются настолько характерными, что должны быть выделены в особые минеральные разновидности, причем мы, по-видимому, имеем здесь все переходы между безводными сернистыми телами (гелями) и богатыми водой гидрогелями (гидратами?).

Не менее характерен для природных сернистых тел и другой процесс – переход их коллоидальных разновидностей в разновидности кристаллические. Эти кристаллические разновидности еще более своеобразны. Ибо чрезвычайно характерную черту этих и ряда других близких групп, с которыми мы встретимся позже, в резком отличии от кислородных соединений, представляет их металлический вид¹. С ним связан ряд особых физических свойств, например, световых, тепловых, электрических или магнитных. В то самое время как оптические свойства этих минералов² сказываются на их морфологических особенностях, их электрические свойства ярко проявляются в условиях их образования в земной коре. Для металлических тел характерны две химические особенности: их соединения очень малочисленны и они никогда не дают растворов в электролитах, например не растворяются в воде.

Эти особенности тел металлического вида вызвали к жизни гипотезу о существовании особого металлического состояния вещества³. Много говорит за то, что в этой гипотезе есть зерно истины и что тела в металлическом состоянии обладают особой, резко отличной от других твердых тел, молекулярной структурой и, может быть, даже характером молекулы. Поэтому несомненно, что принадлежность всех минералов этой группы к телам, находящимся в металлическом состоянии, является важным признаком, который мы, может быть, еще недостаточно и оцениваем.

13. Поле химической устойчивости для сернистых и селенистых минералов. В группе природных металлических производных H_2S и H_2Se мы впервые встречаемся с химическими определенными соединениями, в отличие от свободных элементов, их растворов и сплавов, с которыми мы имели дело в I томе «Опыта».

Это отличие обуславливает очень характерные и важные особенности в условиях нахождения данных минералов в природе по сравнению с самородными элементами. В самородных элементах главными факторами, обуславливавшими их образование в земной коре, были: 1) *химические свойства* той среды, в которой выделялись данные тела, например – ее восстановительные или окислительные свойства, биохимический ее характер; 2) *химическое средство* самих химических элементов, главным образом трудность или невозможность образования определенных соединений при природных условиях, например для платины, золота, азота, гелия, благородных газов, и, наконец, 3) *химические свойства* в разных термодинамических оболочках земной коры тех определенных *соединений*, в которые входили химические элементы, например выпадение самородной меди при переходе ее сернистых

¹ Для кислородных тел это свойство или выражено очень слабо, или наблюдается в немногих группах тел – в некоторых окислах (Fe_2O_3), в титановокислых солях, так называемых вольфрамовых бронзах (о них *Engels*, 1903, с. 137 и сл.).

² «Металлический» вид этих тел вызван их огромной поглощательной способностью в красной части спектра (*Königsbergeru. Reichenheit*, 1905, с. 469).

³ *Nernst*, 1913, с. 436 и сл.

соединений в кислородные в наружной оболочке земной коры. Во всех этих случаях главным фактором образования и сохранения самородных элементов в земной коре были факторы химического характера; только иногда на первое место выступали факторы чисто физические, например – легкая изменяемость элементов при распылении (сера, углерод) или изменение температуры и давления, вызывающее разную устойчивость исходных минералов (в вышеприведенном примере самородной меди).

Наоборот, при изучении истории определенных химических соединений, их изоморфных смесей, их твердых растворов или еще более сложных систем с колеблющимися стехиометрическими отношениями, какие представляют собой обычно минералы, на первое место выступают не только химические, но и физические факторы. Ибо, в отличие от самородных элементов, химические их соединения имеют вполне очерченную и ограниченную область нахождения, независимую нередко от химических свойств среды, где они находятся, и определяемую только ее физическими условиями – главным образом температурой и давлением, в меньшей степени другими факторами, например поверхностным натяжением.

14. Для того чтобы ориентироваться в этих явлениях, удобно ввести в наши рассуждения представление о поле химической устойчивости какого-нибудь минерала или химического соединения. Мы будем называть *полем химической устойчивости минерала (или химического соединения) ту среду, в которой данный минерал или соединение может существовать без распада на другие соединения или на свои составные элементы.*

Эта среда определяется: 1) химическим своим характером и 2) физическими своими свойствами. Нет надобности останавливаться здесь на химическом характере среды, так как мы имели уже все время дело с этими изменениями при изучении самородных элементов. Ясно, например, что в среде, богатой или бедной свободным кислородом, поле устойчивости для таких легко окисляемых тел, как, например, CaS или FeS, будет различным. Гораздо важнее остановиться на физических ординатах поля химической устойчивости, так как здесь резко выступает на первое место различие данных минералов по сравнению с самородными элементами.

Лучше всего можно выяснить себе эти отличия на конкретном примере. Если мы имеем какое-нибудь тело *A* в химически инертной среде, например в безвоздушном пространстве или в атмосфере благородного газа, и будем изменять (повышать или понижать) температуру среды, то изменения, испытываемые телом *A*, будут иные в зависимости от того, будет ли тело *A* представлять собой самородный элемент или химическое соединение. В первом случае тело *A* испытывает только изменения, связанные с изменением состояния – переходом в жидкости, газы, разные кристаллические классы, или связанные с молекулярной дезагрегацией без изменения химического состава (например, для серы изменяется состав молекулы от S_8 до S_2). Во втором случае, *помимо всех этих изменений*, при определенной температуре резко изменяется химический состав тела и оно перестает существовать как таковое. Так, например, сложные сульфомышьяковые или сульфосурьмяные соединения уже при 200° в среде инертного газа теряют путем возгонки летучие части – AsS или Sb_2S_3 и переходят в другие тела; полисернистые тела при температуре в несколько сот градусов переходят в сернистые, теряя серу;

соединения, заключающие элементы воды (гидроксильные группы), легко их теряют и распадаются нередко при незначительном нагревании и т.д. В очень многих случаях эта температура разложения так низка, что данное тело не меняет своего физического состояния и существует как таковое только в одном и том же кристаллическом классе, не давая ни жидких, ни газообразных, ни других твердых состояний.

15. Ограничение поля химической устойчивости определенными рамками температур – существование *температуры разложения* – совершенно аналогично тому, что нам известно для других полей состояний, например для термодинамических полей физических состояний какого-нибудь тела. Все явления в пределах поля химической устойчивости в общем подчиняются законам разнородного равновесия, которые нам, в более простых случаях, известны довольно хорошо и по отношению к которым мы можем точно и безошибочно предвидеть некоторые общие условия, определяющие их вероятный или возможный характер. Одним из таких наиболее важных условий является *зависимость температуры разложения от давления*, совершенно аналогично тому, что наблюдается для температур плавления, кипения или полиморфного перехода. Такая зависимость изучена в относительно немногих случаях, однако нет никакого сомнения, что она наблюдается всегда и что для всякого химического соединения мы можем термодинамически определить поле его существования, т.е. определить изменение температуры разложения при давлении. Можно в общем (хотя есть и должны быть исключения, на причинах которых я не считаю возможным здесь останавливаться) утверждать, что температура разложения повышается при повышении давления и понижается при его уменьшении. Другими словами, при повышении давления поле устойчивости какого-нибудь соединения расширяется в области температур. Так, например, для сульфосурьмянистых солей поле устойчивости для давления земной поверхности (одной атмосферы) не доходит до 200° С, но эта температура, несомненно, сильно повышается для областей высокого давления, ибо мы имеем несомненные случаи их образования при температурах в 300–600° С (а может быть выше?), например в некоторых жилах, где давление достигало многих атмосфер.

16. Помимо влияния давления и температуры, область устойчивости природных соединений сильно меняется в зависимости от других факторов, которые, к сожалению, нам чрезвычайно трудно сейчас точно учесть, но проявление которых нам, однако, необходимо принимать во внимание при изучении природного поля устойчивости. По-видимому, это факторы, частью связанные с контактным воздействием других химических тел или влиянием масс, частью, может быть, факторы, обуславливаемые теми поверхностными силами, которые развиваются при соприкосновении разнородных твердых тел, или определяемые реакциями, идущими в коллоидальной среде; не исключена возможность влияния и электрических свойств, связанных с металлическим состоянием данного минерала.

Несомненно, мы не можем сейчас точно учесть все эти факторы. Приходится в этой неясной области идти главным образом эмпирическим путем. Явление это, несомненно, очень сложно, ибо разнообразные условия поля химической устойчивости для одних и тех же химических элементов резко отражаются на *составе* выделяемых их соединений. С большой очевиднос-

тью это сказывается в изучаемой группе соединений. Здесь в природных полях устойчивости, например для сульфосолей, обычно получают такие соединения, которым нет места, когда изучают их простое термодинамическое поле. Так, например, при изучении сплавов PbS и Sb_2S_3 или Ag_2S и Sb_2S_3 можно заметить – при обычном давлении – лишь две сульфосоли свинца или серебра, а в природе наблюдается их больше 10. Очевидно, природное поле их устойчивости обуславливается многими факторами, а температура и давление не играют решающей роли; те или иные сульфосоли образуются в зависимости от сочетания других условий.

17. Несомненно, здесь еще очень много сложного и неизвестного; однако сейчас уже многое может быть выяснено, исходя из химических свойств данных тел. Много данных накоплено эмпирически – тем исконным путем, который и при самом совершенном развитии теории всегда останется главным надежным источником нашего проникновения в неизвестное.

Прежде всего бросается в глаза, что поля устойчивости сернистых соединений очень невелики¹. Бинарные соединения устойчивы при низких температурах, при этом они иногда образуются уже непосредственно при соприкосновении серы и металла (например, $Hg + S$ или $Si + S$), или при взаимодействии H_2S с металлом или металлическим окислом. С этим связано легкое восстановление сульфатов при низкой температуре. При повышении температуры, особенно в присутствии кислорода, все эти бинарные соединения легко разлагаются. Очевидно, следовательно, область их природных полей устойчивости, благодаря таким их свойствам, чрезвычайно ограничивается. Характерно, что наряду с кислородом температура их разложения чрезвычайно понижается в присутствии других тел, наблюдаемых в земных условиях – H_2O , HCl , Cl . Выше других поле устойчивости для сероводорода (в отсутствии кислорода). Для тройных и более сложных сернистых соединений поля устойчивости еще меньше. Все сульфосоли и сложные сульфобазы, содержащие сурьму, мышьяк или висмут, не выдерживают температуры в 500° , а в присутствии кислорода или воды начинают разлагаться при температурах ниже 100° . Наиболее трудно окисляются при высокой температуре, по-видимому, только сульфожелезные соединения меди и некоторые немногие бинарные тела, как, например, сернистые соединения никеля или железа, выпадающие в реакциях магм.

К сожалению, влияние давления на эти поля устойчивости почти совершенно не изучено.

18. **Нахождение в природе сернистых и селенистых соединений.** В связи с характером полей химической устойчивости минералы группы сернистых и селенистых соединений обладают в земной коре очень определенной областью распространения. Они устойчивы и характерны в слоях Земли вне коры выветривания, там, где отсутствуют прямые воздействия атмосферы и гидросферы, т.е. где нет кислорода воздуха и разлагающих процессов, связанных с быстрыми колебаниями температур. В этих областях земной коры они выпадают как из магм, так и из водных растворов.

Граница между областью резкого разложения сернистых соединений и областью их устойчивости меняется в значительной степени в зависимо-

¹ Для селенистых, к сожалению, мы имеем очень недостаточное количество наблюдений. Поля их химической устойчивости еще более ограничены, чем поля устойчивости сернистых тел.

ти: 1) от глубины проникновения поверхностных вод, насыщенных кислородом, 2) от пористости поверхностных пород, позволяющих циркулировать водам и воздуху, и 3) от химического состава этих пород, т.е. от более или менее быстрого поглощения ими проникающих сверху богатых кислородом вод. Поэтому удобно назвать эту поверхность особым именем – *кислородной поверхностью* (т. I, § 14¹) и точно определять ее глубину. Определяя кислородную поверхность, мы тем самым определяем верхнюю границу области устойчивости сернистых соединений при обычной температуре. Но и ниже ее устойчивость сернистых соединений не очень велика, так как сернистые соединения разлагаются при высокой температуре. В магматической области едва ли они существуют, и металлы, соединенные ближе к поверхности с серой, должны там находиться в других формах – должно быть, соединены с галоидами или с кислородом.

Нижняя граница кислородной поверхности обычно не превышает немногих сотен метров.

19. Кислородная поверхность не остается неподвижной. Очевидно, уровень ее должен меняться под влиянием многих условий. Так, на нем отражаются изменения геологического характера, как, например, тектонические смещения земной коры или изменения уровней океанов. Не меньшие изменения должны в ней происходить и под влиянием времени не столь продолжительного, не геологического, а заметного уже исторически. Так, она должна углубляться под влиянием постепенного окисления соединений, находящихся на пути движения вод; свободный кислород в водном растворе этим путем будет проникать все глубже, по мере того как будут окислены встречаемые им на пути сернистые соединения. Наконец, резко отражается на ней и всякое изменение режима вод, следовательно – изменение физико-географических условий земной поверхности, например изменение колебания климата, характера осадков и т.д. В зависимости от всех таких перемещений кислородной поверхности происходит с течением времени перемещение и сернистых соединений. Выше ее они переходят в кислородные соединения (и элементы – см. т. I, § 19² и сл.), ниже ее кислородные тела и многие свободные элементы переходят в сернистые соединения.

На нижней границе кислородной поверхности лежит область преимущественного, усиленного выделения сернистых соединений – *область сернистого обогащения*. На значение ее обратили, кажется, должное внимание в последнее время почти одновременно американские ученые Эммонс, Уид, Ван Хайз, хотя, несомненно, и раньше находятся отдельные указания на ее существование, не придававшие ей общего характера³. Впервые значение таких процессов в природе было, кажется, подчеркнуто Леконтом⁴. Этот пояс сернистого обогащения образуется в общих чертах вследствие того, что воды, содержащие в растворе тяжелые сернистые металлы (должно быть,

¹ [В первом издании § 47].

² [В первом издании § 52].

³ Penrose, 1894, с. 309. L. de Launay, 1897, с. 221; 1913, с. 324 и сл. Pošepny, 1894, с. 332. Weed, 1900, с. 179; 1901, с. 424–425. Van Hise, 1901, с. 91. S.F. Emmons, 1901, с. 177. Ransome, 1910, с. 205 и сл. W.H. Emmons, 1913 (Bull. U. S. Geol. Surv. № 529) (сведена только американская литература).

⁴ Le Conte, 1883, с. 4.

всегда одновременно с сернистыми щелочами) и не заключающие в себе кислорода, поднимающиеся снизу, встречаются с водами, спускающимися сверху, содержащими как кислород, так и другие, не известные в поднимающихся водах вещества, например металлические сульфаты. На месте встречи этих различных растворов происходит выпадение тяжелых сернистых металлов, может быть, в связи с контактной ролью разнообразных природных тел. Главнейшими осадителями сернистых соединений являются соединения железа, органические вещества и т.д. Характер растворов, поднимающихся снизу и, по-видимому, несущих тяжелые металлы, неясен. Несомненно, мы не имеем здесь дела с обычными водными растворами сернистых металлов, например PbS или Ag_2S , тел металлического характера; мы знаем, что характерным признаком металлического состояния вещества является его нерастворимость в электролитах. Следовательно (§ 12), сернистые тяжелые металлы не должны были бы растворяться в воде (путем гидролиза). Однако для сернистых минералов характерна не только их принадлежность к металлам, но и их способность давать коллоидальные разности, которые обычно дают гидрозолы, особенно в большом количестве воды. Очень возможно, что сернистые металлы и приносятся снизу в виде разведенных коллоидальных растворов. Возможно, однако, что тяжелые металлы приносятся сверху в виде кислородных солей (например $ZnSO_4$) и выпадают в виде сернистых тел при взаимодействии двух разных растворов на границе кислородной поверхности¹.

Нет никакого сомнения, что характер так называемых водных растворов сернистых металлов еще более сложен², так как опыты указывают, что их растворение связано, например, с содержанием в воде свободного (растворенного) кислорода или сернистых щелочей. Надо думать, что мы имеем здесь дело с сложной системой химических равновесий, резко отличающейся от обычных водных растворов солей. К тому же в образовании этих тел в природе могущественную роль играют неизученные явления природного электролиза.

Выше кислородной поверхности сернистые соединения образуются при исключительных, специальных условиях, главным образом в биохимических процессах земной коры, при выделении энергии, связанной с изменением органического вещества. Значительно реже они выпадают в восстановительных поверхностных средах, не связанных прямо с организмами (например, при вулканических процессах).

Ниже кислородной поверхности кислородные соединения металлов образуются только при недостатке серы в данном участке земной коры. Так как количество серы во много раз меньше кислорода на земном шаре, то всегда имеются налицо условия существования кислородных тел и в более глубоких участках земной коры, где бы их не было при избытке серы. Но в этой области, с одной стороны, сернистые тела выделяются раньше кислородных, а с другой – элементы, наиболее жадно соединяющиеся с серой, обычно не дают кислородных соединений.

¹ Tolman, 1913, с. 180. Это область «сажистых» руд – Пилипенко, 1915, с. 665, 676.

² Ср., впрочем, Weigel, 1907, с. 293; 1906, с. 525. W.H. Emmons, 1913, с. 56.

20. В общей химии земной коры сернистые соединения являются резко характерными для некоторых из химических элементов. Очень редки элементы, которые встречаются в природе исключительно в соединениях этой группы, таковы – Ge, In (?), почти исключительно Se, Hg¹. Даже при распадении этих веществ при столь общем и обычном переходе их в кислородные, иногда в галоидные или оксигалоидные (для ртути) соединения, связь между серой и этими элементами, по-видимому, не вполне порывается, а следы серы удерживаются в получаемом твердом продукте.

Еще резче выступает роль этой группы в земной коре, если мы примем во внимание *первоначальное* выделение химических элементов, т.е. химическую форму тех минералов, из которых происходят все остальные известные природные их соединения. Тогда мы увидим, что в природе группа сернистых соединений всегда первична для Zn, Ga (?), Ge, As, Se, Mo, Ag, Cd, In, Sb, Hg, Tl, Pb, Bi и чрезвычайно часта для Co, Ni, Cu, может быть Mn. Как из расплавленных магм, так и из продуктов их возгонки и переработки горячими водами выпадают в природе для этих элементов только сернистые минералы.

Как было уже указано, есть элементы, для которых характерно свободное самородное состояние (т. I, § 18²). Некоторые из них, встречаясь обычно в самородном виде, если и дают соединения, то только в группе сернистых и мышьяковистых тел, – таковы Pt, Os, Ru. Другие, как Au, Pd, Ir, Rh, вероятно, дают аналогичные соединения в земных глубинах.

Наконец, есть огромное количество элементов, которые в природных реакциях никогда не попадают в минералы этой группы и целиком или почти целиком дают в земных условиях минералы, принадлежащие к другим типам соединений. Это наблюдается даже ниже кислородной поверхности, в более глубоких частях земной коры, где сера более химически активна, чем кислород. Таковы – Li, Be, B, C, N, F, Al, Si, P, Cl, Sc, Ti, Br, Rb, Cs, Y, Zr, Nb, J, La, Ce, Yb, Ta, W, Th, U, Gd, Ho, Dy, Eu, Lu, Nd, Pr, Sm, Tb, Tu, Er. Элементы Na, K, Mg, Ca, Sr, Ba, Pd дают в земных условиях сернистые тела редко³.

21. В общем, изучая распределение элементов с этой точки зрения, нельзя не обратить внимание на резкое различие между *отношением элемента к кислороду и к сере* в земных условиях. Можно сказать, что это различие является одним из наиболее характерных геохимических явлений земной коры.

¹ Очень может быть, что таких элементов нет. Линчио (*Lincio*, 1904, с. 149) думал, что германий наблюдается только в сульфосолях. Это опровергнуто впервые Юрбеном для цинковых обманок (*Urbain*, 1909, с. 602). Нахождение его в осадках источников (*Bardet*, 1913, с. 225), может быть, указывает на существование кислородных соединений.

² [В первом издании § 51].

³ Любопытна попытка Карнелли (*Carnelly*, 1884, (1), с. 198 и сл., также 1884 (2), с. 2290) связать эти свойства элементов с периодической их закономерностью. Карнелли отметил, что элементы нечетных рядов чрезвычайно часто дают соединения этого типа, а четных – никогда. Это верно только в самых грубых чертах, если оставить в стороне VIII ряд (Fe, Co, Ni). Однако и здесь есть исключение: четные Mn, Mo дают устойчивые сернистые соединения; для Mo это самое обычное тело в природе. Четные Ca, Ba дают сернистые тела изредка. Нечетные элементы III ряда (Al, Si и т.д.) не дают сернистых тел и точно то же Br, J, Au и т.п. Явление слишком сложное, чтобы его можно было включить в такие простые рамки.

Можно расположить элементы в ясные ряды с этой точки зрения. Таковы:

- I. Элементы, известные в земной коре только в соединении с серой и не известные в соединении с кислородом Ga, Ge, In (?) и почти только Hg, Se.
- II. Элементы, не известные в соединении с кислородом, соединенные как с серой, так и наблюдаемые без нее, но для которых сернистые соединения не часты Os, Pt, Ru, Te(?).
- III. Элементы, для которых сернистые соединения первичны, а кислородные, если есть, всегда вторичны Ag, As, Bi, Cd, Mo, Pb, Sb, Zn (?).
- IV. Элементы, для которых известны также и первичные кислородные соединения, причем для обозначенных звездочкой преобладают первичные сернистые C, *Co, *Cu, Fe, H, Mn, *Ni, Sn, *Tl, V.
- V. Элементы, для которых сернистые соединения, если есть, вторичны, а кислородные первичны Ba, Ca, K, Li, Mg, Na, P, Sr, Si ?¹.
- VI. Элементы, для которых никогда не наблюдаются сернистые соединения Al, B, Be, Br, C, Ce, Cl, Cr, Cs, Dy, Er, Eu, F, Gd, Ho, J, La, Li, Lu, N, Nb, Nd, P, Pr, Rb, Sc, Si, Sm, Ta, Tb, Th, Ti, Tu, Zr, W², U, Y, Yb.

Некоторые из этих последних тел могут, конечно, входить в сложные тела, заключающие серу в комплексных группах (например алюмосиликаты, вроде ультрамарина), но эти сложные тела, очевидно, к сернистым отнесены быть не могут.

Один взгляд на эти ряды достаточен, чтобы уяснить себе химическое значение, какое имеет в геохимии кислородная поверхность земной коры.

22. До известной только степени можно исчислить *количество сернистых тел в земной коре*. Если обратить внимание на те химические элементы, которые входят в соответствующие минералы, то оказывается, что только один из них – железо – находится в значительном количестве, тогда как все другие попадают в количествах ничтожных. В самом деле, если мы обратим внимание на эти элементы, то окажется, что количество большинства из них в земной коре не может быть даже исчислено с достаточной точностью. Надо думать (ср. т. I, § 15³), что для Tl, Ge, Ga, In, Hg, Se, Te, Zn, As, Mo, Ag, Cd, Sb, Pb, Bi, Си мы имеем числа, которые меньше, чем 0,0001% для каждого, для многих меньше 0,00001% и даже меньше 0,000001%. Все вместе эти элементы не дадут и 0,001% по весу земной коры. Только Fe, Ni и Co встречаются в более заметных количествах и могут быть исчислены с большей точностью. Мы имеем: для Fe 4,2%, Ni 0,01% и Co 0,001%, Mn 0,09%. Однако и здесь для Fe, Mn и Ni только часть, и не очень большая (для Fe и Mn), их наиболее

¹ Любопытны опыты Готье (Gautier, 1906, с. 351 и сл.), допускаявшего образование сульфокремнеземных и сульфоалюминевых соединений в земных недрах.

² [Известен минерал тунгстенит WS₂, но состав его точно не установлен].

³ [В первом издании § 48].

распространенных продуктов относится к сернистым соединениям. Мы едва ли, однако, ошибемся, если признаем, что главная часть по весу сернистых соединений относится все-таки к соединениям этих четырех элементов – Fe, Mn, Ni и Co, к которым, может быть, надо еще причислить Pb, Cu, As, Sb, Bi и Zn.

Количество всех сернистых соединений этих металлов может быть определено по сере. Количество всей серы, как в виде сернистых тел и в свободном состоянии, так и в виде кислородных соединений, определяется до 0,06%¹ веса земной коры; это число в массивных породах (где находятся одни сернистые ее соединения) подымается до 0,11%, тогда как в осадочных и в гидросфере количество серы уменьшается (в гидросфере 0,09%, в осадочных 0–0,9% в виде сернистых и 0,02–0,31% в виде сульфатов). В общем, если признать цифру 0,06% для сернистых тел и принять средний процент серы в наиболее обычных соединениях (многосернистых соединений Fe и то же самое для близких по атомному весу Co, Ni, Mn) равным около 50% S (от 49 до 53%), мы получим, что все сернистые соединения металлов, простые и сложные, составляют максимум около 0,15% по весу земной коры и едва ли превышают 0,2%.

Эти числа дают нам вехи, по которым мы должны оценивать все рассуждения о химическом значении рассматриваемой группы соединений, к которой относятся около 200 минералов и к которой принадлежат главные руды, дающие человечеству металлы².

¹ Взято минимальное число Кларка (*Clarke*, 1904, с. 19 и 21). Если принять большее число, мною введенное, – 0,1%, результаты изменятся очень незначительно – 0,2–0,25%. Новое число Кларка (1920) для серы – 0,11%.

² Подобно тому, как это наблюдалось для металлов (т. I, § 53, в первом издании § 86), и для сернистых тел допускалось обогащение ими в глубоких слоях земного шара. Я уже указывал (т. I, § 242; в первом издании § 273) на старинные предположения XVIII века в связи с ролью серы. Однако и в более новое время допускалось обогащение земного ядра сернистыми телами. См. *Breithaupt*, 1849, с. 117. Реальных оснований для этого нет.

ПРОСТЫЕ (БИНАРНЫЕ) СЕРНИСТЫЕ И СЕЛЕНИСТЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Вводные замечания

23. Химические свойства. Простые – бинарные – сернистые и селенистые соединения (§ 11) не представляют однородной группы. Они резко распадаются в природе на три, а может быть и четыре отдела: сероводород (соответственно селеноводород), сульфиды (соответственно селениды), сульфобазы (соответственно селенобазы), гидрогели сернистых тел.

Соединение серы с водородом – *сероводород* (и его аналог селенистый водород) необходимо выделить отдельно, ибо он с химической точки зрения стоит особняком и все другие сернистые минералы могут быть рассматриваемы как его производные, его соли. Являясь «солями» H_2S и H_2Se , эти последние вполне аналогичны окисям, которые тоже можно рассматривать как соли H_2O ¹.

Гораздо важнее, с точки зрения природных реакций, те химические функции, которыми могут обладать эти соединения: они являются, как уже указано, частью основаниями, частью кислотными остатками (§ 11) и способны, соединяясь вместе, давать *сульфосоли и селеносоли*. Основной или кислотный характер сернистых и селенистых металлов выражен различно в тесной связи с положением металла в периодической системе элементов, и некоторые из этих тел имеют промежуточный, неопределенный химический характер. Как известно, то же самое наблюдается и для кислородных соединений.

Мы будем называть *сульфобазами* (соответственно *селенобазами*) те металлические сернистые соединения, которые обладают более или менее ясным характером оснований и которые, входя в сульфосоли, дают группы (MS) , (MS_2) и т.д. Металл, дающий сульфобазу (соответственно селенобазу), способен замещать водород сульфоксильных (соответственно селеноксильных) остатков. В природе, считая и такие сульфобазы, которые наблюдаются только

¹ Как это ни странно, но химический характер H_2S до сих пор не ясен. В водных растворах это, несомненно, кислота, но причина этого не ясна, так как совершенно сухой H_2S обладает особыми свойствами и является сульфоангидридом, не способным действовать на многие соли и окислы, на которые он действует в присутствии воды (см. *Hughes*, 1892, с. 475). Томсен, на основании термодинамических данных, считал H_2S за одноосновную кислоту $II \cdot HS$, что, однако, совсем не отвечает его химическим свойствам. По мнению Брунера (*Bruner*, 1913, с. 861), в пределах 6-й группы Менделеевской системы кислотный характер водородистых соединений увеличивается с атомным весом, т.е. соответственно в порядке кислотности имеем: H_2S , H_2Se , H_2Te .

в изоморфных подмесьях, мы имеем их для следующих металлов¹: H, Pb, Ag, Cu, Zn, Tl, Cu, Fe, Ni, Co, In?, Ga?, Hg, Cd, Mn, Ca, Ba, Ru, Sn, Mg, Na, K.

Из них только 13 дают твердые соединения, в которых сульфобазы господствуют. Это будут: H, Pb, Ag, Cu, Zn, Fe, Ni, Hg, Cd, Mn, Ca, Ba, Co.

Еще меньше элементов дают *селенооснования*. Такие наблюдались в природе только для Cu, Ag, Hg, Pb(?), Co, Tl.

Среди этих оснований есть некоторые из группы цинковой обманки, как, например, CuS и, может быть, ZnS, имеющие, по-видимому, промежуточный характер². Для селенооснований селеносоли в природе не известны (может быть, впрочем, наблюдаются в ничтожных изоморфных подмесьях?).

24. Еще менее тел наблюдается в свободном виде, в виде кислотных металлических производных H₂S и H₂Se, так называемых *сульфидов* (соответственно *селенидов*). Это будут металлы: As, As, Sb, Bi, Mo, Ru, V (?). При этом далеко не все из них могут давать соли; ни As₂S₂, ни MoS₂, RuS₂, VS₄ сульфосолей в природе не дают³. Для Se селениды известны только для висмута, причем Bi₂Se₃ известен как в чистом состоянии, так и в смесьях с Bi₂S₃.

Весьма обычны *соединения сульфобаз и селенобаз*, и, может быть, мы имеем здесь случай *двойных соединений*, но природа этих тел до сих пор не выяснена.

25. Наконец, отдельно должны быть поставлены очень нестойкие соединения данных тел – сульфидов и сульфобаз с водой, в виде гидратов или гидрогелей. К сожалению, природа этих тел до сих пор является совершенно загадочной, а между тем, едва ли можно сомневаться в той роли, какую они играют в химических процессах земной поверхности. Мы не знаем, как в них соединена вода, однако генетически эти тела всегда связаны с сернистыми телами и иногда их нельзя отличить от тех коллоидальных их форм (§ 12), какие получают из водных растворов и представляют или гели, связанные переходами с гидрогелями (например разности ZnS), или особые полиморфные разности ближе не определенной кристаллической структуры (аморфные). Уже поэтому с минералогической точки зрения природные тела этого рода должны быть присоединены к этой группе минералов, причем в принятой классификации все гели отнесены непосредственно в группы сульфидов или сульфобаз, а гидрогели, связанные нередко с ними переходами, выделены отдельно. Может быть, такое деление, принятое из-за внешнего удобства, может иметь и реальное основание, ибо возможно, что при переходе гидрогелей в гели (с потерей воды) получается полиморфная разность, обычно для данного соединения неустойчивая и при наших термодинамических условиях не существующая.

Весьма возможно, что помимо гидрогелей существуют еще аналогичные соединения, в которых газы (кислород) играют роль воды. Таковы некоторые продукты окисления при высокой температуре, например для As₂S₂. Возможно также, что и образование гидрогелей связано с химическим изменением сернистого тела в присутствии кислорода. Но эта область процессов так мало изучена, что пока должна быть оставлена в стороне, а относящиеся сюда при-

¹ Приходится считать отдельно металлические элементы разной валентности, например две разности меди или железа и т.д.

² Некоторые реакции CuS заставляют считать ее слабым ангидридом. См. *Schneider*, 1869, с. 314–315, 136, 466. Для ZnS см. *Schneider*, 1873, с. 386 и сл.

³ Искусственные их сульфосоли известны, но мало стойки.

родные тела должны найти себе место, как промежуточная группа между сернистыми и кислородными соединениями (т. 1, § 8).

26. Распространение в земной коре. Указанные выше соединения – главным образом сернистые – с химической точки зрения распадаются довольно резко на две группы: 1) на соединения, в общем очень неустойчивые на земной поверхности, как, например, H_2S , CaS , BaS , As_2S_2 , гидрогели и т.д., и 2) на соединения, неустойчивость которых не выражена столь резко и которые в общем могут сохраняться при обычных земных условиях неизменными неопределенно долгое время.

Таковы сульфиды и сульфобазы – соединения Pb , Ag , Cu , Zn , Fe , Ni , Hg , Cd , Mn , As , Sb , Bi . Все это элементы, которые жадно соединяются с серой; они более или менее легко в ней загораются (особенно Mn , Pb , Ni , при более высокой температуре – Cu , Ag , Fe), многие покрываются при обычной температуре, при действии H_2S , пленкой сернистого металла¹. Если мы обратим внимание на теплоты соединения их с серой, то увидим их в первых местах металлов. Непосредственно давлением их порошков с порошком серы легко происходит их соединение (например, Zn соединяется при этих условиях с серой со взрывом). Очевидно, при таком сродстве этих металлов к сере неудивительно, что их сернистые соединения легко образуются в земной коре, когда появляются для этого удобные обстоятельства.

27. Минералы этой группы являются характерными рудами и для некоторых элементов представляют *главную форму их нахождения в природе, именно для Zn , Cd , Hg , Pb* , отчасти для Ni . Для других элементов – Fe , Cu , Ag , не играя такой исключительной роли в земной химии этих элементов, они в то же время довольно обычны и распространены.

Тела эти в природе главным образом выделяются из водных растворов и наиболее характерны для жильных местностей, т.е. выделяются в более или менее отдаленной генетической связи с процессами застывания магматических пород. Необходимо подчеркнуть еще раз, что характер их водных растворов неясен и отличен от обычных растворов гидролитического типа.

Такой способ нахождения является наиболее обычным для большинства соединений Ni , Hg , Zn , очень част для Pb , Fe , Ag , Cu ; однако те же самые минералы могут выделяться и из холодных водных растворов вне отношения к магматическим процессам, в связи с условиями, господствующими на поверхности земной коры; таковы разнообразные месторождения соединений Cu , Fe , Pb , Zn , Ni .

В тесной связи с таким их нахождением стоит их образование путем разрушения сульфосолей; таково выделение соединений Ag , Cu , иногда Pb , Fe , Hg . Это выделение указывает на легкую подвижность данных соединений в водных растворах и вызывает нередко вторичное выделение их (или обогащение ими) в жилах.

В то же самое время очень многие из них являются непосредственными продуктами, выпадающими из магм. Наблюдения над шлаками и непосредственные опыты давно указали², что сульфобазы легко растворяются в расплав-

¹ Однако одни эти чисто химические их свойства недостаточны для объяснения нахождения в природе сернистых соединений; например Mg , Al , Na и т.д. в лаборатории легко и жадно соединяются с серой, но в природе обычно дают не сернистые, а кислородные соединения.

² Fouqué et Michel-Lévy, 1884 (pass.).

ленной силикатовой магме и выделяются оттуда в кристаллах; не предвещая вопроса о том, выпадают ли они из раствора магмы (путем так называемой ее дифференциации), или образуются более сложным путем при действии газов и паров, заключенных в магме, можно только отметить, что такой генезис очень часто наблюдается для сернистых соединений Fe, нередко сопровождаемых Ni; для других тел, для которых он указывался – Zn, Pb, он никогда не достигает в земной коре значительных размеров.

Наконец, и еще один общий процесс образования этих минералов – *выделение их в связи с жизнедеятельностью организмов* – не может быть оставлен без внимания. Этот процесс имеет крупное значение в природе, так как организмы являются на земной поверхности носителями энергии, поглощенной ими от солнца и приведенной в химически активное состояние. Металлы, образующие сернистые минералы, за исключением железа и, может быть, меди¹, не входят в состав организмов и даже представляют для них так или иначе вредные яды. Поэтому прямым разложением организмов могли бы образоваться только соединения железа и меди. Но железо при этих условиях обычно дает соединения иного класса, полисернистые, главным образом FeS₂. Однако все же весьма вероятно, что непосредственно с изменением организмов связаны некоторые из отложений сернистых железных и медных руд. Но этим значение организмов не исчерпывается, ибо гораздо более, чем сами живые организмы, являются фактором, могущественно влияющим на ход химических реакций на земной поверхности, продукты их разложения, гниющие органические вещества. Они чрезвычайно часто вызывают образование сернистых соединений Zn, Pb, Fe, Ag и т.д. Очень вероятно, что вообще сернистые соединения не образуются на земной поверхности, даже в верхних частях жил, без участия органических веществ, отдающих, в конце концов, на их создание энергию солнца, собранную при жизни организмами.

28. Итак, все химические реакции образования данных тел указывают на то, что потребны *особые условия* (магмы и связанные с ними жилы или живые организованные тела) для того, чтобы вызвать в земной коре их образование. На земной поверхности, как только меняются эти способствовавшие их образованию условия, сернистые минералы разлагаются; главными факторами этого вторичного разложения являются вода, кислород воздуха и опять-таки организмы.

Разложение сернистых соединений на земной поверхности является одной из наиболее характерных химических реакций земной коры. Непосредственным и первым ее результатом будет распадение их на составные элементы; мы видели, что этим путем могут образовываться свободные элементы – Fe, S, As, Sb, Bi, Cu, Ag, Pb, Zn, Hg, S. Но самородные элементы обычно являются только посредствующими продуктами, так как большинство их (особенно Pb, Zn, также Cu, As, Sb, Bi, S) более или менее быстро переходит в кислородные (иногда галогидные, например серебро или ртуть) соединения. Для некоторых элементов, например для свинца или цинка, все многочисленные и разнообразные их кислородные соединения, такие руды, как белая, черная, красная, зеленая свинцовые руды, галмей и т.д., образуются разложением их сернистых соединений.

¹ Медь заменяет железо в соединениях крови некоторых морских организмов. Может быть, проходят тоже через организмы непосредственно барии и ванадий, сернистые соединения которых играют некоторую роль в химии земной коры.

29. Переход сернистых тел в кислородные соединения совершается, в общем, с известной последовательностью. В сложных месторождениях, в каких мы наблюдаем сернистые тела в природе, когда одновременно встречаются сернистые соединения разных металлов, он идет с различной скоростью и легкостью для разных элементов. В общем сохраняется правило, что сернистые соединения переходят в кислородные прямо пропорционально сродству металлов к кислороду и обратно пропорционально их сродству к сере. Поэтому, так как для сродства с серой, выведенного химически из устойчивости сернистых металлических соединений, может быть составлен ряд:

Pb, Hg, Ag, Cu, Bi, Cd, Sb, Sn, Pb, Zn, Ni, Co, Fe, As, Tl, Mn,

где на первом месте стоят простые тела, наиболее жадно, а на последнем – наименее жадно соединяющиеся с серой, то можно утверждать, что в большинстве случаев в природе ZnS *раньше* разложится и перейдет в кислородные соединения, чем PbS и т.п.¹, что мы будем наблюдать в земной коре нередко смесь кислородных цинковых соединений и сернистых свинцовых, а не наоборот. При сложности природных процессов это правило имеет исключения, требующие специальных объяснений, но в общем оно верно для очень многих случаев².

30. Очевидно, эти реакций окисления и разложения сернистых соединений в земной коре имеют обратимый характер. Во всех реакциях магматической резорбции, или при воздействии организмов эти кислородные соединения вновь переходят обратно в те же исходные сернистые соединения. Мы имеем здесь резко выраженный случай кругового процесса.

Поэтому в более глубоких слоях земной коры исчезают все поверхностные соединения – кислородные или иные – для тех металлов, которые в области метаморфической находились в форме сернистых тел. В частности, например, цинк и свинец всегда в этих условиях вернутся в свои исходные сернистые соединения.

Едва ли можно сомневаться, что и здесь процесс регулируется – в общих чертах – тем же рядом элементов, как и в процессах окисления.

Процессы эти идут в ту и в другую сторону в тесной зависимости от геологических изменений земной коры, теснейшим образом связаны со смещением участков земной коры, или с поверхностной денудацией, или с образованием осадков. Благодаря таким геологическим процессам минералы переходят из одной термодинамической оболочки земной коры в другую – сернистые соединения или образуются или разлагаются. Эти явления непрерывно наблюдаются во всей геологической истории нашей планеты.

31. Список бинарных, простых сернистых и селенистых соединений. К этой группе тел относятся следующие минералы³.

¹ Это ряд, в главных частях выведенный Шюрманом (*Schuermann*, 1888, с. 326). Вопрос, однако, и химически не совсем ясен. См. литературу у Линне (*Linne*, 1906, с. 403–404) и более полное обсуждение вопроса у Эммонса (*W.H. Emmons*, 1913, с. 58 и сл.).

² *Weed*, 1901, с. 428. *Я. Самойлов*, 1906, с. 228. *Wells*, 1910. с. 1.

³ Кроме того, в природных условиях должны находиться некоторые гидраты элементов, – таков *гидрат серы*, изученный Спрингом (*Spring*, 1906, с. 482), с формулой $S_8 \cdot H_2O$. Несомненно, этот список еще неполный, так как трудно учесть некоторые быстро переходящие разновидности, например разности серы или составные части элементарных газов.

Бинарные сернистые и селенистые соединения

I. СУЛЬФОКИСЛОТЫ

а. Жидкие

Растворы сероводорода в воде			
Растворы сероводорода в нефтях			
Жидкий сероводород	H_2S^1	β Газы ²	Harrington, 1905
Сероводород	H_2S^1		
Селенистый водород	H_2Se^3		Sainte Claire Deville, 1857; Lacroix, 1907

II. СУЛЬФИДЫ⁴ И СЕЛЕНИДЫ

а. Твердые (кристаллические и коллоидальные)

α -аурипигмент	As_2S_3	Моноклинная ⁵	Старинн.
β -аурипигмент	As_2S_3	?	Winter, 1905; Вернадский
γ -аурипигмент	As_2S_3	Коллоид.	Berzelius ?; Вернадский
α -реальгар		Моноклинная ⁶	Старинн.
β -реальгар		»	
Диморфин	$As_4S_3?$	Ромбическая ⁷	Scacchi, 1849
Антимонит (сурьмяный блеск)	Sb_2S_3	» ⁸	Старинн.; Haidinger, 1845
Метастибнит	Sb_2S_3	Коллоид.	H. Rose, 1853; Becker, 1888
Бисмутин (висмутовый блеск)	Bi_2S_3	Ромбическая ⁹	Gronstedt, 1758; Beudant, 1832
Селенобисмутин	$Bi_2(Se, S)_3$	»	Genth, 1891; Вернадский
Гуанахуатит ¹⁰	Bi_2S_3	»	Fernandez, 1873
Френделит	$2Bi_2Se_3 \cdot Bi_2S_3$	»	Frenzel, 1874; Dana, 1877
Молибденит (молибденовый блеск)	MoS_2	Гексагональная? ¹¹	Scheele, 1778; Brongniart, 1807
Иордизит	MoS_2	Коллоид.	Cornu, 1906
Лаурит	$(Ru, Os)_2S_2$	Правильная	Wöhler, 1866
Патронит	$VS_4?$?	Hewett, 1906
Тунгстенит	$WS_2?$	Гексагональная	Wells a. Buttler, 1917
Селенид золота			
Селенид серебра			

¹ Harrington, 1905, с. 347.

² Может быть, встречается газообразный AsS.

³ Sainte Claire Deville, 1857 (2), с. 265. Zambonini, 1910, с. 24.

⁴ Ковелли (Covelli, 1839, с. 71) наблюдал в 1826 г. в fumarолах Везувия черную корку, немагнитную, которой он придавал формулу Fe_2S_3 . На неправильность ее идентификации с пирротинном см. Zambonini, 1910, с. 29. Однако едва ли можно считать доказанным и существование Fe_2S_3 , впрочем возможное.

⁵ 0,5962 : 1 : 0,6650, $\beta = 90^\circ 41'$. Стефанович, 1904.

⁶ 1,4403 : 1 : 0,9729, $\beta = 66^\circ 5'$. Marignac, 1844.

⁷ 0,5879:1:0,8826. Krenner, 1907.

⁸ 0,9926 : 1 : 1,0179. E. Dana, 1883.

⁹ 0,9679 : 1 : 0,9850. Groth, 1880.

¹⁰ [Селенобисмутин и френцелит=нечистому гуанахуатиту].

¹¹ 1 : 1,9087. Brown, 1896.

Аурипигмент жидкий
Реальгар жидкий

β. Жидкие

Вернадский
Вернадский

Реальгар газообразный
Сульфоселенистый
мышьяк¹

γ. Газообразные

Вернадский
Sainte Claire Deville, 1857

III. СУЛЬФООСНОВАНИЯ И СЕЛЕНООСНОВАНИЯ

1. СУЛЬФООСНОВАНИЯ (СУЛЬФОБАЗЫ)

а. Твердые (кристаллические и коллоидальные)

Сернистые соединения свинца	Галенит	PbS	Правильная	Старинн.; von Kobell, 1853
	? β-галенит	PbS	?	Вернадский
	Купроплюмбит	PbS·2Cu ₂ S	Правильная	Breithaupt, 1844
	Штейнманнит (свинчак)	PbS·qSb?	»	Старинн.; Zippe 1833
	Паракобеллит	PbS, сод. Bi	»	Torrey a. Cooke, 1863; Schrauf, 1871
	Гуасколит	PbS·p(Zn, Fe)S	»	Domeyko, 1860; Dana, 1868
	Джонстонит	PbS, сод. Se	»	Phillips, 1819; Haidinger, 1845
Селенистый галенит	Pb (S, Se)	»	Вернадский	
Теллуристый галенит	Pb(S, Te)	»	Вернадский	
Сернистые соединения серебра и меди	Аргентит (серебряный блеск)	Ag ₂ S	Правильная	Agricola, 1529; Haidinger, 1845
	Серебряная чернь	Ag ₂ S ?	Коллоид.	Старинн.; Werner, 1796
	Акантит	Ag ₂ S	Ромбическая ²	Kenngott, 1855
	Деламинцит	Ag ₂ S	Гексагональная?	Breithaupt, 1862
	Ялпаит	3Ag ₂ S·Cu ₂ S	Правильная	Breithaupt, 1858
	Халькозин (медный блеск)	Cu ₂ S	Ромбическая ³	Agricola, 1546; Beudant, 1832
	[α-халькозин ⁴	Cu ₂ S	Гексагональная	Buerger, 1941]
	Купреин	Cu ₂ S	»?	Breithaupt, 1863
	Штрмейерит (медно-серебряный блеск)	(Cu, Ag) ₂ S	Ромбическая ⁵	Ренованц, 1782; Shepard, 1836
	Дигенит	nCu ₂ S·mCuS	?	Breithaupt, 1844

¹ О нем – Sainte Claire Deville, 1857 (2), с. 262.

² 0,6886 · 1 : 0,9944. Dauber, 1857.

³ 0,5822 : 1 : 0,9701. Miller, 1852.

⁴ [Купреин Брейтгаупта (1863) гексагональной с. (?) оказался халькозином, но установлен высокотемпературный α-халькозин гексагональной с.).

⁵ 0,5822:1:0,9669. G. Rose. 1833.

Сернистые соединения ртути	Метацин-набарит	HgS	Правильная	Emmerling, 1796; Moore, 1870
	Гуадалказит	Hg(S, Se), сод. Zn	?	Del Castilli, 1866; Adam, 1869
	α -киноварь	HgS	Тригональная ¹	Старинн.
	β -киноварь	HgS	Коллоид.	Cornu, 1909
	α -ковеллин	CuS	Гексагональная ²	Freisleben, 1815; Beudant, 18332
	β -ковеллин (медное индиго)	CuS?	Коллоид.	Старинн.; Cornu, 1909
	С фалерит (β ZnS, цинковая обманка)	(Zn, Fe)S	Правильная	Wallerius, 1747; Glocker, 1847
	? Пшибрамит	(Zn, Fe, Cd)S	»	Stromeyer 1818; Huot, 1841
	Марматит	(Zn, Fe, Mn)S	»	Bousingault, 1829
	? Христофит	(Zn, Fe, Mn)S	»	Breithaupt, 1863
Сернистые соединения изом. ряда цинка, т.е. Zn, Cd, Mn, Fe, Cu, Ni, Co	α -клеюфан	ZnS	»	Arfvedson, 1822; Nuttal, 1822
	β -клеюфан	ZnS	Коллоид.	Вернадский
	Ратит	(Zn, Fe, Cu)S	Правильная	Shepard, 1866
	Вюртцит (α -ZnS)	(Zn, Fe, Cd)S	Гексагональная ³	Friedel, 1861
	Эритроцинкит	(Zn, Mn)S	»	Damour, 1880
	β -гринокит	CdS	Коллоид.	Lacroix, 1884
	α -гринокит	CdS	Гексагональная ⁴	Jameson, 1840
	?Джайпурит	CoS	»	Middleton, 1846; Ross, 1873; Mallet, 1880
	Алабандит	MnS	Правильная	Proust, 1802; Del Rio, 1804
	? Бейрихит	(Ni, Fe, Co)S		Liebe, 1871
	Миллерит	NiS	Тригональная ⁵	Werner, 1789; Haidinger, 1845
	Инверарит (?)	(Ni, Fe)S _n	Правильная	Gres a. Lettsom, 1858; Heddle, 1883
	Пентландит	(Ni, Fe)S	»	Scheerer, 1843; Dufrenoy, 1856
	Никелистый пирротин	(Fe, Ni) _n S _m		Вернадский
	Пирротин	Fe _n S _m	Гексагональная ⁶	Wallerius, 1747; Haidinger, 1845
Троилит	FeS	Гексаг. Прав		

¹ 1 : 2,2905. Haiiy, 1822.

² 1 : 4,3026. Kenngoll, 1854; Adam, 1926.

³ 1 : 0,8175. Friedel, 1866.

⁴ 1 : 0,8109. Mügge, 1882.

⁵ 1 : 0,9883, Müller, 1835.

⁶ 1 : 0,8701. G. Rose, 1825.

Сернистые соединения Ca, Ba, Sr, Mg	}	Ольдгамит	CaS	Правильная	Maskelyne, 1862; Laar, 1882
		Сернистый барий	BaS		Старинн.; Вернадский
		Сернистый стронций	SrS		Вернадский
		Сернистый магний	MgS		Вернадский
		Сернистый аммоний	NH ₄ S		Шмидт, 1856

β. Жидкие¹

Сернистые щелочи	}	Раствор сернистого аммония в воде ²		
		Раствор сернистого аммония в воде		Старинн.; Вернадский
Сернистые щелочные земли ³	}	Раствор сернистого аммония в воде		Старинн.; Вернадский
		Раствор сернистого кальция в воде		Старинн.; Вернадский
		Раствор сернистого магния в воде		v. Fellenberg, 1849

2. ДВОЙНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ СУЛЬФО- И СЕЛЕНОСНОВАНИЙ

Агвиларит	Ag ₂ S·Ag ₂ Se ⁴	Правильная	Genth, 1891
Онофрит	4HgSe·HgS		Kersten, 1829; Haidinger, 1845

3. СЕЛЕНОСНОВАНИЯ (СЕЛЕНОБАЗЫ)

Сернистые соединения свинца	}	Клаусталит	PbSe	Правильная	Zincke, 1823; Stromeyer, 1824; Beudant, 1832
		Тилькеродит	(Pb, Co)Se	»	G. Rose, 1824; Haidinger, 1845
		Цоргит	(Pb, Cu ₂)Se	?	Rose, 1824; Brooke a. Miller, 1852
Селенистые соединения Pb, Cu, Hg, Ag	}	Лербахит	(Pb, Hg ₂)Se	?	G. Rose, 1824; Brooke a. Miller, 1852
		Науманнит	(Pb, Ag ₂)Se	Правильная	G. Rose, 1824; Haidinger, 1845
		Эвкайрит	Ag ₂ Se·Cu ₂ Se	»	Berzelius, 1838
		Тиманнит	HgSe	»	G. Rose, 1824; Naumann, 1855

¹ Выделение в виде отдельных тел растворов сернистых щелочей и щелочных земель совершенно необходимо с генетической точки зрения. Они теснейшим образом связаны с образованием всех сернистых природных тел – тяжелых сернистых металлов, сероводорода и т.д. Воды, заключающие в растворе сернистые щелочи, резко отличаются по своим реакциям от обычных вод и нахождение в них сернистых щелочей несомненно: это не есть результат перечисления наших анализов. Они должны быть выделены отдельно от других вод и не могут быть изучаемы отдельно от сернистых тел, как не могут быть изучаемы отдельно от галита (хлористого натрия) соляные рассолы или соляные ключи. Эти природные растворы – по крайней мере те, которые выходят на поверхность, очень слабые (ср. § 53 и сл.). Весьма возможно, что мы имеем здесь дело с кислыми солями, например NaHS или CuH₂S₂.

² Определение автора, впервые заметившего этот раствор. Для Am₂S см. *Гассгаген*, 1852, с. 18 и сл.

³ Растворы сернистых щелочных земель должны быть выделены от растворов сернистых щелочей, так как в целом ряде случаев они представляют генетически другой тип источников, связанный поверхностными процессами. Конечно, такое отделение выдерживается далеко не всегда (ср. § 56). Для MgS см. Fellenberg, 1849, с. 89. Фелленберг вывел присутствие MgS на основании перечисления анализов, т.е. косвенным путем, вызывающим сомнения.

⁴ Есть, по-видимому, изоморфные смеси с Ag₂S (аргентитом?). Содержит Cu?

Селенистые соединения Fg, Cu, Tl	{	Крузеит	$(\text{Cu, Tl, Ag})_2\text{Se}$	Плотный	Nordenskiöld, 1866
		Берцелианит	Cu_2Se	Правильная	Berzelius, 1818; Dana, 1850
		Умангит	$\text{Cu}_2\text{Se} \cdot \text{CuSe}?$	Плотный	Klockmann, 1891

IV. ИНЕРТНЫЕ СЕРНИСТЫЕ ТЕЛА

Кискеит C_{2-3}S Аморфный, коллоид.

V. ГИДРАТЫ БИНАРНЫХ СЕРНИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Гидротроилит $\text{FeS} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ Коллоид. Вериге, 1883; Сидоренко, 1897

СУЛЬФОКИСЛОТЫ

Сероводород

Газообразный сероводород. Жидкий сероводород.
Растворы сероводорода в воде

32. Общие замечания. Как мы уже видели, химический характер сероводорода (§ 23), несмотря на кажущуюся простоту его химического состава, выясненную уже Шееле в 1777 г., представляется неясным. Сероводород, в конце концов, мало подходит к установившимся рамкам химических классификаций.

В этом отношении он во многом напоминает нам положение *воды* в классификации химических тел. Вода, как мы знаем, представляет тело чрезвычайно сложной химической функции. Ее соединения с ангидридами дают кислоты, а с основаниями – щелочи, сама же она стоит как бы особняком. На первый взгляд казалось бы, что можно было бы придать ей характер бинарного основания, считать щелочь за комплексное основание, а кислоту за соль водорода. Однако нет никакого сомнения, что между кислотой и солью (например H_2SO_4 и CaSO_4) химические различия столь велики, что эта аналогия, одно время высказывавшаяся, не может быть сохраняема без нарушения всех наших представлений о соли, тем более, что когда-то предполагавшийся в связи с этим металлический характер водорода давно отошел в область ошибок. Точно так же вызывает сомнения и толкование воды, как бинарного ангидрида, т.е. рассмотрение кислоты (с гидроксильными группами) как сложного ангидрида, например толкование серной кислоты, H_2SO_4 , как сложного ангидрида воды и серного ангидрида. Правда, вода при высоких температуре и давлении обладает некоторыми свойствами кислотных ангидридов – способна вытеснять некоторые ангидриды из их солей, во характер этой реакции совершенно не известен, а в то же время положение ее элементов в кислоте резко отличается от свойств ангидридов. Едва ли можно найти какую-нибудь объективную аналогию между кислотой и комплексным ангидридом. Поэтому приходится поставить воду в стороне от других бинарных соединений кислорода, признав, что хотя в известных термодинамических условиях она способна обладать свойствами ангидрида, но в обычных термодинамических условиях вода в соединении с другими окислами может давать тела, далекие

и от солей и от комплексных оснований или ангидридов, так как, очевидно, и свойства щелочей столь же отличны от свойств комплексных оснований, как отличны свойства кислот от свойств сложных ангидридов.

33. Во многом аналогично кислородному соединению и бинарное водородистое соединение серы – сероводород. Однако эта аналогия не идет очень далеко; отличия химических свойств H_2O и H_2S очень ясны.

Сероводород обладает резко выраженными кислотными свойствами уже при обыкновенных давлении и температуре. Они были уже доказаны Бертолле в 1796 г.; развивая эти идеи Бертолле, Берцелиус (§ 2) выяснил химический характер природных сернистых соединений. Обладая кислыми свойствами, сероводород, вместе с тем, гораздо труднее своего кислородного аналога соединяется в сульфокислоты и в сульфощелочи с сульфидами, и сульфобазами. Сульфокислоты почти не известны, а сульфощелочи менее устойчивы, чем соответственные щелочи, например $NaHS$ гораздо менее устойчив, чем $NaHO$. Однако то, что мы знаем об их свойствах, заставляет отделять их от сульфосолей, хотя разница между ними и сульфосолями и не столь резка, как между аналогичными кислородными соединениями.

Для сероводорода резко выступают на первое место реакции замещения водорода металлом, т.е. характер сероводорода как кислоты, и отступают на далекий план соединения его с другими бинарными сернистыми соединениями.

В связи с таким его характером приходится и среди бинарных сернистых соединений выделить отдельно *сероводород*, подобно тому как приходится выделять отдельно *воду* среди окислов.

34. Мы здесь сразу вступаем в ту область аналогий, которой будем пользоваться во всем дальнейшем изложении. Мы будем идти в области сернистых соединений, все время опираясь на наши знания в гораздо более изученной области кислородных соединений. Несомненно, как при всякой аналогии, нам приходится здесь идти осторожно: во все выводы должна вноситься поправка на непредвиденные нами различия, вносимые серой, по сравнению с кислородом, в схожие по формуле соединения. Эти различия нередко очень велики и, очевидно, указывают на резкое отличие во внутреннем строении этих классов тел. Мы уже видели, например, что сульфосоли часто имеют металлические свойства, столь мало обычные в аналогичных кислородных солях. Но имея в виду неизбежность даже больших поправок, все же аналогия между кислородными и сернистыми соединениями остается для нас, при современном состоянии химии, наиболее надежной и прочной путеводной нитью в кажущейся нам капризной области химических явлений этой группы природных тел.

Как уже указано, поправку в аналогию между H_2S и H_2O надо внести сразу в том смысле, что кислотный характер H_2S при обычных термодинамических условиях выражен несравнимо более резко, чем это допустимо для H_2O . Поэтому здесь еще больше, чем среди кислородных бинарных соединений, можно рассматривать все бинарные сернистые соединения как *соли сероводорода*, причем часть их будет являться сульфидами, аналогичными ангидридам, а часть сульфобазами, аналогичными основаниям. По отношению к этим телам сероводород будет стоять совершенно отдельно, составлять особую группу сульфокислот, причем для него будет характерно и то, что он в

природных условиях почти неспособен давать тройные сернистые соединения¹.

Полагая возможным считать бинарные металлические или даже металлоидные соединения за соли сероводорода, мы не можем вполне соединять их с сульфосолями обычного типа. В обычных сульфосолях мы вынуждены допустить существование сульфоксильных групп (HS), водород которых, по нашим структурным представлениям, замещается металлом, например для ортосульфосурьмяной кислоты:



Такое предположение не выдерживает критики для H_2S (ср. § 23). Здесь мыслима лишь одна сульфоксильная группа $\text{H}\cdot\text{HS}$; однако H_2S есть кислота двухосновная, а не одноосновная, причем нет никакой заметной химической разницы между двумя атомами водорода в сероводороде. Поэтому надо думать, что мы имеем здесь дело не с гидроксильными солями, а с телами, аналогичными солям *галоидных кислот* (например HF или HJ), где водород способен нацело замещаться металлом при образовании солей. Очевидно, если бы мы стали рассматривать окислы как соли воды, мы и их должны были бы считать за соли аналогичного – галоидного типа.

35. Сероводород встречается в природе главным образом в виде *водных растворов*² и в виде газовых выделений (газовых пор, *струй и испарений*). Однако наблюдаются и *растворы его в нефтях*, или микроскопически мелкие включения *жидкого сероводорода в твердых телах*³. Твердый и жидкий сероводороды получены уже в 1823 г. Фарадеем. Сероводород легко сгущается в бесцветную жидкость, кипящую при $-61,6^\circ \text{C}$ (по определению де Форкрана и Фонзес-Диакона в 1902 г., при 760 мм). В природе мы нередко встречаем случаи, где давление достигает – для соответствующей температуры – величины, отвечающей жидкому сероводороду, ибо, по определению Фарадея (1845), он сгущается в жидкость при:

-31°	при давлении	3,95	атм.
$-3,3^\circ$	»	»	6,36 »
$+11,11^\circ$	»	»	14,60 »

В земной коре на некотором расстоянии от земной поверхности сероводород, очевидно, не раз должен сгущаться, например в породах, в порах которых он наблюдается. Такой жидкий сероводород очень легко и постоянно переходит в газообразный, давая испарения сероводорода из тех пород, поры которых заключают его в жидком виде. Эти испарения идут медленно, без кипения.

Сероводород очень распространен, и едва ли мы сейчас имеем ясное представление о значении связанных с его историей процессов в природе.

¹ Возможны, однако, такие тройные соединения, кислые соли или сульфощелочи для щелочных и щелочноземельных металлов, может быть временами существующие в природе, например NaHS или BaH_2S_2 .

² По Буазену и Шенфельду (1855 г.), его растворимость в чистой воде выражается формулой (между 2 и $43,3^\circ$) в одном объеме воды: $4,3706 - 0,083887t + 0,0005213t^2$ об. H_2S .

³ Например, см. нахождение *жидкого сероводорода* в мелких включениях некоторых «воющих» кварцев и кальцитов, содержащих иногда одновременно и жидкую уголекислоту (Harrington, 1905, с. 347–343)

Его значение все усиливается по мере нашего большего ознакомления с историей газов в земной коре¹.

Сейчас можно утверждать, что его выделение в земной коре и его изменение являются одним из наиболее важных химических процессов в земной коре и, в частности, огромно значение сероводорода в процессах биосферы². Выделение газообразного сероводорода обыкновенно идет в тесной связи с выделением других газов³, N, H, углеводов, паров H₂O. Значительно реже с ним выделяются O и CO_a. Его обычно немного, и он не только является в результате очень сложного химического процесса, но и легко изменяется. Очень характерно его выделение при распадении сернистых оснований Ca, Ba, Sr, Na, K и т.д. в присутствии CO₂ или кислорода и воды и переход вновь в сернистые более тяжелые металлы.

36. Сероводород в атмосфере. Постоянно образуясь в земной коре, сероводород чрезвычайно неустойчив и очень легко изменяется, главным образом окисляется. Поэтому его обычно не находят в составе атмосферы.

В более высокие слои атмосферы сероводород даже совершенно не попадает, так как атмосфера, содержащая озон, перекись водорода, высшие окислы азота, хотя и в ничтожных долях, но постоянно возобновляемые, является резко окислительной средой. Окисляясь, сероводород, в зависимости от условий окисления, дает окислы серы (главным образом серный ангидрид), воду – все соединения, которые в атмосфере тоже чрезвычайно легко вступают в химические реакции и образование которых этим путем является чрезвычайно важным химическим процессом в земной коре.

37. Легкое образование таких химически чрезвычайно активных продуктов сероводорода при обычных условиях нашей атмосферы заставляет относиться чрезвычайно внимательно даже к его следам, в ней находящимся. Ибо, очевидно, благодаря продуктам своего разложения сероводород, постоянно выделяемый в атмосферу, является серьезным фактором в ее химической истории. Мне кажется, что он даже является фактором, более важным, чем мы это предполагаем, и что роль его в атмосфере не менее важна, чем роль углекислоты. Различие заключается только в том, что углекислота обуславливает химические реакции как таковая, а сероводород главным образом действует через полученные из него в атмосфере продукты: воду и окислы серы – сульфаты, серный и сернистый ангидриды.

Количества сероводорода, выделяемые в атмосферу, огромны, ибо он выделяется во время всех вулканических извержений, десятками тысяч источников, сульфатами, медленными испарениями, связанными с разложением грязей торфов, или почв, или жидкого сероводорода, заполняющего поры пород, или при изменении пород, содержащих различные сернистые соединения. Мы знаем (§ 45), что в форме «вонючих известняков» такие породы местами покрывают многие сотни квадратных километров, образуют скопления,

¹ Прав Дельескампа, который говорит: «Из этого можно заключить (из указаний Гефера о постоянном нахождении H₂S в водах, сопровождающих нефть), и я могу это подтвердить моим многолетним изучением минеральных источников, что свободный H₂S гораздо более распространен, чем об этом можно судить по имеющимся анализам» (*Delieskamp*, 1908, № 16–17. Оттиск, с. 10).

² Вернадский, 1915, с. 941.

³ Bischof, 1847, с. 664. D'Anglada, 1821, с. 13 и сл.

исчисляемые десятками тысяч куб. тонн. Эти процессы идут тысячелетия, без перерыва днем и ночью. Происходит как бы дыхание земли сероводородом. К сожалению, у нас сейчас отсутствует всякая возможность количественно учесть такой сероводород и получить точные данные о размерах химической энергии, вносимой этим путем на земную поверхность. Не является безразличным и то, что все реакции, идущие в атмосфере с сероводородом, выделяют большие количества тепла.

Такой сероводород сохраняется в атмосфере в исключительных случаях, однако, несомненно, местами образуются газообразные скопления газов атмосферы, богатые H_2S . Такова, например, атмосфера над подземными выходами сероводородных вод. Существование таких газовых скоплений весьма вероятно, например в области гипсовых залежей Прибалтийского края. Очевидно, такие местные скопления газов, в конце концов, выводят сероводород также в атмосферу, и он в ней подвергается обычному изменению.

38. Но сероводород может местами находиться и в наружной атмосфере, в нижних ее слоях, там, где его приносится больше, чем сколько его может изменяться. Поэтому он почти всегда находится в воздухе вблизи земной поверхности, около мест своего образования или выделения, как в газовых струях, так и в форме медленных испарений. Поэтому сероводород постоянно находится вблизи серных источников, ручьев, озер. Здесь иногда количества его достигают заметной величины; так, например, в воздухе Кеммерна, близ Риги, где выходят сернистые источники, заключается на 100 л воздуха от 3,38 (август) до 6,59 мг сероводорода (июнь)¹. Уловить зависимость такого сероводорода от метеорологических факторов до сих пор не пробовали. Несомненно, такие случаи отнюдь не представляют чего-нибудь исключительного или редкого. Наоборот, мы имеем многие десятки тысяч случаев такого выделения сероводорода; этим путем в земной атмосфере образуются области, где небольшие количества сероводорода являются постоянной составной частью воздуха. Таков воздух в областях, богатых источниками, выделяющими сероводород, питающими реки (например на Кавказе) или вблизи сольфатар. Дождь нередко захватывает такой сероводород и содержит его очень часто².

По-видимому, над некоторыми болотистыми областями или областями, богатыми застаивающейся водой, постоянно имеются следы сероводорода в окружающей атмосфере на большом пространстве. Во время увлечения миазмами присутствием сероводорода пытались даже объяснить вредные для здоровья и жизни свойства некоторых местностей. Так, например, Даниель³ пытался этим путем обосновать губительность для человека некоторых мест тропической Африки. Позже эти объяснения отошли в результате успехов микробиологии, однако некоторые лежавшие в их основании факты несомненны: есть области в земной коре, где временами в воздухе развивается сероводород в количествах, которые не могут быть безразличны для здоровья живых существ⁴.

¹ Садилов и Лозинский, 1913, с. 814; 1914, с. 608. Иногда H_2S больше. Далеко от источников в Кеммерне приходится 1,27–6,58 мг в 100 л воздуха.

² Marchand, 1852, с. 56. О H_2S в граде указывает Пельтье.

³ Daniell, 1841, с. 13 и сл.

⁴ О газообразных миазмах см., например, Humboldt, 1845, с. 334.

Гораздо важнее значение таких ничтожных количеств сероводорода, постоянно находящихся в атмосфера, с точки зрения общей экономии живого вещества. Мы увидим, что эти количества играют не меньшую роль в биосфере, чем та углекислота, которая находится в воздухе.

39. Сероводород в гидросфере¹. Несколько долше и постоянное сероводород может содержаться в морской и океанической воде, хотя и здесь обычно он скапливается в ничтожных количествах и только временами образуются растворы, относительно богатые им. Однако едва ли можно сомневаться, что нахождение сероводорода в гидросфере в общем играет едва ли меньшую роль, чем его выделение в атмосфере. Местами в *придонных слоях* – в области более замкнутых морей, заливов (фиордов) или в прибрежных частях – выделения сероводорода достигают значительных размеров и резко сказываются в происходящих здесь биохимических процессах; вода содержит его здесь в растворе, постоянно получая его из грязи дна. С другой стороны, сероводород выделяется местами и в *поверхностных слоях* океанической воды, там, где резко смешиваются воды разного характера, меняющие при своем смешении условия жизни организмов. Такие явления наблюдаются при впадении в океаны больших рек, несущих большие количества пресных вод, или во время периодов дождей в тропических и подтропических странах. Здесь сероводород развивается, очевидно, в связи с гибелью органического населения поверхности моря, вероятно планктона. К сожалению, это явление, на которое обратил внимание в 1840-х годах Даниель, с тех пор не изучено.

Генезис сероводорода, здесь находящегося, может быть различный. Несомненно, мы имеем в области гидросферы постоянно идущий процесс, в котором сероводород является продуктом распада органического вещества, связанного или с биохимическими процессами или с сложными процессами медленного распада когда-то здесь бывшего живого вещества. Однако, наряду с этим, в области океанов сероводород должен попадать и другим путем – выделением из газовых струй тектонического характера, или испарений и струй, связанных с магмами, проникающих на земную поверхность на дне океанов. Очевидно, такой сероводород должен главным образом скопляться в придонных областях, в полосе новейших дислокаций, столь характерных для многих частей гидросферы. И в том и в другом случае мы будем получать одинаковый эффект – образование водных растворов сероводорода в придонных океанических водах, обтекающих местности, в которых идут газовые струи или испарения, или собираются разлагающиеся органические вещества и сопровождающие их организмы, во время своей жизни так или иначе образующие сероводород.

40. Наиболее важным и большим скоплением такого водного раствора на земном шаре является, по нашим современным сведениям, *Черное море*². Помимо довольно обычного, как мы увидим, выделения сероводорода в грязи

¹ О сероводороде в морской воде и изменении, им производимом, см. *Hayes*, 1851, с. 241.

² *Андрусов*, 1890, с. 404; 1892 (1), с. 371 и сл.; 1892 (2); 1894, № 1; 1897 (2), XXIX, с. 6; 1897 (1), № 1. *Андрусов* и *Зернов*, 1914. *Лебединцев*, 1891, с. 154 и сл.; 1892 (1), с. 41 и сл.; 1892 (2), с. 51; 1893 (1), № 1, с. 50; 1893 (2), с. 374. *Егунов*, 1895, с. 378; 1897, с. 157; 1900, с. 61; 1896 (2), с. 20. *Вериго*, 1899, с. ЛIII и сл. *Зелинский* и *Брусиловский*, 1898, с. 47; 1893, с. 230, 248. *Зелинский*, 1893, с. 298. *Зильберберг*, 1899, с. 119 и сл. *Врангель*, 1893.

черноморских лиманов и, очевидно, в соприкасающейся с ним воде¹, чрезвычайно характерно, что вода всего Черного моря, начиная приблизительно с 200-метровой глубины, лишена обычной жизни, богата сероводородом, который легко может быть открыт обонянием. По данным А. Лебединцева (1891), например в 100 л воды ($\varphi = 43^{\circ}38'$, $\lambda = 6^{\circ}38'0''$ от Пулкова) на глубине 200 м находится $33 \text{ см}^3 \text{ H}_2\text{S}$ (при 9° и 760 мм), на глубине 1 км уже 555 см^3 , а на дне, на глубине 2350 м, – до 655 см^3 . Числа колеблются. Так, наблюдения на «Ингуле» (1892) дали для 1 км – $570 \text{ см}^3 \text{ H}_2\text{S}$, т.е. $0,00867 \text{ г}$ на 1 л^2 . Этот сероводород постоянно выделяется и не уничтожается, несмотря на не прекращающееся ни на минуту его распадение. Явление это, открытое в 1890 г. экспедицией «Черноморца», сразу обратило на себя внимание и вызвало разнообразнейшие теории, его объясняющие. Несмотря на то, что с тех пор прошло более 25 лет, сероводородный раствор глубоких вод Черного моря остается до сих пор фактом исключительным и недостаточно исследованным.

Мы не имеем сейчас несомненного объяснения этого явления. Наибольшее внимания заслуживает гипотеза академика Н.И. Андрусова, объяснявшего это явление геологической историей Черного моря. По его гипотезе, причиной выделения сероводорода является гниение органического вещества на дне моря и взаимодействие его с сернокислыми солями, заключающимися в его водах; в этом гниении участвуют анаэробные бактерии (как, например, *Bacterium hydrosulf. ponticum Zel.*)³, выделяющие сероводород непосредственно из белковых веществ или получающие его при распадении сульфатов морской воды. Первым исходным толчком этого процесса была гибель органического мира древнего третичного пресноводного или малосоленого Черного моря, когда оно в плейстоценовую эпоху (вероятно, во вторую межледниковую) соединилось со Средиземным морем и соленые воды последнего проникли в его глубины; одновременно создалась преграда для вертикальной циркуляции вод Черного моря, которая существует и по сейчас благодаря рельефу дна Босфора. Тяжелые соленые воды Босфора при входе в Черное море опускаются на дно, и правильного вертикального обмена вод в Черном море не происходит. Этот начавшийся во время геологической катастрофы процесс гниения отмерших организмов поддерживается и сейчас постоянным падением на дно моря органического вещества сверху, благодаря гибели планктона или высших организмов и отсутствию правильной вертикальной циркуляции глубоких слоев Черного моря.

Одновременно существуют и другие гипотезы, которые не идут так далеко в глубь времен, не связывают образования сероводородного раствора с геологической историей моря и с первоначальным уничтожением жизни в Черном море, вследствие проникновения иных вод, а рассматривают образование сероводорода как следствие современного развития выделяющих его бактерий, жизни которых благоприятствуют условия циркуляции вод Черно-

¹ См. т. I, § 261, 268 [§ 292, 297 в первом издании].

² Лебединцев, 1892 (1), с. 51–55. По Зернову (1909, с. 115), жизнь в море около Севастополя прекращается на глубине 27–30 м. У берегов Кавказа на глубине 32 м (по Ягодовскому) – живые черви, на 41 м – явный запах H_2S .

³ *Bacterium hydrosulf.*, по Надсону – обычный *Proteus vulgaris*.

го моря. Такова, например, гипотеза М. Егунова, о которой уже упоминалось раньше (см. т. I, § 261)¹.

Нельзя не отметить, что во всех этих биохимических и геологических гипотезах есть некоторые стороны, которые вызывают сомнения и не получают сейчас ясного и точного ответа. Во-первых, не принята во внимание возможность проникновения сероводорода, связанная с *тектоникой дна* Черного моря. Дело в том, что в перешейке между Черным и Каспийским морями (ср. § 106 и сл.) идет выделение первичного сероводорода, связанное с тектоническими горячими источниками, местами даже (например в окрестностях Петровска) газовыми струями, богатыми сероводородом. Эти выходы сероводорода тесно связаны с тектоникой Кавказа и Закавказья. Едва ли можно сомневаться, что и строение дна Черного моря связано с теми же самыми дислокационными процессами, а потому такие же выделения сероводорода должны наблюдаться и на дне Черного моря. Ибо Черное море целиком попадает в ту область новейшей дислокации, которая является столь характерной для первичного сероводорода всюду на нашей планете (§ 43).

В гипотезе Н.И. Андрусова, вместе с тем, совершенно непонятно, каким образом мог создаваться катастрофический характер отмирания донной фауны пресноводного моря, так как соленая вода, попавшая при прорыве в Черное море, неизбежно должна была довольно быстро разбавиться более пресными водами старого полупресноводного моря. Процесс этот едва ли мог протекать так быстро, чтобы к нему не могли приспособиться некоторые из живших раньше в Черном море организмов; к тому же и вода Средиземного моря, проникшая в Черное, содержала, очевидно, рыб и других хищников, которые должны были бы поедать образовавшиеся отмершие организмы. Обычно такое смешение вод, идущих с поверхности или снизу, идет очень медленно (ср. т. I, § 332)², не носит катастрофического характера; оно идет так медленно, что органическая жизнь успевает приспособляться к происходящему изменению, к новым условиям. Поэтому во всех нам известных случаях незамкнутых морских бассейнов ход геологической истории органической жизни был всегда иной, чем тот, который приходится допустить по этой гипотезе для Черного моря. К тому же количество кислорода в значительном по размерам бассейне, свободно сообщаемом с атмосферой, на дне его не может достигнуть ничтожных величин, так как оно не зависит от строения столба воды из разных по составу слоев (ср. т. I, § 331)³.

Явления, аналогичные Черному морю, повторялись в другие геологические периоды и сейчас проявляются в месторождениях сернистых металлов⁴.

41. Не считая таким образом вопрос выясненным для Черного моря, все же надо отметить, что выделение вторичного сероводорода и образование его слабых растворов, несомненно, всегда происходят на дне и вблизи дна в океанических бассейнах – как и во всех других водных бассейнах земной коры –

¹ [§ 292 в первом издании].

² [§ 363 в первом издании].

³ [§ 362 в первом издании].

⁴ Таковы медистые сланцы среднепермского моря в северной Германии (60 тыс. км²), верхне-лейасовая зона с *Posidonomya bronni* Германии, верхнедевонская Огайо-серия и море Чатта-нуга в миссисипский период (*Schuchert*, 1915, с. 268).

под влиянием биохимических процессов в тех случаях, когда происходит их обеднение растворенным кислородом (см. т. I, § 334)¹.

В таких бедных кислородом участках океана в известные времена года, например – на дне фиордов, в грязи дна или в гниющих водорослях вблизи берегов и т.п., развиваются организмы, выделяющие сероводород (см. т. I, § 260–262)² за счет сульфатов, выпадающей в иле серы (т. I, § 262), тиосульфатов и т.д.³ Среди них, по-видимому, главную роль играют анаэробные бактерии, разлагающие сульфаты, – *Microspira aestuarii*, открытая Бейеринком и Ван Дельденом, и некоторые другие⁴.

Такой сероводород выделяется вблизи берегов открытого океана, например Франции⁵. Здесь, например в департаменте Кальвадос, морская вода постоянно содержит 0,25–0,75 см³ H₂S на 1 л воды. Его особенно много в лужах, образующихся в полосе приливов и отливов. Но и в глубоких фиордах, например в Мофьорде в Норвегии, зимой в морской воде близ дна накапливается сероводород, образовавшийся аналогичными процессами⁶.

Сероводород развивается на глубине большей 6 м в заливах Норвегии и делает их безжизненными в так называемых «полленах»⁷.

Всюду на земном шаре⁸ сероводород выделяется в огромном количестве в прибрежных местах, где гниют различные морские организмы, например такие водоросли, как фукусы. Около Копенгагена, на Борнгольме и т.д., в местах, где скопляются водоросли, воздух всегда содержит следы сероводорода; здесь идут различные реакции и, например, серебряные предметы чернеют⁹. Аналогичны его выделения в гниющих организмах у берегов Гельгоlanda¹⁰ и т.д. У берегов Красного моря наблюдается массовое выделение сероводорода в связи с изменением гниющего органического вещества. Его источником являются не только сульфаты, но и белки организмов (ср. § 77). Эти выделения связывают с образованием серной нефти¹¹.

¹ [§ 365 в первом издании].

² [§ 291, 292 в первом издании].

³ См. историю вопроса и литературу у *Исаченко*, 1914, с. 160 и сл. На связь микроорганизмов с выделениями H₂S в водах указали впервые Кон и Варминг; однако они изучали серные бактерии, вызывающие окисление сероводорода и сульфидов. См. *Виноградский*, 1887, с. 492 и сл.; 1888, с. 10 и сл. Сероводородные бактерии в морях выделены *Зелинским* и *Брусилоским* (1893) и *Бейеринком* (1895). Ср. *Зелинский*, 1893, с. 302. *W. Beyerinck*, 1895, с. 58 и сл. *Van Delden*, 1903, с. 81, 113.

⁴ По мнению *Завьялова*, аналогичную роль играют также (например в Одесских лиманах) лучистые грибки, например *Actinomyces pelogenes*. См. *Завьялов*, 1913, с. 440. Возражения см. *Исаченко*, 1915, с. 294. Микроб, очень близкий к *Microspira aestuarii* (может быть, идентичный), найден всюду *Исаченко* (1924, с. 2205).

⁵ *V. Lewy*, 1846, с. 11.

⁶ *Лебединцев*, 1904 (1), с. 127.

⁷ Поллен – это обширный залив, сравнительно мелкий, до 15 м, соединяющийся с фиордом (например у Бергена) лишь при посредстве очень узкого и мелкого пролива. Благодаря этому, обмена водой с фиордом почти не происходит и в поллене на поверхности скопляется слой «пресной воды». Средние слои нагреваются (*Каушкапов*, 1917, с. 488).

⁸ Ср. обзор у *Исаченко*, 1914, с. 161 и сл.

⁹ *Forchhammer*, 1845, с. 99 и сл.; 1865, с. 245. *Warming*, 1875–1876, с. 405.

¹⁰ *Надсон*, 1903, с. 32.

¹¹ *Fraas*, 1867, с. 191. *Sickenberger*, 1891, с. 1582.

Вторичный сероводород будет выделяться биохимическим путем всегда на дне океана и морей (аналогично тому, что наблюдается для озер, – § 68). С одной стороны, он образуется в тонком иле, который собирается вдоль берегов. Такой ил, которому приписывают целебные свойства, известен в лиманах Черного¹ или в разных местах Балтийского моря (ср. § 83). Очень обычен он у берегов Голландии, Дании и т.д.² В северном море, около берегов Фрисландии, Фризских островов (например о. Зильта) ему отвечает так называемый шлик; химические процессы, идущие в шлике, несколько своеобразны, благодаря влиянию приливов и отливов, в полосе которых он образуется.

В образцах воды Северного Ледовитого моря (73°40' с.ш., 71°30' в.д.), собранных А. Боткиным³ (экспедиция А. Вилькицкого, 1896), найдено А.В. Пеллем (?) 0,0029 г H₂S на 1 л, а для воды в 32 км к северу от Канина Носа 0,0037 г H₂S на 1 л.

Едва ли можно сомневаться, что зона такого тонкого ила – при известных физико-географических условиях – окаймляет берега всех материков. К сожалению, систематически вопрос этот не изучался⁴.

Аналогичные процессы идут и на дне глубоких частей океанов, например сероводород постоянно образуется биохимически в так называемой синей глине океанических глубин. Обычно здесь он имеет не очень долговечное существование. Его образование можно объяснить различно. Главным образом он получается здесь при действии CO₂ на сернистые металлы, которые образуются, в свою очередь, в этом иле восстановлением сульфатов биохимическими процессами. Получаемый при этом сероводород почти сейчас же фиксируется соединениями железа, давая гидротроилит, мельниковит или иные формы сернистых соединений железа, ближе не изученные, которые всегда выделяются как здесь, так и в прибрежном иле. В действительности процесс, вероятно, идет еще более сложно⁵. Едва ли можно сомневаться, что в нем играют большую роль низшие организмы, аналогично тому, что наблюдается для грязи соленых озер (см. § 68). Организмы (бактерии), связанные с этим процессом, могут жить и на дне океанов, при том большом давлении, которое там господствует⁶. Они не изучены, но несомненно, что карта распространения синего ила океанического дна будет картой распространения такого сероводорода. Площадь, им покрытая, огромна.

42. В океанах временами и местами существует другой процесс выделения сероводорода, точно так же связанный с разложением организмов и, вероятно, с жизнедеятельностью микробов. В отличие от реакций на морском дне, в этом случае сероводород выделяется на *поверхности океана*. Он наблюдается в ней, когда резко меняются физико-географические условия этой поверхности, например, когда она покрывается слоем пресной воды. Очевидно, при этом меняются условия жизни океанического планктона, а при его гибели, в связи с биохимическим разложением сульфатов морской воды, а может быть и составляющих его белковых тел, начинается выделение серо-

¹ См. литературу § 40.

² Исаченко, 1914, с. 172.

³ Боткин, 1898, с. 29.

⁴ Досс, 1912 (1), с. 691–692.

⁵ Murray a. Irvine, 1895, с. 498. Hartley, 1897, с. 26 и сл.

⁶ Андрусов, 1892 (1), с. 387. Ср. Hartley, 1897.

водорода. Надо думать, что здесь развивается богатая флора разлагающих сульфаты бактерий. Такие условия постоянно существуют около устьев больших рек, главным образом тропической и подтропической областей, несущих в море огромные количества пресной воды и гниющих органических веществ, – например в Желтом море¹, в устьях Нила², вдоль рек побережья Западной Африки (на протяжении 16 градусов, вблизи экватора)³, в устьях Лаплаты около Монтевидео⁴ и т.д. Вблизи таких мест присутствие сероводорода сказывалось прежде и в изменении медной обшивки кораблей – образовании сернистой меди, которую находили старые исследователи⁵. Только поэтому на него и обратили внимание. Образование сернистой меди заставило отбросить эту формулу предохранения подводной части кораблей от обрастания морскими организмами и, вместе с тем, указало на нахождение в некоторых участках гидросферы сероводорода (или сернистых щелочей), обычно ускользавших от нашего исследования. Такой сероводород для больших рек может быть замечен на расстоянии 40 км от берега. Он выделяется не только на поверхности моря, но и в руслах рек, подверженных чередованию приливов и отливов или, может быть, даже влиянию ветров, вызывающих вхождение морской воды в их устья. Количество сероводорода, таким образом выходящего, весьма значительно; по старым определениям Даниеля, например, в устье р. Вольта (5°37' с. ш.) в галлоне содержалось 6,99 куб. дюймов H₂S, т.е. 23,7 см³ в 1 л (4/IX 1839). Совершенно аналогичное влияние оказывают на выделение этого поверхностного сероводорода и скопления пресной воды на поверхности моря в период тропических дождей. В этих случаях идет выделение сероводорода и вне устьев рек; например, вода из залива мыса Лопеца (1839 г.), по Даниелю, содержала в этот период 11,69 куб. дюймов H₂S в одном галлоне (39,6 см³ в 1 л).

Несомненно, все такие временные находения сероводорода, быстро исчезающие, мало сказываются на общем химическом характере океанической воды. Но так как такие выделения его происходят периодически вполне правильно, обнимают огромные пространства, идут тысячелетия, то в общем процессы эти отнюдь не могут быть оставляемы без внимания в общей истории этого тела в земной коре и в круговороте в ней серы.

Есть представления об изменении количества сероводорода в морях в геологическое время. Так, Дэли считает, что океаны архейской эры были более богаты сероводородом и дно их было заражено в связи с богатством кальцием и более быстрым гниением органических веществ.

43. Сероводород в литосфере. Наиболее важны в истории нашей планеты выделения сероводорода не в гидросфере, а в литосфере. Роль сероводорода в литосфере значительно более велика, чем это нам представляется на

¹ *Marcet*, 1819, с. 194–195.

² *Jacobseti*, 1873, с. 17–18.

³ *Daniell*, 1841, с. 2 и сл.

⁴ *Murray a. Irvine*, 1891, с. 94.

⁵ *Daniell*, 1841. Эти наблюдения Даниеля вызвали возражения Бишофа (*Bisohof*, 1847, с. 656), который считал, что Даниель исследовал измененную воду. Однако новейшие работы скорее доказывают правильность наблюдений Даниеля и чрезвычайную желательность их повторения.

основании современных, довольно отрывочных и неполных данных (см. т. I, § 246 и сл.)¹.

Сероводород встречается и образуется в литосфере во всех термодинамических областях: 1) он является характерным продуктом глубинных реакций магматической области земной коры (т. I, § 14)² (*ювенильный сероводород*), 2) образуется в метаморфической ее области, например при распадении неустойчивых в ней сульфатов (*фреатический сероводород*) и 3) образуется на земной поверхности в коре выветривания, часто в связи с биохимическими процессами или с распадением живого вещества при его отмирании (*вадозный сероводород*). Сероводород, приходящий из магматической области и отчасти из метаморфической, мы можем назвать *первичным*, так как для него нам не известны исходные соединения серы. Наоборот, для сероводорода коры выветривания можно всегда указать те серосодержащие тела, при разложении которых он образуется. Такой сероводород мы будем называть *вторичным*³. К нему приходится отнести не только вадозный сероводород, но и часть фреатического.

Во всех этих случаях сероводород встречается как в *газообразном состоянии*, давая газовые струи и газовые испарения или собираясь в газовых порах и в небольших заполненных газами пустотах в твердых продуктах литосферы, так и в *газовых растворах*, причем в этом последнем случае мы можем различать водные и углеводородные (нефтяные) растворы. В этих растворах, в очень многих случаях, сероводород не находится как таковой, он лишь образуется в них при разложении растворенных соединений, например сернистых щелочей или сернистых щелочных земель; при изменении на воздухе они немедленно дают сероводород. Несомненно, при этом часть его сейчас же переходит в раствор. Поэтому очень трудно найти в природе границу между раствором сероводорода в воде и раствором сернистой щелочи. Можно лишь отметить, что второй раствор будет дольше сохранять сероводород, чем первый, так как сероводород, окислившись или ушедший в воздух, будет в нем вновь заменяться сероводородом, происшедшим при окислении сернистой щелочи или сернистых щелочноземельных металлов.

Очевидно, в тех случаях, когда сероводород в газовых порах или в газовых испарениях находится под давлением выше того, которое отвечает при данной температуре его газовому состоянию, он будет переходить в третью форму его нахождения – в *жидкий сероводород*, очень неустойчивый и дающий газообразное тело при нагревании или уменьшении давления. Этот жидкий сероводород будет морфологически встречаться в двух типах: в мелких жидких каплях (из газовых пор), или в жидких пленках (из газовых испарений). Наблюдалась до сих пор главным образом первая форма нахождения.

Для газообразных (и жидких) тел в земной коре очень трудно установить точно их генезис; обычно мы имеем здесь вместе, в одной форме нахождения, вещество различного происхождения, например – в газовом испарении или в газовой струе на земной поверхности всегда может быть одновременно сероводород и глубинного и поверхностного образования. Жидкие и газо-

¹ [§ 277 в первом издании].

² [§ 47 в первом издании].

³ Вернадский, 1915, с. 950.

образные тела, вследствие своей подвижности, не имеют свойственных им неподвижных морфологических признаков; в участки земной коры, где они собираются, всегда проходят аналогичные флюиды самого различного происхождения. Только в отдельных, довольно исключительных случаях мы можем быть поэтому уверены, что находимый в них сероводород во всей своей массе одного и того же происхождения.

Но все же, выдвигая в дальнейшем изложении не генетический принцип образования сероводорода, а морфологический, – форму его находений, всегда надо будет отмечать и различный генезис сероводорода, который при этом изучается, причем обычно можно ясно определить происхождение только главной его массы.

Первичный и вторичный сероводороды обычно являются в природе вместе; можно отличить только формы нахождения сероводорода в природе, в которых *преобладает* тот или другой его тип образования.

В частности, по отношению к газовым скоплениям, массовые его выделения в форме струй ограничены для первичного сероводорода теми участками земной коры, где есть большая легкость проникновения снизу упругих тел, т.е. *областями новейших дислокаций*, где сосредоточены современные вулканы, сопки, термы, области сильных тектонических смещений. *Карта таких областей совпадает с картой массовых выделений первичного сероводорода.*

44. В твердых породах литосферы сероводород наблюдался как в породах осадочных, так и в таких, которые так или иначе связаны с массивными породами. Чрезвычайно важно отметить именно эти последние случаи, так как они являются непреложным указателем нахождения свободного сероводорода в глубоких частях земной коры. Опыты над разнообразными массивными породами показывают, что они нередко при нагревании выделяют газы, содержащие сероводород или даже им богатые. Однако этот сероводород может образовываться при нагревании породы, а не заключаться в ней как таковой (ср. т. I, § 350)¹. Поэтому такие случаи, как возбуждающие сомнение, могут быть оставлены в стороне при доказательстве нахождения свободного сероводорода в глубоких участках земной коры. Но есть случаи непосредственного его наблюдения в массивных породах или в их минеральных телах². Так, например, сероводород выделяется при добыче и раскалывании листочков слюды, флогопита, в Бедфорде, около Кингстона в Онтарио, в Канаде³. Это слюда явно контактового происхождения, и она находится на спае аплитовых жил с метаморфическими известняками. Очень возможно, что в ней сероводород содержится в виде жидких пленок. Еще более резко связан с массивными породами сероводород, который наблюдается в кварцах оловянных месторождений, например Villeder во Франции⁴. Может быть, здесь тоже сероводород отчасти находится в жидком состоянии. Такой же сероводород указан в кварцах пегматитовых жил из Бранчвилла⁵. В новых третичных вул-

¹ [§ 381 в первом издании).

² Об этом термине см. В. Вернадский, 1910 (2), с. 23 и сл.

³ Н. Sobmid, 1912 стр. 157.

⁴ Tronquoy, 1912, с. 388.

⁵ Wright, 1881, с. 216. Hawes, 1881, с. 204.

канических туфах из Красных Гор в Аризоне на один объем туфа приходится 6,37 объема газов, в том числе 0,01% H_2S (см. т. I, § 350)¹; в пироксене, выделенном из этих туфов, на 1,11 объема газа приходится 8,9% H_2S ,² причем в этих случаях трудно найти то тело, которое могло бы дать при нагревании сероводород как новообразование. Количество таких указаний легко может быть очень увеличено³. Они все указывают нам на то, что сероводород в свободном состоянии находится в земной коре, в ее глубоких слоях.

То же самое можно вывести и логически из опытов над нагреванием массивных пород. Правда, эти опыты не дают указаний на нахождение сероводорода как такового в порых застывших массивных пород, но они доказывают, что при нагревании горных массивных пород будет выделяться сероводород, хотя бы его в застывшей породе как такового и не было. Поэтому ясно, что сероводород должен выделяться при всяком нагревании массивных пород, происходящем в земных условиях, а оно всегда идет, когда массивные породы, бывшие на земной поверхности, путем геологических изменений передвинутся в глубокие слои земной коры.

Поэтому нельзя сомневаться в нахождении значительных количеств свободного сероводорода в магматической и метаморфической оболочках земной коры.

Количество такого сероводорода в массивных породах, выделяемого при их нагревании, иногда довольно велико, так, например, по Чемберлену, лерзолиты из Лерзе выделяют на 1 объем породы 1,86 объема H_2S ⁴. В среднем, по Чемберлену, габбро и диориты дают 0,02 объема H_2S , диабазы и базальты – 0,19, архейские породы – 0,03, докембрийские метаморфизованные породы – 0,02, молодые лавы – 0,03, гранит, по Готье, – 0,19. Другие породы дают его меньше⁵.

Сероводород, выделяемый в магматической области, довольно устойчив в ее термодинамических условиях и только в незначительной части разложен на свои составные элементы (см. § 79)⁶.

45. Несомненно, только ничтожная часть такого первичного сероводорода выходит на земную поверхность, главная же его масса остается в глубинах земной коры и вызывает в них разнообразные химические реакции.

Но при этом и здесь некоторая его часть не меняется, а проникает в пустоты и поры как застывающих расплавленных пород, так и тех уже твердых пород, которые находятся в земных глубинах и дают возможность собраться газам в своих порах, трещинах или пустотах. Первичный сероводород таким путем задерживается в магматической и метаморфической областях земной коры, не выходя на ее поверхность.

Такой сероводород может входить в горные породы глубин как в момент их образования, так и позже, уже в готовые твердые породы. Так, если (§ 44) сероводород, несомненно, попал в момент их образования в пегмати-

¹ [§ 381 в первом издании].

² Atwood, 1906, с. 140.

³ Ср. уже у M. Delesse, 1861, с. 21.

⁴ По Готье (Gautier, 1901 (2), с. 63; 1901 (1), с. 403), этот лерзолит на 1 кг дает 5450 см³ газа, 11,85% которого состоят из H_2S .

⁵ R. Chamberlin, 1908, с. 14 и сл. Ср. Wolff, 1914, с. 73 и сл.

⁶ Ср. Wolff, 1914, с. 117.

товые жилы или в контакты, то в вулканические туфы он мог проникнуть позже их образования¹. В туфах мы видим еще один возможный источник сероводорода, заключенного в порах пород; он мог в них образоваться вновь во время процессов позднейшего их изменения.

Точно так же неясен генезис сероводорода, собирающегося в плотных, реже пористых породах, по-видимому, всегда метаморфизованных, осадочных. Среди них наибольшее значение имеют *вонючие известняки и доломиты*, нередко превращенные в *мраморы*, которые являются серьезными местами сероводорода и заслуживают большого внимания с этой точки зрения. По-видимому, они приурочены к резко метаморфизованным участкам земной коры; здесь очень часто и в очень многих местах наблюдается (см. для Енисейской губ., § 119) выделение сероводорода при раскалывании или выветривании известняка. Этот сероводород мог иметь и магматическое происхождение, т.е. проникнуть в известняк позже, путем испарений или струй снизу, и, с другой стороны, он мог образоваться при метаморфизации гипса и при переходе его в известняк под влиянием углекислоты и водорода, поднимающихся из нижних частей земной коры. Очень возможно, что именно такие известняки образуются из гипсов осадочных пород при их метаморфизации, ибо, как известно, гипс не сохраняется в метаморфической области земной коры, а переходит в другие минералы. Вонючие сероводородные известняки не только занимают огромное протяжение, но и богаты сероводородом. Так, например, в палеозойских кристаллических известняках Канады сосредоточены его колоссальные количества, в общем на 1 куб. фут мрамора 500 кубических дюймов H_2S , т.е. 0,016%² Очевидно, не зная точно происхождения такого сероводорода, мы должны признать его первичным для земной поверхности; он выделяется в ней лишь при разрушении включающей его горной породы. Третичные известняки на Карпатах выделяют сероводород при ударе³.

В общем, в горных породах – в осадочных, метаморфических и массивных – сосредоточены огромные количества сероводорода разного происхождения, количества, *наверное превышающие все другие его выделения, ныне наблюдаемые*. Большая часть этого сероводорода первичная. К сожалению, сейчас мы не имеем для его учета точных данных. При выветривании этих пород идет медленное освобождение такого сероводорода, его испарение и переход его в новые соединения на земной поверхности. Этим путем первичный сероводород земных недр выходит на земную поверхность и в тех участках земной коры, которые давно не подвергались крупным дислокациям.

46. Другая, вероятно, меньшая его часть выходит на земную поверхность другим путем всюду, где земная кора взломана, находится в движении, в дислокационном процессе.

В этих участках земной коры он выходит на земную поверхность, в конце концов, в атмосферу, в газовых выделениях во время вулканических извержений, в газовых струях, связанных с тектоническими процессами земной

¹ То же наблюдается для отложений горячих сероводородных источников например для Диандина (см. *Абух*, 1856, с. 143–144).

² *Harrington*, 1905, с. 346–347.

³ *Pusch*, 1836, с. 45.

коры (ср. т. I, § 357)¹, с газами горячих источников или грязевых вулканов. Нет никакого сомнения (§ 64), что эти процессы шли в том же направлении в течение всей геологической истории земного шара, ибо всюду в старых, замерших, давно дислоцированных участках земной коры мы имеем указания на продукты, образование которых связано с сероводородом. Очевидно, так как в течение геологических периодов перемещались географически на земной поверхности подвижные участки земной коры, то вместе с ними перемещались и области обильного выделения первичного сероводорода. Для нашего континента можно указать смещение с течением геологического времени таких областей к югу: от каледонской дислокации Европейского севера до современной и новейшей альпийской. Области Фенноскандии или Северной Европы, более свободные сейчас от его выделения, в древние геологические периоды служили центром его струй разного характера. Сейчас эти выделения связаны с более новыми дислокационными областями Пиренеев, местами Альп или современных вулканов Италии и Греции.

Морфологически можно здесь различать разнообразные формы выделения сероводорода: *газовые струи, термы, сопки, вулканы*.

47. Принадлежность к глубинным явлениям земной коры этих форм выделения сероводорода сейчас едва ли требует доказательств. Наибольшие сомнения вызывали термы. А между тем, вероятно, наибольшее количество такого сероводорода выделяется как раз в горячих источниках, термах, количество которых достигает многих тысяч, расположенных как раз в этой неустойчивой полосе земной коры. Связь терм с дислокациями проникала в геологию довольно медленно. Сперва физики и химики, как Лаплас² или Берцелиус³, связали горячие источники с явлениями глубинных слоев земной коры, с образованием гор, вулканизмом, внутренней теплотой земного шара. Но эти идеи сперва проникали медленно в сознание ученых⁴. Только в 1830–1840 гг. после работ Добени⁵ и Эли де Бомона вопрос о связи терм с химическими процессами глубоких слоев земной коры стал на прочную почву. Эли де Бомон⁶ ясно очертил связь этих процессов с общей тектоникой земной коры. И в начале 1840-х годов эта мысль носилась в воздухе; она по отношению к термам провозглашалась независимо разными исследователями – братьями Роджерс⁷ в Виргинии, или Дюроше⁸ в Европе. Она вскоре точно и определенно была проведена в научное сознание работами французских ученых в

¹ [§ 388 в первом издании].

² В 1820 г. Лаплас высказывал идею о связи терм с внутренней теплотой земного шара, как идею новую (*Laplace*, 1820, с. 403; 1846, с. 300). Гумбольдт (*Humboldt*, 1845, с. 231) приписывает эту идею Араго, относя ее к 1821 г. (*Arago*, 1835, с. 234). Он приводит любопытные места из св. Патриция (должно быть епископа Пертузы), в конце III века, который ясно сознавал эту связь. Но еще раньше Араго эти идеи высказывал Доломье (умер в 1801 г.), как об этом указывает Лагранж (см. *Flourens*, 1856, с. 357, 386), затем Леопольд Бух. Ристоро Д'Ареццо (XIV в.) связывал горячие источники с раскаленным внутренним ядром Земли (*Лесевич*, 1917, с. 125).

³ *Berzelius*, 1822, с. 200 и сл. (Карловы Бары).

⁴ *Humboldt*, 1819, с. 25. *Р. Герман*, 1831 (2), с. 383 и сл.

⁵ *Daubeny*, 1832, с. 50. Ср. *Forbes*, 1836, с. 575 и сл.

⁶ *Elie de Beaumont*, 1846–1847, с. 1272 и сл.

⁷ *W. Rogers*, 1843, с. 323; 1884, с. 577.

⁸ *Durocher*, 1844, с. 103 и сл.

Пиренеях¹ и еще глубже Абихом на Кавказе². В результате этих работ упрочилось мнение, что такие источники обычно выходят вдоль границ горстов или грабенов, или на взломах антиклиналей, и в этом смысле представляют закономерное явление³. Термы, вулканы, сопки и струи *представляют проявление одного и того же длящегося процесса*, не замершей дислокации земной коры. Первичный сероводород, ими выделяемый, есть одно из многих ярких проявлений еще живой дислокации. Его выделение связано с определенной стадией дислокационного процесса. Здесь есть аналогия с выделением его во время вулканического процесса (§ 48). Если взять всю историю вулкана или всю историю дислоцируемого участка земной коры, мы найдем в них обоих хронологически определенные периоды выделения сероводорода. К сожалению, ход и причины этого явления известны нам очень неполно.

48. Огромные количества такого первичного сероводорода выделяются во время *вулканических извержений*⁴. Здесь мы можем различить по крайней мере три морфологически различные формы его выделения: 1) выделение во время извержений, 2) сероводородные фумаролы и 3) сольфатары. Наибольшие его количества выделяются в вулканах полуугасших или угасающих, главным образом в сольфатарной стадии их истории. При высокой температуре взрыва среди вулканических газов нет сероводорода, при этом водород и сера выделяются отдельно⁵. В вулканах, сильно действующих, главная масса серы выделяется в виде SO₂ или SO₃, что связано с немедленным окислением, горением сероводорода при его выходе на земную поверхность благодаря высокой температуре вулкана⁶. Ярko и правильно очертил его роль Эли де Бомон: «Сероводород выходит из вулканов негорящим; но при соприкосновении с воздухом он медленно горит и отлагает серу или загорается пламенем и образует воду и сернистую кислоту. Пламя, которое появляется временами на поверхности вулканов, является как бы “железной шапкой” (eiserne Hut) жилы сернистого водорода. То, что проявляется для современных эманаций вулкана, происходило и для древних эманаций»⁷. Таким образом, благодаря диссоциации и химическому изменению сероводорода, появление его среди продуктов вулкана зависит от внешних условий. Оно, как впервые показал Сент-Клер Девиль, будет всегда связано с определенной стадией вулканической деятельности, определяемой главным образом температурой вулкана. Такую связь сероводорода с историей вулкана можно проследить всюду, где выделяется вулканический сероводород: в фумаролах, сольфатарах, газах извержения. В фумаролах стадия, богатая сероводородом, следует после стадии более горячих паров, богатых фтором и хлором. В ней сера находится в

¹ Еще до Дюроше для Пиренеев выдвинута была связь терм с геологией гор Фонтаном (§ 56).

² *Абих*, 1856, с. 64. Ср. его же, 1865.

³ См. о связи источников с областями новейших дислокаций у Де Лоне (*De Launay*, 1899, с. 216 и сл.).

⁴ Значение H₂S в вулканических извержениях было выдвинуто, кажется, впервые Буссенго (*Boussingault*, 1833, с. 23), затем Эли де Бомоном (*Elie de Beaumont*, 1846–1847, т. 3), Сеут-Клер Девилем (*Sainte Claire Deville*, 1857 (1), с. 264) и Бунзеном (*Bunsen*, 1851, с. 241 и сл.). См. сводки: *Mercalli*, 1907, с. 217; *Clarke*, 1911, с. 248 и сл.; *Wolff*, 1914, с. 569 и сл.

⁵ *Bunsen*, 1851, с. 254 и сл.

⁶ Сероводород начинает разлагаться при 400°C. Горит он (давая SO₂, H₂O и S) еще раньше в присутствии кислорода. Ср. § 79.

⁷ *Elie de Beaumont*, 1846–1847, с. 1274.

виде газа или окислов серы, которые являются продуктами распадающегося или изменяющегося сероводорода. Очевидно, при понижении температуры процентное содержание сероводорода будет увеличиваться, так как прекращается приток менее летучих соединений фтора и хлора и в то же время сероводород труднее окисляется и разлагается. *Сероводородные фумаролы* имеют температуру не выше 200°, причем более холодные (ниже 100°) содержат только H₂O, H₂S и CO₂.

То же самое явление наблюдается и для всего вулкана или для данного его вулканического извержения; стадия, богатая серой (следовательно и сероводородом) – *сульфатарная стадия* (âge du soufre Сент-Клер Девиля) – неизбежно следует во времени после хлористых выделений. Она предшествует обычно выделению углеводов¹. Температура таких выделений высокая, вследствие чего сероводород чрезвычайно быстро сгорает, давая главным образом SO₂. По мере того как температура понижается, газовые выделения процентно обогащаются SO₂ (или вначале H₂S), так как более высоко летучие газы (хлориды и т.д.) уже не выделяются.

Такая сульфатарная стадия (ср. т. I, § 248)² наблюдается в действующих, живых вулканах в различные фазы их деятельности, в разных вулканах различно. Особенно ярко проявляется она в вулканах, выделяющих кислую магму³. Нередко наблюдается максимальное выделение сероводорода в начале вулканического извержения; так, например, в 1862 г. при извержении вулкана или вулканов в пустыне Vatnajökull в Исландии запах сероводорода был задолго до полного извержения (за несколько лет) слышен на расстоянии 160 км⁴. Точно так же задолго началось выделение сероводорода и в сульфатаре Мон-Пеле на Мартинике, и газ распространялся на большое пространство. В 1899 г. началось выделение сероводорода, в 1900–1901 гг. оно стало более интенсивным, в апреле – мае 1902 г. произошло знаменитое извержение⁵. Едва ли можно сомневаться, что максимальное количество сероводорода и его продукта сгорания, сернистого газа, развивается, однако, не до взрыва, до извержения, а в момент извержения. Сероводород и продукты его окисления играют в этом процессе огромную роль.

49. Несколько иначе идут эти процессы при вулканическом извержении не в атмосфере, а в *гидросфере*. Всякое подводное извержение вулкана дает очень большие количества сероводорода⁶, превышающие те, которые наблюдаются в надводных извержениях. Во время знаменитого извержения в Санторине в 1866 г. запах сероводорода был слышен за много километров⁷, при образовании нового острова около Сицилии в 1831 г. – за 12 км, в Счакка (Sciassa) серебряные предметы чернели от сероводорода⁸. Нельзя забывать, что количество подводных извержений больше количества извержений над-

¹ *Sainte Claire Deville*, 1857 (1), с. 268.

² [§ 279 в первом издании].

³ *Mercalli*, 1907, с. 91, 92.

⁴ *Mercalli*, 1907, с. 98, 370. Извержение в области Vatnajökull известно для вулкана Grimsvötn в 1867 г. Ср. *Thoroddsen*, 1905, с. 152, 154.

⁵ *Lacroix*, 1904, с. 34–35.

⁶ *Mercalli*, 1907, с. 269.

⁷ *Fouqué*, 1879, с. 40, 84.

⁸ *F. Hoffmann*, 1838, с. 468.

водных, и эти извержения более интенсивны, что, вероятно, связано с большей близостью дна океанов к магматической земной оболочке¹. Понятно поэтому значение, какое этот источник сероводорода может иметь в истории сероводорода в земной коре. К тому же здесь к первичному сероводороду должен прибавиться вторичный, связанный со вторичными реакциями морской воды на газы вулкана. Несомненно, что в океане сероводород труднее окисляется, чем в надводных извержениях; не исключена к тому же возможность и восстановления сульфатов морской воды при прохождении через них горячего водорода, увеличивающего таким образом количество первичного сероводорода сероводородом вторичным. Наконец, может сказываться и большая интенсивность вулканических извержений в гидросфере по сравнению с атмосферой.

50. Большие количества сероводорода во время вулканических извержений вызывают вопрос о его генезисе. Были попытки объяснить его появление здесь вторичными реакциями на земной поверхности.

Действительно, нередко можно убедиться, что сероводород во время вулканического извержения является вторичным продуктом, образующимся вблизи земной поверхности; так, например, он образуется при действии воды на сернистые или полисернистые металлы или на заключающие серу алюмосиликаты в тех случаях, когда температура нагревания ниже температуры его диссоциации². Возможно также выделение его при разрушении попадающих в лаву или в рыхлые продукты вулкана органических остатков – животных, растений или продуктов их распада.

Однако, несомненно, не этими вторичными реакциями могут быть объяснены огромные количества сероводорода, которые наблюдаются во время вулканических извержений. Сера подымается в газообразном виде из земных недр в эманациях магматической земной оболочки из расплавленных магм и, очевидно, в зависимости от температуры должна выделяться в первичной форме или в виде сероводорода, или в свободном состоянии. Может быть, некоторые ее количества могут соединяться с углеродом и азотом, давая сульфацианистые соединения³. Но главная ее часть – в среде, лишенной кислорода, каковой является глубинная магма – должна соединяться с водородом, давая сероводород⁴. Он представляет первичный продукт, характеризующий реакции магмы. Едва ли сейчас возможно идти с уверенностью дальше в анализе генезиса этого магматического сероводорода. Однако намечаются пути дальнейшего исследования. Так, уже указывалось, что как иногда вулканические породы⁵, так, по-видимому, часто и плутонические⁶ выделяют его в числе прочих газов при нагревании. Этот процесс, несомненно, всегда должен происходить в природе в тех случаях, когда данные породы в глубоких слоях земной коры будут подвергаться действию достаточной температуры, даже без их плавления. Во время вулканических извержений при соответс-

¹ Wolff, 1914, с. 291.

² Gautier, 1901 (2), с. 191, 744.

³ Gautier, 1906, с. 346.

⁴ О прямом соединении S с H при температуре кипения серы см. *Norrish a. Rideal*, 1923, с. 696.

⁵ Brun, 1911, с. 77, 116. Сероводород выделяется лишь в присутствии углеводов (с. 77).

⁶ Gautier, 1906, с. 333.

твенном застывании и охлаждении пород до той же температуры, очевидно, должен идти тот же процесс.

Нельзя забывать и другого, правда, еще не вполне выясненного, явления, на значение которого указал Готье. Горячие, содержащие серу газы, как сероводород, пары серы и т.п., в присутствии углеводов проходя через силикаты и алюмосиликаты, изменяют их и, по-видимому, вызывают замещение серой кислорода, образуя нестойкие, мало изученные сернистые соединения, чрезвычайно легко дающие сероводород в присутствии паров воды. Этот процесс, играющий, вероятно, роль при образовании источников (§ 60), должен сказываться и во время сложных процессов, вызывающих вулканическое извержение. И здесь сероводород может выделяться путем разложения силикатов и алюмосиликатов¹.

51. Во всяком случае, какого бы происхождения ни был этот вулканический сероводород, он морфологически и после прекращения извержения собирается в определенных участках вулканов, в так называемых *сероводородных fumarолах* и *сульфатарах*. Сульфатары выделяют сероводород и продукты его распада – SO_2 , SO_3 , твердую серу. Их имеется среди действующих вулканов не менее 68 групп². К ним должны быть прибавлены вулканы затухающие, дающие, по Меркалли, около 184 групп сульфатар. Эти 250–300 групп сульфатар находятся в непрерывном действии и выбрасывают в атмосферу ежегодно огромные количества сероводорода³.

Среди таких сульфатар можно отметить (ср. т. I, § 248)⁴, например, Большую Сульфатару, около Поццуоли⁵, Вулкано на Эоловых островах, многочисленные сульфатары на о. Мелосе⁶, около Каламаки на Коринфском перешейке⁷, Гваделупу на Антильских островах, Попокатепетль в Мексике, Жебель-Шебри в Африке, Урумчи в Китае, Бахар-эль-Сафине на Красном море, многочисленные сульфатары в Исландии⁸, Новой Зеландии⁹, Питон на о. Тенерифе¹⁰ и т.д.

В fumarолах и в сульфатарах сероводород выделяется из различных газовых струй – углекислых, азотных, водных, водородных, причем количество его сильно меняется, иногда доходит до 24,1 % всех газов, например, в группе fumarол в Рейкьялид в северной Исландии в струе водородно-углекислой¹¹. Обычно, однако, количество сероводорода значительно меньше, колеблется для Исландии, по анализам Бунзена, от 1,1 до 15,7%. Во время извержения Монте Россо на Этне в сентябре 1908 г. углекислая струя содержала 1,6%

¹ *Gautier*, 1888, с. 911; 1901 (2), с. 740; 1906, с. 351.

² *Mercalli*, 1907, с. 291 и сл.

³ См. сводку анализов fumarол и сульфатар у *J. Roth*, 1879, с. 413 и сл. *Wolff*, 1914, с. 555 и сл.

⁴ [§ 279 в первом издании].

⁵ О H_2S в ней см. *Nasini, Anderlini e Salvadori*, 1906, с. 436 и сл.

⁶ *Fouqué*, 1867, с. 482. *Neumann-Partschli*, 1885, с. 293.

⁷ *Fouqué* 1867, с. 476. *Ansted*, 1873, с. 361.

⁸ Ср. *Bunsen*, 1851, с. 246 и сл. *Thoroddsen*, 1889, с. 161 и сл.; 1891, с. 267. *Knebel*, 1906, с. 147; 1912, с. 224 и сл. *Johnstrup*, 1890, с. 182 и сл.

⁹ *Hochstetter*, 1863, с. 251 и сл. *Bell*, 1906, с. 369 и сл.

¹⁰ *Buch*, 1825, с. 232.

¹¹ *Bunsen*, 1851, с. 248.

H_2S ¹. Не меньшее количество сероводорода содержали некоторые азотные струи во время извержения Санторина в 1866 г.² Очень редки случаи, когда газовая струя имеет характер *сероводородной струи*, например в Аква-Болленте в Вулкано, где Сент-Клер Девиль и Леблан наблюдали 83,1 % H_2S ³. Около Порто-Мизено есть «серный грот», в котором выделяющиеся газы оказались сероводородной струей, содержащей (12 мая 1857 г.) 85,7–88,8% H_2S ⁴. Любопытно, что та же фумарола через несколько лет давала уже углекислую струю и содержала всего 17,5% H_2S ⁵.

Подобно тому, как это наблюдается во время извержения, и в газах фумарол нередко значительная часть сероводорода окислена и сера выделяется в виде SO_2 или даже SO_3 . Сент-Клер Девиль даже предполагал, что в очень горячих фумаролах, например, на дне кратера, совсем не выделяется H_2S , а выделяется только SO_2 ⁶. Однако это явление наблюдается далеко не всегда.

В фумаролах и сольфатарах мы имеем постоянно выделение паров воды, по отношению к которой едва ли может быть сомнение, что она поверхностного происхождения и связана с метеорной или грунтовой водой, вновь нагретой в горячей среде вулканических продуктов. При увеличении ее количества и уменьшении летучих веществ сольфатары и фумаролы могут превращаться в сольфатарные термы⁷ и гейзеры⁸ (т. I, § 249⁹, т. II, § 55). Переход от фумарол к сольфатарным термам морфологически представляют также озера и болота, находящиеся в кратерах многих вулканов, выделяющие сероводород вследствие того, что на дне их оказывается выход фумарол. Под влиянием выхода фумаролы в воду, а не в воздух, условия ее химических изменений меняются, ибо часть сероводорода растворяется в воде и вследствие этого процентное содержание его в газах фумаролы уменьшается. Таковы, например, некоторые фумаролы Пеле на Мартинике¹⁰. Аналогичные явления наблюдаются и в вулканах Явы¹¹.

52. От этих вулканических горячих газовых струй, заключающих сероводород, имеются все переходы к более холодным газовым струям, которые являются или тектоническими газовыми струями или выделением сероводорода в горячих источниках, термах. Едва ли можно сомневаться в том, что здесь мы обычно имеем дело с проявлением более глубоких процессов, чем те, какие нам выявляются в вулканических извержениях, и, по всей вероятности, это процессы более мощные. Особенно это относится к газовым тектоническим струям и к некоторым типам горячих источников.

¹ Ponte, 1914, с. 341.

² Fouqué, 1879. с. 227.

³ Sainte Claire Deville et Leblanc, 1858, с. 47. Другие струи Вулкано давали до 89,2% H_2S . О выделении сероводородной струи в Базилуччо в море см. Spallanzani, 1792, с. 131–132.

⁴ Guiscard, 1857, с. 635.

⁵ Sainte Claire Deville, 1865, с. 568–569.

⁶ Sainte Claire Deville, 1865, с. 568–569.

⁷ Knebel, 1906, с. 146 и сл.

⁸ Wolff, 1914, с. 606 и сл.

⁹ [§ 280 в первом издании].

¹⁰ Lacroix, 1904, с. 186–187.

¹¹ Junghuhn, 1854, с. 10, 198.

В газовых тектонических струях обычно сероводорода по процентному составу очень мало¹. Однако взятый в целом процесс этот играет в земной коре чрезвычайно заметную роль как в истории сероводорода, так и серы вообще. По-видимому, максимальным выделением его для тектонических струй является количество сероводорода, наблюдавшееся, по Филлипсу, в метановой струе в Пойнт-Абино в Канаде, выходящей из так называемых Ниагаровых известняков (0,86% H₂S). В день здесь выделяется около 200 м³ сероводорода, дающих в год 115 т серы. Нет никакого сомнения, что аналогичное явление – выделение значительных количеств сероводорода – наблюдается всюду в газовых скважинах этих мест, между Буффало и Ниагарой². В метановых газовых струях Индианы и Огайо количество его обычно колеблется в пределах 0,15–0,20% H₂S (по анализам Говарда); редко оно доходит до 0,3%. Количество его в метановых струях Пенсильвании не превышает тех же чисел; иногда его здесь совсем нет. Но в общем количество сероводорода, выделяемого в этих штатах путем буровых скважин на газ и нефть, колоссально; некоторые скважины в сутки выделяли до 340 м³ H₂S³. Обычно эти газовые струи, особенно метановые, встречаются совместно с нефтяными месторождениями, хотя очень вероятно, что связь эта по большей части чисто внешняя (т. I, § 357)⁴. Для газа, выделяющегося из Ниагарских известняков, возможно предположить связь с гипсами, встречаемыми при бурении в тех же известняках, однако вполне возможно, что, наоборот, гипсы являются здесь продуктом метаморфизма известняков благодаря сероводороду, выходящему из земных недр (§ 46). Выделяемый в этих струях сероводород немедленно входит в химические реакции с другими веществами в земной коре и является могучим изменяющим агентом. В том случае, когда он не имеет искусственного или естественного выхода на земную поверхность, он проникает в *артезианские воды* (§ 63). И действительно, всюду, где имеются метановые струи с сероводородом, например в Огайо и в Индиане, водные горизонты пропитаны сероводородом и такими же являются при бурении артезианские воды⁵. Иногда наблюдаются выделения такого сероводорода в виде взрыва на земную поверхность и помимо участия человека. Таково, например, было его выделение 15–16 декабря 1881 г. и 13 января 1882 г. в связи с землетрясением в бухте Миссолунги. Оно сопровождалось гибелью рыбы, изменением предметов жизни в городе Антоликоне и т.д.⁶

Выделение сероводорода, наблюдавшееся во время землетрясений в морских бухтах, может быть, имеет и другие причины. Дарвин⁷ указывал, что, по Фиц Рою, в бухте Галькахуано в Южной Америке 20 февраля 1835 г. после взрыва вода издавала «неприятный серный запах». То же самое наблюдалось в бухте Вальпарайсо во время извержения 1822 г. Дарвин думает, что был взбаламучен ил дна.

¹ F. Phillips, 1893, с. 219. Czako, 1913, с. 16.

² F. Phillips, 1898, с. 678.

³ Orton, 1889, с. 591 и сл., 646. Westcott, 1913, с. 41. Czako, 1913, с. 70 и сл. Hviid в работе Höfer u. Engler, 1913, с. 730.

⁴ [§ 388 в первом издании].

⁵ Orton, 1889, с. 522–523.

⁶ Rath, 1882, с. 201 и сл.

⁷ Дарвин, 1898, с. 189, 190.

53. Еще более значительны выделения сероводорода в источниках. Здесь сероводород явно двоякого происхождения: источники с первичным сероводородом должны быть отделены от источников со вторичным сероводородом, где он связан главным образом с разложением сульфатов¹ (§ 72).

Источники первого рода, как указано (§ 43), всегда находятся в теснейшей связи с областями новейших дислокаций земной коры и обычно расположены в тесной связи с *направлением* таких дислокаций. В связи с этим такие источники часто собраны группами, нередко сосредоточиваются по определенным линиям. Зная историю тектонических нарушений земной коры, мы можем заранее предвидеть места возможных выходов такого сероводорода. Однако далеко не всегда мы находим сероводород в областях новейших дислокаций. В некоторых из таких тектонических источников нет сероводорода, а выделяются только углеводороды, уголекислота, азот, благородные газы. Причины такого различия не ясны, но мыслимы две возможности. С одной стороны, причиной появления сероводорода может являться нахождение в таких областях в глубоких слоях земной коры горных пород, богатых сульфатами, может быть полисернистыми соединениями. Но, с другой стороны, возможно, что мы имеем здесь явление, аналогичное тому, что указано было (§ 48) для газов вулканов, т. е. появление в них тех или иных газов связано с общими процессами застывания глубинных магм, с их историей. Только здесь эти процессы имеют более грандиозный характер, чем вулканические извержения.

54. Сероводородные первичные источники по составу (и генезису) различны. К сожалению, классификация их очень несовершенна². Первое ясное указание на коренные различия в характере сероводорода было сделано, кажется, в 1838 г. Фильодем; он указал на резкое отличие натровых и кальциевых сероводородных источников. В общих чертах это отличие должно быть удержано и по сей час.

Можно различить, по крайней мере, четыре типа источников с первичным сероводородом. Первым типом будут источники, связанные с вулканическими извержениями, – *сульфатарные источники*, или *влажные сульфатары*. К ним относятся и содержащие сероводород *гейзеры*. Вторым типом будут *источники Пиренейского типа*, богатые сернистыми щелочами, главным образом Na_2S . Третьим типом должны считаться источники, обычно богатые CaS , реже Na_2S , образующиеся во время процессов метаморфизации в метаморфической оболочке земной коры – *метаморфические сероводородные источники*. Наконец, существует еще четвертая группа источников, которые включают свободный первичный сероводород, не связанный с сернистыми щелочами – *сопочные*, или *тектонические сероводородные источники*.

55. *Влажные сульфатары*, или *сероводородные термы первого рода* очень обычны и в известных случаях могут наблюдаться в вулканических областях всего мира. От них имеются все переходы к сульфатарам (§ 51). Они

¹ Вначале – а иногда это делают и до сих пор – приписывали всему сероводороду источников только такое вторичное происхождение. В новой сводке химии источников Кларка (*Clarke*, 1911, с. 190 и сл.) сероводорода нет среди тел, характеризующих источники.

² См. бальнеологическую классификацию сероводородных источников и обзор таких классификаций у *Лозинского*, 1910, с. 1129 и сл.; 1916, с. 359 и сл.

отличаются от сольфатар богатством воды, часто связаны с выходами почвенных вод, ибо они образуются там, где сольфатары встречают мощные горизонты грунтовых вод. Такие горячие источники, связанные с вулканами, нередко выделяют огромное количество сероводорода (например, в Исландии и на Камчатке). Сольфатарные термы довольно резко отличаются от тектонических терм тем, что в них мы не имеем больших скоплений ювенильной или фреатической воды – главная их вода принадлежит верхним геологическим горизонтам; очень возможно, что ювенильная вода в них совсем отсутствует, и мы имеем воду или поверхностную, или фреатическую. Кое-где такие сольфатарные термы дают начало серным рекам (§ 75), например в бассейне Каука в Южной Америке, или любопытным серным озерам, например оз. Telaga Legi на Яве¹. Можно выделить в земной коре несколько областей, где сероводород выделяется в большом количестве в источниках этого типа, например, на островах Японии, на Яве, в Исландии. В исландских горячих газовых источниках количество сероводорода нередко доходит до 18,4% всех газов, а иногда поднимается и больше, до 26,5%². Но существуют влажные сольфатары, которые еще более богаты сероводородом, где этот газ является господствующей газообразной частью. Это наблюдается в очень горячих сольфатарных источниках. Явление это, очевидно, связано с тем, что сероводород фумарол, выходя под водой, не успевает окисляться; поэтому для них наблюдается уменьшение содержания сероводорода только при временном или постоянном уменьшении их температуры, когда замирает сольфатарный процесс. Таковы, например, термы (Гальон и др.) около Суффриер на о. Гваделупе. Среди их газов преобладал сероводород в 1797 г., когда Амик наблюдал их при температуре в 80° С, но в 1841–1843 гг. Сент-Клер Девиль нашел в них всего 30–37,8° С и соответственно среди их газов преобладала СО₂. В 1860 г. опять преобладал сероводород (60° С, по Дамуру). То же самое наблюдал и Лакруа в 1902–1903 гг. (57–67°)³.

Частным случаем влажных сольфатар являются многие *гейзеры* или *кипящие источники*, по-видимому всегда содержащие сероводород (например в Исландии, Новой Зеландии, Северной Америке)⁴. Количество сероводорода в них обычно невелико, и, например, в воде Дэвилс-Инк-Пот в Йеллоустоне на 1 кг воды приходится 0,0051 г Н₂S; в других гейзерах этой группы его еще меньше⁵.

56. Гораздо значительнее и более распространены сероводородные термы второго – *Пиренейского типа*⁶. Источники этого рода чрезвычайно характерны тем, что в их воде, иногда при общей слабой минерализации (редко на 1 л 0,35 г), преобладают сернистые щелочи, главным образом сернистый натрий, Na₂S (или NaHS). Вода их щелочная от карбоната или силиката. Примером таких источников могут являться термы Пиренеев во Франции и Испании⁷,

¹ Junghuhn, 1854, с. 200.

² Torkelson, 1910, с. 49, 70.

³ Lacroix, 1904, с. 184.

⁴ Обзор гейзеров см. Wolff, 1914, с. 606 и сл.

⁵ См. Gooch a. Whitfield, 1888, с. 36 и сл.

⁶ О них см. A. Fontan, 1840, с. 295 и сл. Jacquot et Willm, 1894, с. 11, 81.

⁷ О них см. еще J.P.A. Fontan, 1853. Durocher, 1853, с. 424. Carrigou, 1867, с. 253. Filhol, 1888. Сводка анализов, литературы и геологического строения см. Jacquot et Willm, 1894, с. 327 и сл. Carez, 1903–1909.

или связанные с аналогичными орогеническими процессами термы Испанской Галисии¹. Эти горячие источники тянутся в Испании и во Франции вдоль всей линии Пиренеев, где развиты древние массивные гранитные породы, вблизи контакта их с породами осадочными; некоторые из них дают колоссальные количества воды; так, Гро д'Олетт дает 22 000 гектолитров воды в день, выходящей из 42 источников. По-видимому, воды идут с глубины 2000–3000 м и выходят из трещин гранитов². Количество сероводорода очень велико; так, например, источники Гро д'Олетт, заключающие 0,02 г Na_2S , выносят в день 400 кг этой соли и, очевидно, в год выделяют колоссальное количество сероводорода и производят огромную химическую работу. Очень характерен состав газов этих источников³: в них отсутствует кислород, обычно мало углекислоты, преобладает азот. Газовые струи, из них выделяемые, суть азотные струи, нередко богатые благородными газами, или углекисло-азотные.

Аналогичные пиренейским сероводородные источники известны в Корсике⁴, кое-где на французских склонах Альп (Юриаж, Эке), во многих местах Кавказа и Закавказья (§ 106 и сл.) и т.д. Источники того же Пиренейского типа, богатые Na_2S (или NaHS), мы наблюдаем, конечно, не только в Европе, но и в других частях земной коры. Так, например, к этому типу должны быть отнесены некоторые термы Явы⁵. Количество сероводорода в источниках Пиренейского типа очень велико и находится в известной зависимости от количества щелочей. Благодаря изменчивости NaHS , идет постоянное изменение в количестве постоянного и связанного H_2S . В этом смысле прав А. Лозинский, проводящий аналогию между CO_2 и H_2S источников, хотя химически нестойкие соединения, здесь образующиеся, различны в обоих случаях. К числу наиболее богатых сернистыми щелочами вод Пиренейского типа относятся, например, источники Люшон с 0,0777 г Na_2S , Барез с 0,0404 г Na_2S , Сали с 0,1135 г Na_2S , Шальле-Бейн с 0,2503 г Na_2S и 0,1091 г свободного H_2S на 1 л и т.д. (ср. § 59, 106 и сл.)⁶.

57. К сожалению, еще менее обращали на себя внимание сероводородные источники, часто бедные щелочами, обычно богатые кальцием, источники третьего, – *метаморфического типа*. Обычно кальциевые воды, богатые CaS и, следовательно, сероводородом, характерны для вторичного сероводорода (§ 72), однако в очень многих случаях их генезис более сложен, он явно связан с тектоникой местности и с глубинным – не биохимическим – разложением гипса в метаморфической оболочке земной коры. Такие сероводородные кальциевые источники должны быть отделены от поверхностных кальциевых сероводородных вод. Их сероводород иного происхождения. Он должен

¹ Barroix, 1882, с. 107. Источники аналогичны по геологическим условиям пиренейским.

² Карэ (Carez, 1904, с. 1117) считает, что связь с гранитами преувеличена и что источники выходят из девонских или каменноугольных слоев. Вода, по мнению Карэ, даже не фреатическая, но чисто вадозного происхождения. Факты, кажется мне, не отвечают этому воззрению Карэ.

³ На газы этих источников, на их богатство почти чистым азотом обратил внимание уже в 1821 г. Д'Англеда (*D'Anglada*, 1821, с. 131 и сл.; 1822, с. 246 и сл.).

⁴ Jacquot et Willm, 1894, с. 474 и сл.

⁵ Jungkuhn, 1854, с. 862–863 (около Бантама).

⁶ См. любопытную таблицу у Лозинского, 1910, с. 1133.

быть связан с разложением гипсов при высокой температуре подымающимися снизу углеводородами, углекислотой или водородом. Таковы, например, горячие (до 29°) источники в Испании, в бассейне Эбро, богатые CaSO_4 или CaS , развитые в области третичных пород¹, или источники в сильно дислоцированной области Альп, в районе развития гипсоносных пород триаса². По-видимому, сюда же относятся холодные сероводородные источники в области дислоцированных гипсоносных пород России – в Прибалтийском крае или в Поволжье (§ 88, 92)³. Совершенно аналогично гипсу могут этим путем меняться и другие сульфаты, например Na_2SO_4 , и давать метаморфические источники с Na_2S .

58. Еще менее изучен четвертый тип *тектонических источников* с первичным сероводородом, не заключающих в растворе сернистых металлов, но богатых свободным сероводородом. К числу таких источников относятся, например, соленые термы около Поретты в Апеннинах⁴; газ, выделяющийся из них в виде метановых струй, относительно богат сероводородом. Источники, сюда относящиеся, сложного характера. Одни из них иногда связаны с артезианскими водными горизонтами (ср. § 52, 63), другие с сальзами. От таких источников мы имеем переходы к сальзам, сбффиони и гейзерам, не связанным непосредственно с вулканами (ср. § 55). Количество сероводорода, например, в соффиони в районе Лардерелло в Италии огромно. Он составляет 4,2–6,1% всех газов⁵. Очень аналогичны им гейзеры и кипящие источники, богатые сероводородом, в Чокваранале около Пилара в Венесуэле⁶ и т.д.

59. В каждом типе сероводородных источников меняется как количество сероводорода, так и характер содержащих его вод.

Но как ни меняется количество сероводорода, находящегося в растворе в источниках, оно никогда не достигает предельного парциального давления этого газа в атмосфере при данной температуре. В общем его так мало в процентном отношении по сравнению с другими составными частями источников, что некоторые гидрологи совсем исключают из своих классификаций сероводородные источники. Однако едва ли можно сомневаться, что мы в природном процессе не должны этого делать: сероводородные источники существуют так же, как существуют золотоносные кварцевые жилы. В них даже сероводорода больше, чем золота в кварце, и различие в генезисе и составе источников с сероводородом и без него еще больше, чем различие кварцевых жил с золотом и без него. Максимальное его количество наблюдалось на Кавказе в только недавно анализированных (§ 108) источниках, Талгинских (на 1 л воды 0,24 г H_2S), затем около Мацесты (до 0,221 г H_2S) (§ 107) и т.д.

Наибольшее количество его выделяется в первых двух типах источников, причем оно зависит от количества сернистого натрия в их воде, как мы видели (§ 56), вообще не очень большого. Есть источники, замечательные с этой точки зрения, где Na_2S составляет очень заметную часть всего твердо-

¹ De Launay, 1899, с. 249.

² De Launay, 1899, с. 331.

³ О неизбежном разложении гипсов в земных глубинах в связи с действием углеродистых веществ при высокой температуре см., например, Лукашевич, 1909, с. 274.

⁴ Sgarzi, 1863, с. 275 и сл.

⁵ Fouqué et Gorceix, 1869, с. 947.

⁶ Wall, 1860, с. 468–469.

го их остатка: так, например, в одном из источников в Барез во Франции на 0,11 г твердого остатка в литре находится 0,04 г Na_2S ¹. Очевидно в таких источниках количество H_2S в общем процентном составе газов зависит от условий разложения сернистых щелочей.

Очень своеобразной чертой некоторых из источников, богатых сероводородом, является то, что сероводород в них появляется временами, как бы периодически². Причина этого явления неясна.

60. Сероводород, выделяющийся из источников, является в них в результате сложных и, очевидно, для разных типов источников очень разнообразных химических процессов.

Он частью находится в растворе в свободном состоянии, не диссоциированным, в виде раствора газа в воде³. Особенно ясно это в некоторых источниках, богатых CO_2 . Другая его часть гидролизирована; в воде содержится ион HS' , образуемый из сероводорода или сернистых соединений.

Необходимо различать, по крайней мере, два типа таких растворенных в воде сернистых соединений, дающих на поверхности свободный сероводород. Во-первых, сера может быть связана с металлическими основаниями, главным образом в виде сернистых щелочей или щелочных земель⁴, выделение сероводорода в воздух идет в связи со сложными химическими процессами окисления в воде этих сульфосоединений. Во-вторых, сероводород источников может являться результатом разложения сероокиси углерода – CSO , часто наблюдаемой в источниках и легко распадающейся на воздухе на H_2S и CO_2 ⁵. Возможно, что источники, связанные с распадом CSO , принадлежат только к типу сольфатарных и сопочных, но утверждать этого нельзя из-за недостатка данных, тем более, что в сопках CSO не искали и он в них не констатирован.

Поскольку можно сейчас судить, в природе источники Пиренейского и метаморфического типов являются господствующими, т.е. значительная часть сероводородных источников с первичным сероводородом принадлежит к типу таких, которые содержат сернистые металлы. Образование сернистых щелочей – средних и кислых, лежащее в основе такого процесса, все еще не выяснено. Мы наблюдаем эти щелочи в природе главным образом в водных растворах, причем причиной их образования будут химические свойства сероводорода, который является в глубоких слоях земной коры сильной кислотой и вытесняет другие кислоты из соединений с Na , Ca и т.д. Такая реакция может происходить только ниже температуры распада сероводорода, сле-

¹ По *Henry*, см. *Daubrée*, 1887 (1), с. 48.

² *Pošepny*, 1894, с. 236–237.

³ *Auerbach*, 1904, с. 222. Уже давно Фрезениус указывал на нахождение свободного H_2S в источниках около Сандерфиорда в Норвегии (см. *Lersch*, 1864, с. 234), но доказательства его не были надежны.

⁴ Уже Гумбольдт ставил вопрос, не происходит ли сероводород в горячих источниках около Марсары в Южной Америке, выходящих среди слюдяных сланцев, от CaS , MgS «и других землистых металлоидов, которые заключаются внутри нашей планеты под ее земистой окисленной оболочкой» (*Humboldt*, 1819, с. 86).

⁵ *Than*, 1867, с. 245. Сероокись углерода указывалась, кроме источников, в fumarолах и в продуктах гниения (см. *Ghabrié y Moissan*, 1905 (1), с. 320). Готье (*Gautier*, 1909, с. 1712) ее не нашел в fumarолах Везувия, однако он ее констатировал среди газов, выделяющихся при нагревании пород (см. *Gautier*, 1906, с. 345).

довательно, она может идти в метаморфической и в верхних частях магматической области земной коры; ниже существуют лишь H_2 и S_2 . Однако области химической устойчивости сернистых щелочей и щелочных земель идут гораздо глубже и опускаются более глубоко в магматическую оболочку земной коры, чем область устойчивости H_2S . Мы знаем, например, что сернистые щелочные земли выкристаллизовываются из расплавленных силикатов и обычны в шлаках. Правда, в природе мы не имеем указаний на нахождение в массивных или вулканических породах таких щелочей или щелочных земель. Прямые опыты Готье¹ показали, что они отсутствуют, например, в гранитных породах, так как холодная вода не дает и следа сероводорода из этих пород. В этих породах сера дает с металлами иные соединения, и сернистые щелочи исчезли.

Очевидно, нахождение средних и кислых² сернистых щелочей в источниках не может быть объяснено выщелачиванием готовых соединений в земной коре; процесс их образования более сложен. Он связан или с восстановлением сульфатов в метаморфической оболочке земной коры при действии CO_2 , водорода, углеводородов при относительно высокой температуре, или с процессами, идущими в магмах на глубинах при выделении в них ювенильной воды. Первый случай мы имеем для метаморфических кальциевых источников. Но для богатых натрием сероводородных источников Пиренейского типа несомненна связь с магматическими процессами³. Бросается в глаза их связь с массивными гранитными породами. Однако вопрос о способе образования сернистых щелочей, Na_2S или $NaHS$, в связи с изменением массивных, в частности гранитных, пород далеко не прост. Очевидно, сероводородные источники Пиренейского типа отражают в своем составе не процессы выветривания пород, уже хотя бы потому, что при выветривании гранитных пород образуются сульфаты или карбонаты щелочных и щелочноземельных металлов, а не их сульфиды. К тому же и характер распространения этих источников указывает на их связь с массивными породами в глубоких слоях земной

¹ *Gautier*, 1901 (2), с. 744.

² О нахождении $NaHS$ и CaH_2S_2 см. *Garrigou*, 1874, с. 488 и сл., 683.

³ Вопрос о происхождении сернистых щелочей, обративший на себя внимание с 1840-х годов, с выяснения источников Пиренейского типа, до сих пор находится в очень неясной стадии своего развития. Я вернусь к этому вопросу ниже, в главе о сернистых щелочах в природе. Здесь достаточно привести несколько данных об истории вопроса в научной литературе. В 1853 г. вопрос о генезисе сероводорода обсуждался во Французском геологическом обществе. Дюроше (*Durocher*, 1853, с. 425) допускал нахождение в глубоких слоях земной коры твердого сернистого натрия, на что, как мы знаем, нет никаких указаний. Гораздо более правдоподобны были гипотезы, высказанные тогда же Сент-Клер Девилем (*Sainte Claire Deville*, 1853, с. 428) об образовании Na_2S при действии H_2S и H_2O при температуре выше 100° на сульфаты натрия, или Делесса (*A. Delesse*, 1853, с. 429) – о взаимодействии между серой или сернистыми металлами и карбонатом натрия при повышенной температуре более глубоких слоев земной коры. Однако эти гипотезы приурочивают все процессы образования сернистых источников Пиренейского типа к слишком высоким слоям земной коры. Только в 1890-х годах вопрос этот получил новое освещение в работах Готье, излагаемых в тексте. Некоторые из лучших современных исследователей, как, например, Де Лонэ (*De Launay*, 1899, с. 134 и сл.) или Кларк (*F. Clarke*, 1911, с. 191), считают сернистые щелочи за результат вторичных реакций восстановления сульфатов ближе к земной поверхности, и для них вопрос об их генезисе связывается с вопросом о вторичном сероводороде. Мне кажется, что ими не приняты во внимание имеющиеся факты, которые резко противоречат этому мнению.

коры, а не в полосе выветривания. В этих глубоких частях земной коры сульфаты вообще не образуются и сернистый натрий источников не может произойти путем восстановления Na_2SO_4 . По-видимому, он и его аналоги являются результатом других процессов, связанных с характером магм, и так или иначе их образование должно быть сведено к воздействию первичного сероводорода или его составных элементов (паров серы и водорода) на силикаты или алюмосиликаты¹. Здесь возможны два разных явления: или непосредственное разложение силикатов и алюмосиликатов выделяющимися горячими парами S_2 и H_2 и выщелачивание их водою, или действие воды при температуре до $280\text{--}300^\circ$ под давлением на застывшие плутонические породы. Опыты Готье² показали, что в обоих случаях получаются сернистые щелочи, а при обработке гранита в последнем случае получаются воды, очень схожие с сероводородными водами Пиренейского типа. Нахождение серы, дающей с водой при указанной температуре H_2S , связано с тем, что раньше гранитные породы подвергались действию H_2S , CSO или S в присутствии водорода и при этом их алюмосиликаты и силикаты частью дали соответственные сернистые соединения, хотя бы и в небольшом относительно их веса количестве. В этом объяснении необходимо обратить внимание еще на то, что сернистые щелочи в источниках Пиренейского типа главным образом представлены натрием, и отношение $\text{Na} : \text{K}$ резко отлично от того же отношения, например, в гранитах; калий переходит при их образовании в раствор в малом количестве по сравнению с натрием. Абих пытался для Кавказа (§ 106) объяснить это тем, что такие источники связаны всегда с натровыми массивными породами, но вопрос, несомненно, более сложен. К сожалению, он недостаточно исследован; правда, опыты Готье показали, что граниты, содержащие в условиях его опытов Na и K , дают главным образом Na , а не K в виде сернистых щелочей³; однако Готье опубликовал лишь первые результаты своей работы⁴.

61. Как бы то ни было, сероводород источников Пиренейского типа получается путем разложения растворов сернистых щелочей, а в источниках метаморфического типа – как сернистых щелочей, так и щелочных земель. Но само это разложение есть процесс сложный. Химическая реакция, здесь происходящая, неясна. По-видимому, уже при простом повышении температуры начинается разложение растворенной в воде сернистой щелочи или щелочной земли водою же, ее гидролиз. Происходит как бы вытеснение H_2S под влиянием более сильных кислот, главным образом углекислоты. А так как углекислота обычна в тектонических термах и находится в воздухе, то в связи с этим существует закономерное соотношение между содержанием CO_2 и H_2S источников, богатых сернистыми щелочами. Источник заключает тем больше свободной углекислоты, чем меньше в нем свободного сероводорода, и наоборот. Объяснить это можно тем, что углекислота разлагает сернистые

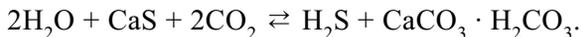
¹ Эта идея, кажется, впервые была высказана Буссенго (*Boussingault*, 1833, с. 189).

² *Gautier*, 1906, с. 351 и сл.

³ *Gautier*, 1906, с. 355.

⁴ Предварительные опыты, сделанные в Минералогической лаборатории Академии наук К.А. Ненадкевичем, указывают на необходимость проверки результатов Готье. Работа продолжается.

щелочи или щелочные земли с образованием сероводорода, причем это процесс обратимый¹:



Понятно поэтому, какие сложные явления мы можем при этом наблюдать, так как уголекислота в источнике может происходить и из воздуха, или выделяться в связи с жизнедеятельностью организмов, или, наконец, проникать в источники снизу, быть ювенильной уголекислотой².

62. Помимо вулканов и минеральных источников, первичный сероводород выделяется *грязевыми сопками* или сальзами, которые являются проявлением тех же дислокационных явлений, дающих выход на земную поверхность газам земных глубин. Мы уже видели (§ 58), что в связи с ними находятся сопочные сероводородные источники. Грязевые вулканы до сих пор не являются точно изученными ни с точки зрения своего генезиса, ни с точки зрения идущих в них химических реакций. Они не только находятся в областях, которые принадлежат к новейше нарушенным для земной коры, но сосредоточиваются в таких, процесс нарушения которых не закончился, которые все время находятся в *движении*. Сопки могут быть довольно резко разбиты на две группы: на сопки тектонического и на сопки вулканического характера, причем в последних температура иногда довольно высокая. Среди газов сопкок обоого типа находится и сероводород. Его больше в сопках вулканического типа и значительно меньше в сопках тектонических.

Обычно среди газов тектонических *грязевых вулканов* (ср. т. I, § 356, 379)³ его количество едва ли превышает 0,3%⁴. Он указан, например, среди газов, выделявшихся из сопки около ст. Алят, Бакинской губ. в 1886 г.⁵ и т.д. (ср. § 107 и сл.). Но эти ничтожные процентные количества имеют значение в течение геологического времени в тех сотнях групп сальз, которые действуют на земной поверхности.

Его выделяют и связанные с вулканическими извержениями сальзы. Так, например, салинеллы около Этны выделяют сероводород из грязи и сверх этого в их теплых газах (уголекислые струи) заключается до 0,30% H_2S . Точно так же богаты сероводородом вулканические грязевые сопки в Дану на Яве, где на их месте образовалось болото, из которого выделяется сероводород⁶. Сероводород наблюдается и в других сопках этой области, например на о. Пулу-Камбинг и т.д. К сожалению, процессы в *грязи сопкок*, связанные с выделением сероводорода, неясны⁷.

63. Едва ли можно сомневаться, что в значительной мере первичного происхождения будет сероводород, очень обычный в *артезианских водах*, и вообще сероводород, наблюдаемый при артезианских бурениях⁸. Здесь человек

¹ *Béchamp*, 1869, с. 233.

² Кроме CO_2 , в источниках происходит выделение H_2S при разложении твердых сернистых металлов под влиянием H_2SO_4 (см. § 76).

³ [§ 387, 407 в первом издании].

⁴ *Харичков*, 1911, с. 235.

⁵ *Sjögren*, 1886, с. 428.

⁶ *Junghuhn*, 1854, с. 5; 830.

⁷ *Sartorius v. Waltershausen*, 1880, с. 535.

⁸ Об этом см. уже *Héricart de Thury*, 1833, с. 517 и сл. Ср. для Монреалья: *Cumming*, 1915, с. 9, 55. Генезис неясен.

дает выход на земную поверхность накопленным в глубинах газам, совершая работу, которая в вулканах, сальзах или источниках совершается естественными силами. Возможно, конечно, что часть такого сероводорода связана с реакциями, идущими даже на земной поверхности, и он собирается в артезианские водные горизонты с земной поверхности, однако, несомненно, другая его часть, более глубинного происхождения, связана с его образованием при процессах метаморфизации, или магматизации и с его перемещением в связи с взломами в земной коре, ибо, как уже указывалось, генезис газов и жидкостей проследить не так легко, и в глубоких подземных водах мы имеем не только воду, попавшую туда из атмосферных осадков, но и воды ювенильную и фреатическую. В некоторых случаях ясно, что нельзя сводить такой сероводород к вторичному сероводороду, как, например, сероводород горячих артезианских колодцев на пространстве 1500 тыс. км² в Австралии, воде которых, мне кажется, правильно приписывают ювенильное (или фреатическое?) происхождение¹. Очевидно, таков же сероводород, который наблюдается в водах при бурении туннелей. Так, например, при проведении Сен-Готардского туннеля большинство встреченных вод выделяли при выходе на воздух сероводород и некоторые из них давали при испарении выделения, кристаллов серы². Любопытно, что в этих водах была найдена богатая бактериальная флора, замеченная при условиях, исключающих возможность ее заноса сверху³. К сожалению, этот вопрос, имеющий такое большое значение для понимания природных явлений, до сих пор не выяснен.

Чрезвычайно характерно, что артезианские сероводородные воды обычно занимают огромные пространства и нередко в одном и том же месте повторяются в нескольких горизонтах. Так, например, несколько слоев такой воды встречено под значительной частью Полтавской губ. и прилегающих уездов Киевской, Черниговской и Курской губерний (см. § 92, 96, 103). Ряд лежащих один над другим горизонтов сероводородных вод наблюдается в Таврической губ. (§ 99) и т.д.⁴ Можно думать, что если бы тщательнее отмечались указания на сероводород при артезианских бурениях, явление сероводородных артезианских вод проявилось бы нам в еще большей грандиозности, чем оно ныне нам объясняется на основании случайных единичных наблюдений.

64. Это неизбежно вытекает из того, что в артезианских сероводородных водах мы улавливаем тот сероводород, который сосредоточивается в более прочных участках земной коры. Как уже указывалось, случаи непосредственного наблюдения сероводорода, его выходы в свободном состоянии на земную поверхность в тектонически нарушенных слоях или его сосредоточение

¹ *Gregory*, 1906, с. 317 и сл.; 1911. Возражения против этого взгляда см.: *Pittman*, 1907, с. 100 и сл. Ср. *Geogr. Journ.*, 46, 1915, с. 381.

² *Stapff*, 1891, с. 42, 135.

³ *Stapff*, 1891, с. 133–134.

⁴ О постоянном нахождении сероводорода в артезианских водах Грузии см. *Stephenson, Veatch, Dole*, 1915. В Висконсине все воды, выходящие из потсдамских слоев (по Мичигану), содержат сероводород. См. *T. Chamberlin*, 1882, с. 547. По-видимому, количества H₂S в артезианских водах относительно невелики, но в общей массе вод получаются огромные числа. Анализов очень мало. Ср. Полтавскую губ. (§ 96), Таврическую губ. (§99). Анализ артезианской воды в Пасси около Парижа дает на 1 л 0,0006 г H₂S и сернистых щелочей. См. *Poggiale et Lambert*, 1862, с. 1063.

в свободном состоянии в рыхлых породах обнимают лишь меньшую часть сероводорода, выделяемого во время магматических процессов. Главная его часть нам непосредственно недоступна; она задерживается и изменяется в глубоких слоях земной коры, участвует в них в разнообразных химических процессах, давая начало многочисленным разнообразным минералам. Проявлением такого сероводорода является и сероводород артезианских, вообще подземных вод¹.

Полное понятие о распространенности и значении такого сероводорода, благодаря его изменчивости, мы можем иметь только из косвенных наведений; их дают нам наблюдения над минеральными продуктами, которые образовывались при участии сероводорода или во время образования которых неизбежно приходится допустить существование условий, благоприятствовавших его образованию. Мы видим не сероводород, но лишь несомненные следы его бывшего существования. Такие следы бывшего сероводорода мы находим как в подвижных участках земной коры, в которых он выделяется на земную поверхность и ныне, так и в древних уже устойчивых ее областях, где мы свободного первичного сероводорода на поверхности никогда не наблюдаем. Одним из наиболее ярких проявлений бывшего существования сероводорода являются минеральные жилы, содержащие сернистые металлы. Эти металлы выделились из водных растворов, заключавших сероводород, температура которых не была очень большой. Иногда есть ясные указания на то, что реакция шла при довольно значительном давлении.

Для объяснения образования сернистых минералов приходится допустить или реакции двойного разложения между легко растворимыми сернистыми металлами (главным образом сернистыми щелочами) и растворенными кислородными или галоидными солями тяжелых металлов (Pb, Zn, Fe, Ni, Mn, Ag, Cu и т.д.), или выделение сернистых металлов непосредственно из водных, щелочных², по-видимому коллоидальных растворов (§ 19). И в том и в другом случае присутствует сероводород. Прямые опыты показывают, что сернистые тяжелые металлы в слабощелочной среде в присутствии свободного сероводорода переходят в коллоидальный раствор и выпадают из него, когда H_2S удаляется³. Вероятно область сернистого обогащения связана с выделением свободного сероводорода, с его удалением⁴.

¹ Зибенталь объясняет образование сероводорода в артезианских бурениях (и выходах минеральных источников) в Арканзасе, Канзасе, северо-восточной Оклахоме сложным путем. Поверхностные воды, богатые CO_2 , попадая в артезианский круговорот, превращают сульфиды металлов, рассеянные в породе (ордовича и кембрия), в бикарбонаты (переходят в раствор) и выделяют сероводород. «Когда вода приближается к поверхности, освобождается CO_2 , и металлы вновь осаждаются присутствующим сероводородом» (генезис Zn- и Pb-руд) – *Siebenthal*, 1914, с. 759–760. Рудничные воды из Чэпмен и Леннен-Майн около Миами (Оклахома) из тех же слоев содержат 2 части сероводорода на 10^6 (там же, с. 761–763). О значении H_2S как минерализатора в сернорудных месторождениях см. теорию *Jacob*, 1919, с. 252.

² *Grout*, 1913, с. 432.

³ *J. Clark*, 1914. *Tolman a. Clark*, 1914, с. 587. *Clark a. Manon*, 1916, с. 37.

⁴ Бишоф указал еще на одну морфологическую особенность, по-видимому указывающую на выделение природных сернистых металлов в присутствии свободного сероводорода: плоскости природных кристаллов обычно очень ярки и блестящи, что бывает при выделении из водных растворов (в лаборатории) исключительно в присутствии свободного сероводорода. См. *Bischof*, 1866, с. 676, 721.

Несомненно, представления о химических реакциях жил еще очень неясны, но присутствие сероводорода во всех случаях жильного выделения сернистых металлов едва ли может возбуждать сомнения¹. Обычно, в конце концов, в жилах его нет или его не отмечают. Он иногда, несомненно, в них находится, например в цинковых обманках на Алтае, где он выделяется из них при ударе или истирании. Еще чаще присутствие его констатировано в водах, вскрываемых при обработке рудников². Так, например, в руднике Йеллоу-Джекет в Стимбот-Спрингс в Сьерра-Неваде на глубине 939 м от земной поверхности была встречена вода, столь насыщенная сероводородом, что мешала работе³, и в то же время характер выветривания горных пород во всей окружающей местности ясно указывает на большую роль, которую играл в ней прежде сероводород⁴. Правда, этот рудник не может считаться типичным; он лежит среди относительно молодых вулканических пород, и кругом него развиты сольфатарные сероводородные источники (ч. I, § 249)⁵. По большей части сероводород в рудных водах уже окислен⁶.

Аналогично жильным месторождениям, следы былого выделения сероводорода мы находим в форме сернистых минералов и в породах осадочных и метаморфических. Мы видим их иногда в таких породах, например глинистых сланцах, на каждом шагу в виде новообразований, в виде пирита, марказита, галенита и т.д. Очень вероятно, что таково происхождение их больших скоплений, руд свинца, меди, серного колчедана и т.д., например, в медистых сланцах и песчаниках (ср. § 81), в метаморфических месторождениях серного колчедана и т.д. Сероводород мог попасть в эти породы в разное время различным образом. Так, при образовании многих осадочных пород постоянно выделяется вторичный сероводород, который собирается еще в иле и уже в это время дает начало образованию целого ряда металлических сернистых соединений. Аналогичную роль может играть в этих условиях и первичный сероводород (ср. Черное море, § 40).

Некоторые ученые, например Гики, давно уже проводили аналогию между процессами образования сернистых соединений железа в глинах, глинистых сланцах и явлениями, наблюдаемыми в Черном море⁷. Но те же сернистые соединения в осадочных породах – соединения главным образом железа, частью меди, свинца, серебра и т.д. – могут в них образовываться под влиянием глубоких подземных, иногда артезианских вод, богатых сероводородом, или же при действии горячих газов, содержащих первичный сероводород, поднимающихся снизу и проникающих в эти породы.

65. В тесной связи с тектоническими газовыми струями и испарениями находятся газы, сопровождающие выходы *нефтей* и *асфальтов*. Среди них

¹ *Bischof*, 1866, с. 682. *Пилупенко*, 1915, с. 668.

² О рудничных водах с H_2S см. *W. Emmons. Harrington*, 1913, с. 663. *Hodge*, 1915, с. 123 и сл.

³ *Becker*, 1882, с. 240.

⁴ *Becker*, 1882, с. 210–211.

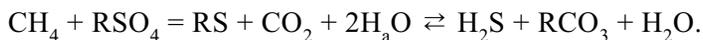
⁵ [§ 280 в первом издании].

⁶ *Hodge*, 1915, с. 136.

⁷ *Geikie*, 1903, с. 628.

всегда находится и сероводород¹. Однако было бы ошибочным приписывать такому сероводороду исключительно глубинное происхождение, первичный (ювенильный или фреатический) характер. Мы имеем здесь, должно быть, смесь первичного и вторичного сероводорода, и происхождение его различное, как, очевидно, различно происхождение и самой нефти. В связи с нефтью сероводород находится в газовых струях, в нефтяных водах, в самой нефти.

Наибольшие его количества постоянно наблюдаются в *нефтяных водах*, сопровождающих всякое нефтяное месторождение. К сожалению, характер и происхождение нефтяных вод до сих пор не являются точно выясненными. Несомненно, однако, мы имеем в них растворимые продукты очень своеобразных химических процессов, связанных или с генезисом нефти² или с ее воздействием в более глубоких слоях земной коры на воды разного происхождения, собирающиеся, согласно общим для жидкостей условиям, там же, где собираются и жидкие углеводороды. Нефтяные воды нередко даже при выходе на земную поверхность имеют свойства терм, горячих источников, обладая температурой в 50–70°C. Чрезвычайно характерной их чертой является то, что они солены, что объяснялось некоторыми исследователями (например, Гёфером) без всякого достаточного основания тем, что они являются остатками вод прежних морских бассейнов или выщелачивают соли, оставшиеся от бывших морских бассейнов в осадочных слоях, в которых собираются нефть и эти воды. Однако те же соли могут являться с таким же правом в результате местных химических реакций при образовании нефтей или быть принесенными водой издалека. Для этих вод характерно присутствие NaCl, большого количества CaCl₂, йода, брома и отсутствие сульфатов. Это отсутствие так резко, что барий находится в растворе в форме BaCl₂. Очень часто анализы этих вод не указывают серы, но, по-видимому, в них или пропускается сера в форме иона HS, или они делаются поздно, когда находившийся в них H₂S ушел в воздух. Лучшие анализы его указывают. Так, по Харичкову, в воде буровой скважины в Грозненском районе (Казбекский синдикат, № 1, 4-й участок) в 1 л воды было 0,0076 г Na₂S, а в другой скважине того же района (№ 24 Англо-русс. общ.), по Г. Кришкевичу, даже 0,0388 г Na₂S на 1 л.³ Исчезновение сульфатов в воде часто объясняют воздействием углеводородов⁴:



И действительно, такая реакция очень вероятна при высокой температуре нефтяных вод, но, к сожалению, до сих пор опытным путем она не проверена и не изучена. Как бы то ни было, мы имеем здесь дело с общим процессом,

¹ О постоянном нахождении H₂S в этих месторождениях (для Галиции) см. уже *Raczkiewicz*, 1879, с. 17.

² Странным образом эти воды фактически оставлены в стороне при обсуждении Энглером химической стороны истории нефти. См. *Engler*, 1913, с. 489 и сл.

³ Любопытно, что в сводке анализов этих вод, приводимых Гёфером, ни H₂S, ни Na₂S не приведены. См. *Höfer u. Engler*, 1909, с. 28–29. Их нет и в новой серии анализов у *М. Абрамовича*, 1912, № И, с. 6. О содержании сернистых щелочей см. *Харичков*, 1906 (1), с. 550; 1908, с. 3, 8–9; 1910, с. 239.

⁴ Ср. *Харичков*, 1908. *Höfer*, 1902, с. 615 и сл.; в книге *Höferu. Engler*, 1909, с. 29.

ибо такой сероводород наблюдается среди нефтяных месторождений Италии, Румынии, Галиции, Северной Америки и т.д. В России он очень обычен в месторождениях нефти Кавказского края, в сопровождающих нефть водах, например на Кубани, на Апшеронском полуострове и в других местах Бакинской губ., в Грозненском районе и т.д.¹

66. Сероводород находится в виде следов и в *нефтяных газах*², выделяющихся при бурении на нефть (в метановых струях – см. § 52). Вероятно, что и здесь он часто связан с процессами, аналогичными допускаемым для нефтяных вод, т. е. образуется при разложении сульфатов. Но, как указано ниже, такие процессы требуют или высокой температуры, или жизнедеятельности организмов. Высокая температура некоторых нефтяных вод, может быть, достигает в некоторых случаях нужной для этого температуры. Не исключена и другая форма природного восстановления сульфатов жизнедеятельностью микроорганизмов. К сожалению, бактериальная флора нефтяных месторождений совершенно не изучена, хотя и есть некоторые явления, которые делают вероятным ее существование в этих условиях; так, например, нефтяные воды нередко заключают тонкую мусть самородной серы, образующейся путем разложения сероводорода или сернистых тел на земной поверхности при низкой температуре, исключительно биохимическим путем³. Для окончательных выводов надо ждать большего изучения этого явления.

Но возможны и другие способы происхождения сероводорода в газах нефтяных месторождений. Так, несомненно, он образуется при распадении первичных сернистых соединений, содержащихся в нефти. Такое его происхождение наблюдается для нефтей, богатых серой; например, в серной нефти (маберите) он должен образовываться при разложении содержащих серу органических соединений, близких к меркаптану, тиофеновому ряду, или входящих в состав нефти соединений иного строения. Огромные количества, по видимому, такого сероводорода наблюдаются, например, в выходах серной нефти в трентонских известняках в Финдлее, Лиме и других местах Огайо или Индианы. Бассейн богатой сероводородом нефти в Огайо⁴ огромен и сравним, например, по своим запасам с нефтью Апшеронского полуострова. Аналогично выделение сероводорода в богатых месторождениях нефти

¹ См. соответственные данные в обзоре месторождений H_2S в России – § 106 и сл. Любопытно большое содержание H_2S (3,18%) в метановой струе из соленых вод, заключающих нефть, около Ганновера (*Buasen*, 1851, с. 251). В работе о буровых водах Биби-Эйбата *Д.В. Голубятникова* (1916) огромное количество анализов, к сожалению очень неполных, не освещает вопроса о нахождении H_2S отчасти и потому, что при взятии проб на месте не делалось нужных, хотя бы качественных проб и отметок об их свойствах химического характера. *Потылицын* (1883, с. 394) считал характерным для нефтяных вод отсутствие или следы сульфатов, благодаря восстановительному на них действию нефти. Сера собирается в них в форме H_2S .

² *Харичков*, 1911, с. 234. По мнению Кемпа, сероводород наблюдается главным образом в газах, выходящих из известняков; его нет в газах, выходящих из песчаников. См. *Кемп*, 1890, с. 689.

³ Об этом – *Engler u. Höfer*, 1909, с. 29. Вопрос об участии микроорганизмов в нефтяных процессах и нефтяных месторождениях далек сейчас от точной научной постановки (см., напр., *Engler u. Höfer*, 1909, с. 136 и сл.): он полон гипотез, аналогий и фантазий, не охвачен точными наблюдениями и опытом. По отношению к сероводороду важно принимать во внимание поверхностную флору. Есть она или нет в выходах нефти?

⁴ О серной нефти Огайо см. *Orton*, 1889, с. 483. *Mabery*, 1891, с. 232; 1896, с. 17. *Mabery a. Smith*, 1894, с. 93.

Канады около Петролии, где серная нефть тоже сосредоточена в палеозойских (?) известняках¹. Вероятно, того же типа сероводород, который вместе с углекислотой выделяется в асфальтовом озере Тринидад, так как асфальт Тринидада принадлежит к разностям, богатым серой (в нем больше 10–11% серы)².

Помимо выделения в воздух, такой сероводород растворяется в нефти; например, растворенный в нефти сероводород указан в нефти из Бомонта в Техасе³. Это явление совершенно не изучено.

67. Совершенно отдельную группу выделений сероводорода представляют *выделения вторичного сероводорода* в верхних слоях земной коры и на самой земной поверхности. Здесь он образуется в процессах выветривания при разрушении других соединений, содержащих серу. Такие скопления и выделения сероводорода на земной поверхности во время химических процессов, идущих в коре выветривания и в области биосферы, чрезвычайно обычны и разнообразны. Конечно и в этих случаях иногда часть сероводорода может проникать из земных недр, но несомненно, что большая его часть все же поверхностного происхождения – образуется при разложении сульфатов⁴ или содержащих серу соединений организмов, по-видимому, исключительно или главным образом в связи с жизнедеятельностью организмов (§ 42). Его выделение зависит от мест их обитания. А такие организмы рассеяны по всему земному шару. В литосфере роль и значение их еще более значительны, чем в гидросфере.

68. Такой сероводород на земной поверхности тесно связан с распределением вод. Связанные с ним микроорганизмы различны для соленых (§ 41) и пресных вод. В пресных водах главным деятелем является, по Бейеринку, *Spirillum desulficans*, массами наблюдаемый в грязях, где происходит выделение сероводорода. Он образуется в водах всюду, где живут эти организмы, где обмен газов недостаточен и нет избытка в кислороде. Так, аналогично выделению его в морских грязях (§ 42) идет постоянно его образование на дне *озер и замкнутых бассейнов*, в их грязи, богатой органическими веществами, переходящей в сапропели. Правда, кое-когда такой сероводород не может быть с уверенностью отнесен к явлениям поверхностного характера. Так, наблюдения Н.М. Книповича⁵ указали на выделение сероводорода в некоторых местах Каспийского моря, например на глубине 718 м к востоку от Дербента; здесь в 1 л морской воды, по А. Лебединцеву, заключается 0,3 см³ сероводорода. А. Лебединцев⁶ считал возможным на основании реакции нитропруссидного натрия заключать об органическом происхождении этого сероводорода, однако вывод этот не может считаться доказанным, ибо в морской воде в растворе сернистые щелочи и щелочные земли могут образовываться раз-

¹ Mabery, 1894, с. 90; 1896, с. 43 и сл.

² О Тринидаде – E. L(ozé), 1905, с. 97 и сл. См. описание озера в окр. Ла-Брен – Kingsley, 1890, с. 149 (рис. 151).

³ Richardson, 1906, с. 115.

⁴ Такое объяснение было выдвинуто уже давно. Его выдвигал еще Стеффенс в начале XIX в. См. т. I, § 247 [§ 278 в первом издании].

⁵ Книпович, 1904 (1), с. 258; 1904 (2), с. 127; 1905; 1907, с. 72. Лебединцев, 1904 (2), с. 420. Ср. литературу и данные § 85.

⁶ Лебединцев, 1904 (1), с. 126.

личным путем. Для дна Каспийского моря, ввиду его положения в области новейших тектонических нарушений, не исключена возможность проникновения газовых струй и выделений, содержащих первичный сероводород. Тем более, что едва ли можно говорить о недостаточных циркуляции и обмене вод в этом месте незамерзающего Каспия.

Но, как общее правило, сероводород выделяется в грязи соленых и пресных озер исключительно в тесной связи с жизнедеятельностью низших организмов и с изменением нормального состава газов, растворенных в воде, главным образом в связи с уменьшением количества кислорода (см. т. I, § 334)¹. Поэтому кое-где такой вторичный сероводород может быть обычным продуктом и в истории таких бассейнов, как Каспий (ср. § 85, 106, 131) или Аральское море (§ 131), особенно в отдельных заливах с плохим обменом вод.

Выделение его в *соленых озерах* иногда генетически связано с выделением его на дне морей. По краям многих морских бассейнов идет образование соленых озер, между которыми есть все переходы к морским заливам. Так, например, закрытые лиманы Азовского и Черного морей – соленые озера – переходят в открытые лиманы, их заливы. Процессы образования грязи в тех или иных озерах одинаковы. Но от этих процессов неотличимы его выделения и в таких соленых озерах, которые получили свою соль из старых морских осадочных пород, или образовались на суше благодаря процессам выветривания и стока вод в замкнутые бассейны. В соляных озерах образование сероводорода связано с выделением богатого сероводородными бактериями черного и серого ила, так называемого баткака. В наших западносибирских озерах в известные периоды года идет этим путем колоссальное выделение сероводорода, особенно резко переходящее в так называемый замор воды в начале зимы (§ 117).

Сероводород, который выделяется на дне озер, является лишь избытком того, который в действительности образуется, так как главная часть его идет на питание серобактерий, на образование сернистого железа, сульфатов и другие химические реакции в самой грязи (§ 81 и сл.). Некоторое представление о размерах этого процесса можно видеть на следующем примере. В 1000 г влажной грязи Одесских лиманов, по Вериге, содержится 0,036 г остаточного свободного H_2S ; слой такой грязи в одном Куяльницком лимане достигает 13–15 м, а площадь этого лимана достигает 6246 га². Если мы попытаемся вычислить количество сероводорода, им выделяемое, мы получим огромные числа. Но эти числа ничтожны перед тем его количеством, какое дают, например, тысячи западносибирских озер, площадь которых измеряется тысячами квадратных километров.

Процесс выделения такого сероводорода очень меняется в связи с изменением условий жизни данного бассейна. Как пример можно взять соленое Вейсово озеро в Изюмском уезде Харьковской губ., образовавшееся путем растворения соляной залежи³. Здесь количество сероводорода в воде быстро

¹ [§ 365 в первом издании].

² См. данные в сводке *Брусиловского*, 1914.

³ *С.И. Залеский*, 1898 (2), с. 151–396. Ср. *Надсон*, 1903, с. 3–5. См. данные и литературу, § 102.

увеличивается ко дну, сосредоточивается на последнем метре (глубина озера 18 м) и достигает в придонных водах почти 185 см³ на 1 л воды¹. Количество его колеблется в разное время и достигает максимума зимой при замерзании озера. Сероводород выделяется иногда в огромном количестве в тропических озерах; например, Ливингстон описывает его выделение среди зарослей папируса около оз. Ниясы в Южной Африке².

Грязь озер, образуя жидкий сапропель, дает в конце концов, как известно, горючие сланцы и угли. Может быть этим объясняется нахождение свободного сероводорода в некоторых таких углях, например в битуминозных углях Новой Зеландии³.

69. Частным случаем того же процесса является выделение сероводорода в *содовых озерах*⁴. Правда, прямые указания на нахождение сероводорода в воде содовых озер возбуждают сомнение⁵, но есть ряд очень веских косвенных данных, подтверждаемых и анализами⁶, которые указывают, что само образование соды содовых озер тесно связано с распадением сульфатов ила и воды под влиянием микроорганизмов (обычно неправильно указывают не их, а органические вещества) и дальнейшим воздействием углекислоты на образовавшиеся из сульфатов сернистые металлы⁷. Чрезвычайно характерно, что этим путем идет образование *сернистых щелочей*. В образовании содовых озер мы имеем частный случай распадаения сульфатов (например баткака) озер, богатых сульфатами⁸. Очень возможно, что эта реакция связана с массовым выделением угольной кислоты, и, может быть, потому содовые озера нередко находятся вблизи новейших вулканических областей. Образующийся при этом сероводород немедленно окисляется – аналогично тому, что наблюдается в иле, давая или двойные соли, например макит (ганксит) или гипс. Вопрос и здесь может быть решен только путем изучения микрофлоры содовых озер, которая, к сожалению, не изучена. В них должны быть и сероводородные и серные бактерии.

Такой же вторичный сероводород выделяется в нашем полушарии в большом количестве (т. I, § 336)⁹ на дне (и в воде) обычных *пресноводных* озер, например во Франции¹⁰ или Швейцарии¹¹. В мелких и даже крупных озерах нашего климата он может появляться зимой после долгого стояния ледяного покрова. Как мы видели, кислород при этом постепенно исчезает и после его исчезновения развиваются на дне озера анаэробные сероводородные бактерии, выделяющие сероводород¹².

¹ *Hudson*, 1903, с. 4.

² *Livingstone*, 1866, с. 341–342.

³ *Evans*, 1899, с. 566.

⁴ *Wegscheider*, 1911, с. 161.

⁵ *Hague a. Emmons*, 1877, с. 748–749. Анализ (O. Allen) воды из содовых озер около Рагтаун на р. Карсон. Проверка этих анализов Чатардом не дала ни H₂S, ни сернистых щелочей (*Chatard*, 1890, с. 48).

⁶ *Chatard*, 1890, с. 93–94. *Hébert*, 1905, с. 165.

⁷ Ср. *Sickenberger*, 1892, с. 1691. *Karsten*, 1842, с. 386.

⁸ Ср. *Wegscheider*, 1911, с. 159.

⁹ [§ 367 в первом издании].

¹⁰ *Delebecque*, 1898, с. 235.

¹¹ *Bourcart*, 1906, с. 33, 83, 93.

¹² *Halbfass*, 1904, с. 113. *Лебединцев*, 1904 (1), с. 122.

Помимо такого нахождения сероводорода в воде озер в связи с процессами, идущими на их дне, есть, по-видимому, случаи, когда он развивается в самом озере или на его поверхности. Такова, вероятно, вода Мертвого моря, исключительно бедная сульфатами и серой. Сера должна уходить из этого моря путем испарения в воздух (§ 82) в виде сероводорода, как она уходит в лиманах¹. К сожалению, вода Мертвого моря с этой точки зрения не изучена.

70. В тесной связи с нахождением вторичного сероводорода в замкнутых водных бассейнах находится и выделение его в разнообразных текучих водах на земной поверхности. Мы уже видели его нахождение в артезианских водах (§ 63). И в них часть сероводорода могла быть вторичной по условиям своего генезиса. Но есть случаи, когда вторичное образование сероводорода в текучих водах не вызывает никакого сомнения. Так, он очень обычен в *грунтовых водах*. Он всегда находится в таких водах Северной Германии; например, в оз. Тегель в 1 л содержится 0,01–0,09 мг H_2S , около Мюггелзее – до 0,14 мг². Многочисленные случаи такого сероводорода наблюдаются в России, например в Черниговской, Полтавской и других губерниях (см. § 86 и сл.).

Не меньшее значение имеют аналогичные процессы его вторичного образования в поверхностных водах. Такого происхождения, несомненно, и часть сероводорода горячих минеральных источников, где он примешивается к первичному. Ибо выходы на земную поверхность терм, богатых сульфатами, являются удобным местом, где развиваются сероводородные бактерии, живущие за счет сульфатов. Некоторые исследователи пытались даже этим путем, как мы видели, объяснить весь сероводород терм как вторичный. Хотя в такой форме это объяснение противоречит фактам, все же несомненно, что на поверхности земли термы выделяют, наряду с первичным сероводородом, и водород вторичный, образовавшийся в результате жизнедеятельности организмов. По-видимому, организмы не только разлагают сульфаты, но и способствуют распадению сульфобаз, заключающихся в минеральных водах³.

71. Еще более обычно выделение вторичного сероводорода, нередко без всякой примеси сероводорода первичного, в холодных поверхностных водах и в источниках поверхностного происхождения. Химический процесс его образования здесь сложен, разнообразен и мало изучен. Во всех соляных источниках, где не созданы искусственно человеком условия, обеспечивающие источник от загрязнения, т.е. от развития низших организмов, идет его выделение при распадении сульфатов, находящихся в растворе в соленых водах, в варницах, в артезианских колодцах. Такой сероводород выделяется, например, в большом количестве во всех соляных скважинах около Усоля на Ка-

¹ Сероводород, местами наблюдаемый в этой воде, Лартэ связывает с сероводородными источниками, но Террейль нашел его в воде озера. См.: *Lartet*, 1866, с. 738, 758.

² *Naack*, 1913, ср. 761. О развитии сероводорода в р. Окер около Брауншвейга, вызывающего мор рыбы при застаивании, см. *Lüning*, 1921, с. 29.

³ Первый последовательно развил идею о роли организмов в выделении сероводорода терм Бешан, сводивший их, однако, к тем своеобразным живым телам, микрозимам, которые, по Бешану, образуются при известных условиях физико-химическими процессами (*Béchamp*, 1869). Впрочем, представление о значении микроорганизмов высказывалось и раньше Бешана. Ср., например, *Meyer*, 1864, с. 5–6. Об этом процессе см. *Plauchud*, 1877, с. 235. *Исаченко*, 1914, с. 79. Ср. § 41.

ме¹. Здесь он образуется благодаря биохимическим процессам, аналогичным тем, которые наблюдаются в соленых озерах (§ 68). Очень обычен такой же сероводород в водах *каналов*, например в Голландии.

72. Главная масса сероводорода этого типа связана с *распадением вторичных сульфатов, главным образом гипса, CaSO₄ · 2H₂O*. Мы уже имели случай встретиться с этим процессом при изучении истории самородной серы (т. I, § 255)². Гипс играет в поверхностном слое земной коры совершенно исключительную по значению роль, ибо в виде этого соединения в ней собирается главная часть серы. В виде каких бы соединений сера ни находилась в глубоких частях земной коры, на земной поверхности она дает две устойчивые формы тел: сульфаты и содержащие серу тела организмов. Среди сульфатов в твердом виде преобладает гипс, при этом он всегда вторичен, образуется из совершенно иных, содержащих серу первичных минералов, большей частью сернистых.

В течение геологических периодов образовавшийся сульфат кальция, гипс, собирается в осадочных породах, где одновременно с ним значительная часть серы, полученной при распадении первичных серных минералов, выделяется еще в виде двусернистого железа. Этот гипс не остается, однако, на земной поверхности неизменным. Поверхностные воды, протекающие в гипсоносных толщах, способны разлагать гипс с образованием сероводорода. Процесс этот идет на земной поверхности в огромных размерах, непрерывно и постоянно, причем часть серы гипсов собирается в виде самородной серы, другая уходит из гипсовых залежей в воздух в виде сероводорода (или, в конце концов, серных окислов, см. § 82). Распадение гипса с образованием сероводорода происходит под влиянием или вод, содержащих органические вещества и живые организмы, или водорода, выделяемого низшими организмами³. Но всегда, во всех изученных случаях, процесс осуществляется биохимическим путем, жизнедеятельностью особых анаэробных бактерий и, может быть, некоторых лучистых грибов. До сих пор не известен в природе ни один случай, где бы гипс разлагался на земной поверхности или вблизи нее без участия организмов. Точно так же и в лаборатории при обычных температуре и давлении – это соединение прочное, с трудом выделяющее кислород.

В зависимости от различных условий выделения гипса и разных физико-географических условий местности, мы имеем и разные типы получающегося при его разложении сероводорода – в виде вторичных холодных *сероводородных источников* в тех местах, где тектоника земной коры дает условия, благоприятные для поднятия вод, в виде временного обогащения вод в поверхностных слоях после дождей, например в Испании, или весной после таяния снегов в тундровых и болотистых местах северного полушария (ср. т. I, § 257⁴).

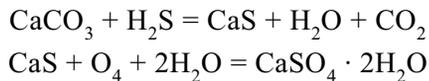
¹ См. другие примеры в обзоре H₂S в России, § 84 и сл., например – Новгородская губ., Терская обл. и т.д. О нахождении микроорганизмов, разлагающих сульфаты в Гаазо-Пономаревском источнике, и о происхождении H₂S именно этим путем в сероводородных источниках см. *Гермидор и Завьялов*, 1914, с. 135 и сл. В день получалось на 1 л до 0,001 г при искусственной культуре и достигались среды до 0,04 г (с. 137).

² [§ 286 в первом издании].

³ См. т. I, § 255 [§ 286 в первом издании]; т. II, § 41. Литературу у *Czapek*, 1905, с. 485.

⁴ [§ 288 в первом издании].

Этот процесс выделения вторичного сероводорода наблюдается и в гипсах иного генезиса, например в гипсах, образуемых в сольфатарах. Здесь мы иногда можем наблюдать любопытные процессы кругового характера. В Большой Сольфатаре около Поццуоли в Италии (т. I, § 248¹; т. II, § 51) стенки кратера местами покрыты сталактитами гипса, образовавшегося из известняка при действии сероводорода:



Этот гипс, в свою очередь, под влиянием биохимических реакций может давать вторичный сероводород, и таким образом реакция может идти в обратную сторону.

Частный случай реакций того же типа представляет выделение сероводорода при разложении гипса *в почвах и в заболотях* степных областей России, например в Херсонской губ.² Едва ли иного происхождения сероводород, наблюдавшийся в воздухе *болот*, например в Африке³ или Италии, или мангровых зарослей тропических областей у морских берегов в областях прилива и отлива⁴.

Чрезвычайно резко идет выделение такого сероводорода на *контактах гипсовых залежей* с породами, богатыми углеродом, в тех водах, которые здесь собираются. Таков, например, сероводород, выделяющийся на контакте гипсовых толщ с лигнитом в Маноске в департаменте Нижние Альпы во Франции. Здесь в рудниках им пропитаны все воды и временами воздух⁵. Аналогично выделение его в битуминозных, пропитанных нефтью породах, на контакте с гипсами, например в Сюкееве в Казанской губ.⁶ (см. т. I, § 266⁷; т. II, § 92). Эти контактовые местонахождения сероводорода могут объясняться, по-видимому, тем, что на контактах таких легко изменяющихся пород обычно собираются атмосферные и грунтовые воды, содержащие медленно меняющиеся гниющие органические вещества; вероятно, при доступе воздуха здесь создаются условия, благоприятные для развития бактериальной флоры, добывающей кислород для жизни разложением сульфатов.

73. Еще более характерную форму вторичных выделений сероводорода из гипсов представляют *холодные сероводородные источники*, богатые CaS или CaH₂S₂. Источники этого типа резко отличаются происхождением своего сероводорода от кальциевых метаморфических, нередко горячих источников (§ 57). Они схожи с ними только тем, что их сероводород образуется на

¹ [§ 279 в первом издании].

² Г. Высоцкий, 1900, с. 115.

³ Daniell, 1841, с. 13.

⁴ Характер газов, выделяемых в мангровых зарослях, до сих пор не выяснен, хотя уже давно поставлен в науку. Еще Гумбольдт сто лет тому назад указывал на то, что характер газов неясен и что не всегда запах в этих приморских областях связан с сероводородом (*Humboldt*, 1814, с. 447–449, 540–541). Выделение H₂S нередко в девственных тропических лесах Южной Африки, во время периода дождей, когда образуются застои воды. См. *Livingstone*, 1859, с. 316. Почвы рисовых полей Бантама (Западная Ява) богаты FeS и выделяют сероводород. См. *Mohr*, 1908.

⁵ *Daubrée*, 1887 (2), с. 871.

⁶ *Головкинский*, 1869, с. 253

⁷ [§ 297 в первом издании].

земной поверхности тоже при распадении растворенного в воде сернистого кальция. Но в них сам сернистый кальций образуется исключительно *биохимическими процессами*¹, и область его образования ограничена только корой выветривания, биосферой.

Хотя в общем несомненно, что сероводород здесь связан с восстановлением CaSO_4 до CaS или CaH_2S_2 биохимическим путем, многое в самом процессе восстановления неясно. Конечно, здесь играют роль те же сероводородные организмы, которые всегда участвуют в этих явлениях (о них см. § 41). Однако, по-видимому, в развитии этих организмов действуют условия, определяемые химическими свойствами тех гипсов, разложение коих связано с их жизнедеятельностью. Обычно одновременно с источниками, богатыми CaS или CaH_2S_2 и, следовательно, H_2S , в области развития гипсов наблюдаются другие окисленные, гипсоносные источники. Это связано с растворимостью гипса, и обычно источники этого типа содержат в растворе не только CaS (т.е. ион HS), но и CaSO_4 (т.е. ион SO_4). Однако есть случаи, когда они содержат только ионы SO_4 . По-видимому, это явление связано с характером гипсовых залежей. Так, если всматриваться в распространение вторичных сероводородных источников и чистых сульфатных источников в области гипсов Западной Европы, то бросается в глаза, что в триасовых гипсоносных слоях Англии, Германии, Испании, Франции мы имеем исключительно окисленные сульфатные источники, тогда как гипсы пермской и третичной систем² дают очень часто сероводородные и сернистокальциевые источники. Это явление сказывается даже при метаморфизации источников: такой характер имеют, например, и термы (знаменитый Бат в Англии, Бань-де-Бигорр во Франции, Аляма-де-Мурсия в Испании и т.д.). Явление это заслуживает проверки и изучения, так как указывает на какие-то особенности в химическом составе гипсоносных толщ, обуславливающие своеобразный ход процесса их восстановления.

74. Совершенно аналогично гипсу, при тех же условиях дают начало сероводороду и другие сульфаты. Должно быть и здесь действуют те же микроорганизмы. Так, сероводородные источники Нью-Йорка и Мичигана местами связаны не с залежами гипса, а с залежами целестина³. С другими сульфатами связывают сероводород, в небольшом количестве наблюдаемый в месторождениях солей калия. Так, например, в газе, выделяемом из кизеритового горизонта в соляном руднике около Ванслебена, заключалось 3,5% H_2S (азотно-метановая струя)⁴.

Но все же главная масса вторичного сероводорода земной поверхности происходит путем разложения гипса. Этот процесс идет в колоссальных размерах: всякая залежь гипса есть в то же время место выделения сероводорода, как только она имеет доступ, хотя бы при помощи циркулирующих вод, на

¹ Сейчас можно считать доказанным разложение гипса при обычной температуре только биохимическим путем, но вопрос о распадении гипса без участия организмов, при помощи органических веществ, все-таки не может считаться окончательно решенным. Необходимы дальнейшие исследования.

² Среди эоценовых и вообще третичных слоев есть случаи образования главным образом кальциевых сернокислых, а не сероводородных источников (например в Испании в бассейне Эбро).

³ Krausu. Hunt, 1906, с. 4.

⁴ Scheerer, 1911, с. 214, 220.

земную поверхность. Она обычно сопровождается источниками со вторичным сероводородом, а иногда и источниками метаморфического типа. Этим путем через сероводород часть гипсового вещества испаряется в атмосферу. Другая его часть растворяется, благодаря образованию сульфатных вод. Просматривая месторождения сероводорода в России (§ 84 и сл.), мы всюду увидим указания на такие месторождения сероводорода (Польша, Прибалтийский край, Архангельская губ., Кавказ и т.д.). То же самое наблюдается и в Западной Европе – например во Франции, Испании, Австро-Венгрии и т. д.

Такой характер выделения сероводорода в связи с гипсовыми залежами резко проявляется на всем земном шаре; в общей экономии земной коры биохимическое разложение гипсов играет огромную роль: переводя серу в атмосферу в виде H_2S , затем SO_3 , оно, в конце концов, вызывает тот ее круговорот, который обуславливает органическую жизнь на земной поверхности (§ 82). Вместе с тем, этот процесс является характернейшим процессом выветривания гипса, образования серы (т. 1, § 255)¹. Очевидно, он проявляется в наиболее резкой форме там, где собираются большие скопления гипсов, а в их распределении в земной коре есть явная закономерность². Гипсы в большом количестве скапливаются в земной коре только в областях, лишенных свободного стока в океанические бассейны. Эти области связаны с крупными орогеническими процессами. В определенные эпохи, обычно в конце больших орогенических процессов (в триасе, перми, третичной), образуются значительные участки земной коры, где сульфаты накапливаются в большем количестве, чем разлагаются. Как только условия их образования меняются, замкнутая область получает сток в океаны, гипсовые залежи медленно, в течение долгих геологических периодов, распадаются, проходя через сероводород. Сейчас, например, у нас разлагаются гипсы, связанные в своем образовании с условиями жизни пермского периода. Поэтому, рассматривая на карте распределение вторичных сероводородных источников, мы видим резкое отличие их от источников первичного сероводорода; они обычно находятся вне области новых дислокационных полос.

75. На земной поверхности растворы сероводорода местами собираются и большими массами, образуя *серные реки* и *серные озера* и *пруды*, богатые растворенным и выделяющимся в воздух сероводородом. Такие водоемы могут быть двух типов: в них собираются или воды, содержащие сероводород, или растворы сернистых щелочей и щелочных земель. Несомненно, в первом случае сероводород не может быть отнесен далеко от места своего образования, но во втором образование сероводорода может идти очень далеко от условий, вызвавших создание сернистых щелочей, может продолжаться еще на расстоянии в десятки километров от него.

Всякое такое скопление воды является местом дальнейших энергичных и разнообразных химических реакций: идет окисление сероводорода, синтез воды, выделение серы, поглощение кислорода, образование серной кислоты,

¹ [§ 286 в первом издании].

² Образование гипсов может быть связано и с уменьшением количества серной кислоты в солевой массе озер, образующихся на суше, по сравнению с солевой массой морской воды и морских озер. На суше часть серы улетает (в виде H_2S), и количество SO_3 достаточно только для образования $CaSO_4$. См. Курнаков и Жемчужный, 1917, с. 140. Вопрос заслуживает углубления и выяснения.

выделение сульфатов, разложение карбонатов, восстановление соединений окислов железа и т. д. Характер химических реакций меняется в зависимости от температуры, давления и других условий (ср. § 79 и сл.). Благодаря этому серные озера и серные реки являются участками земной коры с интенсивной химической деятельностью.

Такие скопления воды несут сероводород разного происхождения, главным образом связанный или с разложением гипсов (т.е. вторичный), или с серными термами, или с вулканическими процессами (т.е. первичный). Очень часто в них собирается одновременно сероводород обоих типов.

Пример рек первого характера имеем мы в Самарской губ., например реки Молочная, Сок и т.д. (т. I, § 266¹; т. II, § 97) или в пределах Прибалтийского края (§ 93, 103). На Кавказе, например, в Аргуне, притоке Сунжи (§ 113), имеем мы серную реку, связанную с термами и с холодными источниками, богатыми сероводородом. В эту реку впадает другая такая же серная река Шаро-Аргун или Чар-Аргун. Аргун несет огромное количество серы и растворенных сернокислых соединений, которые изменяют и состав солевой массы Сунжи, характеризующейся избытком сульфатов, образовавшихся при окислении сероводорода. Недалеко от впадения в Сунжу Аргун содержит в 1 л воды 0,1368 г SO_3^2 .

Несомненно, другого генезиса, частью связанного с термами, частью с вулканическими процессами, грандиозная серная река Винегре (Пузамбио) около Попаяна в Колумбии, стекающая с вулкана Пурасэ. Она спадает с вулкана Пурасэ, с 3000 м, образуя три водопада; после ее впадения в Кауку эта большая река на протяжении 3–5 км не содержит никаких рыб. Несомненно, значительная часть ее воды и весь ее сероводород связаны с сольфатарными источниками (§ 55). Ее сероводород первичный. Пузамбио, вначале горячая (72,8 °C), дает огромные количества угольной кислоты и сероводорода; часть ее пути подземная. Воздух по ее пути богат сероводородом³. В бассейне Кауки мы имеем ряд других сероводородных терм, кое-где тоже дающих серные ручьи или речки, например около Азуфраль, близ станции Эль-Мораль⁴.

76. На земной поверхности, однако, вторичный сероводород образуется не только путем распада сульфатов. Он, несомненно, выделяется в многочисленных других, идущих на земле, химических реакциях, к сожалению, до сих пор мало учтенных в научной литературе. Все они дают на земной поверхности слабые испарения сероводорода, единично ничтожные и незначительные, но в общей массе, несомненно, имеющие значение. Выяснение их затруднительно, благодаря некоторым особенностям земных реакций, по сравнению с лабораторными. На земле должны считаться возможными и имеющими значение такие реакции, которые невозможны – при тех же термодинамических условиях в лаборатории. Причиной этого является то, что *время*, в течение которого идет химический процесс на земле, почти безгранично, а потому здесь проявляются такие частные процессы химических равновесий, которые по своей незначительности оставляются нами без вни-

¹ [§ 297 в первом издании].

² Харичков, 1913, IV, с. 228–229.

³ Boussingault, 1833, с. 396. Dumas, 1846 (1), с. 503. Humboldt, 1858, с. 250.

⁴ Humboldt, 1858, с. 264–265.

мания при изучении химического процесса в лаборатории. В природе в течение долгих тысячелетий их значение совершенно иное. Мы имеем здесь то же скопление единичных ничтожных эффектов в грозную силу, какое мы на каждом шагу наблюдаем в геологической истории Земли. Это может быть иллюстрировано одной из обычных реакций образования сероводорода: *разложения сернистых металлов водой* с выделением сероводорода. Уже для сульфатов мы видели, что по существу процесс образования из них сероводорода сводится к разложению действием воды сернистых щелочных земель или сернистых щелочей, т.е. Na_2S , CaS , SrS . В лаборатории другие сернистые и полисернистые металлы считаются не разложимыми водой. Однако процесс идет и здесь, только более медленно и слабо и потому для нас почти незаметно. При действии горячей воды сернистые металлы дают H_2S в связи с их способностью давать гидраты (гидраты FeS , NiS , AsS , Ag_2S)¹. В природе такое распадение сернистых металлов приходится допустить местами для объяснения явлений парагенезиса минералов в жилах; например, мы встречались с ним для сернистого серебра (см. т. I, § 32) и для других сернистых тел (ср. т. I, § 251)².

Вероятно, более важным по распространенности в поверхностной оболочке Земли является выделение сероводорода при распадении полисернистых соединений – *колчеданов* и *мельниковита*³. При некотором повышении температуры он может быть замечен и в короткое время лабораторной работы; так, например, он выделяется при действии воды при 41° С на пирит⁴. По-видимому, такой процесс идет в морских и озерных грязях (§ 41, 68), где сероводород является не только результатом изменения сульфатов, но и сернистых тел, главным образом соединений железа. Одной из причин распадаения этих последних является действие углекислоты; прямые опыты указали это с несомненной ясностью⁵. Возможно, что процесс этот еще более сложен и что не исключено биохимическое воздействие обычно присутствующих в грязи низших организмов. Аналогичен и процесс распадаения пирита и марказита в верхних частях каменных углей: здесь происходит образование гидратов окиси железа и сероводорода, отчасти переходящего в CaS ⁶.

Возможно, что выделение сероводорода из полисульфидов связано с их медленным распадением и выделением серы, дающей сероводород при действии воды (ср. т. I, § 263)⁷. Этот процесс должен идти для тонкой коллоидальной серы как в вулканических областях, так и биохимическим путем⁸. Несомненно, процессы этого рода в природе еще более сложны; например в них может участвовать H_2SO_4 , которая нередко образуется одновременно с сернистыми соединениями. Очень слабая серная кислота уже легко действует на сернистые металлы (пирротин, свинцовый блеск и т.д.), а при более

¹ *Clermont et Frommel*, 1878; 1879, с. 189 и сл.

² [§ 65 и 282 в первом издании].

³ Или *гидротроилита* – черного гидрата сернистого железа поверхностной земной коры.

⁴ *J. Clark*, 1914, с. 115.

⁵ *Habermann*, 1902, с. 269.

⁶ *Мефферт*, 1910, с. 52. Может быть, этот сероводород отчасти происходит и из сернистых органических составных частей угля.

⁷ [§ 294 в первом издании].

⁸ См. опыты: *Crossa. Higgin*, 1879, с. 249. *Rubner*, 1893, с. 57 и сл. *J. Clark*, 1914, с. 95.

продолжительной реакции и на полисульфиды (пирит)¹. Так как в природе H_2SO_4 очень часто образуется из H_2S (§ 80), то мы имеем здесь любопытные случаи круговых процессов.

Примеры таких реакций вторичного образования сероводорода могли бы быть увеличены, но, к сожалению, вся область этих химических изменений только что намечается для исследования и потому сейчас должна быть оставлена в стороне.

77. Но среди этих реакций нельзя не отметить одну их группу, теснейшим образом связанную со всей биосферой, – группу процессов, когда сероводород выделяется при гниении и распадении *отмирающего живого вещества*. Всюду процессы трупного разложения и распадаения сопровождаются выделением сероводорода, количество которого, этим путем получаемое, очевидно, в конце концов является на всей поверхности Земли огромным. Такого происхождения сероводород, который развивается в низменностях Южной Америки – саваннах – во время наводнений, где процессы гниения растительных организмов (и сероводородного брожения?) развивались под влиянием высокой температуры (33–34°)².

Процесс такого его выделения идет под влиянием различных *микроорганизмов*, находящихся удобную среду для своего размножения в гниющем отмирающем живом веществе. Химия их жизнедеятельности не может считаться вполне установленной. При гниении белковых веществ выделяется сероводород вместе со своими производными, с меркаптанами³, $(CH_3)_2S$ и др. Хотя выделение сероводорода при гниении было указано еще в XVIII столетии Крауфордом (1797 г.), явление это до сих пор недостаточно выяснено. Процесс этот идет при участии анаэробных и аэробных бактерий. По-видимому, деятелями разложения здесь являются не только многочисленные бактерии (*Bacillus mycoides* Fb., *Proteus vulgaris* Haus. и др.), но и лучистые грибки, разные виды *Actinomyces*. Сероводород (и меркаптаны) получают здесь, может быть, из содержащих серу дериватов белков (например цистина), причем вероятно, однако, одновременно в той же среде существуют и специальные сероводородные бактерии, разлагающие сульфаты или сульфиды⁴.

Кроме белков и их производных, и другие органические вещества дают в этих условиях сероводород; например, его дает целлюлоза при гниении под водой, в присутствии содержащих серу веществ, например сульфатов, растворенных в воде. Этим путем сероводород развивается нередко в клоаках, прудах, болотах⁵.

Это участие низших организмов при гниении, связанном с выделением сероводорода, аналогично другим случаям синтеза вторичного сероводорода в природных условиях при участии организованных тел. При гниении органических веществ часто неизвестно, какой из процессов преобладает, ибо одним из продуктов гниения, под влиянием жизнедеятельности особых мик-

¹ W. Emmons, 1913, с. 59. J. Clark, 1914, с. 116. W. Emmons, 1915, с. 152–153.

² Humboldt, 1819, с. 389. Аналогичное выделение сероводорода указано во время разливов Замбези в Южной Африке: Livingstone, 1859, с. 559. О выделении H_2S в то же время в р. Шюре (бассейн Замбези); Livingstone, 1866, с. 531. См. Crawford, 1790.

³ Nenckiu. Sieber, 1890, с. 526. Ср. Czapek, 1905, с. 93.

⁴ Ср. литературу у Надсона, 1903, с. 38. Czapek, 1905, с. 93. Исаченко, 1914, с. 183 и сл.

⁵ Tappeiner, 1883, с. 1735, 1741.

роорганизмов (например, в грязях водных бассейнов), являются сульфаты, в свою очередь биохимическим путем, как мы видели, дающие сероводород¹.

Едва ли можно сомневаться в широком и важном значении сероводорода, образованного гниением организмов, в истории земной коры. В некоторых случаях его, может быть, образуется на земной поверхности более, чем выделяется вторичного сероводорода при разложении сульфатов. В связи с этим понятно, что этим процессам можно приписывать такие грандиозные природные явления, как сероводородные растворы Черного моря (§ 40). Геологическое значение такого сероводорода еще больше, благодаря дальнейшему его изменению, переходу его в сернистые металлические соединения, как, например, в руды железа или меди (§ 81).

78. Как и во всех других случаях, выделение вторичного сероводорода морфологически может носить разный характер. Обычно он собирается в водные растворы или уходит в атмосферу путем испарения. Временами, однако, он дает начало своеобразным, чисто поверхностным газовым скоплениям и выделяется в виде *газовых струй поверхностного происхождения*. Такой сероводород был встречен, например, известным инженером М. Брюнелем при постройке туннеля под Темзой, законченного в 1842 г. В 1837 г. им при работах была встречена струя метана, богатого сероводородом, а в 1838 г. *сероводородная струя* – струя сухого сероводорода, почти чистого². Едва ли можно сомневаться в поверхностном происхождении этих газов, которые, вероятно, встречаются чаще, чем это мы думаем, в живых новейших аллювиальных образованиях – местах энергичного распада живого вещества, но обыкновенно они не отмечаются и не обращают на себя серьезного внимания. Они здесь и недолговечны, так как связаны с изменениями ограниченных количеств гниющего органического вещества.

79. Изменение сероводорода. Сероводород очень неустойчив и очень быстро меняется. Эти изменения играют огромную роль в истории земной коры, благодаря его распространенности³.

Поле химической устойчивости сероводорода не очень ограничено. При 1690°, по Лангеру и Мейеру⁴, сероводород совершенно разлагается на свои элементы; это разложение начинается раньше, но оно еще незаметно при 440°. Диссоциация сероводорода при температуре ниже 1690° идет довольно медленно; поэтому сероводород сохраняется в очень высоких по температуре участках земной коры; так, например, по Прейнеру и Шуппу, при 750° разлагается на H₂ и S₂ 5,5% всей его массы, при 1065°– 24,7%, при 1132°–30,7%. Разложение зависит еще и от давления, которое совершенно до сих пор не

¹ Исаченко, 1914, с. 191.

² Daniell, 1841, с. 18.

³ Изменчивость сероводорода в связи с его распространенностью была замечена и старыми учеными, которые не могли отказаться при этом от телеологических взглядов. В 1854 г. А. Гёбель писал: «Не приписывая это прямо божественным законам, мы вынуждены все же признать, как мудро устроена природой эта легкость выделения, разложения и постоянного израсходования сероводородного газа в илах, благодаря чему предотвращается мощное скопление этого вещества, непрерывно образующегося в больших количествах и столь вредного для живых организмов» (перевод с немецкого, А. Гёбель, 1854, с. 170).

⁴ Бекетов и Чернай, 1874, с. 11. Langer u. Meyer, 1885, с. 135. Preuner, 1907, с. 283 и сл. Preuner u. Schupp, 1910, с. 163.

принято во внимание в имеющихся измерениях его диссоциации. Поэтому ясно, что термодинамическое поле устойчивости сероводорода может проникать довольно глубоко в магматическую оболочку земной коры, и если бы не было других определяющих его параметров, оно обнимало бы как кору выветривания, так и всю метаморфическую оболочку земного шара.

Но оно сильно ограничивается большой химической активностью сероводорода. К сожалению, в этой области наши знания чрезвычайно незначительны. В природных условиях надо отметить резкое изменение поля его химической устойчивости для коры выветривания при отсутствии или при присутствии кислорода. Для метаморфической оболочки то же значение имеет присутствие металлических солей в водных растворах, или нахождение в ней горячих газов.

80. Наиболее бросались в глаза и отмечались изменения сероводорода в *коре выветривания*, в кислородной среде, *реакции окисления* разного характера. Они начинаются в энергичной форме значительно ниже температуры разложения сероводорода, идут при совсем низкой температуре, например, при обычной, нас окружающей. Уже поэтому кора выветривания не является полем химической устойчивости для сероводорода. Как это ни представляется странным, точного опытного исследования явлений окисления сероводорода не имеется.

В коре выветривания явления *окисления* выражены очень резко. Здесь можно различить несколько процессов разного типа. Наиболее обычны те, которые идут за счет кислорода воздуха, отчасти при участии особых серобактерий. Продуктами такого его изменения являются *самородная сера* и *вода*:



Мы видели ту роль и то значение, какое имеет этот процесс в историк серы (т. 1, § 259)¹. Но еще большее значение он имеет в истории *воды*. Этим путем на земной поверхности постоянно идет образование – синтез – воды, столь же первичной, как и та «ювенильная», которая выделяется из земных недр.

Сероводород окисляется этим путем чаще всего в водных растворах. Характер бактерий, которые его окисляют, очень различен². Впрочем, и принадлежность этих организмов к бактериям, а не к другим классам микроорганизмов, иногда ставится под сомнение. Можно разделить их на две большие группы – пурпурных бактерий и бактерий бесцветных. Иногда пурпурные бактерии развиваются так мощно в средах, благоприятных окислению сероводорода, что окрашивают воду в розовый цвет (например, в Могильном озере на о. Кильдине (§ 87) на границе выделения сероводорода на глубине 13,5 м)³. Процесс такого биохимического окисления сероводорода идет всюду на земной поверхности, ибо эти бактерии поселяются всюду, где имеются благоприятные условия для их существования, т.е., очевидно, как раз там, где происходит выделение сероводорода. В реках нашего климата очень часто открываются серобактерии в иле, выделяющем сероводород, причем этот

¹ [§ 290 в первом издании].

² Исаченко, 1914, с. 242 и сл.

³ Исаченко, 1914, с. 244. «Розовая» вода указывается для целого ряда озер Западной Сибири.

сероводород почти не остается в свободном состоянии, но немедленно окисляется собирающимися здесь серобактериями: едва ли есть река, где бы в некоторых местах (преимущественно в илистых, где скопляются гниющие остатки) не происходил такой процесс окисления, находящийся в равновесии с идущим здесь же выделением сероводорода. Совершенно тот же процесс идет в иле озер, в баткаке соленых озер, который кишит бактериями, и т.д. Живое вещество – разрушающие сероводород бактерии – увеличивается или уменьшается пропорционально количеству выделяющегося в данном участке земной коры сероводорода. Равновесие изменений сероводорода регулируется живым веществом.

Совершенно иной химический процесс, связанный с образованием *окислов серы*¹, происходит при окислении сероводорода в природных водных растворах. Он наблюдается при относительно высокой температуре, выше 40° С, наиболее интенсивно при 80–90°, и связан с одновременным проявлением контактных явлений, ибо он идет лишь в присутствии пористых тел. В природе такое контактное окисление сероводорода наблюдается в сольфатарах и в некоторых сероводородных источниках; оно идет как для газообразного сероводорода в присутствии воды, так, может быть, и для его растворов. Как продукты получаются здесь *раствор серной кислоты* или газообразные *окислы серы*, дающие иногда сейчас же *разнообразные сульфаты*, благодаря взаимодействию с веществом окружающих пород². Так, например, вода пещеры Будош в Семиградье всегда кислая, кислота здесь выделяется постоянно; попадающая в пещеру дождевая вода, взятая с ее стенок, заключала 28,15% SO₃ в 10 л.³ Такое образование *серной кислоты* нередко очень резко выражено в горячих сероводородных источниках; например, оно научно описано в Эксе в Савойе⁴ или в Люшоне в Пиренеях⁵. Кое-где образуются этим путем воды, заключающие значительные количества серной кислоты (до 3,5%)⁶. Еще более многочисленны случаи образования при этом сульфатов. Так, при выделении сероводорода в глинистых породах и его в них окислении идет распадение каолина и образование *алюногена* и других сульфатов алюминия; такой процесс, например, давно указан в Римской области, в Италии⁷. Около деревни Чарковы в Польше этим путем образуется *эпсомит* – при действии воды, заключающей сероводород, на мергель, содержащий доломит и т.д.⁸ В Диадине около Ванского озера образуется этим путем *гипс*⁹. Образование гипса наблюдается в Поццуоли около Неаполя и в множестве других мест¹⁰ и, по-видимому, является геологически более важным процессом, чем мы это обычно думаем (ср. для Оренбургской и Уфимской губ. – § 95, 101). Могут образовываться тем же путем и *феррисульфаты* (например в Мондра-

¹ Этот способ окисления сероводорода первым выделил Дюма (*Dumas*, 1846 (1), с. 506 и сл.).

² Ср. об этом процессе примеры – *Lersch*, 1864, с. 268 и сл., 665.

³ *E. Ludwig*, 1890, с. 307.

⁴ *Bonjean*, 1844, с. 751. *Dumas*, 1846 (1), с. 503.

⁵ *Garrigou*, 1874, с. 541.

⁶ См. анализы – *J. Roth*, 1879, с. 452.

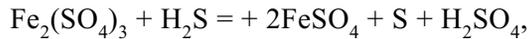
⁷ *Millosevich*, 1901, с. 267–268.

⁸ *Зеленецкий*, 1887, с. 304. Может быть, здесь играют роль и бактерии.

⁹ *Абух*, 1856, с. 243.

¹⁰ *Lersch*, 1864, с. 271. *J. Roth*, 1879, с. 415 и сл.

гоне около Капуи)¹, купоросы (около Экс)² и т.д. Эта реакция иногда носит сложный характер и дает начало одновременно *серной кислоте* и *сульфату*, например:



процесс, наблюдаемый в Дактауне в Теннесси³. Процессы такого окисления могут быть еще более разнообразны и сложны; так, например, Абихом был описан процесс превращения в рыхлый белый кварцевый песок глин и песчаников, цемент которых был растворен выделяемой при окислении сероводорода серной кислотой (Сунжа-Терекские источники) и т.д.

Аналогичное образование кварцевого песка Абих не раз наблюдал в виде гнезд на Каспийском побережье среди глинистых отложений⁴.

Изменения окружающих пород Пиренейских источников изучал Буй⁵. Он указывал на образование конкреций гелеобразной кремнекислоты (в Олетт), пирита, алюмосиликата кальция, кристаллов CaCO_3 (Mg, Fe) $\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24 \text{ aq}$, NaHSO_4 , заключающего NH_3 , гипса, кварца, натровых и калиевых квасцов. Разные минералы в разных местностях.

81. Совершенно иного характера изменение сероводорода наблюдается в коре выветривания в отсутствии свободного кислорода, в восстановительной среде.

Малоизученные процессы этого рода, как указывалось уже раньше, связаны с образованием сернистых металлов. Такое изменение сероводорода в метаморфической области земной коры имеет огромное значение (ср. § 64)⁶. Едва ли менее важны случаи перехода сероводорода в *сернистые тела* и в коре выветривания. Таково, например, образование *серного колчедана* – FeS_2 – при разрушении органических веществ в присутствии CaCO_3 (см. § 76). Аналогично образование и других, более сложных форм сернистых соединений железа (*гидротроилита*, *мельниковита* и т.п.) в грязях, как в синей грязи океанического дна (§ 41), так и в грязях озер и лиманов (§ 68)⁷. В этих случаях, в конце концов, могут образовываться *пирит* или *марказит*. Аналогичный процесс идет и в грязях минеральных источников (например, в Михайловском на Кавказе), сопок⁸, иногда в глинах⁹. Генезис и других сернистых металлов в осадочных отложениях нередко сводится к тому же типу образования, например выделение медных сульфидов в медистых песчаниках¹⁰. Совершенно не изученную группу химических реакций представляют процессы, связанные с поглощением сероводорода углями, например буры-

¹ Breislac, 1801, с. 120.

² Dumas, 1846 (1).

³ W. Emmons, 1913, с. 71–72.

⁴ Абих, 1866 (2), с. 657; 1873, с. 10.

⁵ Bouis, 1853, с. 234; 1858, с. 226.

⁶ Ср. любопытные замечания о такой роли сероводорода, связанного с метановыми струями (§ 52), у Кемпа (J. Kemp, 1890, с. 689).

⁷ Ср. Досс, 1912 (2), с. 453 и сл.; 1912 (1), с. 694 и сл.

⁸ Абих, 1866 (2), с. 657–658.

⁹ Ср. А. Иванов, 1906, с. 190 (для Биби-Эйбата).

¹⁰ См., например, Яковлев, 1914, с. 48 и сл.

ми. Очень возможно, что часть их серы вторичная и проникла в угли позже этим путем¹.

82. Наиболее резко выступает значение *изменения сероводорода в коре выветривания в химической истории атмосферы*. Распадение сероводорода и его продуктов в атмосфере играет огромную роль в истории организмов на земном шаре, ибо оно обуславливает на его поверхности *круговорот серы*.

В атмосфере постоянно находятся окислы серы, главным образом *серный ангидрид* в виде газа, иногда в соединении с аммиаком и натрием, *сульфаты аммония и натрия* (в виде тонкой пыли). Эти сульфаты и окислы постоянно захватываются атмосферными осадками, растворяются в них и вновь попадают на поверхность литосферы или гидросферы, входя таким путем в общий химический обмен земной коры.

Количество серы, таким образом попадающее на земную поверхность, очень велико. В год на гектар приходится в разных местах различные количества, но в общем везде большие²; например, на Ротамстидском поле в Англии падает 17,6–17,9 кг SO₃ на 1 га в год, в Катании в Сицилии 21,4 кг на 1 га, в Линкольне в Новой Зеландии 15,5 кг, в России на 1 га наблюдались его количества от 7,61 кг (Боровое лесничество Самарской губ.) до 78,97 кг (Охтенское лесничество около Петербурга) и т.д. Очевидно, количества серного ангидрида, которые постоянно этим путем попадают из атмосферы на земную поверхность на всем земном шаре, с трудом могут быть выражены цифрами для всей поверхности земного шара. Они немедленно поглощаются организмами, уносятся водой, переходят здесь в сложные новые тела, между прочим в живую материю.

Однако в земной атмосфере их количество не уменьшается, здесь постоянно возобновляются запасы окислов серы и сульфатов. Часть их выделяется в нее в виде SO₂ или SO₃ во время вулканических извержений или из сольфатар, другая связана с уносом в виде пыли сульфатов (натрия и магния) из капель морской воды, соленых озер, эффоресценций солей в почве и солончаках. Но часть является результатом окисления сероводорода, непрерывно, как мы видели, проникающего в атмосферу.

К тому же и все другие источники серного ангидрида в атмосфере, в конце концов, сводятся к первичному сероводороду, являющемуся результатом его разложения, так как содержащие серу кислородные газы вулканических извержений и сольфатар являются продуктами окисления сероводорода при действии кислорода воздуха (ср. т. I, § 248³; т. II, § 48). Все сульфаты, какие мы наблюдаем в земной коре, сосредоточены исключительно в коре выветривания, т.е. образованы или из сероводорода или из разнообразных сернистых соединений. Сернистые же соединения осадочных, метаморфических и жильных месторождений теснейшим образом связаны с сероводородом (ср. § 64, 81, 83) и только полисернистые и сернистые минералы массивных пород могли бы считаться непосредственно с ним не связанными. Однако и они образуются в магмах при участии сероводорода и дают при своем распадении не только сульфаты, но и сероводород (§ 50). Таким образом, не будет

¹ Ср. *Evans*, 1899, с. 566.

² *Коссович*, 1913, с. 31–32. Ср. *Clarke*, 1914, с. 45.

³ [§ 279 в первом издании].

ошибочным считать, что бóльшая часть, если не весь целиком серный ангидрид атмосферы (и его соединения) генетически связан с сероводородом, представляет продукт его окисления. Сероводород постоянно возобновляет в атмосфере серу, уносимую из нее осадками.

Только эта постоянно идущая циркуляция серы в земной коре, ее постоянное возобновление в почве и дает возможность существования на Земле органической жизни¹. Без нее она давно бы иссякла из-за недостатка серы, ибо в горных породах серы немного и содержащие серу минералы далеко не всюду распространены на земной поверхности. Главная масса нужной организм серы получается ими прямо или косвенно (через, растения) из почвы². В почвах же она возобновляется ежегодно из атмосферы и оттуда, в конце концов, идет в белковые тела организмов³. *Фактически, таким образом, источником серы, находящейся в организмах, является сероводород.*

83. От процессов выветривания сероводорода должны быть всегда отличаемы процессы его *метаморфизма*, т.е. его изменение вне коры выветривания в метаморфической или магматической оболочках земной коры. Здесь область его химической устойчивости обуславливается другими причинами, не кислородом. Эти изменения изучены еще менее, чем процессы выветривания. Чрезвычайно характерно образование здесь *сернистых соединений тяжелых металлов* (ср. § 64). Механизм процесса нам не ясен, мы знаем лишь его результат. Огромная часть жильных сернистых металлов так или иначе представляет собой продукт метаморфизации сероводорода.

Некоторую аналогию с этими изменениями имеют и те процессы, которые происходят в *коре выветривания при аномальных для процессов выветривания условиях*, например при высокой температуре. Таково изменение сероводорода, который выделяется во время вулканических извержений в сольфатарах, фумаролах и т.п. Здесь обычно бóльшая часть его исчезает, давая под влиянием кислорода воздуха, может быть углекислоты, *воду* и окисленные соединения серы, *серный и сернистый ангидриды* – SO_2 и SO_3 . Уже указывалось, что при высокой температуре, в действующих вулканах бóльшая часть сероводорода немедленно окисляется, давая начало воде и серным окислам.

¹ По-видимому, эта идея была высказана в близкой форме Дюма в 1846 г. «По наблюдениям Шевреля, Фогеля и Леви, повсюду, где щелочные сульфаты встречаются с органическими веществами, образуется сероводород. С другой стороны, всюду, где сероводород и воздух соприкасаются с влажными остатками растений, он переходит в серную кислоту и сульфаты. Сера, таким образом, перемещается из сульфатов через воздух в воду и в землю, которая нуждается в ней для произрастания растений, которые она питает, и для животных, которые питаются этими последними. Это закономерное движение на поверхности земного шара, приводящее к значительным скоплениям серы в животных и растениях, достойно размышления над ними всех любителей естествознания». (*Dumas*, 1846 (2), с. 778–779). Согласно современному взгляду, в отношении идей Дюма необходимо отметить, что процесс разложения серы (а может быть и процесс синтеза SO_3 ?) будет биохимический. Шеврель (*Chevreul*, 1846, с. 779) считает, что первый Ле Вейер в 1778 г. отметил разложение растворимых сульфатов в присутствии органических веществ.

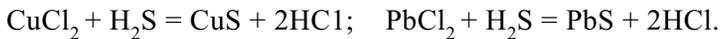
² *Коссович*, 1913, с. 49 и сл., 56.

³ *Вернадский*, 1915, с. 957. Мне не приходилось встречать в литературе ясного изложения этих взглядов. *Г. Высоцкий* (1900, с. 115) указывает, что H_2S должен «способствовать» круговороту серы. Должно быть, эта мысль приходила в голову и другим.

Может быть, все серные окиси вулканических сольфатар являются продуктом горения сероводорода.

Эти процессы окисления сероводорода аналогичны тем, которые известны и для коры выветривания. Они отличаются лишь большей интенсивностью. Но в вулканических процессах идут и другие реакции, не имеющие места при процессах выветривания. Таково, например, распадение сероводорода непосредственно на составные элементы – *серу* и *водород* (т. I, § 378)¹.

Другим примером может служить взаимодействие сероводорода с хлористыми соединениями. Так, например, этим путем во время извержения Везувия образуются *галенит*, *ковеллин*, *соляная кислота*:



Несомненно, эти реакции имеют обратимый характер, и ход их в ту или другую сторону идет в зависимости от температуры².

Таким образом, каждый очаг вулканического извержения является местом энергичного изменения сероводорода, продукты которого нередко не содержат, на первый взгляд, никакого намека на связь с ним, как, например, выделение хлористого водорода в только что приведенном случае. В вулканических областях, богатых сероводородом, мы имеем, в конце концов, дело со сложнейшими реакциями равновесия, к сожалению, нигде не изученными с достаточной полнотой. Любопытный пример такого рода области, прекрасно в свое время описанный Бунзеном, мы имеем в палагонитовых туфах в Исландии. Здесь выделяющийся из сольфатар и сероводородных источников сероводород вызывает образование сернистых соединений железа (черное сернистое железо, в конце концов пирит), сернистых щелочей. К нему должно быть сведено образование сульфатов меди (медный купорос, крисувигит) и т.д.³

Эти примеры, конечно, далеко не охватывают всех случаев химического изменения сероводорода в земной коре. Если бы мы свели вместе тела, образующиеся в ней при его участии, мы получили бы сотни минералов, принадлежащих к самым различным классам химических соединений. Это является следствием, с одной стороны, распространенности сероводорода, а с другой – его химической активности при термодинамических условиях метаморфической земной оболочки.

Но аналогичные явления наблюдаются и в более глубоких слоях земной коры, в *магматической* ее области; здесь сероводород тоже не может долго существовать как таковой, так как он или разлагается под влиянием высокой температуры на водород и серу, или переходит в новые соединения, в сернистые металлы. В этой области известны многочисленные примеры обратимых реакций. В магмах он распадается на составные части, но в них же его составные элементы при понижении температуры воссоединяются, давая первичный сероводород. К сожалению, область генезиса минералов магмати-

¹ [§ 406 в первом издании].

² Ср. *Zambonini*, 1910, с. 32.

³ *Bunsen*, 1904, с. 53–54, 75. Любопытные указания на влияние H_2S на характер азотных составных частей вод указывает *Зильбер* (1915, с. 8); сероводород в артезианских водах восстанавливает кислородные соединения азота до NH_3 .

ческой области для нас неясна, и мы лишены сейчас возможности воссоздать здесь картину изменения сероводорода.

84. Сероводород в России. Выделения сероводорода в пределах нашей страны являются чрезвычайно многочисленными и вызваны разнообразными причинами. Мы имеем здесь все типы его нахождения, указанные раньше: водные растворы сероводорода, газовые его струи и испарения, его выделения в минеральных источниках, озерах, морях, артезианских водах, сопках, сольфатарах, вулканах, болотах, почвах, в грязи рек, озер и морей, скопления в вонючих известняках, растворы в природных углеводородах и т.д. К сожалению, до сих пор не было попытки учесть и отметить эти выделения не только на территории России, но и в других местах. А между тем только этим путем возможно получить ясное представление о значении его в земной коре.

Перечисление русских месторождений сероводорода, делаемое в этой работе, несомненно имеет значение лишь предварительного учета, имеет задачей обратить внимание на необходимость и важность такого изучения. Делать какие-либо прочные выводы пока нельзя из-за отрывочности и недостаточности данных¹. Пора отойти и здесь, как и в других областях геологии, соприкасающихся с минералогией, от предвзятых предположений о случайности данного явления и перейти к основному приему научной работы естествоиспытателя – к точному и полному учету наблюдаемых явлений, по возможности оставляя в стороне его оценку, обычно слишком зависящую от преходящего состояния научного понимания².

85. Сероводород выделяется на нашей территории не только в литосфере, но и в гидросфере, в прилежащих к нашему государству частях океанов или морей.

Так, очень широко развиты выделения его в море *Каспийском* (§ 68). Вода в заливе Кайдак Каспийского моря заключала, по Менеру, сероводород – на 1 л воды 75,24 см³ H₂S³. На дне Каспийского моря, в иле и в придонной воде, нередко можно констатировать сероводород как в южной части Каспия⁴, так

¹ А между тем были бы ценны самые простые указания, связанные с отметкой при геологических исследованиях запаха сероводорода, ибо запах его очень характерен и, хотя его и можно иногда спутать с запахом других тел, все же он является очень резкой качественной реакцией на сероводород, более чувствительной, чем, например, свинцовые соли. Свинцовые соли открывают в воде 0,00002% H₂S, а воды пахнут иногда сероводородом, когда свинцовая бумажка его не открывает. По старинным указаниям, в воздухе по запаху можно открыть 0,000006 – 0,000003% H₂S (*Lersch*, 1864, с. 10). По опытам Чако, в газовой смеси по запаху открывается в 100 см³ газа 0,003% H₂S (*Czakó*, 1913, с. 15). О возможности спутать его но запаху с углеводородами см. *Scheerer*, 1911, с. 214. Лучше указать на присутствие запаха сероводорода, чем, боясь ошибки, его не отметить. Ошибочное указание может быть проверено, пропуск указания не даст никаких путей для дальнейшей работы.

² При перечислении русских месторождений оставлены большей частью в стороне выделения сероводорода, тесно связанные с жизнью человека, с плохими санитарными условиями наших поселений, с отсутствием заботы нашего населения о питьевой воде, с плохим устройством наших забот об охране народного здоровья. Сероводород этим путем очень часто образуется в очень многих местах нашей страны. Как пример можно привести его выделение при загрязнении Волги отбросами городов, деревень и пароходов. Я привожу данные такого рода только там, где зловерная работа человека идет в том же направлении, как и природный процесс, идущий вне его участия. См., например, *Владимирская губ.* (§ 90).

³ *Бэр*, 1857, с. 72: на 1000 гран воды 0,286 куб. дюймов H₂S, т. е. 71 см³ на 1 л воды.

⁴ *Книпович*, 1907, с. 45, 47, 50, 65 и др.

и в северных его пределах¹. На берегах Карабугаза (§ 132) и около них постоянно наблюдается выделение сероводорода. Он наблюдается и в некоторых образцах мирабилита со дна этого залива. Вода со дна Карабугаза заключает его иногда в количестве 0,230–0,358 см³ при 0° С и 760 мм². Ил Карабугаза нередко отмечается как выделяющий сероводород³. Он выделяется и в других местах, например в Красноводском заливе, из серой грязи около Красноводска⁴. Его выделения наблюдались в воде Муравьевской бухты⁵, в Узун-Ада⁶. Два култука – Кульман-Ата и Ходжа-Куюсы, выходящие на юг из залива КулиДерья, постоянно выделяют сероводород, отчего берега их необитаемы⁷.

Не менее резко выражены эти явления в *Черном море*. Здесь выделения сероводорода наблюдаются вдоль берегов *Крыма*, в губерниях *Таврической* (§ 99), *Херсонской* (§ 102), *Бессарабской* (§ 89). В Тамани летом при гниении морских растений и при ветре с моря днями держится сильный неприятный запах сероводорода⁸. Огромный резервуар, связанный с выделением сероводорода, представляет так называемое *Гнилое море* или *Сиваш* (§ 99), постоянно и непрерывно выделяющий в воздух огромные его количества⁹.

Процессы, идущие в иле около берегов *Азовского моря* (ср. § 99) (дер. Мамы), указывают на нахождение в нем, как и всюду в таких случаях сероводорода¹⁰. Надо думать, что здесь сероводород гораздо более обычен, чем это отмечено в литературе, очень скудной в этом отношении для Азовского моря.

Выделение сероводорода известно и в *Северном Ледовитом океане* из черного ила, частью у берегов и островов *Архангельской губ.* (§ 87), частью довольно далеко от берегов на дне моря¹¹. Вода *Белого моря* (§ 87) при испарении обычно издаст запах сероводорода, который иногда слышен у берегов¹².

Есть указания на выделение сероводорода и в воде и иле и для *Балтийского моря* (ср. *Петербургская губ.*, § 96)¹³.

86. Сероводород в Европейской России. В Европейской России очень многочисленны указания на сероводород. Здесь можно различить сероводород различного происхождения. Одним из наиболее важных его источников в

¹ Лебединцев, 1913, с. 47.

² Лебединцев, 1902, с. 170.

³ Подкопаев, 1916, с. 37, 40 (наблюдения А. Гутмана). В центре Карабугазского залива, по Лебединцеву, заключается 0,000545 г. H₂S на 1 л (*Андрусов*, 1922, с. 9)

⁴ Книпович, 1907, с. 50. *Надсон*, 1912, с. 73.

⁵ Кошкуль, 1870, с. 195.

⁶ *Андрусов*, 1896, с. 479.

⁷ *Карелин*, 1883, с. 400.

⁸ *Ланд*, 1871 (2), с. 25.

⁹ Анализ грязи Сиваша, богатой сернистыми соединениями см. Ежегодник Одесск. отд. Все-росс. общ. улучш. лечебн. местн., 1915; 1916, с. 25–26.

¹⁰ *Егунов*, 1896 (1), с. 5. Слабый запах H₂S.

¹¹ *Исаченко*, 1914, с. 173, 200 (карта).

¹² *Клионовский*, 1863, с. 286. *Ульрих*, 1878, сер. 31. Может быть, в связи с этим старинные авторы говорят о «едкой силе» морских ветров. Например: «В наших странах позлащенные церковные кресты и главы, вскоре по поднятии их, блеск свой теряют, и тусклость начинается со стороны помянутых ветров» (С и СВ). *Фомин*, 1797, с. 164.

¹³ Ср. *Исаченко*, 1914, с. тр. 175. В некоторых глубоких местах он также выделяется, например в самом глубоком месте около Ландсорта (к югу от Стокгольма). *Arrhenius*, 1903, с. 373.

Европейской России является образование его при постепенном разложении древних гипсовых залежей, в форме различного типа источников и родников. Наиболее обычен здесь сероводород вторичный, как результат поверхностного изменения, постепенного распада сульфатов. Но в ряде случаев мы наблюдаем в этих областях и кальциевые сероводородные источники, вызванные процессами метаморфического характера, может быть связанные с горизонтами артезианских вод. В связи с таким образованием сероводорода мы его очень часто видим во всех местностях, где наблюдаются богатые залежи гипсов: третичных (например, в Бессарабской, Подольской губ.), пермских (в Казанской, Самарской, Симбирской, Екатеринославской, Архангельской, Нижегородской, Вологодской губ.), девонских (в Псковской, Витебской губ., Прибалтийском крае, Ковенской губ.).

Другим, может быть, еще более мощным источником сероводорода являются его выделения в артезианских водах. Это сероводород подземный, который только в исключительных случаях выводится на земную поверхность или человеком при бурении, или при вековых смещениях и вековой химической денудации. Однако этот глубинный сероводород занимает огромные площади под поверхностью русской равнины и, может быть, является характерным проявлением сероводородного испарения земной коры в областях, лишенных новых дислокаций, каковой является главная часть Европейской России. В южной России, в области Каспийского и Черного морей лежит область озер, выделяющих сероводород, а в северо-западной России и на Урале, по-видимому, большие его количества сосредоточены в известняках и рыхлых породах и идут медленные вековые его испарения при их выветривании.

87. В *Архангельской губ.* (ср. § 85) мы имеем пока лишь очень случайные наблюдения, далеко не рисующие процесс выделения сероводорода, в действительности здесь идущий. Здесь всюду идет выделение H_2S в области прилива и отлива – в фации фукусов, особенно среди скоплений *Mytilus edulis* (*M. variabilis?*). Это явление наблюдается очень резко в Александровске и Мурманске в Кольском проливе, и нет никакого сомнения, что это – обычное явление на всем мурманском, беломорском и океаническом берегу. В области прилива и отлива, в конце отлива у Второго Двора (Кольский залив), наблюдается развитие пурпурных бактерий – пятнами. По предварительному определению Я.Я. Никитинского, это *Theopolycoccus* или близкий к нему вид. По-видимому, здесь очень сильно развиты биохимические процессы его выделения, связанные с жизнью моря и богатых водой низин Севера. Значительное развитие гипсов вызывает здесь развитие холодных сероводородных источников вторичного сероводорода; но, несомненно, мы имеем в нескольких местах Архангельской губ. развитие выделений фреатического сероводорода – метаморфических сероводородных источников. К сожалению, они недостаточно изучены и выяснены. Весьма вероятно, что мы имеем в сложении этого участка земной коры значительные массы известняков, содержащих сероводород, и надо ждать нахождения больших количеств сероводородных артезианских вод, до сих пор не выявленных. Наконец, мы имеем и сероводород, связанный с нефтью.

В *Александровском у.*, в небольшом Могильном озере на острове *Кильдине*, под слоем пресной воды находится слой воды соленой (ср. § 80). С глубины 13 м в воде появляется сероводород (сперва 0,133 см³ на 1 л воды), ко-

личество которого доходит до 22,913 см³ (на глубине 15,75 м)¹. Сероводород выделяется местами в черном иле у берегов Мурмана². Это наблюдается в разных бухтах (Екатерининской и др.) Кольского залива³. В *Архангельском у.* серный источник известен в трех верстах от Сюзьмы⁴. Выделение сероводорода происходит в иле дна и в воде Северо-Двинского залива и в дельте Северной Двины⁵. Встречаются черные глины с запахом Н₂S в потретичных отложениях Северной Двины (бореальная трансгрессия)⁶. В *Кемском у.* ил у берегов нередко выделяет сероводород; так, его выделение указано у мыса Киндо при входе в Кислую губу⁷. В *Печорском у.* и на *Новой Земле* о сероводороде в связи с серой см. т. I, § 266⁸. Около берегов Новой Земли он кое-где выделяется из серого ила⁹ (например, в Староверовской бухте). Около Крестовой губы на Новой Земле развиты нижнедевонские известняки, пахнущие при ударе¹⁰. В бассейне Ухты есть выделения сероводорода иного характера, связанные с выходами нефти, например горько-соленые источники в верховьях р. Крохаля (притока Ухты) выделяют сероводород¹¹. Другой выход «серной» воды известен на левом берегу р. Ухты близ Большого Порога¹². При бурении на нефть в скважине на р. Луи-Вож-Доманик встречен в доманиковом горизонте большой приток пресной воды с сильным запахом сероводорода¹³. Известен сероводородный источник при устье р. Цыбью (левого притока Ухты)¹⁴. В Большеземельской тундре давно уже указывались¹⁵ горячие сероводородные ключи. Они выходят на левом берегу р. Пымваю (Горячей), притока Адзвы (впадающей в Усу), где река пересекает хребет Чернышева

¹ Книтович, 1895, с. 467; 1906, с. 1306. Анализы А. Пальмквист. Ср. Исаченко, 1914, с. 193 и сл.

² Исаченко, 1914, с. 173 и сл. (карта). Неясные указания на серный источник в г. Архангельске (у собора). См. Знаменский, 1887, с. 65.

³ Дерюгин, 1915, с. 696.

⁴ Архангельский, 1863, с. 279.

⁵ По любезному сообщению К.А. Воллосовича (1917 г.). Он мне пишет, между прочим, что выделение сероводорода «я наблюдал нынешним летом в Северо-Двинском заливе и дельте Северной Двины. Там при землечерпании Н₂S пузырится возле корпуса судна и довольно быстро разрушает суриковую окраску его подводной части, что смущает инженеров, жаловавшихся на порчу корпусов землечерпалок по сравнению с обыкновенными судами «без видимых причин». Черный ил, добываемый черпаками попеременно с мелким песком, тоже издает резкий запах сероводорода; его черный цвет на воздухе быстро переходит в серый, и такой ил через несколько дней совсем теряет характерный свой запах».

⁶ К.А. Воллосович сообщает мне (1917 г.): «Черные глины с запахом сероводорода встречаются и в потретичных отложениях Северной Двины. Они характеризуют преимущественно мелководные горизонты «бореальной трансгрессии» с фауной более тепловодной, чем осадки арктических областей с господствующим распространением *Joldia arctica*».

⁷ Сент-Илер, 1909, № 3, с. 27, 63.

⁸ [§ 297 в первом издании].

⁹ Исаченко, 1914.

¹⁰ Вебер, 1908, с. 228, 233. Характер запаха не указан, но, по любезному указанию автора, это, по-видимому, Н₂S.

¹¹ Замятин, 1911, с. 562. Стукачев, 1914, с. 215. Оба исследователя согласно указывают «сернистый газ». См. поправку – Замятин, 1916 (2), с. 274.

¹² Замятин, 1911, с. 562; 1916 (2), с. 274.

¹³ Замятин, 1916 (2), с. 271.

¹⁴ Известия Геол. ком., 29, 1910, с. 158. «Серный» источник, по Полевому.

¹⁵ Ю. Кушелевский, 1868, с. 38, 47.

(«горы Адик»); здесь бьют термы, одна из которых выделяет сероводород¹. По-видимому, мы имеем дело с метаморфическими сероводородными источниками, к сожалению, химически не изученными². В *Пинежском у.* в 10 км от Пинеги «Белое озеро» выделяет сероводород и никогда не замерзает. Сероводород содержится как в воде озера, так и в его иле. Вода озера имеет белый цвет, так же как вода вытекающей из него р. Белой, впадающей через 3 км в р. Кулой³. В *Холмогорском у.*, (т. 1, § 266)⁴ вторичный сероводород в тундровых местностях встречается в связи с серой. По-видимому, подобные выделения в тундровых и болотистых местностях севера очень обычны (особенно весной?), но не зарегистрированы. Сероводородный источник известен при с. Ракульском, по р. Обокше⁵. В *Шенкурском у.* (т. I, § 266)⁶ вторичный сероводород в тундровых местностях наблюдается в связи с серой. Около с. Середьпогостского сероводородный источник впадает в р. Хигму⁵. Около Шенкурска выделяется сероводород в грязи дна р. Почы⁷.

88. В *Астраханской губ.*, в сорах полупустынных ее областей, нередко наблюдается запах сероводорода в тех случаях, когда под корками соли залегают черная грязь⁸. Главная масса сероводорода в Астраханской губ. выделяется в связи с жизнью озер. Сероводород биохимического происхождения выделяется в иле и теснейшим образом связан с жизнедеятельностью бактерий. Хотя он здесь вторичный, однако, несомненно, он играет огромную роль, и процесс его выделения носит грандиозный, в конце концов, характер. Он выделяется в этих озерах, ильменах и т.п. в связи с *баткаком* – так на местах называется «черная, густая и липкая масса с сильным гнилостным запахом от присутствия сероводородного газа»⁹. Этот ил наблюдается во всех озерах, как в пресных, так и в соленых¹⁰, хотя в литературе указания на его распространение не очень обильны. Соленые озера сосредоточены в Астраханской губ. в неширокой приморской полосе на протяжении 600 км от границ *Ставропольской губ.* до земли *Уральских казаков* (в *Астраханском у.* и степях *Калмыцкой и Киргизской*). Количество озер и занятая ими площадь очень велики. В северной Прикаспийской области, т.е. главным образом в пределах Астраханской губ., числится не менее 3000 озер¹¹. В Астраханской губ. до 1890 г. на план снято 214 озер и солончаков (площадью 20 км²) и всего, по Гаркеме, их не менее 2000 с площадью в 160–190 км².¹¹ Но, кроме того, пресные длинные лиманы, в виде нередко соединенных друг с другом больших озер, тянутся километров на 15 от Волги на правом ее берегу; они богаты баткаком и точно так же выделяют сероводород. Несомненно, в общем выделение сероводоро-

¹ Кулик, 1909; 1915; оттиск, с. 43; 1914, с. 88. Журавский, 1909, с. 213.

² Для Печорского края существуют еще неясные указания на H₂S, например: «В некоторых местах Печорского края, как, например, на реках Вые, Харуте и др., есть, говорят, признаки серных ключей с характерным запахом сероводорода». А. Антунов, 1858 (1), с. 68.

³ Неклюдов, 1909, с. 54.

⁴ [§ 297 в первом издании].

⁵ Эйхвальд, 1860 (2), с. 40.

⁶ [§ 297 в первом издании].

⁷ Грум, 1855, с. 290.

⁸ По любезному указанию Н.А. Димо (1915 г.).

⁹ Никитинский, 1876, с. 44.

¹⁰ Гаркема, 1890, с. 8. Марковников, 1885. с.202 и сл.

¹¹ Гаркема, 1890, с. 1–2, 15.

да этим путем играет гораздо большую роль в экономии природы, чем можно это думать по неизбежно случайным отдельным литературным, приводимым здесь, указаниям.

В *Астраханском у.* сероводород выделяется в грязи Тинакского (Тинецкого) озера. В ней найдено Шмидтом 0,249 г на 1 л связанного H_2S , может быть в виде Am_2S^1 . Он выделяется временами в иле ильменей, находящихся в дельте р. Волги, например, в юго-западном ее углу (участки Михайловский, Шуралинский)², в Тагусенке³ и т.д. Выделения сероводорода для баткака соленых озер упоминаются для Малого и Большого Басинских озер (слой в 4 см)⁴, малого Кордуанского⁵, группы Кокевских озер⁶ и т.д. На соляных промыслах в устье Волги развитие сероводорода в почвенных водах происходит временами в связи с заражением почвы отбросами и тузлуком⁷. В *Енотиевском у.* (ср. т. I, § 266)⁸ в долине между холмами Бистау, выходят горько-соленые источники (+ 2° С при -3° С воздуха) Ассетюбе или Айсисор, заметно выделяющие сероводород⁹. Следы сероводорода найдены в воде р. Ахтубы. около ст. Верблюжье¹⁰. В *Калмыцкой степи* вода Белого озера (соединено с Каспийским морем) содержит сероводород¹¹. Он выделяется в баткаке озер, например Малиновского, Большого и Малого Добрын-хаков¹² и т.д. Сероводород находится в родниках балки Шара-Булак (впадает в Улан-Зауху, приток Западного Маныча)¹³. Это все случаи вторичного сероводорода, очевидно указывающие на общий, мало отмечаемый в литературе процесс его выделения. Нет сомнения, что он идет во всех многих сотнях озер и родников этого края. Артезианский колодец в Эрхетеновском улусе (глубина 200 м) дает горько-соленую сероводородную воду, до 9000 ведер в сутки¹⁴. В *Киргизской степи*, в области *Рын-песков*, в барханах северной части вода большей частью пресная, в худуках к югу соленая, «тухлая и отзывающаяся серой»¹⁵. В *Царевском у.* (ср. т. I, § 266)¹⁶ грязь и рапа Эльтонского озера¹⁷ и других озер выделяет вторичный сероводород. При впадении в Эльтон р. Чернавки она принимает солоноватый ручей, который течет среди глин, богатых ключами. Ключи и глины выделяют сероводород. Все колодцы и худуки по восточному берегу Чернавки выделяют, очевидно, вторичный сероводород. Такие глины,

¹ К. Шмидт, 1875, с. 139 и сл. Линевиц и Рафес. 1915, с. 375.

² *Ольдскоп*, 1870, с. 494. В самой Астрахани сероводород выделяется в водах Варвацевского канала и, очевидно, других каналов – см. *Ольдскоп*, там же, с. 458.

³ *Клыков*, 1912, с. 6.

⁴ *Скориков*, 1915, с. 11.

⁵ *Гаркема*, 1890, с. 9.

⁶ *Никитинский*, 1876, с. 94; 101.

⁷ *Н. Шмидт*, 1895, с. 85.

⁸ [§ 297 в первом издании].

⁹ *Нёшель*, 1847, с. 287.

¹⁰ *Кошеляев*, 1916, с. 5.

¹¹ *Костенков*, 1868, с. 35.

¹² *Гаркема*, 1890, с. 14 и сл.

¹³ *Костенков*, 1868, с. 51.

¹⁴ *Д. Иванов*, 1910, с. 222.

¹⁵ *Корнилов*, 1859, с. 25.

¹⁶ [§ 297 в первом издании].

¹⁷ *Лепехин*, 1771, с. 407. *Паллас*, 1788, с. 263. *Ф. Гёбель*, 1838 (2), с. 33. *Можайкин*, 1915, с. 66.

богатые сероводородными ключами, тянутся и по руслу Чернавки¹. Сероводород находится здесь в связи с гипсами и гипсоносными водами, изменяемыми сероводородными бактериями², а также с сернистым железом. В сырой грязи оз. Эльтой валового H_2S – 0,172 г³ на 1 л. В 1805 г. пробовали рыть шурф в самом озере, но с глубины 4 м должны были прервать его вследствие выделения сероводорода⁴.

О нахождении вод, выделяющих сероводород около Баскунчакского озера и Богдо, указывал И. Ауэрбах, который этим путем объяснял образование гипсов Богдо – действием сероводорода на известняк⁵. И теперь холодные воды, текущие по балкам северо-западной части Баскунчакского озера из родников, богаты сероводородом. «Поток на участке, бывшем Сапожникова, начинается сразу несколькими сильными родниковыми ключами, вытекающими из открывающихся к озеру прибереговых гипсов; причем выносимая ими холодная соленая вода шипит, пенится и издает резкий запах H_2S »⁶. Очень вероятно, что мы имеем здесь дело с фреатическим сероводородом. В баткаке Баскунчакского озера, подобно другим озерам Астраханской губ., наблюдаются выделения вторичного сероводорода, связанные с сероводородными бактериями, переполняющими баткак, т.е. черную соленую грязь, лежащую ниже самосадочной соли⁷. Местами в юго-восточных частях Баскунчакского озера соль (гранатка) богата баткаком, отчего и не добывается⁸. Дно пресного озера Харасун, около Баскунчакского озера, тоже покрыто баткаком⁹. В 40 км от Эльтонского находится Горькое озеро, ил дна которого, несомненно, по описанию еще Лепехина, выделяет сероводород¹⁰. Вода из него и из озера Боткуль (Горькое или Горький лиман), лежащего между Баскунчакским и Эльтонским озерами, содержит сероводород¹¹. В *Черноярском у.* впадает у Ступишного Яра в Волгу соленая речка Вязовка, ил которой выделяет сероводород¹².

89. В *Бессарабской губ.* выделения сероводорода очень мало обращали на себя внимания. Здесь мы имеем довольно мощные выделения вадозного сероводорода биохимического происхождения вдоль низин побережья Черного моря и в заливной долине Дуная. Несомненно, и в иле рек местами идут те же самые процессы, причем получающийся сероводород быстро изменяется.

Вероятно, мы имеем в губернии и выделения фреатического сероводорода, связанного с разложением гипса, – в источниках (метаморфического типа?) и в артезианских водах.

¹ *Православлев*, 1902, с. 41–42. Река Чернавка в описании Лепехина называется Хары Хаза?

² *Православлев*, 1902, с. 41, 66.

³ *Ефремов*, 1919.

⁴ *Гаркема*, 1890, с. 20.

⁵ *Ауэрбах*, 1871, с. 38–39.

⁶ *Православлев*, 1903, с. 133. Может быть, мы имеем здесь дело с метаморфическими сероводородными источниками? Любопытно иметь измерение температуры этой воды.

⁷ *Арцимович*, 1911, с. 53 и сл.

⁸ *Гаркема*, 1890, с. 48.

⁹ *Никитинский*, 1876, с. 68.

¹⁰ *Лепехин*, 1771, с. 412.

¹¹ *Г. Федченко*, 1870, с. 97 и табл. 1.

¹² *Лепехин*, 1771, с. 445.

В *Аккерманском у.* известны грязи, очень аналогичные Одесским (§ 102), в соляных озерах – Шаганском, Алибейском, около местечка Тузлы (озеро Бурнас), выделяющие вторичный сероводород¹. Аналогична Одесским лиманам грязь около Будаки². Грязь, пахнущая сероводородом, местами сильно развита в Шаболатском озере (например около Сергеевки)³. В *Белецком у.*, в Бельцах, вода артезианской скважины с глубины 50 м из подмеловых песчаников содержит сероводород⁴. В *Измаильском у.* содержит сероводород вода озер; так, например, в 100 объемах воды Базарьянского соленого озера (1851 г.) содержится 1,56 объема газа (0,65 H₂S), а в Большом Сосикена 1,89 объема газа 0,59 H₂S⁵. По-видимому, биохимическое выделение сероводорода наблюдается временами в гирлах Дуная, например – на границах *Аккерманского и Измаильского у.*, в озере Китай, вода которого отличается «неприятным кислым запахом и затхлым вкусом», причем рыба в известные периоды вымирает, если вода озера не освежается из Дуная⁶. В *Кишиневском у.*, в самом Кишиневе на р. Быке находится сероводородный источник «Буркут». Образование сероводорода приписывали без всякого основания разложению колчеданов⁷. Вода колодцев в самом городе временами и местами выделяет сероводород⁸. Скважина в самом Кишиневе из подмеловых слоев (глубина 332 м) дает воду с сильным запахом сероводорода⁹. В *Оргеевском у.*, в Оницканах, сероводород выделяется в сероводородном источнике в связи с гипсами¹⁰. В *Хотинском у.* о месторождениях самородной серы в связи с выделением сероводорода – см. т. I, § 266¹¹.

90. В *Виленской губ.* явления выделения сероводорода не обращали на себя достаточного внимания. По-видимому, мы имеем здесь только обычный в биосфере вторичный сероводород, связанный с жизнедеятельностью бактерий. Возможно однако, что дальнейшие исследования укажут на нахождение фреатического сероводорода. В *Виленском у.* в Вильно вода колодца из горизонтов ниже белого мела имеет сильный запах сероводорода¹². В *Свенцяном у.* в Швинтах выходит источник со слабым запахом сероводорода¹³. В *Трокском у.* следы сероводорода, по Г. Иогансену, находятся в источниках около Бириштан¹⁴. Небольшое и непостоянное количество этого газа наблюдается в источнике около Стоклишек. При открытии источника его было больше, что, может быть, объясняется процессами, шедшими в тине¹⁵.

¹ Эйхвальд, 1860 (2), с. 226. Ср. Бурксер, 1916 (2), с. 90.

² Егунов, 1896 (1), с. 6.

³ Бурксер, 1916 (2), с. 85.

⁴ А. Штукенберг, 1910, с. 3.

⁵ Гассгаген, 1852, с. 52–53.

⁶ К сожалению, прямых проб на H₂S не имеется. См. Г. Михайловский, 1909, с. 46, 49.

⁷ Зацук, 1862, с. 66–67.

⁸ Синцов, 1888, с. 188, 195.

⁹ Синцов, 1903 (2), с. 336. А. Штукенберг, 1910, с. 3.

¹⁰ Грум, 1855, с. 200. Эйхвальд, 1860 (2), с. 43.

¹¹ [§ 297 в первом издании].

¹² Гедройц, 1895, с. 161.

¹³ Павлуцкий, 1868, с. 333.

¹⁴ Буюльский, 1899, с. 106. Мендельсон (1915, с. 89) отрицает нахождение сероводорода. Его не указывают и старые наблюдатели. (См. Крассовский, 1860, с. 97).

¹⁵ Kuszewicz, 1851, с. 84. Кукольник, 1853, с. 58 и сл. Грум, 1855, с. 287. Корева, 1861, с. 220.

В *Витебской губ.* временами идет образование сероводорода в озерах в связи с гниением органического вещества¹. К сожалению, размеры этого процесса и характер его генезиса не выяснены. Но помимо такого вадозного сероводорода несомненно есть указания на нахождение значительных выделений сероводорода фреатического, связанного с изменением сульфатов. Происхождение части сероводорода артезианских вод неясно. В *Велижском у.* вода артезианского колодца (с глубины 23,9 м) в Велиже имеет слабый сероводородный запах, быстро исчезающий². В *Двинском у.* близ дер. Оглони (Aglony), в 10 км от ст. Рушоны, близ оз. Череш известны сероводородные воды с сильным запахом сероводорода³. В *Лепельском у.* сероводород наблюдался в минеральных холодных источниках около с. Борковщины. По анализу Шмидта, вода 1888 г. заключала всего H_2S 0,002 г на 1 л. Сероводород вторичный⁴. В *Невельском у.* в имении Студенце вытекает вода с сильным запахом сероводорода⁵. В *Полоцком у.*, в г. Полоцке, артезианские воды с глубины 46 м из девонских слоев содержат сероводород, быстро исчезающий. Здесь сероводород встречается и в «субартезианских» водах⁶. В *Себежском у.* есть указания на сероводородные источники в Розалине⁷.

Во *Владимирской губ.*, помимо нахождения сероводорода неясного генезиса (фреатического?) в артезианских водах, мы находим местами мощное развитие вторичного сероводорода в связи с загрязнением рек и грунтовых вод, вызванным жизнью человека и фабричной работой. Неясно, всегда ли такой сероводород биохимического происхождения, и, по-видимому, его появление иногда связано с химическим характером речной или грунтовой воды, изменяемой техническими отбросами. В *Александровском у.*, в г. Александрове, вода из постплиоценовых слоев содержит следы сероводорода⁸. Во *Владимирском у.* вода артезианской скважины в г. Владимире из пермских слоев с глубины 63,13 м имеет весьма заметный запах сероводорода⁸. В *Муромском у.* сероводород выделяется из воды артезианских колодцев в Муроме из постплиоценовых слоев с глубины 35,3 м⁸. В *Судогодском у.* сероводородный ключ известен в 0,5 км от Судогды⁹. Он выделяется в реках в связи с загрязнением, например, в некоторых местах р. Ушны¹⁰. Кое-где он наблюдался и в колодцах (с. Сергиево Пузо)¹⁰. Еще более резки эти явления в *Шуйском у.*; так, сероводород найден в воде р. Уводи в связи с загрязнением вод фабричными отбросами Иванова-Вознесенска¹¹. Река Уводь выделяет сероводород на расстоянии многих километров. Сероводород выделяется в связи с деятельностью фабрик и на притоках р. Уводи – Вязьме, Сиверке¹¹.

¹ Исаченко, 1914, с. 171.

² Синцов, 1903 (2), с. 291.

³ Plater, 1832, с. 26. Витебская губерния. Под ред. В. Долгорукова, 1890, с. 146.

⁴ Дубицкий, 1860, с. 152. К. Шмидт, 1890, с. 14. Рейро, 1915, с. 22.

⁵ Витебская губ. Под ред. В. Долгорукова, 1890, с. 146.

⁶ Синцов, 1903 (2), с. 286. Погребов, 1912, с. 239.

⁷ Plater, 1832, с. 26. Не знаю, сюда ли относится указание Дубицкого (1860, с. 154) – «имение Рыка».

⁸ Синцов, 1905 (1), с. 128, 111, 116.

⁹ Аляев, 1853, с. 74.

¹⁰ Дубровский, 1903, с. 37, 51.

¹¹ Дубровский, 1903, с. 16 и др. Отчет Временной комисс. по изыск. мер к охране водоемов Моск. промышл. района за 1912 г. М., 1913, с. 109.

Однако сероводород выделяется и в родниках в некоторых местах, например около с. Взорнова (Якиман. вол.)¹, Калачова (Каховской волости)² и т.д. Он наблюдается и в плохо содержимых колодцах тех же волостей². Артезианская вода из постплиоценовых слоев в Шуе содержит сероводород³. В воде скважины на фабрике Барановского, около ст. Черусти, в 1 л воды, по Б.Г. Карпову, содержится 0,0081 г H₂S⁴.

В *Вологодской губ.*, несомненно, существуют процессы выделения вадозного сероводорода биохимического происхождения, но указания на них в литературе мне неизвестны. Есть ряд указаний на нахождение фреатического сероводорода, частью в связи с рассолами; это все указания случайные, заставляющие предполагать существование в подземных водах губернии мощного процесса этого рода. В *Вельском у.* есть указания на нахождение сероводородного источника в гипсовой области около дер. Тарасо-Наволоцкой или Бычьей, в низовьях р. Устьи⁵. В *Вологодском у.*, в 30 км от Вологды, около с. Зуева, сероводород выделяется из сероводородных источников. Запах слышен на расстоянии нескольких метров. При стоянии вода теряет сероводород⁶. В *Грязовецком у.* он выделяется из источников вблизи Корнилиево-Ковельского (Введенского) монастыря в 5 км от Грязовца; в Северо-Западном источнике на р. Талице по старому анализу наблюдалось 0,077 г H₂S на 1 л⁷. В *Тотемском у.* сероводород выделяется из соляных рассолов в Леденгском заводе. Рассол Спасского источника содержит 0,026 г H₂S на 1 л⁸. Он наблюдается в буровых скважинах, в рассоле Тотемского завода, в 3 км от Тотьмы⁹. В *Устюжском у.*, недалеко от границ *Тотемского у.*, «серные» источники и провалы озера имеются в «озерных местечках» Богоявленской волости¹⁰. В *Яренском у.* сероводород наблюдался в рассоле Сереговского завода на р. Выме¹¹.

В *Волынской губ.* указания на заведомо вадозный сероводород в литературе мне неизвестны. По-видимому, в глубоких источниках и артезианских водах мы наблюдаем выделения фреатического сероводорода. В *Изяславском у.* ясное выделение сероводорода заметно в одном из источников около м. Шепетовки¹². В *Ровенском у.* сероводород наблюдался в колодце около Берестья¹³, и вода, пахнувшая H₂S, получалась в скважинах севернее станции Любомирской¹⁴. В *Староконстантиновском у.*, у австрийской границы, он выделяется из сероводородного источника около с. Ожиговцы. Источник этот холодный,

¹ Дубровский, 1903, с. 73, 107.

² Дубровский, 1903, с. 100, 107–111.

³ Синцов, 1905 (1), с. 111.

⁴ Отчет Геол. ком. за 1915 год. Пг., 1916, с. 277. (Изв. Геол. ком.)

⁵ Едемский, 1915, с. 133; по указанию П. Орлова, автор дал словесные дополнения.

⁶ Штрук, 1827, с. 199.

⁷ Балов, 1898, с. 221. Бертенсон, 1901, с. 135. Балмашев, 1888, с. 6.

⁸ Журнал Минист. внутр. дел, СПб., 1853. II. Отд. V, с. 31 (из «Волог. губ. ведом.»). Скальковский, 1865, с. 81. Стемпневский, 1884, с. 230.

⁹ Скальковский, 1865, с. 83.

¹⁰ По любезному указанию М. Едемского.

¹¹ Скальковский, 1865, с. 92.

¹² Казанский, 1836, с. 187. Грум, 1855, с. 283. Hessel, 1860, с. 365. Ласкарев, 1914.

¹³ А. Карпинский, 1885, с. 402.

¹⁴ Тутковский, 1911, с. 66–67.

богат сероводородом, выходит из толтровых известняков – N_1^{3a} . Условия его образования неясны¹.

В *Воронежской губ.* до сих пор выделения сероводорода мало обращали на себя внимания. Известные мне случайные указания дают возможность предполагать выделения фреатического сероводорода на территории губернии. В *Задонском у.*, в Конь-Колодце, при бурении на глубине 42,6 м из известняка наблюдалось выделение газов «с запахом Cs» (sic)². Должно быть это был сероводород. В *Коротоякском у.* буровая скважина с глубины 6,4–32 м (сеноманский ярус) в Коротояке дала воду с запахом сероводорода³. В *Острогожском у.* вода артезианского колодца меловой системы имеет сильный запах H_2S .⁴

В *Вятской губ.* явления, связанные с выделением сероводорода, очень мало обращали на себя внимания. Помимо биохимических процессов образования вторичного сероводорода, мы имеем в губернии, по-видимому, скопления его в артезианских горизонтах подземных вод.

В *Вятском у.*, на границе с *Орловским у.*, следы сероводорода выделяются в озерке в долине р. Ивкиной, около с. Нижне-Пекинского. Анализ Матисена дал 0,0083 г H_2S на 1 л воды. Выделение его вторичное, связанное с распадением сульфатов в болотистом грунте⁵. В *Глазовском у.* «серный» источник указан в Глазове⁶. В *Елабужском у.* сероводород наблюдается в Спиридоновском минеральном источнике, богатом гипсом, на р. Иже (приток Камы). По анализу Беннинга, в нем 0,0017 г H_2S на 1 л; другие анализы не нашли сероводорода⁷. Очевидно, это вторичный сероводород. Небольшие его количества наблюдаются в водах и в грязях около с. Варзпятчи. Анализ воды, сделанный Грахе (1897 г.), дает 0,00068 г H_2S на 1 л. Генезис этого сероводорода связан с восстановлением вод, богатых гипсом, в торфяных болотах. Торф пропитан сероводородом в связи с теми водами ключей, которые, как показал П. Кротов, богаты сульфатами. По анализу Грабовского и Ломана, в воде одного из болотных ключей содержалось 0,0495 г H_2S на 1 л⁸ (ср. для Варзинской дачи еще т. I, § 266⁹). Вода субартезианского колодца в Елабуге выделяет скоро пропадающий запах сероводорода¹⁰. «Серный» источник известен около с. Кузябаева¹¹. В *Орловском у.* сернистые грязи известны около с. Бутырки¹². В *Уржумском у.* в окрестностях Уржума развит вонючий известняк – татарский ярус – циппериновый горизонт P_3^{Ga} (по сообщению Г.Н. Фредерикса) и «серный» источник указан около с. Кичма. Около него и многие колодцы обладают такой же водой¹³. В *Яранском у.*, в долине р. Мамокси, у с. Галицкого,

¹ *Барботде Марни*, 1868, с. 224. *Ласкарев*, 1904, с. 102; 1914, с. 430.

² *Н. Высоцкий*, 1894, с. 114.

³ По любезному указанию А. Дубянского, 1916 г.

⁴ *Синцов*, 1906, с. 85.

⁵ *Шулятиков*, 1895. *Рудольский*, 1898, с. 9 и сл.; 1904, с. 6. *Иогансон*, 1904, с. 67 и сл.

⁶ *Вятск. губ. ведом.*, 1857, с. 203. *Золотницкий*, 1860, с. 268.

⁷ *Кротов*, 1908, с. 228. *Садиков*, 1910, с. 54. *Сюзев*, 1911, с. 93.

⁸ *Кротов*, 1898 (1), с. 277; 1898 (2), с. 253. *Сюзев*, 1911, с. 92.

⁹ [§ 297 в первом издании].

¹⁰ *Синцов*, 1905 (1), с. 179.

¹¹ *Золотницкий*, 1860, с. 268.

¹² *Щербаков*, 1898, с. 12.

¹³ *Вятск. губ. ведом.*, 1857, с. 203.

сероводород выделяется в соленой воде, оставшейся в трубах, откуда раньше добывался соляной рассол Строгановыми¹. В Яранске вода артезианского колодца с глубины 140,2 м (из слоев пермской системы) выделяет сероводород, быстро исчезающий².

91. В *Гродненской губ.* явления выделения сероводорода не изучены. Мы имеем здесь дело, вероятно, с вадозным и фреатическим сероводородом. В *Вельском у.*, в Вельске, вода колодца с глубины 39,6 м имеет запах сероводорода³. В *Гродненском у.* сероводородные источники известны среди соляных источников около Друскеник. Обычно они не содержат сероводорода (№ 13 и другие после стояния отдают сероводородом), но к юго-востоку от Друскеник на берегу Немана находятся две группы сероводородных ключей. По анализу Д. Павлова (1881 г.) они содержат 0,0210 г H_2S на 1 л⁴. Происхождение этого сероводорода, по мнению А.А. Иностранцева, чисто вторичное – восстановлением гипса вблизи земной поверхности⁵. В самом Гродно смешанная вода верхних горизонтов (из ледниковых и палеозойских слоев) имеет слабый запах сероводорода⁶. В *Слонимском у.* вода бурового колодца в Слониме с глубины 18,59 м выделяет сероводород⁷.

В *области Войска Донского*, в округах каменноугольного бассейна, шахтные воды, откачиваемые в рудниках, жестки, минеральны и по большей части содержат сероводород⁸. Надо думать, что это сероводород биохимического происхождения, хотя воды эти химически не изучены. Для *Донской области* нам известен до сих пор только вадозный сероводород биохимического происхождения. В *Первом (Черкасском) окр.* сероводород выделяется в источнике в балке Садковке, в 10 км от слободы Ирловки. Содержит, по анализу Е. Гордеенко, 0,0210 H_2S на 1 л, а по П. Кашинскому – 0,074% в сырой грязи в виде сульфидов; в водной его вытяжке, по П. Кашинскому, заключаются следы; в воде же 0,0116 г H_2S на 1 л⁹. Грязь Староманычского и Грузского озер выделяет сероводород¹⁰. В воде озера, по П. Кашинскому, содержится 0,0074 г H_2S на 1 л. По его измерениям, в грязи Грузского озера находится 0,150% H_2S в виде сульфидов (в сырой грязи). В некоторые дни «по вечерам и ночью из озера выделяется такое обилие названного газа, что невозможно оставаться на берегу озера; при ветре же запах его слышен и в окружности озера на довольно большом расстоянии»¹¹.

При бурении на дне оз. Грузского встречен слой в 6 м иловатых глин с легким запахом H_2S ¹². Сероводород наблюдается в грязи и других соленых

¹ Кротов, 1912, с. 14.

² Синцов, 1905 (1), с. 192.

³ Синцов, 1907, с. 110.

⁴ Грегори, 1883, с. 22. Иностранцев, 1882, с. 38 и сл. Ругевич, 1891, с. 191.

⁵ Иностранцев, 1882, с. 78–79.

⁶ Синцов, 1908, с. 24.

⁷ Синцов, 1908, с. 27.

⁸ Краснянский, 1912, с. 227.

⁹ Гордеенко, 1852, с. 17. Грум, 1855, с. 202. Кашинский, 1913, с. 493; 1915, с. 23, 47 и сл., 68.

¹⁰ Гордеенко, 1852, с. 2 и сл. Вода этих озер при стоянии выделяет H_2S , по мнению Гордеенко – от «пробок». Кашинский, 1913, с. 493; 1915, с. 23., 47 и сл., 68.

¹¹ Корытин, 1893, с. 40.

¹² В. Богачев, 1903 (2), с. 614–615.

озерков в долине Маныча¹. Вода колодцев в этой долине тоже очень часто выделяет сероводород². Есть указания на его выделение в озерах около Новочеркасска³.

В *Екатеринославской губ.*⁴, помимо сероводорода биохимического происхождения, сероводород находится в нескольких горизонтах артезианских вод, в том числе и в бучацком ярусе, где он обычен для огромного пространства юга России (ср. *Полтавская губ.*, § 96). В *Александровском у.* сероводород нередко наблюдается в воде глубоких колодцев, например в селах Бол. и Мал. Михайловне, Андреевке. Количество его «значительное»⁵. Он выделяется и в воде прудов (например около Святодуховки), в связи с загрязнением⁶, и в колодцах (например около р. Жеребца)⁶. В *Бахмутском у.* вода колодцев на Лозовой (из харьковского яруса) выделяет сероводород⁷. В *Мариупольском у.*⁸ вода третьего водоносного горизонта (третичные пески; на глубине 76,5 м) в буровой артезианской скважине в с. Петровском содержит сероводород⁹. Колодец в Великоанадольском лесничестве (около метеорологической станции) на глубине 27 м содержит H_2S ¹⁰. Вода в прудах участка весной при половодье, а часто и среди лета, выделяет сероводород. Очень часто он выделяется в болотных западинах, а в черном их иле находится почти всегда¹¹. В *Павлоградском у.* сероводород выделяется в артезианских водах из бучацкого яруса (ярус «фосфоритовых песков»), например в Павлограде (на глубине 50 м; приток 2000 ведер в час)¹². Вода колодцев из дилювиальных слоев иногда выделяет сероводород, например около р. Плоской Осокоровки¹³. В *Славяносербском у.* сероводород выделяется в «вонючей кринице», в низине р. Ломоватки (приток р. Лугани), около дер. Аленовки (Михайловки). Запах сероводорода сильный¹⁴.

В *Бахмутском у.* сероводород выделяется в шахтных водах; например, значительные следы его находятся в водах Вознесенского рудника¹⁵. В *Новомосковском у.* вода ставков иногда содержит H_2S , например около хутора Трудицкой¹⁶.

¹ Ср. *Бэр*, 1856, с. 187.

² *Богачев*, 1903 (1).

³ *Эйхвальд*, 1860 (2), с. 42.

⁴ В Горловском районе каменноугольные известняки серого или темного цвета при разбивании издают запах (вонючий известняк). *В. Соколов*, 1911 (2), с. 20. Пробы К.А. Ненадкевича указали, что запах этих известняков происходит не от сероводорода.

⁵ Анализы В. Топорова – *Вознесенский*, 1898, с. 319.

⁶ *Вознесенский*, 1898, с. 114–115; 236.

⁷ *Гуров*, 1893. Табл. VIII.

⁸ Вероятно, H_2S заключен в горном известняке. О нем Иваницкий говорит: «Вонючий известняк черного цвета составляет не толстые слои в плотном известняке, чаще же составляет он огромные желваки в известняке, представляя какие-то окаменелости (каменное ядро)». (*Иваницкий*, 1833, с. 75).

⁹ *Голубятников*, 1901, с. 389.

¹⁰ *Сибирцев*, 1894, с. 64.

¹¹ *Г. Высоцкий*, 1900, с. 115.

¹² *Гуров*, 1893, с. 313, 470.

¹³ *Гуров*. Табл. V.

¹⁴ *Эдельштейн*, 1895, с. 60.

¹⁵ *В. Попов*, 1917, с. 2.

¹⁶ *Вознесенский*, 1902 (анализы Топорова).

92. В *Казанской губ.*, помимо сероводорода биохимического происхождения, по-видимому очень обычного, но не отмечаемого в губернии, почва которой богата гипсом, мы имеем выходы сероводорода фреатического. Он связан с метаморфизацией тех же гипсов. Явление не изучено. В уездах *Казанском, Лаишевском, Спасском, Чистопольском* при бурении в нижних и средних горизонтах постплиоценовых отложений нередко встречаются глины, содержащие мелкие кристаллы гипса, серного колчедана, растительные остатки, нередко пахнущие сероводородом¹. В *Казанском у.*, около дер. Щербаковой (Щербаковки), находятся серные грязи². В самой Казани некоторые колодцы временами дают сероводород³. Сероводород известен в источниках, в связи с серой, в *Тетюгиском у.* около Сюкеева, в пределах Сюкеева, Мордовского, Каратая, Монастырского, Долгой Поляны. Здесь он выделяется в водах пещер, в подземных озерах и ручьях. Сероводород встречается в известняках на контакте с гипсом вместе с нефтью⁴. И на поверхности он встречается в источниках (около Сюкеева у Волги)⁵. В *Чистопольском у.* сероводород выделяется в связи с гипсами в 7 км от Чистополя, у слободы Черемуховой (Черемушки, Новоархангельская) в целом ряде источников, в конце концов вливающихся в р. Шешму. Вблизи ключей воздух пропитан сероводородом⁶. Несколько ключей в болотистой местности выделяют S, H₂S и богаты Na₂SO₄.

В *Калужской губ.* явление сероводородных выделений не изучено. Вероятно значительное развитие биохимических процессов его образования. Некоторые источники и артезианские воды несут фреатический сероводород. В *Калужском у.*, в Калуге, артезианские воды с глубины 105–120 м (основание нижнекаменноугольных слоев) имеют запах сероводорода⁷. В *Лихвинском у.*, у с. Краинского, выходят сероводородно-гипсовые источники (четыре; Константине-Николаевские), богатые сероводородом, заключающие 3,76–39,57 см³ свободного H₂S.

По количеству свободного сероводорода источник № 1 (0,0610 г) является одним из богатых. Характерно присутствие свободной CO₂. Источники имеют температуру воздуха, и надо думать, что здесь сероводород вторичный и образуется благодаря биохимическому распадению гипса⁸. Богаты им Александровские грязи в 48 км от Калуги⁹.

В *Киевской губ.* мы встречаемся, подобно тому что наблюдается в *Полтавской* (§ 96), *Харьковской* (§ 102), *Черниговской* (§ 103) губерниях, с мощным выделением сероводорода из артезианских водных горизонтов. К сожалению, явление это до сих пор недостаточно изучено. Сероводород содержится

¹ Ноинский, 1917, с. 83.

² В. Штанге, 1915, с. 10; А. Орлов, 1885, с. 128.

³ Щербаков, 1893, с. 32.

⁴ Ерофеев, 1878, с. 65.

⁵ Ср. литературу, т. I, § 266. Еще Зиновьев, 1814, с. 90. Грум, 1855, с. 197. Эйхвальд, 1860 (2), с. 44. Frenzel, 1913; оттиск, с. 2–3. А. Орлов, 1885, с. 127; он же (на с. 111) указывает на серо-нефтяные ключи около дер. Тенишевой в Спасском у.

⁶ Грум, 1855, с. 187.

⁷ Синцов, 1907, с. 159.

⁸ Эйнбродт, 1847, с. 337. Грум, 1855, с. 190. С. Залеский, 1900, с. 1269 и сл. По Эйнбродту, источник № 1 содержит в 1000 г воды 0,00428 г H₂S.

⁹ Бертенсон, 1901, с. 283.

во всех артезианских водах на территории Киевской губ., причем наиболее богат им первый артезианский горизонт в бучацком ярусе, в фосфоритовых (апатитовых) песках, достигаемых глубокими колодцами или бурением (ср. Полтавская губ.). По-видимому, более глубокие горизонты артезианских вод – меловые и юрские – более бедны сероводородом. Нельзя не отметить, однако, что как раз в этих более глубоких слоях мы встречаем значительные количества серного колчедана¹, и можно поэтому думать, что в них идет, благодаря образованию пирита, фиксация сероводорода. К сожалению, нет ни одного отвечающего современным научным требованиям полного анализа артезианских вод Киевской губ., и благодаря присутствию не принятого во внимание при анализах сероводорода, все многочисленные неполные анализы не дают ясной картины явления. Очень возможно, что мы здесь имеем случай проникновения сероводорода снизу, причем кверху проходит только часть его, не захваченная на пути другими веществами (соединениями железа). Биохимический генезис сероводорода для губернии почти не отмечен. В *Васильковском у.*, в самом городе Василькове, вода артезианского колодца (33,8 м, продуктивность 600 ведер в час) выделяет сероводород². В *Звенигородском у.* слабое выделение сероводорода указано еще П. Стефановским в источниках около Каэтановки. Запах его слышен в окрестностях источника³. В *Каневском у.*, в с. Степанцах, вода из артезианского колодца (глубина 40 м; 600 ведер в час) из подмеловых слоев содержит сероводород⁴. В *Киевском у.* сероводород встречен в артезианских водах в Киеве, причем наибольшее его количество наблюдается в водах первого артезианского горизонта (бучацкий ярус), но он нередко наблюдается здесь и в водах второго (подмелового) и третьего (юрского) артезианских горизонтов. Вода в колодцах первого горизонта встречена на глубине 18,3–90 м от поверхности земли и колодцы дают 3600–36 000 ведер в сутки. Вода в колодцах второго горизонта встречена на глубине 75–168 м и дает в сутки 20 000–93 000 ведер. Вода в колодцах третьего горизонта встречена на глубине 213–256 м и дает в сутки 25 000–200 000 ведер. Вода из этого (юрского) горизонта, по Райкевичу, содержит на 1 л 28 мг H_2S ⁵. Вода с сероводородом из первого артезианского горизонта встречена в *Черкасском у.*, в скважине Александрийского винокуренного завода, около местечка Мошны, на глубине 85 м от поверхности⁶. Здесь и пески полтавского яруса дают воду, заключающую сероводород⁷.

В *Ковенской губ.*, аналогично явлениям, наблюдаемым в *Курляндской губ.* (§ 93), выделение сероводорода связано с залежами гипсов, причем помимо вторичного сероводорода этим путем образуется сероводород фреатический при их метаморфизации. Этот процесс уже был выяснен Гротгусом

¹ См. состав скважин, например, в сводке *Коклика*, 1909, с. 53 и сл.

² *Синцов*, 1905 (2), с. 101.

³ *Шерер*, 1820, с. 183. *Верлейн*, 1842, с. 114. По Верлейну, содержание H_2S – 16,5 см³ на 1 л.

⁴ *Синцов*, 1905 (2), с. 102.

⁵ *Феофилакт*, 1889, с. 59 (под снондилусовой глиной). *Тутковский*, 1898, с. 45. *Кобецкий*, 1897, с. 10; 1898, с. 261. *Райкевич*, 1902, с. 78 и сл. *В. Орлов*, 1903, с. 96 и сл. (указывает следы в водах из фосфоритовых песков и сеноманских слоев). *Синцов*, 1905 (2), с. 99. *Коклик*, 1909, с. 108 и сл.

⁶ *Филипченко*, 1896, с. 527. *Оттоков*, 1901, с. 131.

⁷ *Оттоков*, 1901, с. 131, 176.

в 1816 г. Гипсовые выходы тянутся от Помпийн через Посволь, Криничин (Крынки), Подбирже, направляясь в Шёнберг, в Курляндию. В этой области всюду имеются провалы, вода которых содержит сероводород¹. Количество сероводородных источников, очевидно, значительно больше указываемого в литературе². В *Вилькомирском у.* сероводород выделяется в источнике около Оникшты³. В *Ковенском у.* близ местечка Яново лежит на берегу Вилии Борцянский сероводородный минеральный источник⁴. В *Поневежском у.* находится один из самых больших гипсоносных островов губернии. В связи с ним выходят и сероводородные источники. Такой сероводород выделяется из бьющего источника в Смордоне (Смердон). Он связан с гипсовыми залежами и заключал (вода 1868 г.) 0,01014 г H_2S в 1 л, по Шмидту (по Томсу – 0,0004 г), по-видимому, в виде кальциевого сульфида. Сероводород вторичный или фреатический⁵. Аналогичные источники известны в бассейне р. Муши, около Смордона, в фольварке Люкяны⁶, около Посволя (холодный, выделяет сероводород)⁷, Подбиржан (12 км от Смордона), в Якобшишках, Криничине⁸, около Малюнаса⁹, Кердана¹⁰. В 5 км от Поневежа указан сероводородный источник¹¹. В *Новоалександровском у.* сероводород выделяется из двух холодных Видзы-Ловчинских источников, в 4 км от Видзы. Здесь запах сероводорода слышен далеко от выхода источников. Они впадают в озеро. Здесь же находится озеро Смердис (площадью в 1,63 га), выделяющее сероводород¹². В *Тельшевском у.*, в озере Лукшта (или Варне; 30 км на юг от Тельш), в августе 1871 г. был взрыв газа, богатого сероводородом. Запах газа был слышен долго после взрыва. Досс считает, что газ происходил из пустот, существовавших в гипсовых толщах¹³. В *Шавельском у.* сероводородный источник находится около местечка Шадово¹⁴. Есть указания на нахождение сероводородных источников в бассейне Муши, около р. Воверске; они требуют подтверждения¹⁵.

В *Костромской губ.* выделения сероводорода чрезвычайно мало обращали на себя внимание натуралиста. По-видимому, он находится на территории губернии в разнообразных породах и водах. В *Кологривском у.*, в Халбужской волости, вода артезианского колодца около с. Усолья выделяет сероводород (по Файну, 0,0278 г на 1 л)¹⁶. В *Кинешемском у.*, у с. Семеновского-Лапотни-

¹ Ср. Ульман, 1827, с. 32. Афанасьев, 1861, с. 265.

² Ср. Ковенск. губ. ведом., 1850, отд. II, с. 25 и сл.

³ Шерер, 1820, с. 181. Ср. Гревингк, 1861 (2), с. 274.

⁴ Ковенск. губ. ведом., 1850, отд. II, с. 25 и сл. Михневич, 1858, с. 100.

⁵ Grotthuss, 1816, с. 86. Михневич, 1858, с. 99. Tyszkewicz, 1869, с. 160. К. Шмидт, 1890, с. 9. Гуковский, 1897, с. 107.

⁶ Tyszkewicz, 1869, с. 161.

⁷ Михневич, 1858. Эйхвальд, 1860 (2), с. 41. Мер, 1897, с. 886. Грязь источника Вердиале выделяет H_2S . См. Досс, 1912 (1), с. 691.

⁸ Грум, 1855, с. 286. Михневич, 1858, стр. 99–100.

⁹ Ferber в книге J. Fischer, 1784, с. 288 и сл. Эйхвальд, 1830, с. 99. Досс, 1909, с. 54.

¹⁰ Гуковский, 1897, с. 104.

¹¹ Ульман, 1827, с. 32. Гревингк, 1861 (1), с. 274; 1861 (2), с. 748. Досс, 1909, с. 54.

¹² Эйхвальд, 1830, с. 99. Гуковский, 1897, с. 104. Досс, 1909.

¹³ Гревингк, 1874, с. 259. Досс, 1908 (2), с. 59.

¹⁴ Шилтов, 1867, с. 257.

¹⁵ Гуковский, 1895, с. 140.

¹⁶ Апушкин, 1915, с. 27.

кова на р. Мере, песчаная глина (Cr) с гипсом и колчеданом выделяет запах H_2S и SO_2 ¹. В *Солигаличском у.* артезианский колодец в Солигаличе дал воду, заключающую сероводород².

93. В *Курляндской губ.* выделение сероводорода связано с разложением залежей гипса в слоях девонской системы³. Здесь слой гипса, начинаясь около Гольдингена на небольшом расстоянии от поверхности земли, тянется через уезды *Гольдингенский, Тальсенский, Тукумский*, переходит в *Рижский у. Лифляндской губ.* Пересекая р. Аа около Кливенгофа, он соединяется с выходами гипса в *Бауском у.* и переходит в *Ковенскую губ.*⁴ Вода, доходя до гипса, дает источники, выделяющие сероводород во всем этом районе. Эти источники содержат в растворе главным образом гипс и дают сероводород лишь временами⁵. Поэтому очевидно, что указываемые ниже источники являются немногими из многих и что в губернии существует горизонт подземных гипсоносных вод, содержащий сероводород или раствор сернистого кальция, который на поверхности земли дает сероводород⁶. Однако напрасно думать, что в нем всюду и везде сероводород проникает все воды. Его выделение лишь в отдельных случаях связано с биохимическим выветриванием гипса; в главной части оно вызвано процессами метаморфизации, т.е. наблюдается для гипса вне коры выветривания; поэтому такой сероводород должен считаться фреатическим. Это видно, например, по тому явлению, которое было уже отмечено Блюмом. Вода в колодцах, сперва сильно сероводородистая, через несколько лет сообщения с воздухом теряет сероводород и становится годной для питья⁷. Очевидно, процесс образования сероводорода регулируется явлениями, не связанными с поверхностными процессами. В *Бауском у.*, в центральном районе развития гипсов, в Бальдонском серном источнике выделяется сероводород, количество которого невелико. Оно колеблется в пределах 0,0026–0,0142 г H_2S на 1 л, причем вода содержит и CaS (по Зеезену, в 1844 г. – 0,0121 г⁸). Везде здесь, от Дингофа до Бальдона, наблюдаются сероводородные источники. Они указаны в Круссене и Штенге Круг на Неманеке (Мемеле)⁹. В той же полосе лежат Барбернские источники, также Сморгонские и Посвольские *Ковенской губ.*¹⁰ В источнике в Барберне, около Шёнберга, выделяется много меньше сероводорода, чем в Бальдоне¹¹. В *Гольдингенском у.* сероводород известен в источнике около Вильгалена¹². В *Гробинском у.* известен источник, содержащий сероводород, в Либаве¹³.

¹ С. Никитин, 1885, с. 46.

² А. Бородин, 1859, с. 973. Апушкин, 1915, с. 19.

³ Помимо здесь приведенных, см. еще другие неясные указания: Грум, 1855, с. 223. Гревингк, 1861 (1), с. 748.

⁴ Гревингк, 1861 (1), с. 737 и сл.; 1861 (2), с. 48–49, 261.

⁵ Ругевич, 1891, с. 140–141.

⁶ Гревингк, 1861 (2), с. 274.

⁷ Грум, 1855, с. 223.

⁸ Schieman, 1820, с. И. Ловиц, 1820, с. 19 и сл. Schieman, 1822, с. 75. Seesen, 1844, с. 130 и сл. Грум, 1855, с. 208. Ругевич, 1891, с. 143. Войцеховский, 1899, с. 385 и сл.

⁹ Гревингк, 1861 (1), с. 748.

¹⁰ Ругевич, 1891, с. 151.

¹¹ См. старые определения: Schieman, 1820, с. 19; 1822, с. 75 и сл. Грум, 1855, с. 218.

¹² К. Кунфер, 1911, с. 479.

¹³ См. литературу и данные у Шерера, 1820, с. 175.

В *Митавском у.* указан незначительный источник с сероводородом около Митава (источник Доротеи). По анализу Шмидта, содержание в нем H_2S – 47 см^3 на 1 л.¹ Вблизи Митава, около Георгенгофа, известны Пейенбургские «серные» воды². В *Тальсенском у.* сероводород выделяется в связи с гипсом около Кандавы³, Тальсена⁴. В *Тукумском у.*, на границе с *Лифляндской губ. (Рижским у.)*, сероводород выделяется на границах гипсового месторождения, из сероводородных источников близ Кеммерна⁵. Источники расположены в верхнем гипсоносном горизонте среднего отдела девонской системы, в середине мульды. По Л. Ячевскому, максимальная толщина сероводородных вод и наибольшая глубина их от поверхности не достигают 25 м.⁶ Здесь на расстоянии нескольких километров находится несколько источников, из которых пользуются главным образом двумя. Все они богаты гипсом и бедны сероводородом. Сероводород находится в воде как в свободном состоянии, так и выделяется из растворенного в ней CaS ; например, в «новом» источнике, по Зайдлеру, содержалось (в 1882 г.) в 1 л 0,01216 г свободного H_2S и 0,030119 г CaS . Количество сероводорода колеблется в зависимости от разнообразных причин. Наблюдения В. Садикова и А. Лозинского над некаптированными источниками указывают, что выделения сероводорода идут взрывами, так что два последовательных определения его в одном и том же источнике дают большие колебания, отвечающие иногда минимумам и максимумам в количестве сероводорода, наблюдаемом в Кеммернских источниках. Пределы колебаний равны 0,0176–0,03628 г на 1 л воды. Сероводород, несомненно, генетически связан с гипсом, и его нахождение определяется распространением гипсовых толщ; в этой области сероводородная вода начинается на глубине 2,4 м и доходит до глубины 12–18 м. Ниже находится вода пресная⁷. Средний суточный дебит сероводородной воды, по Л. Ячевскому, был для трех главных источников в 1915 г. 10238,4 гектолитра в сутки. При бурении около Кеммерна была встречена один раз пустота на глубине 3–3,5 м, откуда выделился под давлением сероводород⁸. В речке Верше Упс, в которую впадают источники, на недалеком расстоянии от их впадения содержится также сероводород, быстро окисляющийся по мере удаления от их устья (1,11–15,39 мг на 1 л воды)⁹. В старых колодцах, не доходящих до горизонтов ниже водонепроницаемой синей девонской глины, нередко развива-

¹ *Орановский*, 1865, с. 155 (по Поссарту).

² *Грум*, 1855, с. 208.

³ *Войцеховский*, 1899, с. 385.

⁴ *Bienenstamm*, 1826, с. 367.

⁵ *Grindel*, 1819, с. 100 и сл. *Ф. Гёбель*, 1836, с. 506. *Blosfeld*, 1836. *Seesen*, 1844, с. 131. *Kersting*, 1866, с. 130. *Seidler*, 1886, с. 31. *Girgensohn*, 1847. *Ругевич*, 1891, с. 126. *Садиков и Лозинский*, 1913, с. 1705. *Ячевский*, 1915, с. 451 и сл. *Гревингк*, 1883. *Садиков*, 1909.

⁶ *Стопневич*, 1917, с. 126.

⁷ Ругевич и другие считают сероводородную воду вадозной. См. литературу и общие соображения у Л. Ячевского (1915, с. 464). Едва ли, однако, в такой форме это заключение для сероводорода можно считать правильным, так как никаких указаний на выделение его из гипсовыми процессами выветривания мы не имеем. Скорее всего надо считать, что мы имеем здесь дело с фреатическим сероводородом. Вопрос требует исследования. Тектоника окрестностей Кеммерна еще не выяснена. Средняя температура источников довольно высока (около $7,5^\circ\text{C}$).

⁸ *Досс*, 1908 (2), с. 59.

⁹ *Садиков и Лозинский*, 1913, с. 1707.

ется вторичный сероводород¹. Указывается незначительный сероводородный источник около Тукума².

В *Курской губ.* указания на сероводород в литературе почти отсутствуют и характер его выделений неясен. В *Рыльском у.* колодец в Агаркове по р. Амоньке – «в избылии» выделяется сероводород. Вода теряет его при стоянии³.

В *Лифляндской губ.* мы имеем характерную химическую серную область. Здесь в прибрежной полосе мощно развиты биохимические процессы образования сероводорода. Аналогично *Курляндской губ.* широко развиты и выделения фреатического сероводорода в метаморфических источниках. В *Аренбургском у.* сероводород выделяется из грязи, аналогичной гапсальской (см.), на о. *Эзеле*⁴, около Роотсикюля, Аренсбурга, Эйнвика, на западном берегу (например у Кильконда) и в ряде мелких бухт южного берега, восточнее Аренсбурга, в морской бухте около полуострова Шварбе при низкой воде и т.д. Аналогичные явления наблюдаются и на северном берегу Эзеля. Сероводород наблюдается также около островов Фильсанда и Моона⁵. Такая грязь развита на дне всего Малого Зунда (особенно на стороне Моона), местами на северном берегу Эзеля (около Мустеля), на южном берегу острова Фильсанда. Везде здесь мощность ила колеблется от нескольких дюймов до 1 м. В *Валкском у.* сероводородный источник известен около Дарсензема⁶. В *Венденском у.* сероводородный источник указан в Шварцгофе, в приходе Адзеле⁷. В *Перновском у.* следы сероводорода отмечены в грязи Перновской бухты⁸, в источниках Коркюльском и Тигницком, около имения Паттенгоф⁹. Указывались сероводородные источники в приходе Гельмет¹⁰. В *Рижском у.*, около Риги, одно время существовал сероводородный источник¹¹. Вода артезианских колодцев в Риге выделяет сероводород в связи с нахождением девонских гипсов¹². В 9 км от Риги Юнгфернгофский источник (Klein Jungfernhof) содержит сероводород¹³. Вода и ил старых застоявшихся русел Западной Двины (так называемой Красной Двины) около Риги содержит сернистые металлы (NH_4 и Fe) и, следовательно, выделяет сероводород. Может быть, это связано с отбросами города¹⁴. Вода в колодцах около Майоренгофа, Бильдерлингсгофа иногда отдает сероводородом¹⁵. Несколько источников, выделяющих серово-

¹ Ругевич, 1891, с. 139. Ср. Ячевский, 1915, с. 472.

² Грум, 1855, с. 221. Эйхвальд, 1860 (2), с. 41.

³ Н. Кудрявцев, 1892, с. 450, 847.

⁴ Grindel, 1828, с. 26 и сл. *Normann*, 1840, с. 707 и сл. *Иванов*, 1840, с. 399. *Schrenck*, 1854, с. 102. *А. Гебель*, 1854, с. 113 и сл. *Грум*, 1855, с. 369. *Досс*, 1900, с. 223.

⁵ *Schrenck*, 1854, с. 102.

⁶ *Гревингк*, 1861 (1), с. 748.

⁷ *Bienenstamm*, 1826, с. 168.

⁸ *Бертенсон*, 1914, с. 138.

⁹ *Шерер*, 1820, с. 73. *Bienenstamm*, 1826, с. 169. *Грум*, 1855, с. 223.

¹⁰ *Шерер*, 1820, с. 73. *Эйхвальд*, 1860, с. 40.

¹¹ *Гревингк*, 1861 (2), с. 274. *Досс*, 1909, с. 71.

¹² *Seesen*, 1844, с. 129. *Гревингк*, 1883, с. 66.

¹³ *Bienenstamm*, 1826, с. 168. *Бертенсон*, 1901, с. 208. Содержит серу и сернистые соли.

¹⁴ *К. Шмидт*, 1887, с. 526.

¹⁵ *Glaserapp*, 1878, с. 154.

дород, известны около г. Шлока (Слока)¹. Сероводородные источники известны около Шенека у Зегевольда (по Керстингу, 0,0056 г H₂S в 1 л)², Далена (около Риги). Здесь известно пять ключей. Содержание H₂S – 0,01 г на 1 л.³ Известны источники около Пулландорфа, Кальневена, на р. Судде⁴. Указаны еще⁵ сероводородные источники в Дуренгофе (приход Буртнек), в приходе Лембурге, Кремоне (лесничество Пашбах). Грязь озер около морского побережья, богатая гипсом, в свежем виде часто выделяет сероводород, быстро пропадающий и не открываемый анализом. Так, он отмечен при анализе грязи озер Штинт, Иегель, Дзирне; в этой грязи содержится сернистое железо⁶. Сероводород выделяет свежий ил Шлокского⁶, Дунского⁶, Кангерского⁷ и других озер.

94. В Минской губ. явления выделения сероводорода совершенно не изучены. Имеются⁸ требующие подтверждения указания на нахождение «серных» источников в *Борисовском у.*, близ местечка Логойска и в *Минском у.*, в самом Минске. В *Бобруйском у.* вода артезианского колодца в г. Бобруйске имеет запах сероводорода⁹.

В *Могилевской губ.* мы имеем лишь случайные указания на сероводород, указывающие на существование в почве губернии сероводородных подземных водных горизонтов. В *Гомельском у.*, в Гомеле, вода с глубины 27–35 м (палеоген) имеет запах сероводорода¹⁰. В *Рогачевском у.* есть холодный сероводородный источник¹¹. В *Сеннинском у.*, в Сенне, тот же запах имеет вода с глубины 82 м, выходящая из девонских песков¹². В Сенне близ озера находится «серный» источник. Вода ключа Вознесенского в Теклине, Рясненской волости, имеет «серный» запах¹³.

В *Московской губ.* явления сероводородных выделений не изучены. Несомненно, однако, их большое значение в геохимии губернии. Так, многочисленны выделения в ней сероводорода биохимического происхождения. Несомненно существование подземных сероводородных водных горизонтов (в каменноугольных слоях). В *Верейском у.* пресноводные мергели около Редкиной содержат сероводород¹⁴. В *Дмитровском у.*, в г. Дмитрове, обильная вода из верхнекаменноугольного известняка (дает 200 000–300 000 ведер в сутки в Глуховской мануфактуре Морозовых) обладает слабым запахом сероводорода¹⁵. В *Московском у.* временами наблюдается выделение сероводорода

¹ Шерер, 1820, с. 175. Войцеховский 1899, с. 385.

² Kersting, 1854, с. 158.

³ Гревингк, 1861 (2), с. 274.

⁴ Гревингк, 1861 (1), с. 748. К. Купфер, 1911, с. 191.

⁵ Bienestamm, 1826, с. 168.

⁶ F. Ludwig, 1908, с. 189; 66.

⁷ Досс, 1912 (1), с. 691; 1898, с. 193; 1900, с. 227.

⁸ Зеленский, 1864, с. 273.

⁹ Материалы по исследованию воды. СПб., 1913, с. 16 (Центр. лабор. Мин. фин.).

¹⁰ Синцов, 1907, с. 139.

¹¹ Муромцев, 1882.

¹² Синцов, 1907, с. 145.

¹³ Аникиевич, 1907, с. 15.

¹⁴ Фишер фон Вальдгейм, 1830–1837 г., с. 89. Никитин (С. Никитин, 1890 (1), с. 249) их не нашел.

¹⁵ С. Никитин, 1890 (2), с. 125.

в реках Москве и Яузе, частью в связи с фабричными отбросами¹. Сероводород и химически найден в р. Москве, у железнодорожной ст. Москва². Он наблюдается в следах в воде артезианских колодцев Москвы (из каменноугольного известняка)³. В *Русском у.* имеются неопределенные указания на слабое выделение сероводорода в источнике в с. Брынкове⁴. В *Серпуховском у.*, в воде р. Нары, находят временами сероводород в связи с загрязнением фабричными водами⁵.

В *Нижегородской губ.*, в *Княгининском у.*, о сероводороде в связи с серой – см. т. I, § 266⁶.

В *Новгородской губ.* явления выделения сероводорода мало отмечены и пока известны лишь для вторичного поверхностного сероводорода. В *Боровицком* и *Белозерском уездах* сероводород известен в связи с серой (т. I, § 266)⁷. В *Боровицком у.*, в 6 км от Боровичей, близ дер. Большой и Малый Солонос известны слабые соленые источники с сильным запахом сероводорода, выделяющиеся на поверхности торфяной болотистой почвы (температура +5°R)⁸. В *Валдайском у.* он выделяется в соляных источниках около дер. Варницы в глубокой долине Поломета (у с. Яжелбицы). Грязь, наблюдаемая при выходе одного из этих ключей, тоже выделяет сероводород⁹. В *Кирилловском у.* он наблюдался в связи с серой (т. I, § 266)⁷. При истоке Свири из озера Воже (в удельной даче), на западном берегу р. Чаронды в имении Чаронды, выходит Николаевский источник, содержащий сероводород¹⁰. На границе с *Олонецкой губ.* по р. Свири известны сероводородные источники у Хотенова и других мест. Вода в Хотенове (источник «Вонява») холодная¹¹. В *Новгородском у.* на границе со *Старорусским* сероводород выделяется в соленых ключах близ дер. Мшаги, Подгощи, Углы и т.д. по Шелони и даже в ее русле¹². В *Старорусском у.* сероводород указан в соляных источниках в Старой Руссе. Здесь он выделяется в колодцах, выкопанных около выходов сильных ключей (с соленой водой)¹³, и в иле в озерке, где собираются соленые воды; по-видимому, связан с разложением гипса¹⁴. Около Старой Руссы у дер. Дубовицы сероводород выделяется в колодцах¹⁵. В *Тихвинском у.*, у р. Липинки, у с. Малое Заполье, выходят «вонявые ключи», которые как будто пахнут сероводородом. Серебряная монета не чернеет¹⁶. Вода во всех ключах, вытекающих из извест-

¹ Отчет Временной комисс. по изыск. мер к охране водоемов Моск. промышл. района за 1912 г. М., 1913, с. 172 и сл.

² Кошеляев, 1915, с. 5.

³ С. Никитин, 1890 (2), с. 132; 1905 (2), с. 136.

⁴ Грум, 1855, с. 281.

⁵ Отчет и т.д. М., 1913, с. 185.

⁶ [§ 297 в первом издании].

⁷ [§ 297 в первом издании].

⁸ Горн. журн., 1858, 1, с. 576–577.

⁹ Варвинский и Чайковский, 1826, с. 46. К. Глинка и Федоровский, с. 2.

¹⁰ Эйхвальд, 1860 (2), с. 43.

¹¹ Замятин, 1916 (2), с. 351. Любезные указания М. Едемского, 1917 г.

¹² Hess, 1826, с. 46. Варвинский и Чайковский, 1826, с. 43. К. Шмидт, 1854–1857, с. 295 и сл.

¹³ Воскресенский, 1839, с. 109–110.

¹⁴ Варвинский и Чайковский, 1826, с. 43. К. Шмидт, 1854, с. 311. Соболев, 1898, с. 75–76.

¹⁵ Тиличев, 1900, с. 504. Материалы по исслед. воды, 1913, с. 32 (Центр. лабор. Мин. фин.).

¹⁶ Искюль, 1917, с. 2.

няков, жесткая, со слабым запахом H_2S – «Холодный ключ» в урочище Белые Ключи по р. Рагуше и ключи по р. Ленинке, ныше Большого Заполя¹.

95. В *Олонецкой губ.* явления выделения сероводорода не изучены. В Онежском озере происходит выделение сероводорода на дне. Он констатирован в Кондопожской губе между Кондопожской губой и оз. Клименецким, в начале Великой губы. Наиболее богатое выделение его наблюдалось в первых двух случаях в иле, богатом органическими веществами (6–9% гумуса). Опыты Б. Исаченко доказали биохимический характер процесса². Кроме сероводорода биохимического происхождения нельзя не отметить области, по-видимому очень значительной, фреатического сероводорода, связанного с метаморфизацией гипса в *Каргопольском у.* Область эта заслуживает серьезного исследования и, может быть, имеет практическое значение. В долине р. Моши, по обоим ее берегам, выходят многочисленные «серносоленые» ключи. Таких источников Н.Н. Соболев насчитал 18, проехав 85 км выше железнодорожного моста по р. Малой Отметке. Но этот район продолжается до самых истоков р. Моши. Так, много таких источников известно в долине Еменьги, в урочище Усолье. По анализу Соболева, в воде источника с восточной стороны железной дороги на 365-м километре наблюдалось 0,0590 г в 1 л свободного H_2S и 0,0211 г связанного (0,0454 CaS). Вода источника близ урочища Усолье содержала 0,0450 г свободного H_2S и следы связанного (она богата гипсом и NaCl)³. Сероводородные источники известны по среднему течению Моши у с. Шелекушки⁴, по р. Воезерке выше Воезера, впадающей в Мошинское озеро, в урочище у Главного ручья, под дер. Низ (Анашевской), в Канашкурье. Другая группа лежит по р. Еменьге, впадающей в Воезеро, в Мекренском обществе у дер. Тебринской, у Ведмозера и в других местах⁵. В *Лодейнопольском у.* в оз. Сяргозеро рыба зимой иногда задыхается в связи с выделением сероводорода⁶. В *Петрозаводском у.* он выделяется в железистом источнике около Пуйгубы⁷, в Кончезерских минеральных водах в 8,5 км от Кончезерского завода⁸. Сероводород выделяется из грязи дна озер, например Пертозера⁹, Урозера⁹. В Петрозаводске в колодцах вода местами имеет запах сероводорода¹⁰. В постплиоценовых слоях Петрозаводского у. горизонт глин с *Tellina calcarea* насыщен сероводородом¹¹, порода буреет на воздухе.

В *Оренбургской губ.* выделения сероводорода, несомненно, более значительны, чем это обычно представляется на основании случайных, отрывочных и несистематизированных литературных данных. Мы имеем здесь два главных источника сероводорода. Во-первых, он скапливается в метаморфических известняках, во-вторых, наблюдается на поверхности, образуясь био-

¹ Стопневич, 1921, с. 6.

² Гильзен, 1918, с. 2223; карта на с. 2235.

³ Соболев, 1899, с. 207–208.

⁴ Замятин, 1916 (2), с. 357.

⁵ По любезному указанию М. Едемского.

⁶ Пушкарев, 1916, с. 107.

⁷ Энгельман, 1838, с. 237.

⁸ Дашков, 1842, с. 94.

⁹ Скобников, 1912, с. 267; 270.

¹⁰ Синцов, 1907, с. 12.

¹¹ По любезному указанию К.А. Воллосовича (1917).

химическими процессами, главным образом путем распада сульфатов. Сероводород в известняках наблюдается в отрогах Урала, как продолжение тех же слоев, которые его содержат в *Среднем* и *Северном Урале* (§ 105) – в каменноугольных (C_2) и пермокарбонных (РС) отложениях. Достаточно взглянуть на геологическую карту, чтобы убедиться, насколько велико должно быть здесь его распространение. Скопления такого сероводорода здесь количественно огромны, хотя относительные процентные числа по весу в породах кажутся незначительными; максимальное число, найденное К.А. Ненадкевичем для известняка ст. Кваркинской, *Орского у.*, равно 0,06% H_2S^1 . В *Верхнеуральском у.*, у дер. Асы, около р. Юрмаша (бассейн Инзера) находится сероводородный источник (из горизонта D_2^1)². В *Оренбургском у.* сероводород выделяется из грязей Илецкого озера³. В этом уезде давно отмечены «вонючие» известняки (C_2), занимающие значительные площади как в Оренбургском, так и в Орском уездах. Они содержат значительные скопления сероводорода⁴. В *Орском у.* сероводород находится в фузулиновом известняке CP_g и самом верхнем С на горе Курмал (по Мурчисону – Gourmaga Hill), у Карпинского Ката-Мурун-Тау (по указанию Д.Н. Соколова, 1917). «Между Никольской и Озерной, на правом берегу Урала, простирается растянутый хребет, состоящий, как и вся окрестность, из вонючего известняка»⁵. Это – Верблюжья гора. Такие вонючие известняки развиты в Орском у. по Сакмарре⁶, между Сакмарой и Уралом, восточнее Верблюжьей горы⁶, по Малому Сюряну⁶. По Уралу тот же известняк выходит между Таналыцкой и Березовской⁶, близ Сыртинской станицы⁶ и т.д. Мощная и широко развитая свита этих известняков принадлежит к карбону – C_2^3 . Так, сероводород найден в каменноугольных известняках около пос. Севастопольского, ст. Кваркинской, пос. Аланского⁷. В *Троицком у.* по р. Каменке сероводород наблюдается всюду, где разработки обнажили известняки. Особенно сильный запах сероводорода наблюдается на Пророко-Ильинском «прииске по логу, впадающему слева в р. Каменку. Запах издает не только темная порода, представляющая сильно разрушенный битуминозный известняк, но и кварц, несущий в себе розовые топазы»⁸. В *Челябинском у.* вторичный сероводород биохимического происхождения очень обычен в горькосолёных, особенно мелких озерах в некоторые периоды года⁹. Так, он выделяется в иле озер Кулаты¹⁰ и Горького. Здесь в литре грязи и воды найдено 0,0028 г свободного H_2S^{11} . Такие же выделения известны во многих других озерах, например в горьком озере Ябол-Сайгане¹²,

¹ Ненадкевич, 1917 (2), с. 1037.

² Чернышев, 1889, с. 122.

³ Бот, 1870, с. 6.

⁴ О них см. Гофман и Гельмерсен, с. 2, 18. Указания на «пахучий» известняк см. А. Карпинский, 1874.

⁵ Эверсман, 1840, с. 34. Ср. А. Карпинский, 1874, с. 251.

⁶ Меллицкий и Антипов, 1858, с. 194, 207, 201, 212, 223, 229.

⁷ Любезные указания Д.Н. Соколова. Образцы его пород были испробованы на сероводород в минералогической лаборатории Академии наук Е.П. Боклевской и мною.

⁸ По любезному указанию В.И. Крыжановского.

⁹ Ср. список таких озер у Черемшанского, 1859, с. 59.

¹⁰ И. Крашенинников, 1906, с. 15.

¹¹ И. Крашенинников, 1906, с. 29. Билевич, 1912, с. 220.

¹² И. Крашенинников, 1906, с. 34; 40 и сл.

Малой Куле, оз. Синеглазовском, Смолином (Челябинское морце), в 10 км от Челябинска¹, в грязи ряда озер близ дер. Вешняковой (Сорочье, Дальнее, Ближнее, Чердаклы). В Смолином озере (Челябинском морце) запах сероводорода слышен особенно летом в жаркое время в заливе около Высокой горы². Ил выделяет сероводород в Карагайкуле, между Уем и Миассом³ (ср. т. I, § 266⁴).

В *Орловской губ.* выделения сероводорода не изучены. Имеем лишь случайные указания. По-видимому, есть артезианские горизонты с сероводородом. В *Брянском у.* буровая скважина около дер. Хотни, на левом берегу р. Хотмы, встретила на глубине 16 м слой глины (более 5 м мощностью) с сильным запахом сероводорода. Сильный запах сероводорода наблюдается и в колодцах около дер. Хотни. При стоянии вода теряет запах⁵. В *Орловском у.* буровая скважина на глубине 110 м дает воду с запахом сероводорода, пропадающим при стоянии; вода в девонских известняках⁶. Для *Пензенской губ.* нет указаний на выделение сероводорода. Он указывается в воде колодцев Пензы, но это, по-видимому, вторичный сероводород, вызванный антигигиеническими условиями жизни человека. В литре такой воды найдено 0,53% H_2S ⁷.

В *Пермской губ.* – см. § 105 (Урал).

98. В *Петербургской губ.* выделения сероводорода не изучены. Имеющиеся указания относятся к вторичному сероводороду биохимического происхождения. В *Гдовском у.* сероводородный источник выходит близ дер. Речковой, на краю Поступовской казенной дачи⁸. В *Петергофском у.* – см. т. I, § 266⁹. В *Петербургском у.* сероводород выделяется в черном иле в 24 км от Толбухина маяка. Здесь констатировано присутствие бактерий, выделяющих его из сульфатов и других (*Proteus vulgaris*), связанных с разложением белков¹⁰. В устье Невы находятся организмы, указывающие на выделение в иле свободного сероводорода, который ими окисляется в сульфаты (*Thioploca ingrlica Wisl.*)¹¹. При бурении на Лахте в имении Стенбока синий ил, лежащий под дюнными и моренными песками, издает резкий запах сероводорода, который содержится и в воде колодцев, заложенных в этом иле¹². В самом Петербурге почвенные воды, вследствие загрязнения, временами выделяют сероводород¹³. Он развивается и в прудах города⁹. В *Царскосельском у.*, у дер. Старой Мызы, сероводород выделяется в связи с пиритом¹⁴. Он выделяется в иле прудов в

¹ Агаров, 1914, с. 270. Клер, 1915 (1), с. 102.

² Агаров, 1915, с. 38.

³ Георги, 1798, с. 66.

⁴ [§ 297 в первом издании].

⁵ Тарачков, 1868, с. 16.

⁶ С. Никитин, 1905 (1), с. 37.

⁷ А. Штукенберг, 1917, с. 23, 36.

⁸ Исполатов, 1911, с. 26.

⁹ [§ 297 в первом издании].

¹⁰ Исаченко, 1912, с. 134; 1914, с. 175. По указанию Н. Книповича.

¹¹ Вислоух и Хлотин, 1913, с. 48.

¹² По любезному указанию К.А. Воллосовича (1917).

¹³ Гусев, 1912, с. 10 и сл.; 40.

¹⁴ Гурьев и Дмитриев, 1828, с. 7.

Царском Селе; его присутствие доказано здесь и в воде¹. В *Ямбургском у.*, около дер. Смолки по р. Нарове, среди новейших песков развиты мощные (до 2 м) глины, богатые диатомовыми, с запахом сероводорода. Пласт этой глины прослежен на значительном расстоянии по р. Нарове; она встречена по речкам Россони и Луге².

В *Подольской губ.*³ выделения сероводорода не изучены, имеются случайные указания. Генезис сероводорода не ясен. В *Каменецком у.* известен незначительный сероводородный ключ около Каменец-Подольска⁴. В *Могилевском у.* сероводород выделяется из источника Жидовчек, в имении Хреновка⁵.

В *Полтавской губ.* процессы выделения сероводорода не играют видной роли на ее поверхности, но, тем не менее, в действительности их значение в общей геохимии местности очень велико. Мы имеем здесь ясные указания на обычное нахождение его в артезианских водах и, между прочим, в очень мощном так называемом третьем артезианском водном горизонте, который лежит в губернии под эоценовым мергелем в слое фосфоритовых песков (бучацкий ярус). По-видимому, этот водоносный горизонт проходит через всю губернию⁶, ибо встречен буровыми скважинами во многих уездах. Вода здесь обычно или всегда слабо сероводородная⁶ (ср. *Киевская губ.*). Но подобно тому, что наблюдается и для Киевской губ., сероводород содержится в воде и других горизонтах третичной системы (в харьковском ярусе) и в более глубоких водах юрской системы. К сожалению, в литературе большей частью указания на сероводород опускаются и не отмечаются, благодаря чему для Полтавской губ. таких указаний очень немного. Мне известны следующие разрозненные указания, из которых, однако, виден уже общий характер процесса. В *Гадячском у.* в артезианском колодце в Гадяче встречена сероводородная вода из бучацких слоев (112–122 м)⁷. В *Кобелякском у.* сильный запах сероводорода имела вода из артезианского колодца (из бучацкого яруса) в местечке Царичанке⁸. В самих Кобеляках вода артезианского колодца с глубины 68 м (150 ведер в час) пахнет сероводородом; происходит из бучацкого яруса⁹. Помимо таких глубоких горизонтов сероводородных вод, он иногда наблюдается как вторичное поверхностное выделение биохимического происхождения. Таковы старинные, ныне заброшенные, минеральные источники в *Константиноградском у.*, где глины около с. Русского Оржика издают запах сероводорода на месте их выхода¹⁰. В *Лубенском у.* около Исачек находятся в глине включения – большие конкреции – черного кристаллического вонючего антраконита. Он содержит, кроме органических веществ, сернистые ме-

¹ *Козырев*, 1905, с. 396–397.

² *Позребов*, 1907, с. 710.

³ По Збручу, ниже Сатанова указаны «вонючие» силурийские известняки; см. Барбот де Марри, 1867, с. 589.

⁴ *Эйхвальд*, 1860 (2), с. 43.

⁵ *Павлушков*, 1900, с. 54.

⁶ *Оттоков*, 1901, с. 136, 138, 167, 176.

⁷ *Синцов*, 1907, с. 239.

⁸ По указанию Н.Ф. Николаева, заведующего Полтавским земским музеем, 1915.

⁹ *Синцов*, 1905 (2), с. 79.

¹⁰ *Гуров*, 1888, с. 168.

таллы, легко выделяющие сероводород при действии кислот, но также и при ударе. По мнению Морозевича, глина – озерного происхождения, происшедшая из вулканического туфа¹. В том же уезде он наблюдается и в растворе; так, вода скважины в с. Денисовке (глубина 26,8 м выше уровня моря) вначале выделяла запах сероводорода, который исчез при стоянии без помутнения воды и не открыт анализом². На этом основании приходится заключить, что сероводород или находился в растворе в этой воде, или был в ней в виде ничтожных количеств сернистых металлов или сероокси углерода, которые при стоянии на воздухе окислились. И здесь вода происходит из бучацкого яруса. В *Миргородском у.*, в глубокой скважине в Миргороде, сероводород встречен в воде, выходящей из юрских слоев (глубина 674 м). Дебит 1400 ведер в час. Вода заключает 0,0001 г свободного H_2S и 0,00034 г Na_2S в 1 л. Температура ее $21,1^{\circ}C^3$. Вода артезианского колодца, вырытого в Миргороде в больничном дворе, происходящая из фосфоритовых песков (бучацкий ярус), тоже слабо пахнет сероводородом⁴. В *Переяславском у.*, в местечке Яготине, скважина глубиной 47,5 м (харьковский ярус) с производительностью 175 ведер в час, пахнет сероводородом⁵. При рытье глубокого артезианского колодца в *Полтавском у.*, в г. Полтаве, вода с запахом сероводорода встречена не только в третьем горизонте в бучацких фосфоритных песках, но и в четвертом горизонте подмеловых вод. После стояния запах сероводорода исчезал⁶. Вода из бучацкого горизонта в колонии душевнобольных под Полтавой⁷ и в скважине местечка Решетилки выделяет сероводород⁸. В *Хорольском у.* вода артезианского колодца в Хороле содержит сероводород⁸.

В *Псковской губ.*, помимо сероводорода биохимического происхождения, мы наблюдаем его в артезианских водных горизонтах (девонских) и в метаморфических источниках, связанных с разложением гипсов. Явление это, по-видимому, более развито на территории губернии, чем ныне отмечено в литературе. В *Великолуцком у.* скважины, по-видимому из девонских слоев, в Великих Луках дают воду, содержащую сероводород с глубины 96–98 м и даже меньше (в некоторых колодцах с глубины 9,5 м). В глубоких скважинах она, несомненно, выходит из девонских известняков и связана с разложением гипса. Анализ воды одной скважины дал пр. Глазенапу в Риге на 1 л 0,0029 г H_2S . Вода богата гипсом⁹. Очевидно, мы имеем дело с водами, богатыми CaS , вероятно с фреатическим сероводородом. У с. Сопки выходит ключ из девонских пород, выделяющий серу и H_2S .¹⁰ В *Порховском у.*, главным образом в северо-восточной его части¹¹, сероводород выделяется в связи с гипсом в соляных источниках, выходящих из среднедевонских отложе-

¹ Феофилактов, 1875, с. 15. Гуров, 1888, с. 583. Морозевич, 1903, с. 18.

² Азафонов, 1894, с. 97–98.

³ Бурксер, 1916 (1), с. 26, 30. О результатах физико-хим. и радиоак. иссл. воды из буровой скважины Миргор. артез. кол. Мирг., 1916, с. 3, 15 и сл. Стопневич, 1916, с. 6 и сл.

⁴ По любезному сообщению И.А. Займовского (1916).

⁵ Синцов, 1905 (2), с. 67.

⁶ По любезному указанию Н.Ф. Николаева. Ср. Рафальский, 1905, с. 578.

⁷ По любезному указанию Н.Ф. Николаева (1915).

⁸ Чеканович, 1896.

⁹ Синцов, 1907, с. 90. Погребов, 1912, 234 и сл.

¹⁰ С. Никитин, 1898 (2), с. 330.

¹¹ А. Карпинский, 1876, с. 180 и сл.

ний, например – около дер. Жильской, близ дер. Демянки (на Шелони), около мызы Красковой (в 3 км от Порхова), около мызы Хилова (Балавинские воды в 10,5 км от Порхова). Здесь находятся четыре источника у берега р. Черной. По Ф. Ширяеву, дебит источников 20 000 ведер. Есть указание на источник в 2 км от Хилова на берегу р. Узы. Количество сероводорода колеблется; наибольшее, по И. Садовскому, в Надеждинском источнике – 0,0205– 0,0218 г на 1 л, наименьшее в Петровском – 0,0161–0,0184 г на 1 л¹ (ср. т. I, § 266)². Запах сероводорода местами ощущается по берегам около Луневского озера. Близ дер. Луневой в трясине собирается вода с запахом сероводорода³. В очень многих местах уезда выходят «вонючие» известняки, издающие запах при трении, например по Шелони около дер. Попадиного Ручья и при городе Порхове⁴, по р. Полоне у с. Ровного³. Такой же известняк находится в Псковском у. в гипсовых ломках около Изборска³, к юго-востоку от Изборска между дер. Лопатовой и Забродьем³. Около Изборска наблюдается сероводородный источник⁵. В *Торопецком у.* известны сероводородные источники у дер. Акулиной по р. Усвяте – один из них вытекает у берега реки, другой в лесу, в болоте. Запах H₂S заметный, но не сильный; есть выделение газа⁶.

В *Рязанской губ.*, в *Рязском у.*, следы сероводорода найдены в воде р. Раны около ст. Подвислово⁷.

97. В *Самарской губ.* выделения сероводорода в связи с богатством осадочных слоев гипсом и сложной тектоникой губернии очень многочисленны⁸. Помимо выхода их в сероводородных источниках, главным образом метаморфического типа, мы имеем здесь яркое развитие биохимических процессов его выделения. Воды, протекающие в пермских слоях, обычно содержат сероводород; есть реки, как Сок, которые его выделяют на значительном протяжении⁹. В *Бугульминском у.* при бурении встречены глины по Шешме около Н.-Кармальской слободы, обладавшие слабым запахом H₂S¹⁰. Сероводородные источники указаны у Петропавловки на Шешме¹¹. Чрезвычайно широкое развитие выделения сероводорода принимают в *Бугурусланском у.* Приводимые ниже указания имеют лишь случайный, далеко не исчерпывающий характер. В области развития гипсов, на запад от меридиана Бугуруслана до Сергиевска, очень многочисленны выделения сероводорода в озерах и источниках – озера Серное, или Молочное, в 5 км от дер. Иштулькиной¹², Шунгутское (иначе Нефтяное, Голубое, Бирюзовое) около Старого Якушкина, Безымянное

¹ Casselmann, 1868, с. 77 и сл. Сонцов, 1870. А. Карпинский, 1876. Дзен, 1881, с. 497. Садовский, 1889, с. 4, 21 и сл. Ширяев, 1917, с. 127.

² [§ 297 в первом издании].

³ К. Глинка, 1912, с. 11.

⁴ Чайковский и Варвинский, 1826, с. 27, 37; 1880, с. 43, 47.

⁵ Гревингк, 1861 (1), с. 748.

⁶ К. Глинка, 1898, с. 5. По Клепинину.

⁷ Кошеляев, 1916, с. 5.

⁸ См. старинные указания, частью сейчас трудно определимые, у Георга, 1798, с. 65.

⁹ А.Л. Самарск. губ. ведом., С., 1854, с. 36.

¹⁰ Еремеев, 1867, с. 479.

¹¹ Нечаев, 1913, с. 46.

¹² О нем см. Паллас, 1771, с. 104: запах H₂S слышен иногда в 4 км от озера.

и т.д.¹ В Шунгутском озере осаждаются сера и грязь. Воздух и вода пахнут сероводородом. Рядом находится другое небольшое озерко такого же характера, близ запруды, затопляемое рекой². Область, богатая сероводородом, тянется по Соку и его левым и правым притокам. «Содержат серу» все источники около дер. Студеные Ключи по Соку³. Вблизи Сока, на его притоке Сургуте, в Сергиевских холодных минеральных водах (известных с 1703 г.) он находится в растворе около ст. Серные Воды. Здесь находится несколько источников (пять), выделяющих большое количество воды (по определению Илиша и Бекбулатова в 1837 г. – 526,6 тыс. ведер в сутки; по Савицкому – 560 тыс. ведер). В 1 л воды, по анализам Шредера, Андреева, Клауса, Грона (1838–1909), находится 0,076–0,080 г свободного сероводорода⁴. Около Сергиевска пропитаны сероводородом и известняки. Содержащая сероводород вода из многих источников вливается в пруд и оттуда в Сургут. Грязь пруда содержит сероводород. А. Герасимов считает генезис сероводорода Сергиевских вод ясным – воздействие гудронных известняков, содержащих органические вещества, на гипсоносные воды. Температура Сергиевских источников более высокая, по Замятину, чем средняя годовая Самары, – источники идут с некоторой глубины с температурой около 8° (мин. 7,8°С, макс. 8,12°)⁵. Воздух содержит сероводород, который слышен на расстоянии 4 км и более от источников. По Клаусу, в нем в среднем 0,00013 % H₂S (вблизи источников). Сероводородный ключ указан около Ишуткиной. При с. Троицком на левой стороне притока Сургута, р. Чембулата (11 км от о. Молочного или Серного), выходят на протяжении 3 км серные ключи (Микушкинские)⁶. Содержащие сероводород источники указаны на Шунгуте у с. Якушкино⁷, около дер. Михайловки⁸. Около Якушкиной находится богатый водой сероводородный ключ. Он впадает в Шунгут, вода которого тоже богата сероводородом. Его же содержит и ил Шунгута⁸. Дальше вверх по Соку сероводородные источники указаны около Исаклы⁹, Нового Байтермыша¹⁰. Гипс, добываемый около дер. Байтуган, «испускает из себя серный запах»¹¹. По р. Байтуган около дер. Ярилкиной сероводород наблюдается в воде с нефтью, вытекающей из песчаников¹². Известен сероводородный ключ у дер. Семенкиной¹³ по дороге из Камышлы в

¹ Паллас, 1771, с. 104 и сл. Лепехин, 1771, с. 207. Грум, 1855, с. 291. Эйхвальд, 1860 (2), с. 45. Может быть, это провальное озеро, в связи с разъеданием гипса. Для Голубого см. Прасолов и Даценко, 1909, с. 73.

² Лосиевский, 1851, с. 51.

³ Еремеев, 1867, с. 337.

⁴ Шобер, 1760, с. 406 и сл. Лепехин, 1771, с. 208 и сл. Паллас, 1771, с. 112–113. Эрдман, 1817, с. 10 и сл. А. Кундфер, 1833, с. 101. Jaenisch, 1821, с. 380. Клаус, 1839. Murchison, Verneuil, A. Keyserling, 1845, с. 157. Илиш, 1854, с. 20 и сл. Грум, 1855, с. 160 и сл. Сахаров, 1881, с. 214. С. Никитин, 1889, с. 185. С. Сергеев, 1911, с. 172. Ср. Замятин, 1911, с. 694.

⁵ А. Герасимов, 1917 (2), с. 139.

⁶ Лепехин, 1771. Грум, 1855, с. 291.

⁷ Паллас, 1771, с. 105. Лепехин, 1771, с. 205. Еремеев, 1867, с. 349–350.

⁸ Прасолов и Даценко, 1909, с. 10, 71.

⁹ Еремеев, 1867, с. 340.

¹⁰ Паллас, 1771, с. 110. Лепехин, 1771, с. 205. К. Шмидт, 1866, с. 315 и сл. По р. Байтермыш близ дер. Подгорный Дол и Михайловой. Прасолов и Даценко, 1909, с. 10, 22.

¹¹ Лепехин, 1771, с. 197.

¹² Романовский, 1868 (2), с. 207. Ерофеев, 1878, с. 61.

¹³ Лепехин, 1771, с. 200. Иначе Семеновка. Ключ впадает в Байтуган, приток Сока. Еремеев, 1867, с. 345–348.

дер. Усманову¹. Может быть, он связан здесь с нефтью, выделяясь из глинистых слоев, содержащих нефть, например около дер. Камышлы по р. Соку², в водных источниках³. При бурении в дер. Камышлы встречены пермские песчаники с запахом сероводорода на глубине 23 м, а на глубине 90 м отмечено сильное выделение сероводорода из каменноугольных известняков³. Источники, выделяющие сероводород, указываются еще у дер. Ново-Ермаково на берегу р. Утар-Елгатуш⁴. Чрезвычайно характерное явление представляет *серная река* (§ 75 – Молочная, приток Сургута), впервые отмеченная в 1759 г. ставропольским комендантом М.А. Богдановым. Она протекает через серное (Молочное) озеро, у ее устья в нее впадает сероводородный ключ; река и озеро становятся белыми от выделения серы, пропитываются сероводородом, и Молочная река, мелкая, но быстрая, течет так версты две, до впадения в Сургут. Еще в Сургуте видно некоторое время ее белое течение. Ил и в реке и в озере содержит сероводород. На ее берегу есть сероводородный ключ⁵. Нельзя не отметить широкого распространения «вонючих» известняков, например, кроме раньше указанных, – у с. Боровки (по Соку)⁶, Петровки (бассейн Ика)⁶. В *Бузулукском у.* при бурении около дер. Даниловки встречены воды, выделявшие газы, в том числе H_2S с глубины 6 м⁷. Сероводородный холодный источник в связи с гипсами известен в дер. Курановке (Ключи)⁸. В Общем Сырте в верховьях рек Съезжей и Мочи вода ключей в пластах нижеволжского яруса у хутора Шапочникова обладает запахом сероводорода⁹. По-видимому, это обычное явление для вод из этих глин и связано с их гипсоносностью. В *Николаевском у.*¹⁰ он выделяется в холодных (10,8°C) соленых Столыпинских минеральных источниках около дер. Новой Столыпинки. Источники вытекают на левом берегу р. Большого Кушума. Их несколько; питаются одним горизонтом. Ниже от заведения вод, в 3,5 км по р. Кушуму, находятся три озера с минеральными грязями; на 1 л воды приходится, по Шмидту, 0,0273 г H_2S (по Щедровицкому – 0,019 г). Грязь прилежащих озер выделяет сероводород и содержит значительное количество CaS и FeS . По составу столыпинские воды богаты натрием и резко отличаются от кальциевых сергиевских или кеммернских вод, приближаясь к старорусским. Геологические условия их нахождения неясны¹¹. Указаны выделения сероводорода в пруде около ст. Рукополь¹² и также у Красной Полянки около дер. Подовки¹³.

¹ Лепехин, 1771, с. 200.

² Паллас, 1771, с. 101. Еремеев, 1867, с. 342.

³ Замятин, 1913, с. 151; 156, по указанию Т. Степанова.

⁴ Еремеев, 1867, с. 342.

⁵ Рычков, 1887, с. 315–316. Лепехин, 1771, с. 203. Паллас, 1771, с. 108. Ерофеев, 1878, с. 60.

⁶ Прасолов и Даценко, 1909, с. 66, 106.

⁷ Нёшель, 1853, с. 322, 326.

⁸ Любимов, 1864, с. 283.

⁹ По любезному указанию С. Неуструева. Из неопубликованного отчета земству по Бузулукскому у. (с. 96, 138).

¹⁰ О возможности нахождения H_2S в артезианских водах из пермских и каменноугольных слоев см. Д. Соколов, 1916, с. 98.

¹¹ К. Шмидт, 1866, с. 319. Ивенсен, 1880. С. Никитин и Ососков, 1888, с. 15. Стопневич и Д. Соколов, 1917. Тихонович, 1917, с. 141.

¹² Кошеляев, 1916, с. 5.

¹³ Нёшель, 1853, с. 316.

На границе с *Бугульминским у.*, частью в нем на плато Большого Сырта в вершинах рек Мочи, Съезжей, Тананыка, Каралыка, на высоте 210–220 м выходят ключи, вода которых, когда она вытекает из битуминозных сланцев, «отдает сероводородом»¹. Кое-где здесь встречаются вонючие известняки, например около Николаевска (пермские)². В *Новоузенском у.* о сероводороде в связи с серой см. т. I, § 266³. Вода буровой скважины в Покровском выделяет сероводород⁴. Его следы указаны в воде пруда около ст. Ершова, Римско-Корсаковой. В *Самарском у.* чрезвычайно многочисленны его выделения; здесь (и в прилежащих местах *Сызражского у. Симбирской губ.*) в связи с серой – см. т. I, § 266. Из таких выделений можно отметить Алексеевские источники, около слободы Алексеевки, выходящие у подножия обрывов р. Самарки (на 1 л 0,01356 H₂S, по *Н. Зайцеву*⁵). Запах H₂S от этих ключей слышен за 1/4 км. Вода в колодцах в окрестностях Алексеевска выделяет сероводород. По-видимому, и здесь H₂S связан с распадением CaS; к сожалению, анализ не выяснил этого вопроса. При бурении около г. Самары, в Тимашевом Колке на глубине 150 м встретили воду, богатую сероводородом, по-видимому, из нижних пермских слоев⁶. Около Новосемейкина выходят пермские серо-палевые известняки «с сернистым запахом при ударе»⁶. Сероводород выделяется в иле мелких озер, расположенных во второй террасе Волги, как, например, Лебяжьего (Борового). Временами (летом) происходит массовое его выделение, вызывающее гибель рыбы⁷.

98. В *Саратовской губ.* характер выделений неясен. Имеющиеся данные указывают на вторичный сероводород биохимического происхождения. Возможно развитие пород, содержащих сероводород. В *Балашовском у.* следы сероводорода химически найдены в воде р. Шелудяка около ст. Пинеровки⁸, р. Хопра около ст. Балашова⁸ в оз. Гнилуше около ст. Аркадак⁹. Сероводород выделяется и в аллювиальных осадках у с. Пад⁹, богатых растительными остатками. В *Камышинском у.* в песчаниках холмов, называемых Уши, около Камышина порода (песчаник) издает при трении «серный запах»¹⁰. В *Саратовском у.* выделения сероводорода в прудах отмечены около Саратова¹¹. В *Царицынском у.* сероводород выделяется в прудах около Сарепты¹². В 10 км от Сарепты был известен прежде минеральный источник (Екатерининский), который временами давал слабый запах сероводорода, вследствие вторичных процессов¹³. Он, очевидно, связан с горькосоленой теплой, «сильно минера-

¹ Прасолов и Неуструев, 1903, с. 7.

² Прасолов и Неуструев, 1903, с. 62. Напечатано «SO₃».

³ [§ 297 в первом издании].

⁴ Материалы по исслед. воды, 1913, с. 20 (Центр. лабор. Мин. фин.).

⁵ Еремеев, 1867, с. 483. Ерофеев, 1878, с. 69. *Н. Зайцев*, 1890, с. 519. *Неуструев и Прасолов*, 1911, с. 67.

⁶ *Неуструев и Прасолов*, 1911, с. 5, 63.

⁷ *Редько*, 1915, с. 91 и сл.

⁸ *Кошеляев*, 1916, с. 5.

⁹ *Земятченский*, 1894, с. 9.

¹⁰ *Лепехин*, 1771, с. 399.

¹¹ *Грум*, 1855.

¹² *Фальк*, 1786, с. 10.

¹³ *Грум*, 1855, с. 86. Были попытки указать, что запах зависит от плохой обкладки вод. См. *Шерер*, 1820, с. 69.

лизированной водой, издающей слабый сероводородный запах». Вода эта сбегает в виде ряда родников с гребня над хутором Теплые Воды и собирается в обычно не замерзающие пруды¹.

В *Симбирской губ.* явления выделения сероводорода не изучены. Помимо биохимического H_2S есть ясные указания на нахождение горизонтов сероводородных вод. В *Корсунском у.* вода ключей, дающих начало р. Сызрани, пахнет сероводородом². В *Курмышском у.* сероводород сильно выделяется из Пустого озера (соленого, безрыбного) около Курмыш³. В *Сызранском у.* многочисленны выделения сероводорода в связи с серой (ср. т. I, § 266)⁴. Около с. Усоля он выделяется в соленых ключах⁵. В 16 км от Сызрани сероводород выделяется зимой в озере около дер. Троекуровской⁶. В Батраках вода артезианской скважины из каменноугольных слоев содержит сероводород, который вначале в этой воде не наблюдался⁷.

В *Смоленской губ.* явления сероводородного выделения почти не отмечены. Неясно, весь ли известный сероводород биохимического происхождения. В *Дорогобужском у.*, около дер. Быковой (у ст. Кардымово), в низменном болотистом месте выходит источник, выделяющий сероводород⁸. В *Духовщинском у.*, в 5 км от Духовщины, вблизи казенной дачи Зимид находится железистый источник, выделяющий сероводород⁸. В *Смоленском у.* сероводородный источник указан у дер. Ясеной, под Смоленском⁹. В *Сычевском у.* «сероножелезный» ключ указан в с. Дугине⁹.

В *Ставропольской губ.* – см. § 112.

99. В *Таврической губ.* (включая и Крым; ср. § 84) сероводород выделяется в очень многих местах. Область Крыма, подобно Кавказу, представляет резко выраженную картину химической области¹⁰ серы. Геохимия губернии характеризуется разнообразными химическими реакциями, связанными с образованием минералов, богатых серой. О постоянном нахождении сероводорода в темноцветных глинах указывает уже Н.А. Головкинский, объясняя это богатством глин сульфатами¹¹. В частности сероводород частью отмечается в связи с выпадением серы, частью находится в связи с деятельностью грязевых вулканов, с процессами, идущими в озерах и в морских прибрежьях, наблюдается с нефтью или с артезианскими водами. Этот последний тип его месторождений имеет особое значение. Существуют определенные горизонты артезианских вод, содержащих сероводород, занимающие очень большую площадь губернии. Таким образом, мы имеем здесь дело с выделением вторичного сероводорода, образуемого главным образом биохимическим путем, и фреатического в артезианских водных горизонтах, в нефти, в сопках. Мо-

¹ *Забалуев*, 1913, с. 11.

² *С. Никитин*, 1898 (1), с. 17. Следы сероводорода в воде около с. Акшаут. Труды Сель.-хоз. аналит. лабор. в Петербурге. СПб., 1907, 5, с. 86.

³ *Георги*, 1798, с. 66.

⁴ [§ 297 в первом издании].

⁵ *Паллас*, 1771, с. 79. *Лепехин*, 1771, с. 321.

⁶ *Лепехин*, 1771, с. 342.

⁷ *Кеппен*, 1870, с. 271.

⁸ *Я. Соловьев*, 1855, с. 68.

⁹ *Клетнева*, 1915, с. 31.

¹⁰ Ср. *Вернадский*, 1914. [Избранные сочинения, т. I, 1954 г., с. 493].

¹¹ *Головкинский*, 1890 (3), с. 9.

жет быть, часть его и ювенильного происхождения, так как выделения его связаны с мощными тектоническими процессами, куда могут доходить отголоски глубоких процессов земной коры. В *Бердянском у.* сероводород известен в артезианских водах (см. ниже, *Перекопский у.*). Так, он выделяется из артезианского колодца в самом Бердянске¹, около с. Гаммовки (с глубины 107–110 м)². Богата газом (метановая струя) артезианская скважина около Ново-Васильевки (с глубины 50 м), причем она содержит газообразный сероводород, а не сернистые щелочи³. Артезианская скважина в с. Ново-Коястантиновке (Тубал) дает в сутки несколько десятков тысяч ведер «серно-железной воды»⁴. Слабый запах сероводорода, скоро исчезающий, наблюдается в артезианской скважине в Большом Токмаке (вода из эрвилиевых слоев)⁵. Сероводород выделяется из грязи по побережью Азовского моря, например, около Бердянска. Грязь эта не отличается по составу от сакской (см.) или от грязи Одесских лиманов (см.) и содержит сернистые металлы⁶. Такая грязь наблюдается и в озерах около Бердянска (Красное озеро и др.)⁷. Точно так же выделяет сероводород грязь озера около Ногайска⁸. В *Днепровском у.*, сероводород находится в грязи озер, например, Устричного соленого озера; в имении Вассаль, прежде бывшего заливом Черного моря. В июне 1851 г. в 100 объемах воды она заключала 2,08 объема газов, в том числе 0,90 объема H_2S . Грязь эта выделяет сероводород⁹. Грязь выделяет сероводород около Хорлов (Каркинитский запив) и Преображении (Перекопский зал.)¹⁰. В *Евпаторийском у.* грязь Сакского озера (оз. Тузлы) содержит 5,8% газов, в том числе 3,61% H_2S ¹¹. Под всем Евпаторийским уездом проходит третий водоносный горизонт, содержащий сероводородную воду (во втором средиземноморском ярусе); горизонт этот встречается при артезианском бурении¹². Так, скважины в Евпатории на глубине 126–134 м дали воду с запахом сероводорода, скоро исчезающим¹³. При бурении в Сакском озере встречены на глубине 4–6,15 м глины с запахом сероводорода¹⁴. Вода (19,6° С) артезианской скважины в Саках дает сероводород, быстро исчезающий¹⁵. Сероводород выделяется и из грязи других озер, например Сасык Сиваша¹⁶. В *Мелитопольском у.* сероводород встречен в артезианских водах, аналогично тому, что наблюдается в других уездах губернии. Скважины в самом Мелитополе и около него

¹ Карпов у *Семенова Тянь-Шанского*, 1910, с. 45.

² *Константинов*, 1915 (1); оттиск, с. 8.

³ Это ясно из описания Константинова, 1915 (1); оттиск, с. 11–12. К сожалению в анализе газов H_2S не упомянут.

⁴ *В. Соколов*, 1911 (1), с. 6.

⁵ *Синцов*, 1903 (1), с. 409.

⁶ Труды Съезда улучш. лечебн. мест., II, Пгр., 1915, с. 85.

⁷ *Бурксер*, 1916 (2), с. 93.

⁸ *Н. Соколов*, 1889, с. 93. *Бурксер*, 1916 (2), с. 103.

⁹ *Гассгаген*, 1851, с. 39.

¹⁰ Ежегодник Одесск. отд. Общ. улучш. лечебн. мест., 1915. Одесса, 1916, с. 25.

¹¹ *Гассгаген*, 1851, с. 19. *Щербаков*, 1884, с. 12 и сл.

¹² *Двойченко*, 1911, с. 140.

¹³ *Ф. Гёбель*, 1838 (1), с. 269. *Синцов*, 1903 (2), с. 199.

¹⁴ *И. Мушкетов*, 1895, с. 360 и сл.

¹⁵ *Головкинский*, 1896, с. 9.

¹⁶ *И. Мушкетов*, 1895, с. 375.

дали воду, пахнущую сероводородом в верхних четырех артезианских горизонтах (сармат–эоцен)¹. Скважины в Ново-Георгиевске (Тююшке) встретили на глубине 85 м газ, выделявшийся под давлением с запахом сероводорода, который содержал метан², а на глубине 190 м – горько-соленую воду, богатую сероводородом; эта вода в близкой скважине в балке Ак-Чекрак идет с глубины 300 м³. Скважина в Атмане на глубине 425 м в сарматских слоях встретила воду, богатую сероводородом. Н.А. Соколов объяснял его происхождение разложением организмов, погребенных в иловатых глинах⁴. Это объяснение чрезвычайно сомнительно и фантастично. Ясно из всего предыдущего, что мы видим здесь проявление процесса, наблюдаемого во множестве мест вне зависимости от состава пород, проходимых при бурении⁵. Охватывая явление, даже только наблюдаемое в Таврической губ., ясно станет для всякого, что мы здесь имеем дело с природным процессом общего характера – с горизонтами артезианских вод, несущих сероводород (ср. § 63). Нельзя не отметить, что обычные геологические объяснения образования его гниением организмов вообще требуют к себе осторожного отношения, так как сероводород при гниении организмов образуется только биохимическим путем, возможность которого на таких глубинах вызывает большие сомнения. В *Перекопском у.* очень обычно выделение сероводорода. Процессы его выделений в озерах и у берегов временами очень резко проявляются у Сиваша и в других местах (ср. § 41, 68). Воздух у Сиваша постоянно содержит следы сероводорода. Уже весной, в мае, в Сиваше мощно развивается нитчатая водоросль *Cladophora crispata* Kütz. Она «буквально насыщает всю воду Сиваша». При наступлении холодов она отмирает, и вдоль линий берега Сиваша скопляются валы из нее, зостер, багрянок и т.д. – «в них начинаются энергичные процессы гниения, сопровождающиеся массовым развитием серных бактерий и обильным выделением сероводорода». Он развивается в черном иле дна и отравляет воду⁶. Этот черный ил покрывает большую часть дна Сиваша, пропитан сероводородом (частью его пузырями) и образует слой мощностью 15–90 см⁷. Грязь Перекопских озер (Красного, Старого и др.) обычно выделяет сероводород⁸. Сероводородом очень богата вода Сиваша около Чонгарского моста⁹. Вода колодцев, например у Перекопа, содержит

¹ Н. Соколов, 1889. *Чер–с*, 1892, с. 48. *Константов*, 1915 (1), с. 4

² Головкинский, 1890 (3), с. 15. Сероводород из воды в Мелитополе через 2–3 часа исчезает (там же, с. 14, 35).

³ Н. Соколов, 1889, с. 220; 1892, с. 101. *Глушков*, 1914, с. 7. *Каракаш*, 1891, с. 19 (скважина Ак-Чекрак).

⁴ Н. Соколов, 1889, с. 216.

⁵ При бурении «первые следы сероводорода мы наблюдали в нижних горизонтах черных мергелей бартонского яруса и темных глинах киевского яруса (верхний эоцен)». «Всегда выделяют сероводород черные глины нижнего сармата, часто с CH_4 , которого бывает до 95%. Наконец, сероводород типичен для постплиоценовых и современных отложений области Сиваша и Черного моря. Большой частью глины и мергели с сероводородом служат кровлей водоносных пластов и обуславливают запас сероводорода в артезианских водах». (Письмо П.А. Двойченко, 1921).

⁶ К. Мейер, 1916, с. 11–12.

⁷ Радде, 1855, с. 154.

⁸ *Эйхвальд*, 1860 (2), с. 226–227. В воде Красного и Старого озер. Гассгаген (1852, с. 45–46) не нашел H_2S . Ср. *И. Мушкетов*, 1895, с. 378–379.

⁹ *Гассгаген*, 852, с. 43.

сероводород. По Гордеенко, в одном из таких колодцев наблюдалось на 1 л 0,0248 г H_2S ¹. В самом Перекопе в 1850 г. был встречен сероводородный источник при копании глубокого колодца². В Перекопском (а равно и в *Феодосийском* и в *Бердянском* уездах) сероводород наблюдается в артезианских колодцах с самоистекающей водой, углубленных до третьего водоносного горизонта (второй средиземноморский ярус), причем при его распадении выпадает сера³. Горизонт этот всюду встречается на глубине 245–255 м. Вода идет под напором 6–7 м над уровнем моря. *Горизонт этот встречен на всей площади уезда*. Несомненно, глубина залегания этого горизонта меняется здесь и в окрестных уездах в связи с тектоникой местности, но всюду этот горизонт богат сероводородом³. Судя по немногим анализам, вода в нем богата Na, Cl, бедна Ca и SO_3 . Анализ воды у дер. Байгончик (Ак-Шейхская волость) дал на 1000 частей – 0,00838 г H_2S . Количество сероводорода сильно колеблется в разных колодцах, обычно меньше данного⁴. Несомненно, в этом артезианском горизонте сосредоточены большие количества сероводорода, так как этот горизонт воды очень мощный. Генезис сероводорода неясен, но нет сомнения, что мы имеем дело не с местным явлением. Слабое выделение сероводорода наблюдается и в водах второго артезианского горизонта (над нижнесарматскими глинами)⁴. Скважина в Айбаре дала воду, содержащую сероводород⁵. В *Симферопольском* у. сероводород наблюдается в каменноугольных черных известняках около Симферополя и в других местах; по дороге из Симферополя в Феодосию известен сероводородный источник около колонии Цирихталь⁶. Грязи около Севастополя выделяют сероводород⁷. Ил, например в Артиллерийской бухте, сильно пахнет сероводородом⁸. В *Ялтинском* у. смолистый известковый шпат (местами черный) из Кикенеи-за содержит сероводород⁹. Грязь в мелководье Балаклавской бухты, по-видимому, выделяет сероводород¹⁰. В *Феодосийском* у. сероводородные источники и воды, содержащие сероводород, многочисленны на *Керченском полуострове*. Орошение очень неудовлетворительно и на протяжении уезда нет рек, ключи, выходящие наружу, большей частью сероводородные. Вода колодцев, обычно неглубоких, очень не обильна и содержит сероводород¹¹. Таковы, например, колодцы¹² около Марьевской, Марьяновки, Опук и т.д. Ключи и артезианские воды с сероводородом наблюдаются в двух горизонтах – сарматском и чокракском. Так, например, такие ключи с сероводородом известны в разных местах Караларской антиклинальной долины¹³. На восточном берегу Чокракского озера (около дер. Мамы) выходит несколько холодных ключей,

¹ Гордеенко, 1850, с. 11; 1861, с. 17.

² Medic. Ztg. Russl., XVII, SPb., 1850, с. 326.

³ Двойченко, 1911, с. 7 и сл.; 1914, с. 47.

⁴ Двойченко, 1911, с. 171–172; 14, 30, 116 и др.

⁵ Романовский, 1871, с. 193.

⁶ Грум, 1855, с. 201.

⁷ Гассгаген, 1852, с. 14.

⁸ Егунов, 1896 (1), с. 5.

⁹ Лидов, 1916, с. 7.

¹⁰ Вериге, 1888, с. 21.

¹¹ Головкинский, 1890 (2), с. 39.

¹² Ф. Кудрявцев, 1894, с. 5 и сл.

¹³ Андрусов, 1893, с. 75–76.

выделяющих сероводород. Самый большой из них, употребляемый для лечения, содержит 0,53 CaS на 1 л воды и выделяет свободный сероводород¹. Сама вода Чокракского озера богата сероводородом. 100 объемов этой воды содержат 2,30 объема газов, из них 0,96 объема H₂S. Грязь его выделяет сероводород; в ней содержится 3,90% H₂S² и т.д. (ср. т. I, § 266³). Ключ, бедный сероводородом, выходит у дер. Кончек⁴. На земной поверхности сероводородные источники обычно выделяют серу, например около Феодосии⁵, близ Кизильташского монастыря⁵, у дер. Коккос⁵. Известен холодный сероводородный источник около Судака, у подножия горы Перчэм-Кая⁶, возле дер. Баксы (недалеко от Керчи), Сараймин, Джаутепе⁷. О нахождении сероводорода в артезианских колодцах указывалось уже раньше для Керченского полуострова. Он наблюдается по всей территории уезда. На границе с Перекопским у., в 13 км от Шатилова (в 3 км от Сиваша), вода с сероводородом встречена в «понтических слоях»⁸. Сероводородная вода указана в песке на глубине 85–87 м у ст. Семь Колодезей⁹, у дер. Коп-Кочегень¹⁰. В колодцах близ Кой-Асана (13 км на юг от Арабата) наблюдаются нефть и сероводород (около возвышенности Эгет). Около 4 км к северу от Эгет, при с. Келеч-Мечат, выходит сероводородный источник¹¹. Около горы Опук в Чекур-Кояшской гряде, в серном месторождении сероводородом пропитаны глины, богатые серой и гипсом. Здесь выходил сероводородный ключ; работа в руднике была трудна вследствие выделения сероводорода. Его образование едва ли правильно приписывается В. Мокринским распадению гипсов под влиянием органических веществ¹². Многочисленны его выделения в связи с грязевыми вулканами, например в *Керчь-Еникальском градоначальстве* около Булганака и Еникале, около дер. Джирджавы¹³. Здесь сероводород выделяется во время бурений на нефть и извержений, причем иногда его запах слышен в окружающем воздухе; он выделяется и при обычном слабом выделении газов грязевых сопок. Артезианский колодец у Керчи дает воду, богатую сероводородом (из меолических слоев с глубины 92–134 м). Сероводород быстро пропадает при стоянии¹⁴. Сероводород находится и на морском дне вблизи берегов. Так, на дне Керченского пролива между Еникале и Чушкой при бурении для Черноморской ж.д. встретили на глубине 34 м газы с сероводородом. Грязь со-

¹ А. Антипов, 1849, с. 383. Крейцер и Дубовицкий, 1850, с. 5 и сл. Добровольский, 1889. Андрусов, 1893, с. 85.

² Дубовицкий, 1851. Смесь, с. 37. Гассгаген, 1852, с. 34.

³ [§ 297 в первом издании].

⁴ Андрусов, 1893, с. 202.

⁵ Двойченко, 1914.

⁶ Грум, 1855, с. 201. *Dubois de Montpéreux*, 1843, с. 325.

⁷ Головкинский, 1890 (2), с. 39.

⁸ Головкинский, 1890 (1), с. 143, 166; 1890 (2), с. 16. Ср. Ф. Кудрявцев, 1894, с. 17.

⁹ Андрусов, 1902, с. 270–271.

¹⁰ Андрусов, 1893, с. 181.

¹¹ Головкинский, 1890 (2), с. 22.

¹² Мокринский, 1916, с. 106, 119, 120.

¹³ О сероводороде в этой грязевой сопке см. Алексеев, 1880, с. 152. О сероводородном источнике около хутора Хронева и сероводороде в черной грязи см. *Dubois de Montpéreux*, 1843, с. 237.

¹⁴ Ф. Кудрявцев, 1894, с. 19.

держала сернистые металлы¹. Сероводородный источник, по А. Потылицыну, известен между слободой Фонарь и Еникальской группой сальз².

100. В *Тамбовской губ.* известны немногочисленные указания, по-видимому, на сероводород биохимического происхождения, но вероятно существование и артезианских водных горизонтов с сероводородом. В *Козловском у.*, около г. Козлова, указан железистый источник со слабым запахом сероводорода³. В *Моршанском у.*, в г. Моршанске, вода артезианского бурового колодца с глубины 85 м имеет легкий запах сероводорода⁴. В *Тамбовском у.*, около дер. Тулиновки, источник, по Гедвилло (1888), содержит на 1000 частей 0,22 см³ H₂S⁵. В *Шацком у.* вода колодца спичечной фабрики около Шацка богата сероводородом⁶; запах сероводорода издает и вода колодца в Новотомниковской больнице⁷.

В *Тверской губ.*, кроме сероводорода биохимического происхождения, есть ясные указания на фреатический сероводород, выходящий из артезианских вод в каменноугольных слоях (ср. *Московская губ.*). В *Кашинском у.*, в источниках в г. Кашине, по Лачинову, в 1 л находится 0,00020–0,00230 г H₂S. Вода, взятая из более глубоких артезианских горизонтов, не включает сероводорода (по В. Ковалевскому)⁸. Сероводород здесь, по мнению исследователей, необоснованному и требующему проверки, связан с процессами изменения, происходящими с лежащими в глубине юрскими или меловыми глинами, богатыми серным колчеданом (ср. § 81, 76). Существуют старинные указания на другой источник со следами сероводорода около с. Высоцкого⁹ и аналогичный Кашинскому источник на берегу Волги, около усадьбы Сергиевской¹⁰. В *Корчевском у.* наблюдается слабое выделение сероводорода в железистых источниках в Корчеве (также около Новоселья, в 7 км от Корчевы)¹¹ и около Уходов¹². В *Осташковском у.* слабое его выделение известно в минеральном источнике около с. Андреаполя на Двине¹³. В *Тверском у.* у самой Твери, на берегу р. Тьмак, в начале XIX в. обратили на себя внимание источники, выделявшие небольшое количество сероводорода¹⁴. Вода артезианского

¹ По любезному указанию Н.И. Андрусова (1917).

² *Потылицын*, 1884, с. 2.

³ *Грум*, 1855, с. 261. *Arnold*, 1868, с. 36.

⁴ *Е. Марков*, 1908, с. 33.

⁵ *Алексеевский*, 1891, с. 109. В анализе Д.П. Коновалова H₂S не указан.

⁶ *Алексеевский*, 1891, с. 113.

⁷ *Алексеевский*, 1891, с. 111. По доставленным мне указаниям С.И. Попова, вода колодцев в больнице Новотомниковской сероводородного запаха не имеет (1915 г.).

⁸ *Всеволожский*, 1809, с. 277. *Алексеевский*, 1895, с. 50. *Стремоухов*, 1890, с. 3. *Я. Киселев*, 1906, с. 49 и сл.

⁹ *Шерер*, 1820, с. 105. *Севергин*, 1821, с. 226. *Грум*, 1855, 271.

¹⁰ *Стремоухов*, 1890, с. 3.

¹¹ *Шерер*, 1820, с. 108. *Грум*, 1855, с. 278.

¹² *Еремеев*, 1871 (2), с. 35–36.

¹³ *Фридебург*, 1811. *Шерер*, 1820, с. 109 и сл. *Севергин*, 1821, с. 211. *Hess*, 1826, с. 36 и сл. *Любарский*, 1828, с. 122. *Нензберг*, 1855, с. 28. *Севергин* (1821, с. 215–216) сомневается, чтобы запах зависел от H₂S, но уже Фридебург (1811, с. 32), пользовавшийся и наблюдениями Севергина, говорит о «сернопеченковом» запахе.

¹⁴ См. литературу и анализы у *Шерера*, 1820, с. 96. *Грум*, 1855, с. 277. *Нензберг*, 1855, с. 26.

колодца в Твери, с глубины 43 м из верхних каменноугольных известняков, обладает слабым запахом сероводорода, быстро исчезающим¹.

В *Тульской губ.* пока имеются указания лишь на вторичный сероводород биохимического происхождения. В *Богородицком у.* следы сероводорода найдены химически в воде Воловского озера, около ст. Волово². В *Тульском у.* сероводород выделяется из ила провальных озерков около дер. Тихвинской и Фалдинской лесной сторожки³.

101. В *Уральской обл.* имеющиеся указания на нахождение сероводорода являются, очевидно, очень небольшой долей происходящих в этой области процессов, неизбежно связанных с выделением сероводорода, например с жизнью соленых озер, характером месторождений нефти и т.п. Сероводород, здесь выделяющийся, вадозный и фреатический. В *Гурьевском у.* сероводород наблюдался в связи с нефтью в очень многих местах. Обычно, к сожалению, он не отмечается в литературе, и приходится искать указаний на него, случайность которых объясняет то, что это обычное явление исчезло из научных описаний. Сероводород очень обычен в Индерских горах; по-видимому, здесь он связан с гипсами, хотя едва ли можно считать его результатом их поверхностного изменения, так как область эта очень дислоцирована, богата сбросами и сдвигами очень молодого возраста. Сероводород выделяется здесь в источниках (например в овраге Кок-Джар и др.), озерах (например Куз-Кара, Кара-Чеганок)⁴ и т.д. Им довольно богаты соляные источники, питающие Индерское озеро, например самый большой – Аще-Булак и другие, меньшие. Очень богаты сероводородом источники, вытекающие из гипсов гор Кизылтау. Некоторые из этих источников очень богаты водой⁵ (ср. т. I, § 267⁶). Он отмечен в Кара-Шунгул, в 16 км от восточного берега Каспия⁷. Здесь он выделяется из нефти⁸. Точно так же он выделяется из нефти около Джаны-Вей (107 км на северо-восток от Гурьева)⁹. Ряд скважин на нефть в Новобогатинске выделяет сероводород на глубинах 50–220 м из пород бакинского или апшеронского яруса. Глина бакинского яруса (скважина № 3 на участке 45) пахнет сероводородом. Сама нефть из фонтанной буровой в Новобогатинске пахнет сероводородом¹⁰. Около Новобогатинска давно известны три сора, выделяющих сероводород¹¹. Есть указание на запах сероводорода при бурении на нефть в юрских слоях в Доссоре и Макате¹⁰. В болотистых окрестнос-

¹ Синцов, 1905 (1), с. 87.

² Кошеляев, 1916, с. 5.

³ Н. Рождественский, 1912, с. 55.

⁴ А. Рябинин, 1905, с. 111.

⁵ Паллас, 1771, с. 411. И. Герман, 1789 (1), с. 64. Новаковский, 1887, с. 90 и сл. Православлев, 1913, с. 638. Замятин, 1914 (1), с. 696 и сл.

⁶ [§ 298 в первом издании].

⁷ Кирпичников, 1874 (1), с. 266.

⁸ Кирпичников, 1874 (2).

⁹ Новаковский, 1887, с. 118.

¹⁰ По любезному указанию Н.Н. Тихоновича (1916). Для Новобогатинска, кроме указанных, дают H₂S скважины: № 1 (уч. 63), № 3 (уч. 81). Для Акаткуля (скв. № 2, уч. 11) и Сатеп-Алты (скв. № 1, уч. 1) есть указания на запах газа и на запах SO₂ при бурении. Надо думать, что и здесь был запах H₂S, а не SO₂.

¹¹ А. Покровский, 1913, с. 12.

тях Гранного бугра постоянно выделяется сероводород¹. Запах «серы» имеет нефть из участка Каратона (на берегу Каспийского моря, в 80 км от с. Живая Коса)². В *Уральском у.* сероводород выделяется из баткака на дне оз. Чаркал (Чаркальское морце)³. Следы сероводорода найдены в воде р. Деркуля, около ст. Переметной⁴. Вода глубокого колодца (6 м) в Уральске обладает быстро пропадающим запахом сероводорода⁵.

В *Уфимской губ.* аналогично тому, что указано для *Пермской* (см. § 105) и *Оренбургской* (см. § 95) *губерний*, сероводород выделяется в источниках на западном склоне Урала, связанных с каменноугольной системой или с еще более глубокими слоями пермской системы. Здесь же выходят гипсы, с которыми обычно генетически связывают происхождение сероводорода. Однако очень возможно, что во многих случаях гипсовые толщи являются вторичными и образовались в результате метаморфического воздействия сероводорода на известняки – в местах старых выходов сероводородных источников (ср. § 80)⁶. О сероводороде в связи с серой в местностях, прилегающих к р. Белой, – см. т. I, § 266⁷. В *Белебеевском у.* сероводородные источники известны у дер. Игатман-Табык⁸. В *Бирском у.* около Бирска (в 2 км), на правом берегу р. Белой, наблюдается выделение сероводорода в источниках со дна двух провальных воронок, образовавшихся от растворения гипсов ($t = 7^\circ \text{C}$)⁹. Выделение сероводорода наблюдается в 20 км от Уфы около хутора Тромпет, по пути к Благовещенскому заводу⁹. Сероводород выделяется в Диком озере около дер. Симкиной. Выделение зимой сильнее, чем летом. По-видимому, на дне озера выходят сероводородные ключи¹⁰. В *Златоустовском у.*, в окрестностях Кусинского завода, развиты девонские «вонючие» доломитизированные известняки, сильно метаморфизованные контактом с диабазами. Такие же известняки развиты и по Аю¹¹. В *Мензелинском у.* сероводородный родник с сильным запахом сероводорода известен в Нижнеобдуловской волости при с. Старом Багряше (Елхово), около р. Шемшы¹². В *Стерлитамакском у.* сероводород выделяется из соленых источников около Богоявленского завода. Эти источники располагаются в долине р. Усолки, в 5 км от Богоявленского завода, между устьями ключей Пресного и Каменного. Известно несколько групп ключей; они выходят и на дне р. Усолки. Количество воды в них резко колеблется с временами года и по годам (12,8–21,5 м³ в 1"). Источники должны быть причислены к термам, так как их температура (10–13,1° С) превы-

¹ Карелин, 1883, с. 29.

² Замятин, 1914 (2), с. 54. Нельзя не обратить внимания на столь обычную, к сожалению, в нашей геологической литературе небрежность в описании явлений. Что это за запах «серы» для нефти!

³ Данилевский в описании уральского рыболовства. Н. Бородин (1896, с. 283) сероводорода не наблюдал; может быть, он выделяется зимой.

⁴ Кошеляев, 1916, с. 5.

⁵ Синцов, 1905 (1), с. 229.

⁶ Ср. *Wangenheim v. Quallen*, 1857, с. 210.

⁷ [§ 297 в первом издании].

⁸ Агров, 1915, с. 40.

⁹ По указанию Н.И. Каракаша (1916).

¹⁰ Пекер, 1858. Смесь, с. 2.

¹¹ Чернышев, 1883, с. 35–36.

¹² Пекер, 1860. Смесь, с. 9.

шает среднюю изотерму. Сильный запах сероводорода. По К. Тимофееву, в них содержится 0,0024–0,0034 г H_2S на 1 л. Источники, по-видимому, получают соль из нижнего отдела среднего девона с глубины не менее 400 м, по А. В. Нечаеву¹. Местами здесь среди гипсов и поверхностные воды выделяют сероводород². Аналогичны холодные источники, наблюдаемые в других местах, например два «серных» источника около дер. Баганяш на р. Месели (впадает в Кучаняк, приток Белой)³. Он выделяется также в источнике около с. Леушинского⁴. Несколько ключей в болотистой местности известны около Куганака, близ дер. Зубовой, в 22 км от Стерлитамака. Источники довольно богаты сероводородом и выходят из красных (пермских?) песчаников⁵. «Серный» ключ около с. Табынского бьет из пещеры в горе Воскресенской⁶. В *Уфимском у.*, в даче Юрезанского завода, в горе Куткан-Тау около дер. Кузеляровой, из темных рухляков вытекает ряд сероводородных источников⁷. «Серный» источник известен близ дер. Романовки, у устья Демы⁶. H_2S развивается зимой (в декабре) в связи с исчезновением кислорода в Демско-Ильинских озерах, в долине р. Демы, заливаемых весной⁸. В озерах поймы р. Белой зимой нередко развивается сероводород и рыба гибнет (озера Грязное, Опутино, Мелкое и др.). Он выделяется в старице, образованной старым руслом Демы в заливной долине р. Белой. Здесь около дер. Киржацкой, по Гейде (1911), наблюдалось на дне 4,01 см³ H_2S в 1 л воды, а на поверхности – 1,83 см³ H_2S ⁹. При бурении на нефть на Ишимбаевском острове на р. Белой и около Ярине-Кула на глубине 4 м встречена глина с запахом сероводорода, книзу содержащая самородную серу и еще ниже нефть¹⁰.

102. В *Харьковской губ.* мы имеем многочисленные выделения сероводорода различного происхождения. Часть его вторичная, связанная с биохимическими процессами, но в почве губернии проходят мощные горизонты артезианских вод, богатых сероводородом, связанным с метаморфическими процессами (см. *Полтавская, Киевская* и т.д. *губ.*). В *Богодуховском у.* сероводород выделяется из минеральных источников в с. Мурафе на р. Мерчике¹¹. В *Валковском у.* сероводород выделяется в минеральных источниках около с. Березовки¹¹. Судя по анализу Н.Н. Бекетова это сероводород вторичный. В самих Валках вода артезианского колодца с глубины 54 м из бучацкого яруса (200 ведер в час) выделяет сероводород, быстро исчезающий¹². В *Змиевском у.*, в самом г. Змиеве, вода в артезианском колодце из бучацкого яруса, с глубины 54 м (300 ведер в час) выделяет сероводород, который быстро ис-

¹ Лепехин, 1802, с. 19. Грум, 1855, с. 291. Тимофеев, 1906, с. 122. *Wangenheim v. Quallen*, 1847, с. 244 и сл.; 1857, с. 210. Нечаев, 1907, с. 1 и сл.

² Нечаев, 1907, с. 24.

³ Лепехин, 1802, с. 29.

⁴ Бертенсон, 1901, с. 208.

⁵ Черемшанский, 1859, с. 55. *Wangenheim v. Quallen*, 1857 с. 210. Нёшель, 1853, с. 258.

⁶ Агров, 1915, с. 39–40.

⁷ Чернышев, 1883, с. 41.

⁸ Шаповал, 1915, с. 60, 74.

⁹ Кучин, 1911, с. 25–26.

¹⁰ Кондыкин, 1907, с. 73.

¹¹ Леонтович, 1871, с. 39, 36.

¹² Синцов, 1905 (2), с. 12.

чезает¹. В *Изюмском* у. сероводород выделяется из трех соленых озер около г. Славянска на левом берегу р. Торца². Озера в нижних своих горизонтах, как уже указано было раньше (см. § 68) для Вейсова (Маяцкого) озера, содержат сероводород. В озере Репном на дне содержится, по А. Чирикову и Н. Бекетову, 0,003 г H_2S на 1000 г воды, 0,0039 г – по С. Залескому (1897). Источником сероводорода является грязь озер; так, для Слепного озера, по А. Бурнашову и А. Чирикову (1907), в свежей грязи содержится 0,363 г H_2S на 1000 г (в виде сернистых соединений), из них 0,009 г переходит в водную вытяжку. Исследования Я. Зильбера показали, что в момент взятия пробы на поверхности озер вода не включает сероводорода. Только Вейсово озеро содержало следы его на глубине 3,5 м. При стоянии вода начинает выделять сероводород. По С. Залескому, вода Вейсова озера на глубине содержит иногда 0,0051 г в среднем H_2S на 1 л; зимой количество повышается до 0,3000 г. Эти данные были подтверждены Г. Надсоном (на глубине 18 м до 0,2815 г ($184,96 \text{ см}^3$) – количества исключительно большие). И почвенные воды содержат сероводород; так, по С. Залескому (1897), колодцы, вырытые около Славянских озер, содержали иногда до 0,0850 г H_2S^3 . В *Старобельском* у., в самом г. Старобельске, вода артезианского колодца с глубины 57 м, из подмеловых слоев (500 ведер в час) выделяет сероводород, скоро исчезающий⁴. В *Харьковском* у., в самом г. Харькове, артезианская вода из бучацкого яруса с глубины около 30 м (600 ведер в час) содержит сероводород⁵. Сероводород констатирован во всех буровых скважинах Харькова с глубины 550–620 м и с глубины 60 м, причем вода была свободна от бактерий⁶. Точно так же его содержит и вода из этого горизонта (третьего) в окрестностях Харькова в Павловке⁷. Вода в новом колодце с глубины 610–623 м из подмеловых слоев (700 ведер) выделяет сероводород⁸. Над этой водой были произведены замечательные опыты Комиссией Харьковского физико-химического общества (И. Жуковым, Е. Зубашевым и Н. Чернаем), которые не обратили на себя в свое время (1895 г.) должного внимания, но которые указывают на то, что сероводород этих вод образуется в них, по крайней мере отчасти, из каких-то других соединений. Комиссия нашла⁹, что вода, проходя по стеклянной трубке, дает гораздо меньше сероводорода, чем когда она проходит по железной. Она объяснила это тем, что железо в присутствии CO_2 и в отсутствии кислорода восстанавливает сульфаты (щелочей и щелочных земель) воды в сернистые основания, а эти последние разлагаются водой с выделением сероводорода. Однако такое объяснение противоречит тому обстоятельству, что сероводо-

¹ Синцов, 1905 (2), с. 12.

² Гордеенков, 1837. Чириков, 1879, с. 14; 1887, с. 52. Коссовский, 1881, с. 164 и сл. Кондырев, 1891. С. Залеский, 1897. Анисимов, Коссовский и Степанов, 1898, с. 21 и сл. (и табл.). Надсон, 1903, с. 2 и сл. Зильбер, 1913 (1), с. 409–410. Коссовский, 1914, стр 19 и сл. Леваковский, 1870.

³ Ср. также Зильбер, 1906, с. 437, 442.

⁴ Змятченский, 1900, с. 98. Синцов, 1905 (2), с. 28.

⁵ Синцов, 1905 (2), с. 2. Ср. Чириков, 1887, с. 19; 1885, с. 1614. Черников, 1882.

⁶ Зильбер, 1913 (2).

⁷ Кушниренко, 1900, с. 18.

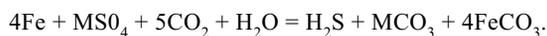
⁸ Труды Общ. физ.-хим. наук, 1895; Харьков, 1896, с. 15. Кушниренко, 1900, с. 36 и сл. Синцов, 1905 (2), с. 9.

⁹ См. Труды Общ. физ.-хим. наук, 1895; Харьков, 1896, с. 15 и сл.

род выделяется из железных трубок годами, причем трубки не изнашиваются и не покрываются слоем вещества, которое изолирует железо от воды, что непременно бы произошло, если бы железо входило в реакцию, как думает Комиссия. Этого возражения Комиссия не могла отвести, но, с другой стороны, ни одно из других объяснений не было достаточным для выяснения ее опыта со стеклянными трубками¹. Его просто замолчали. По-видимому, мы имеем здесь дело с *контактным влиянием* железа на разложение какого-то содержащего серу вещества воды (может быть сульфата в присутствии CO₂? или CSO? или другого тела?). Вопрос заслуживает исследования и выяснения, как для этой воды, так и для других вод, заключающих сероводород, ибо он, может быть, позволит подойти к выяснению загадки о сероводороде артезианских вод (ср. § 63). Сероводород наблюдается обычно в колодцах и из первого водоносного горизонта (в белых песках)². Заметное количество сероводорода находится, вследствие загрязнения, в р. Лопани³.

В *Херсонской губ.* мы наблюдаем сероводород в артезианских водах из третичных слоев – должно быть фреатический. Очень обычен вторичный вадозный сероводород биохимического происхождения в грязях, в почвах в связи с разложением гипса (см. § 72). В *Ананьевском у.* четыре скважины в долине Тилигула, в имении Малаховского, с глубины 30–33 м, дают воду с сильным запахом сероводорода (180 ведер в час)⁴. В самом Ананьеве вода из скважины в нубекуляриевых известняках с глубины 76 м имеет легкий

¹ Несостоятельность объяснения Комиссии Физико-химического общества была указана еще профессором Лагермарком, не оценившим, впрочем, значения опыта со стеклянной трубкой (см. отзыв Лагермарка, перепечатанный у *Кушиниренко*, 1900, с. 62). Сам Лагермарк считал, что сероводород происходит от гниения, ибо воды, попадавшие в эти артезианские горизонты Харькова, происходят от поверхностных вод, находившихся в гниении на земной поверхности далеко от Харькова, причем это гниение в недрах Земли, вследствие отсутствия кислорода воздуха, временно прекратилось, но опять легко возобновилось, раз вода эта попала на поверхность (там же, с. 64). Очевидно, это объяснение, вызывающее и по существу большие сомнения, отнюдь не выясняет опыта с стеклянными и железными трубками. Комиссия Физико-химического общества выразила свое объяснение в 1895 г. формулой:



Это объяснение требует постоянного растворения железа, чего не наблюдается, или отложения сидерита, между тем, по ее же опытам, трубы покрываются не им, а сернистым железом. По мнению Комиссии (там же, с. 97 – официальный отзыв Комиссии), вода до поступления в железные трубки заключала сульфаты, которые восстановились в сульфиды только под влиянием железа и разложились с выделением H₂S в присутствии воды. Но и это объяснение требует окисления железа трубок, которое не наблюдается. Еще менее может быть принято объяснение С. Сучкова, по которому H₂S происходит от серы железных трубок, на которые действует CO₂ артезианской воды. (С. *Сучков*, 1895, с. 130). Трубки не изнашиваются годами и количество выделяемого H₂S не уменьшается. В. Гемилиан, указывая на образование сернистого железа в воде, содержащей гипс, считает возможным образование H₂S путем разложения водой сернистого железа (см. Труды Общ. физ.-хим. наук, 1895; Харьков, 1896, с. 16). Я. Зильбер (1915, с. 8 и 1917, с. 19) правильно считает сероводород за минеральное образование. Он качественно доказал его присутствие во всех артезианских водах (помимо запаха), но, к сожалению, не дал количественных определений.

² *Леваковский*, 1875, с. 231–232. Леваковский считал этот сероводород вторичным, благодаря восстановлению сульфатов.

³ *Кушиниренко*, 1900, с. XV.

⁴ *Гартштейн*, 1910, с. 196–197.

запах H_2S ¹. Вода из других горизонтов в Ананьеве (сарматский известняк) тоже всегда имеет заметный запах сероводорода¹. Вода колодцев (21–53 м глубины) из нижнесарматских слоев дает сероводород в Каховке¹, Большой Боярке¹, с. Свято-Троицком¹, Шаеве¹, Чернове¹, Струкове и т.д.² В *Елисаветградском у.*, в Елисаветграде, вода водопровода, выходящая из олигоценых слоев, с глубины 10–13 м содержит сероводород³. В *Одесском у.* он очень обычен в грязях Одесских лиманов (см. т. I, § 266⁴; т. II, § 41)⁵. Весь сероводород в этих грязях вторичного биохимического происхождения; значительная часть его фиксируется в грязи в виде сернистых металлов (главным образом CaS) и, может быть, в соединении с аммиаком⁶. В свежей влажной грязи лиманов, по А. Вериге, находится 0,036 г свободного сероводорода; для Хаджибейского лимана получено 0,039% H_2S .⁷ Вода Куяльницкого лимана, состав которой меняется в зависимости от притока дождевой или снеговой воды, всегда заключает сероводород. В 1849 г. в воде, уд. веса 1,08478, заключалось на 1 см³ 1,90 см³ газов и из них 0,62 см³ H_2S . Грязь лимана тоже выделяет сероводород⁸. В одном из многочисленных бурений на артезианскую воду в Одессе отмечен небольшой прослой (265–268') известняка с запахом сероводорода⁹. В *Херсонском у.* вода колодцев из наносных горизонтов нередко содержит сероводород (бассейны Ингульца, Висуни и т.д.)¹⁰ Так, вблизи Кривого Рога сероводород выделяется из воды в глубоких колодцах как в самом местечке, так и по линии железной дороги между Ингулецким мостом и ст. Долгинцовой; кое-где он наблюдался в природных источниках (в Червонной балке). Объясняется он здесь разложением гипсов, находящихся в глинах¹¹.

103. В *Черниговской губ.*, как и в других областях России, запах сероводорода (т. е. его испарения) наблюдался в болотных образованиях и болотных почвах, но такие указания обычно в литературе не отмечаются¹². Но, подобно прилежащим губерниям (ср. § 92 – *Киевская*), мы имеем здесь область фреатического сероводорода в артезианских водах. Так, все артезианские воды из второго горизонта (харьковского яруса) дают сероводород¹³. В *Борзенском у.* артезианский колодец в с. Шаповаловке с глубины 32 м, в третьем водном горизонте дает H_2S ¹⁴. В *Козелецком у.* вода из палеогеновых песков, с глубины 28 м, обладает запахом сероводорода¹⁵. В *Конотопском у.* буровая скважина

¹ *Православлев*, 1916, с. 139 и 191; 140 и сл.; 145; 147–149.

² См. перечисление местностей у *Православлева*, 1916, с. 192.

³ *Синцов*, 1903 (2), с. 377.

⁴ [§ 297 в первом издании].

⁵ Сводка у *Брусиловского*. 1914, с. 44 и сл. Литературу см § 40–41. См. еще *Вериге*. 1881, с. 92.

⁶ *Вериге*, 1881, с. 71, 98.

⁷ *Вериге*, 1881, с. 103. *Дризо*, 1913.

⁸ *Гассгаген*, 1852, с. 10–11.

⁹ *Г. Самойлов*, 1834, с. 21. Характер этих слоев геологически неясен. *Синцов*, 1893, с. 182. Сероводородом пахнет Свиная речка (около дер. Алтесовой) – сероводородное брожение (*Сидоренко*, 1899, с. 133).

¹⁰ *Домгер*, 1876, с. 298.

¹¹ *Резцов*, 1886, с. 171. *С. Конткевич*, 1887, с. 246, 261.

¹² По любезному указанию Н.А. Димо (1915)

¹³ *Оптоков*, 1905, с. 22.

¹⁴ Архив Комисс. естеств.-производ. сил Акад. наук СССР.

¹⁵ *Синцов*, 1908, с. 71, 56.

в Бахмаче, с глубины 41–47 м, из палеогеновых песков дает воду с сильным запахом сероводорода (не включает иона SO_3). В *Кролевецком у.*, в Кролевце, вода, полученная из бурового колодца (1916 г.) из трещин мела с *Belemnitella mucronata*, обладает запахом сероводорода. В *Нежинском у.*, в скважинах на ст. Носовке и в местечке Веркиевке, сероводород заключался в воде первого водоносного горизонта – песках полтавского яруса¹. В Носовке сероводород наблюдается (довольно сильный запах) и в колодцах на глубине 3–6 м, из серых послетретичных суглинков². В самом Нежине вода с глубины 44 м из палеогеновых слоев обладает сильным запахом сероводорода (не включает ионов SO_3)³. В *Новозыбковском у.*, в 2,5–3 км к юго-западу от Новозыбкова, близ с. Ослинки выходит ряд обильных ключей; на соседней спичечной фабрике имеются неглубокие буровые скважины (15–20 м глубиной) с самоистекающей водой. Вода источников и скважин обладает запахом сероводорода. Она выходит из трещин в меле с *Belemnitella mucronata*. В *Остерском у.* вода из древнеаллювиальных песков ближайших к Десне местностей обладает неприятным запахом, причем часто указывают сероводород. В других придеснинских уездах этого явления нет. В *Сосницком у.* в с. Симевке вода из глауконитовых песков харьковского яруса обладает запахом сероводорода (по указанию Буренина, 1919 г.). В *Черниговском у.* вода скважины в Чернигове обладает слабым запахом сероводорода⁴. Тот же запах наблюдался в воде колодца, глубиной 17–23 м, из палеогеновых песков⁵.

В *Эстляндской губ.* наблюдался с несомненностью только сероводород биохимического происхождения, однако весьма возможно и нахождение фреатического сероводорода, аналогично тому, что наблюдается для Прибалтийского края (§ 93). В *Везенбергском у.*, в Магольмском приходе, в имении Кунда есть источник, выделяющий сероводород⁶. В *Гапсальском у.* сероводород выделяется в грязях, образующихся в Гапсальском заливе, среди очень изменчивого архипелага мелких островов. Этот ил собирается местами в большом количестве, например около Гапсаля и островов Даго, Нука (на его юго-восточных берегах), Вормсе и т.д. (ср. § 93). Сероводород связан с гниением органического вещества и вызывает скопление серных бактерий, его окисляющих⁷.

В *Ярославской губ.* выделение сероводорода очень мало изучено. О сероводороде в связи с самородной серой – см. т. I, § 266⁸. В *Ростовском у.* сероводород выделяется из колодца с горькосоленой водой у с. Варницы⁹.

104. Сероводород в Польше. Выделения сероводорода в Польше нередки в связи с распространением гипсов и связанными с ними месторождениями

¹ Клеппер, 1895, с. 141. *Оптоков*, 1901, с. 108–110, 175–176; 1905, с. 25.

² *Оптоков*, 1905, с. 17. *Саваренский*, 1914, с. 156.

³ *Оптоков*, 1905, с. 22. *Синцов*, 1908, с. 57. Ср. Отчет Черниг. губ. земск. упр. за 1894 г.; *Чернигов*, 1895, с. 148.

⁴ *Синцов*, 1908, с. 354.

⁵ *Синцов*, 1908, с. 52.

⁶ *Bienenstamm*, 1826, с. 22.

⁷ *Schrenck*, 1854, с. 102. *Эйхвальд*, 1852, с. 416 и сл. *Ф. Шмидт*, 1861, с. 20. *Эйхвальд*, 1860, с. 219–221. *Кандидов*, 1899, с. 747 (по анализам Таммана). *Надсон*, 1913, с. 106; 1914, с. 53.

⁸ [§ 297 в первом издании].

⁹ *Бернитейн*, 1915, с. 18.

самородной серы и минеральными источниками. Они далеко не все зарегистрированы. Главная область их нахождения лежит в *Келецкой губ.* Можно различить два рода сероводородных источников: с одной стороны, соленые в низине Ниды, от Буска до Вислы, с другой – пресные в области развития гипсов между Вислицей, Буско, Пинчовом, Стопницей и далее на запад в окрестностях Скальбмержа, Прошовице, Дзялошице. Эти пресные источники более богаты сероводородом¹. Другим типом выделения сероводорода является нахождение его в *артезианских водах*, выходящих из нижнемеловых горизонтов².

В *Варшавской губ.*, в *Варшавском у.*, в самой Варшаве, в Праге, буровая скважина (214 м, вначале 2300 ведер в час, потом меньше) дает воду, слабо пахнущую сероводородом³. Другая скважина с глубины 223 м дает воду с сильным запахом сероводорода из олигоцена или из мезозойских слоев³ (4050 ведер в час). Сероводород наблюдается и в воде ключей и колодцев⁴. В *Нешавском у.* сероводород выделяется в некоторых соляных буровых скважинах около Цехоцинка. В скважинах № 5–6 его найдено 0,000575 г в 1 л, по Соколовскому и Матушевскому; он иногда чувствуется и в воздухе. В другой скважине 0,006 г, по Буйvidу (1881 г.)⁵. В *Скерневицком у.*, в Скерневицах, вода артезианского колодца с глубины 33 м имеет слабый сероводородный запах, выходит из делювиальных отложений⁶.

В *Келецкой губ.* известна область соленых и пресных сероводородных источников, ранее указанных. В *Меховском у.* такой пресный источник указан у Сломников⁷, в Грушове⁸. В *Литовском у.* сероводород выделяется обычно около Чарковы, в связи с серой (ср. § 80, т. I, § 266)⁹. Мы имеем здесь область пресноводных сероводородных источников, связанных с гипсом (метаморфические источники). Такие источники, заключающие H_2S и CaS , известны около Вислицы¹⁰. Они известны¹¹ около Погузиц у Пинчова, между Хотель Зеленый и Скарочице, Пензелице, Бильчув, на запад от Ниды указаны в Сениславицах около Виняров, в Ибрамовице у Скальбмержа. При бурении у Щербакова около Вислицы встречена в третичных слоях вода, заключающая на глубине 446 м, по Пушу, 65,1 см³ H_2S на 1 л.¹² В *Стопницком у.* сероводород выделяется как в соленых, так и в пресных источниках. Из соленых важны Буские минеральные источники, около пос. Буско. Источники открыты при бурении в XVIII веке. Количество его колеблется в разных источ-

¹ Bloede, 1830, с. 19 и сл. Pusch, 1836, с. 386 и сл.

² Левинский, 1911, с. 64. Левинский, по-видимому, связывает его появление с нахождением в этих слоях пирита, который, должно быть, является вторичным продуктом сероводорода.

³ Синцов, 1905 (2), с. 144; 146.

⁴ Гемиллан, 1885, с. 27.

⁵ Sokolowski i Matuszewski, 1873, с. 21. Севрук, 1881, с. 655. Фукс, 1881, с. 724 и сл. Ругевич, 1891, с. 160. Стопневич, 1917, с. 121. Научн. и литер. труды о Цехоцинке, собрал Дембицкий, 1911, с. 103 (статья Буйвида).

⁶ Синцов, 1905 (2), с. 150.

⁷ Pusch, 1836, с. 388.

⁸ Zejszner, 1861, с. 475.

⁹ [§ 297 в первом издании].

¹⁰ Belza, 1841, с. 71. По данным проф. А.М. Китаевского. Pusch, 1836, с. 387.

¹¹ Pusch, 1836, с. 388.

¹² Pusch, 1836, с. 262. Zejszner, 1861, с. 722.

никах, в разные дни – от 11,0 до 48,0 мг на 1 л. По анализу Б. Павловского, в 1000 г воды содержится в разных источниках 0,0287–0,03068 свободного H_2S , по Серковскому (1911 г.)– 0,0380–0,0400 г. В иле источника заключается 0,082% H_2S . Вода выходит из меловых мергелей¹. В 15 км от Буска близкий по химическому составу щелочной источник получен при бурении в 1818 г. в с. Сольце ($t = 12,4^\circ C$). Он более богат сероводородом. По анализу проф. Р. Вавникевича, в воде Солецкого источника содержится 0,10009 г свободного H_2S , 0,22051 $NaHS$, 0,04325 Na_2S . Конечно, такое распределение ионов HS очень произвольно, но ясно, что мы имеем здесь дело с своеобразным типом метаморфических источников, богатых не только кальцием, но и натрием. Сероводородная вода выведена здесь на земную поверхность буровыми скважинами². Но естественные слабые соленые сероводородные источники известны около Овчары, Баранова, Гадавы, Буда (по дороге из Буска в Шидлув)³. Вся эта вода в Буско и окрестностях из меловых мергелей с глубины 30–105 м⁴. Ее обычно связывают (например Михальский) с разложением гипсов; однако гипсы находятся в верхних третичных слоях и скорее их можно считать вторичными, происходящими благодаря фиксации сероводорода, поднимающегося снизу. Михальский сам указывал на вторичное образование сернистого железа при соприкосновении сероводородных вод с верхними вадозными. Нефть около Свињяр, гмины Вуйча, очень сильно пахнет сероводородом; она находится в миоценовых слоях⁵. В прилегающих к *Пинчовскому* у. местам в гипсовых областях выходят сероводородные пресные источники – у Марченцина, Бельки Пясек, Кикова, Гориславице, Строзиска, Зогоржаны, Бацанова, Сташува, Смердзины⁶.

В *Люблинской губ.*, в *Люблинском у.*, около Люблина в торфе аллювиальных отложений р. Быстрицы наблюдается выделение сероводорода⁷.

В *Петроковской губ.*, в *Брезинском у.*, сероводород имеется около Томашова в воде «голубого ключа», выходящего из нижнемеловых песчаников. В том же горизонте вода, заключающая «довольно значительные количества сероводорода», встречена в *Лодзинском у.*, в буровой скважине в Лодзи, на глубине 60 м. Происхождение сероводорода объясняют чисто гипотетически, едва ли правильно, изменением колчедана в глинистых толщах нижнемеловых слоев⁸.

В *Радомской губ.* о сероводороде в связи с серой см. т. I, § 266⁹.

В *Сувалкской губ.*, в *Сувалкском у.*, в некоторых местах Вигрского озера и в близлежащих озерах (например в Белом) на дне в иле местами идет

¹ Berends, 1834, с. 21 и сл. Pusch, 1836, с. 384. Stella-Sawicki, 1870, с. 15. Вестник водолеч., 1, СПб., 1881, с. 808. Ругевич, 1884, с. 212. Михальский, 1887, с. 404. Жерве, 1897, с. 69. Бондаренко, 1899, с. 71. Ячевский, 1917, с. 119.

² Грум, 1855, с. 95. Wawnikiewicz, 1869, с. 762, 827. Daniewski, 1896, с. 60 и сл. Р. Даневский, 1916, с. 180.

³ Bloede, 1830, с. 22. Pusch, 1836, с. 385.

⁴ Михальский, 1893, с. 4 и сл.

⁵ Шимановский, 1886, с. 383 и сл.

⁶ Pusch, 1836, с. 388.

⁷ Криштофович, 1903, с. 271.

⁸ Левинский, 1902, с. 637–638.

⁹ [§ 297 в первом издании].

сильное сероводородное брожение, связанное с выделением сероводорода (в метановых струях) и отмиранием жизни, например моллюсков¹.

105. Сероводород на Урале. На Урале и в прилегающих местностях *Пермской губ.* выделения сероводорода имеют большое значение в его геохимии. В огромном большинстве случаев они не зарегистрированы. На западных склонах Урала, в области развития гипсоносных толщ пермской формации, он выделяется из источников в губерниях Пермской, Уфимской (см. § 101), Оренбургской (см. § 95). Не меньшее, а может быть большее значение имеют здесь содержащие сероводород известняки и доломиты девонские и пермокарбоновые.

В *Пермской губ.* выделения сероводорода очень многочисленны и весьма разнообразны. Так, здесь находятся довольно мощные залежи известняков, заключающих сероводород и, по-видимому, протягивающихся далеко на север (ср. Новая Земля, § 87). Частью в связи с ними, частью в связи с богатством сульфатами, в метаморфизируемых слоях наблюдаются выделения сероводородных источников метаморфического характера; так, например, такие источники связаны со сдвигами в артинской толще. Характерно выделение сероводорода в озерах. Имеются указания на нахождение вторичного вадозного сероводорода. В *Верхотурском у.*, в дачах *Сосьвинских заводов, Лялинской, Вагранской* «в низменных болотистых местностях, часто вблизи песчаных выступов и возвышений, среди логов или ложбин, образовавшихся от размыва песчаных осадков, образуются выступы солонцеватой воды с запахом сернистого водорода»². Такие выступы наблюдаются на левом берегу р. Ляли около дер. Тараканковой, на правом берегу около Денисовки и т.д. Он выделяется в Еловском источнике (впадающем в р. Еловку) около с. Еловки, в 27 км от Турьинских медных рудников. Для слабо минерального источника Еловки, богатого магнием ($t = 5,4^{\circ} \text{C}$), – 13,4 мг H_2S на 1 л ($8,9 \text{ см}^3$)³, по другим данным – 11,5 см³ H_2S на 1 л.⁴ В нем запах сероводорода в дождливое время едва чувствуется⁵. Такие же сероводородные источники известны по р. Сосьве, у поселка Четкова и дер. Ивановчей (Заимки)⁶. В 11 км от Еловки находится Кольский сероводородный ключ, образующий речку Колу⁷. В Нижне-Туринской даче, на прииске Михайловском Полузадова, есть сероводородный ключ⁸, тоже у Надеждинского завода⁸ и в дер. Рудной около с. Монастырского⁸. В *Екатеринбургском у.*⁹, в Екатеринбурге, на дне р. Исети, есть выход источника с сероводородом¹⁰. Такие же ключи известны около дер. Сарапульки Березовской дачи¹⁰. В Ревдинской даче, в вершине р. Кунгурки, у границы с Сысертской дачей, есть сероводородный ключ, вытекаю-

¹ *Kulwieć*, 1902, с. 363.

² *Носилов*, 1883, с. 301.

³ *Знаменский*, 1916, с. 22–23.

⁴ По Руину. См. *Весновский*, 1913, с. 17–18.

⁵ *Мозель*, 1864, с. 286. *А. Третьяков*, 1892, с. 65. *Бертенсон*, 1901, с. 207.

⁶ *Носилов*, 1883, с. 303.

⁷ *Мозель*, 1864, с. 287. *Штиглиц*, 1869, с. ХС.

⁸ *Коротков*, 1915, с. 71.

⁹ Вероятные сероводородные источники см. *Клер*, 1915 (1), с. 99. Выделение H_2S неясно (Ревдинский окр.).

¹⁰ *Коротков*, 1915, с. 69.

щий из известняков; известны они и в Ново-Уткинском заводе, около Рудянского завода. В уезде наблюдаются мощные выходы девонских доломитов, содержащих сероводород. По анализу К. Ненадкевича, в них заключается 0,02% H_2S , может быть нацело свободного¹. В воде мелких озер около Синары, например оз. Анжелы, находится 2,96 см³ H_2S на 1 л воды (на поверхности), а в воде оз. Карабугаз 1,16 см³ H_2S на дне и 1,00 на поверхности². Это явление наблюдается и в других озерах. Вонючие известняки наблюдаются по р. Синаре около Каменского завода³. Они тянутся от Бисерского завода до р. Грязнухи⁴. Триболюминесцирующий известняк известен по р. Утке в Нижне-Тагильском окр.⁵ В *Камышловском у.* сероводород (в количестве 0,00384 г на 1 л, по Ф. Иванову) выделяется в сероводородных водах в 6 км от Камышлова, около с. Обухова. Новый анализ Обуховского источника (10° С) указал большое уменьшение минерализации за период 43 лет после анализа А. Соловьева (1873 г.); по Соловьеву – 2,4 см³, по анализу И. Знаменского (1916 г.) – 0,95 см³, т. е. 1,5 мг на 1 л. В Обуховском источнике запах сероводорода слышен лишь при взбалтывании воды или при ее нагревании⁶. Его связывают с процессами разрушения марказитов, заключенных массами в синих третичных глинах⁷; гипотеза эта ничем не доказана. В 4 км от Обуховских вод, по р. Мостовке (приток р. Пышмы), есть другой, более бедный сероводородом источник⁸. Такой же источник с сероводородом того же происхождения известен ниже Камышлова в пойме р. Пышмы (Юдинский)⁹. В *Красноуфимском у.* сероводород известен в связи с самородной серой (т. I, § 267¹⁰), например – в долине р. Иргины (бассейн Сылвы), у с. Ключей (Златоустовского), у подошвы Ильинской (Городищенской) горы. Ключевские источники – самые богатые сероводородом источники Пермской губ. Они включают 123 мг (79,97 см³) сероводорода на 1 л и лишь немного уступают максимальным известным – в Мадесте (91,73 см³) и Моффа в Шотландии (85,68 см³). О Ключевском серном источнике было уже донесение в Москву Верхотурского воеводы А. Калитина в 1703 г., но он стал известен как целебный с 1828 г.¹¹ По старому анализу Малахова (1854 г.), в нем 0,080 г H_2S на 1 л; по Щербакову, 38,5 см³ на 1 л¹². У подошвы той же горы находятся такие же источники у Сыринского завода на р. Сыре, в 11 км от Ключевских¹³. В районе

¹ Ненадкевич, 1917 (2), с. 1040. Анализ Солдау дал большие числа. *Шадлун*, 1916, с. 420. Однако эти числа преувеличены. *Вернадский*, 1917, с. 1381.

² *Кучин*, 1911, с. 25–26; 1915, с. 153.

³ *Томсон*, 1832, с. 300.

⁴ *И. Герман*, 1789 (1), с. 64.

⁵ *Беляев*, 1906, с. 1240.

⁶ *Мозель*, 1864, с. 287. *А. Соловьев*, 1876, с. 39. *Ф. Иванов*, 1876, с. 194. *Булдаков*, 1890–1891, с. 50. *А. Третьяков*, 1892, с. 78. *Знаменский*, 1916, с. 19.

⁷ *Клер*, 1914, с. 301.

⁸ *Протопопов*, 1860, с. 28.

⁹ *Ср. Клер*, 1915 (1), с. 99.

¹⁰ [§ 298 в первом издании].

¹¹ *Знаменский*, 1916, с. 25, 28–30.

¹² На 100 ч. H_2O –0,00334 г. H_2S (*Шубин*, 1841, с. 327). О Ключевском источнике – *И. Герман*, 1783, с. 75. *Лепехин*, 1802, с. 222. *Георги*, 1798, с. 65. *Михайлов*, 1854, с. 151. *А. Третьяков*, 1892, с. 28. *Бертенсон*, 1901, с. 207. *А. Штукенберг*, 1898 (1), с. 137. *Варсонофьева*, 1915 (2), с. 43.

¹³ *И. Попов* (ред.), 1804, с. 152.

Ключевских источников на протяжении 200 м на правом берегу Иргины бьет до 10 ключей, из них 5 сероводородных, 2 слабозелезистых, 2 известковых с небольшим количеством углекислоты и 1 безразличный. Сероводород находится здесь в двух источниках – Ильинском и Александровском¹. Он наблюдается в нескольких источниках у р. Суксуна в Суксунском заводе. Ил пруда содержит сернистые соединения². В 10 км от Михайловского завода, на левом берегу р. Большой Крутобережки, есть сероводородный ключ³. В 3 км от Нижне-Сергинского завода в р. Сергу впадает Солонцовский минеральный ключ, выходящий из известняка D¹. В нем (постоянная температура + 5°R), по Шубину и Фолькману, содержится на 1 л воды 0,0063–0,0083 г H₂S. Сероводород несвязанный, свободный⁴. Генезис этого сероводорода не ясен и, может быть, он находится в связи с выходами воюющих известняков⁵. Все эти источники связаны со сбросами и, может быть, находятся в зависимости от гипсов, лежащих среди песчаников в кунгурском ярусе. У с. Торговище на Сылве наблюдается сероводородный источник, в связи с гипсами артинского яруса⁶. Сильное выделение сероводорода наблюдается в ряде (7) ключей около дер. Самаровой на Ирени. Выходят в гипсах кунгурского яруса ($t = 8^{\circ} \text{C}$, по Н. Каракашу), дебит двух ключей 45 000 ведер⁷. «Серный» источник указан в 7 км от с. Богородского на границе *Осинского у.*⁸ Сероводородные источники известны около Нязепетровского завода⁹, около с. Тюльгаши в 22 км от Поташек, в верховьях Аремы близ с. Поташки¹⁴. В *Кунгурском у.* сероводородные источники известны у р. Сылвы около с. Красный Яр (8 км от Суксунского завода). Анализ дал Издебскому 0,0026 г H₂S на 1 л¹⁰. Есть требующие проверки указания на выделение сероводорода в *Осинском*, и *Оханском уездах*¹¹. В *Пермском у.*, в пределах 126 листа, по Чусовой указаны «воюющие» и «пахучие»¹² девонские известняки D₂. Те же известняки обладают запахом и по притоку Чусовой, по р. Койве¹³. На горе Коровьей на Чусовой, вероятно в связи с этим, указан «серный источник»¹⁴. В *Архангело-Пашийской* даче из девонских известняков выходят ключи с значительным содержанием сероводорода по р. Усьве, около р. Мутной¹⁵. В *Соликамском у.* сероводород выде-

¹ Знаменский, 1915, 1916, с. 28–30. Весновский, 1913, с. 7, 25.

² Хлопин, 1890. А. Третьяков, 1892, с. 28. А. Штукенберг, 1885, с. 240; 1898 (1), с. 133, 191. Варсонофьева, 1915 (2), с. 42.

³ Барбот де Марни, 1862, с. 74.

⁴ Рум, 1883, с. 19 и сл. К. Покровский, 1834, с. 131. Шубин, 1841, с. 321. Митчерлих, 1856, с. 69. Барбот де Марни, 1862, стр. 68. Доброхотов, 1890, с. 543 и сл. А. Третьяков, 1892, с. 38. Доброхотов, 1899, с. 615. А. Штукенберг, 1890, с. 56.

⁵ А. Третьяков, 1892, с. 45. Об известняках по Серге уже Барбот де Марни (1862, ст. 65). говорит, что они «пахучи».

⁶ Варсонофьева, 1915 (1), с. 51. Указания А.А. Чернова.

⁷ Варсонофьева, 1915 (1), с. 68–69.

⁸ Мозель, 1864, с. 287.

⁹ Агров, 1915, с. 30; 31.

¹⁰ А. Третьяков, 1892, с. 18 (лит.), А. Штукенберг, 1898 (1), с. 191.

¹¹ Клер, 1915 (1), с. 99.

¹² Вероятнее всего мы имеем здесь дело с выделением H₂S. О запахе этих известняков см. Краснопольский, 1889 (2), с. 212, 214.

¹³ Краснопольский, 1889 (2), с. 275.

¹⁴ Агров, 1915, с. 36.

¹⁵ Краснопольский, 1889 (2), с. 156.

лялся в соляных источниках около Усоля и Дедюхина с глубины до 267 м¹. В соляных рассолах скважин около Березняков, по определению П. Кольского и А. Борщева, наблюдается 24–69 см³ H₂S на 1 л. Благодаря обилию сероводорода, в некоторых скважинах идет пенящийся молочного цвета рассол². По р. Косье, против дер. Наумята, в русле реки выделяются местами пузырьки сероводорода³. В долине Глухой Вильвы, около дер. Рублевой, есть сероводородные ключи⁴. По Вильве давно указаны «вонючие известняки» в 86 км от ее начала⁵. Около дер. Лытвы, на р. Лытве, сероводород выделяется в соляных ключах из артинских слоев по сбросу⁶. Указан сероводородный источник с сильным запахом сероводорода около дер. Сосковой, в 3 км от с. Кузнецовского⁷, около Талицкого завода⁷. Как в *Соликамском*, так и в *Чердынском* у. наблюдаются вонючие доломиты и известняки, принадлежащие к девону (D²)⁸ и карбону (C₁²), например по Колве⁸, притокам Улса⁸, Яйвы⁸, Косьвы⁸. Сероводород выделяется из ключей в русле р. Низьвы (притока Колвы), выше устья Эдымшора⁹. На той же реке Низьве, на о. Разсале (ниже устья р. Чужимшора), выходят соляные ключи с запахом сероводорода⁹. Ключ с сильным запахом сероводорода выходит у Низьвы при устье Байдача⁹. Около дер. Кислой, по ручью Рассольному, добывался соляной рассол, пахнущий сероводородом¹⁰. Он выделяется также в соляных ключах по р. Пыдолу (приток Пильвы), в 11 км от устья¹¹. Ил Пыдола имеет резкий запах H₂S¹². Он выделяется и в р. Кочь (левый приток Пильвы) и в пруде, образуемом соляными ключами около дер. Ужгинской¹². Указан¹³ около дер. Раската, Тулпака, Черепановой, Светлого Родника¹⁴. В *Шадринском* у. слабо «сернистые» источники наблюдаются в богатых марказитом глинах по р. Шайтанке и на Черном Ике¹⁵. Ил озера Солденского выделяет сероводород¹⁵. В 4 км от Шадринска сероводородный ключ наблюдается у дер. Кайгородовой¹⁶.

106. Сероводород на Кавказе и в Закавказье. Чрезвычайно важны и значительны выделения сероводорода на *Кавказе* и в *Закавказье*. Здесь мы имеем дело с характерной *химической областью*¹⁷ *серы*, по крайней мере в верхних частях литосферы. Несмотря на многочисленность имеющихся в литературе указаний на выделение здесь сероводорода, едва ли можно сом-

¹ Н. Сучков, 1821, с. 19. Милованов, 1856, с. 19. Дьяконов, 1902, с. 36 и сл.

² А. Третьяков, 1892, с. 14–15. Кротов, 1888, с. 527.

³ Краснопольский, 1889 (2), с. 204.

⁴ Кротов, 1888, с. 205. Также указания Н.И. Каракаша (1916).

⁵ *Helv*, 1820, с. 70.

⁶ Краснопольский, 1889 (2), с. 241. Чернов, 1908, с. 57.

⁷ *Агров*, 1915, с. 34–35.

⁸ Кротов, 1888, с. 321; 131 (C₁²); 161 (по Акчиму); 253 (бассейн Чановы) – C₁²; 266 и 274.

⁹ По любезному указанию А.А. Чернова.

¹⁰ Кротов, 1884, с. 112; 1888, с. 180, 529.

¹¹ Кротов, 1885, с. 392; 1888, с. 71, 528.

¹² Додонов, 1915, с. 115.

¹³ «Зауральский край», 1913, № 229. Ср. *Короткой*, 1915, с. 76.

¹⁴ В 5 км от Черепановой – серный источник и в 3 км от дер. Светлый Родник – 2 сернокислых. *Весновский*, 1913.

¹⁵ *Клер*, 1915 (2), с. 293 и 1158.

¹⁶ А. Третьяков, 1892, с. 59.

¹⁷ *Вернадский*, 1914, с. 1000. [Избранные сочинения, т. 1, 1954, с. 493].

неваться, что эти указания отмечают лишь ничтожную часть действительно существующих здесь его выходов.

Сероводородные и окисленные серные источники являются преобладающими среди терм Кавказа. По данным Горного управления известно пока не менее 150 местностей, где они отмечены¹.

Сероводород в них и в других выделениях Кавказа имеет различное происхождение. Кое-где он представляет чисто поверхностное образование, но главная его масса связана с глубинными процессами, являющимися отголосками дислокационных явлений, шедших и идущих в этом участке земной коры. Такие источники должны быть отнесены к Пиренейскому типу, однако кое-где мы наблюдаем и метаморфические кальциевые источники с фреатическим сероводородом, образовавшимся благодаря метаморфизации сульфатов, главным образом гипса, в присутствии CO_2 и углеводородов (см. § 99). Уже работы Г. Абиха² показали, что термы Кавказа связаны с новейшей кавказской дислокацией и группируются нередко в зависимости от пересечения главных линий складчатости дислокациями другого направления. Работы А. Коншина³ и И. Мушкетова⁴ в общем подтвердили этот вывод.

Среди сероводородных горячих источников наиболее важной является группа их вдоль северной границы Кавказского хребта. По отношению к ним Абих обратил внимание на особенно резкую связь с тектоникой местности наиболее горячих, богатых сероводородом терм, расположенных в районе между Терекком и Сунжей. Здесь по одной линии, в тесной связи со сбросовыми процессами, на протяжении 86 км, наблюдаются выходы горячих источников, расположенных группами около ст. Михайловской, Старого Юрта (Горячеводской), Брагунской, Умахан-Юрта и Исти-Су около Куринского укрепления.

На южных склонах Главного хребта выходов сероводородных источников и горячих терм почти нет. Но мы их вновь встречаем в связи с дислокационными явлениями в области Армянского нагорья и в горных областях Персии. В связи с ними наблюдаются важные выделения сероводорода в Черноморской обл. (Мацеста) и Бакинской (Пришиб). С ними связаны, должно быть, выделения сероводорода, в области около Диадина в Турции или в Ардебильском округе в Персии, где они, может быть, связаны с новейшими дислокациями, с вулканической областью Арарата или с характерной сейсмической областью около Ардебиля⁵.

Любопытна мало изученная группа щелочных терм, выделяющих сероводород, в сланцеватых породах юго-восточной части Центрального Кавказского хребта в Нухинском у. Елисаветпольской губ., в Закатальском окр., в Кубинском у. Бакинской губ. Их связь с главными тектоническими линиями хребта несомненна, и сероводород в них тоже должен иметь первичное происхождение⁶.

¹ Кутцис, 1913, с. 168.

² Абих, 1858, с. 46; 1865; 1866 (2), с. 667; 1877, с. 820 и сл.

³ Коншин, 1892, с. 20 и сл.

⁴ И. Мушкетов, 1886, с. 82 и сл.; 1903, с. 325 и сл.

⁵ Ср. Абих, 1865, с. 38 и сл.

⁶ Об их тектонике см. Абих, 1866 (1), с. 85.

Точно так же теснейшим образом связаны с дислокационными явлениями и выходы сероводорода в областях, богатых нефтью. Очень возможно, что между сероводородом и нефтью нет генетической связи, но сероводород, как легкое подвижное вещество, одновременно с подвижными углеводородами механически собрался в одних и тех же дислоцированных участках земной коры. Количество такого сероводорода огромно, и приводимые ниже указания на его выделения охватывают, несомненно, его ничтожную часть. Известно всякому, бывшему на нефтяных месторождениях, что каждое нефтяное месторождение сопровождается сероводородными источниками, что воды, сопровождающие нефть при бурении, обычно содержат сероводород¹ и в нефтяных областях всюду наблюдаются ускользающие от внимания его испарения (ср. § 52).

Связь сероводородных источников с дислокациями не решает, однако, вопроса о происхождении в них сероводорода. Он может выделяться в дислокационных областях в связи с процессами образования и передвижения нефти (которая также скопляется в тех же областях дислокации), химизмом газовых сальз, восстановлением сульфатов (гипсов) в местах дислокаций, приносом из глубинных частей земной коры. К тому же всякий – как первичный, так и вторичный – сероводород одинаково и вместе скопляется в одних и тех же областях дислокаций. Однако внимательное изучение этих явлений заставляет думать, что на Кавказе преобладает сероводород первичный, который выходит на земную поверхность не под влиянием процессов биосферы, вероятно даже вне связи с метаморфизацией осадочных пород, ибо в целом ряде самых важных случаев отсутствует его связь с окружающими близкими к земной поверхности горными породами. Часть и, может быть, значительную кавказского сероводорода представляет ювенильный сероводород.

Сероводород вторичный, образующийся поверхностными биохимическими процессами из сульфатов, здесь относительно более редок.

К сожалению, нельзя сейчас учесть количество сероводорода, выделяемого на Кавказе. Оно, несомненно, очень велико, так как источники приносят на земную поверхность огромное количество воды, содержащей сероводород. Количество ведер воды, приносимых ими, исчисляется многими миллионами. По указанию Л. Конюшевского, одни официально не отмеченные 11 групп туземных курортов ежегодно выносят два миллиона ведер сероводородной воды².

107. Мне известны для Кавказа и Закавказья следующие указания на выделение сероводорода.

В *Бакинской губ.* мы имеем область земной коры, в которой постоянно и в большом количестве идет выделение сероводорода. Часть его связана с выходами нефти, но он выделяется и в особых сероводородных источниках, частью Пиренейского типа (см. *Кубинский у.*), частью метаморфического. Он очень обычен в выделениях сопков, в артезианских водах, в нефтяных водах (ср. § 65). В сопках он наблюдался в газах (см. § 62). В нефтяных водах он выделяется всегда, хотя чрезвычайно редко указывается в анализах (ср. § 65). Объясняется это предвзятым и неверным мнением, что его выделение не име-

¹ *Барбот де Марни*, 1894, с. 387.

² *Конюшевский*, 1915 (1), с. 6.

ет значения¹. Количество сероводорода, этим путем выделяемое, огромно. Благодаря бурению человек совершает здесь большую работу геологического характера². Наконец, вторичный сероводород наблюдается в минеральных источниках.

В *Бакинском у.* сероводород выделяется в разнообразных сероводородных источниках. Эти источники («серные источники»), нередко с сильным запахом сероводорода, тесно связаны с тектоникой местности и всюду выходят в местах сбросо-сдвигов, в связи с разломом пород вкрест простирания; например, целый ряд их расположен в Картемяро-Чахнаглярской гряде. Очень сильно развиты они у грязевого вулкана Кейреки в связи с отложением известкового туфа³. Среди пород, слагающих ложе солончака Кейреки, есть пески, пахнувшие сероводородом, в которых выходят сероводородные воды⁴. Из обнаженного пласта во всю длину Чахнаглярского плато выходят сероводородные источники, которые связаны с тремя водоносными пластами. Они имеют вид сопков (диаметр 30–45 см), богаты водой, выделяют углеводороды и сероводород. Температура их 11–19° С⁵. На травертиновых террасах к юго-западу от Картемяра находятся горько-соленые источники, богатые сероводородом, выходящие из известковых конусов; такие же образования наблюдаются здесь и в других местах – на побережье Беюк-Шора⁵. Во всех окрестностях здесь попадаются и сероводородные воды и пропитанные ими песчаные породы. Около Беюк-Шора скважина на нефть дала воду, богатую сероводородом (глубина 143 м)⁶. Терма (19,6° С) сероводородной воды известна около горы Ермаки, вблизи от характерной термической линии (тектонической), проводимой Абигом⁷. Сероводородные источники, выделяющие серу, указаны около ст. Алят⁸, у с. Сарай в горе Гюль-Тапа⁸, в 13 км от с. Сумгаит (кишлак Санги-Кем)⁸. Близ с. Коби, около вулкана Бооз-Даг, существуют выходы сероводородных источников в связи с нефтью⁸. Чрезвычайно часты выделения сероводорода около ст. Киязы, например – сероводородный источник в местности Гяндо⁹. Он выделяется в глинах и песчаниках горы Мань-Кала⁹, в русле р. Ситал-Чай¹⁰.

¹ Кроме литературы, указанной в § 65, см. еще работу *Потылицына* (1883, с. 394). Он указывает на обычное образование H_2S , как продукта распадаения сульфатов.

² О постоянном нахождении H_2S при бурении знает всякий, обращавший внимание на эти воды на месте. См. также, например, *Eichler*, 1874, с. 289; *Коншин*, 1890, с. 265. К сожалению, в анализах он исчезает. Этим недостатком страдают и вследствие этого теряют свое значение в значительной мере и новейшие анализы. Он пропущен для Бакинской губ. в новейших анализах, например у Голубятникова в специальной работе об этих водах (1916) или у Адиасевича (1915, с. 51), которые определял его остатки в виде сульфатов.

³ *Барбот де Марни* и *Симонович*, 1891, с. 111. *Меллер* и *Денисов*, 1900, с. 512. *А. Рябинин*, 1906, с. 176.

⁴ *Барбот де Марни* и *Симонович*, 1891, с. 98 и сл.

⁵ *Барбот де Марни* и *Симонович*, 1891, с. 117; 131; 133 и сл. Ср. странные явления, ими описанные у Беюк-Шора, с. 145. (Трещина с H_2S и с органическими сернистыми (?) соединениями).

⁶ *Барбот де Марни* и *Симонович*, 1891, с. 152.

⁷ *Абих*, 1863, с. 112.

⁸ *Меллер* и *Денисов*, 1900, с. 149; 244 (по указанию Барбот де Марни).

⁹ *Квитка*, 1905, с. 482; 487, 489, 491.

¹⁰ *Квитка*, 1905, с. 494.

На Ашперонском полуострове, кроме мест, указанных выше, связанных с Картемляро-Чахнаглярской грядой, сероводород выделяется в многочисленных источниках среди зеленых глинистых сланцев около горы Учъ-Тапы¹. На острове Жилом (одном из Апшеронских) сероводород известен в сероводородных источниках². Существовал такой же источник около Баку³. Около Бинагады⁴ выходят небольшие соленые источники, выделяющие сероводород (ср. т. I, § 268)⁵. Они известны около грязевого вулкана Нофти⁶.

В Биби-Эйбате небольшой восходящий сероводородный источник, ныне заваленный, выходил на участке № 54 Тифлиского общества⁷. «Серные» воды наблюдались нередко и при бурении на Биби-Эйбате⁷.

Выходы сероводородных источников вместе со струями газов и выделением легкой светлой нефти известны около Сураханов⁸. В самом сел. Сураханы⁹ вода с сероводородом («серная») выходит на глубине 6–13 м вдоль так называемого Аташкинского сброса. Здесь сероводородный источник идет по сбросовой трещине, прорезающей нефтяную свиту Апшеронского разреза; дебит его 4320 л; в нем 0,0599 г H₂S на 1 л, по Карстенсу¹⁰. В Сураханской площади вода третьего водоносного горизонта, лежащего отдельно от нефтеносных слоев, но нередко, благодаря недостатку техники, с ним смешивающегося, содержит часто сероводород; пески, в которых она заключается, в таком случае черного цвета, благодаря образованию сернистого железа¹¹. Сероводород находится и в газах буровых скважин¹². Нередко пропитанные сероводородом слои пород встречаются и в естественных обнажениях. Так, например, в Биби-Эйбатской площади указаны такие сине-серые пески среди влажных плиоценовых пресноводных слоев¹³. Нередко разрезы идут до выхода горизонта сероводородных источников¹³.

При проведении точного разреза третичных отложений Апшеронского полуострова¹⁴ сероводород был встречен в нескольких определенных горизонтах, например – в областях № 380 и 461 первой свиты продуктивной толщи и № 794, 798, 804, 820 второй свиты продуктивной толщи. Глины «с водоносным песком с запахом H₂S» встречаются в Биби-Эйбатском районе и при бурении¹⁵. В действительности, очевидно, влияние сероводорода и реакции, с ним связанные, были еще больше, так как огромное число слоев, изученное М. Абрамовичем, содержит сернистое железо (мельниковит), пирит и марка-

¹ Голубятников, 1905, с. 164.

² Н. Лебедев, 1902, с. 165.

³ Эйхвальд, 1860 (2), с. 24.

⁴ Воскобойников, 1827 (2), с. 19.

⁵ [§ 299 в первом издании].

⁶ Меллер и Денисов, 1900, с. 512.

⁷ Голубятников, 1914, с. 35; 141; 1916, с. 57.

⁸ Траутшольд, 1874, с. 268. Меллер и Денисов, 1900, с. 149. Голубятников у Engler u. Hofer, 1909, с. 429. Н. Лебедев, 1900, с. 12.

⁹ Голубятников, 1908 (1), с. 208. А. Семенов, 1908, с. 10.

¹⁰ Голубятников, 1916, с. 151, 185.

¹¹ См. доклад Особой комиссии. Труды Бак. отд. Техн. общ., XXIX. Баку, 1915, с. 9, 15, 24.

¹² Харичков, 1906 (2), с. 11 – считает случайным.

¹³ Голубятников, 1914, с. 39; 63.

¹⁴ Абрамович, 1913, с. 568, 572, 595–597.

¹⁵ Голубятников, 1916, с. 82.

зит. Аналогичное выделение сероводорода в глинах наблюдалось около ст. Пута¹.

Сероводородные источники известны на о. Святом. Здесь выходы сероводородной воды связаны со сбросами. В одном из озерков около буровой скв. № 1 в воде содержится на 1 л 0,2103 см³ H₂S, по анализу лаборатории Геологического комитета². В Калининском (Кала) озере, в 33 км к северо-востоку от Баку, выделяется на дне и по берегам сероводород из соляных источников³ (ср. т. I, § 268)⁴. В газах сопки около Баладжар наблюдается от следов до 0,25 % H₂S, в сопке между Пашалы и ст. Аджи-Кабул – следы⁵.

В *Джеватском* у. сероводород выделяется из грязей и воды Баба-Зананских теплых (34,4° R) источников и грязевых сопки, выходящих по сбросу (расположенных линейно), в 7 км от с. Сальян (Бугианские источники)⁶. Вблизи подошвы грязевого вулкана, так называемой Сигнальной горы, на правом берегу Куры находятся Нижне-Славянские (Божьи промысла) соляные источники со слабым выделением сероводорода⁷. В Аджикабульском нефтеносном районе многочисленные «серные» и соленые источники выходят в центре Мишовдагской антиклинали, в связи с сопками⁸.

В *Кубинском* у. сероводородом богаты содержащие соду источники (47–49° C) Халтанские и Ширван-Исти-Су около селений Халтан и Кунахкент⁹. Он известен в 4 км от этих источников по обоим берегам р. Кяляхяр¹⁰; выделяется также в термах около сел. Будуг¹⁰. Холодные сероводородные источники известны около нефтяных выходов близ Хидырзинде на берегу Каспия¹¹.

В *Ленкоранском* у. сероводород выделяется в нескольких местах и связан с глубокими тектоническими процессами. К сожалению, сероводородные источники, здесь находящиеся, очень плохо изучены, и имеющиеся литературные данные в значительной мере противоречивы. Мы имеем три группы сероводородных источников – все они связаны со сбросами и выступают параллельно главной тектонической линии N – S¹². По-видимому, мы имеем дело с источниками Пиренейского типа. Первая группа их, Аркеванская, состоит из группы горячих (49–50° C) источников в ущелье Ленкоранских гор, в 5 км от р. Вилиж-Чай, в 22 км от сел. Пришибинского, недалеко (5 км) от сел. Исы. По мнению А. Коншина, это одна из богатейших по сероводороду групп источников в России. В самом ложе Вилижа есть выход сероводород-

¹ Ушейкин, 1914, с. 1215.

² Нёшель и Кошкуль, 1864, с. 180. Н. Лебедев, 1902, с. 162 и сл. Голубятников, 1908 (2), с. 19, 27.

³ Цулукидзе, Архитов и Крафт, 1872, с. 11.

⁴ [§ 299 в первом издании].

⁵ Харичков, 1906 (2), с. 16.

⁶ Абиx, 1863, с. 49; 1883, с. 215. О них очевидно уже упоминает Эйхвальд (1834, с. 430). (Гора Истису). О горячих еще раньше: *Bieberstein*, 1798, с. 56.

⁷ Абиx (1863, с. 50, 76) о H₂S не упоминает.

⁸ Чарноцкий, 1916, с. 96.

⁹ Абиx, 1866 (1), с. 83. Коншин, 1892, с. 137. Абиx, 1892. Струве, 1901, с. 10. Богданович, 1902, с. 149.

¹⁰ Меллер и Денисов, 1900, с. 510.

¹¹ Юшкин, 1897, с. 84.

¹² Целебный Кавказ. Тифлис, 1916, с. 26 и сл. В. Богачев, 1916, с. 38.

ного источника¹. Другая группа, Астаринская, расположена в 8–9 км от Астары, в горном ущелье р. Исти (приток Астары). Здесь близ сел. Алашкент, вблизи персидской границы, известны слабо соленые термы (38–48,2° С), богатые сероводородом. Дебит их невелик². Недалеко есть холодный сероводородный источник³. Третью – Ленкоранскую группу составляют довольно многочисленными термы, выделяющие сероводород, в 13 км от Ленкорани, в ущелье р. Ибади-Су (Гавзава), близ сел. Рази, ущелье Гавзава (Русские, Мианкурские или Ленкоранские (45,5–47,2° С) серные воды). По анализу А. Штакмана, в них заключается 0,0017–0,0039 Na₂S и 0,0006–0,0025 свободного H₂S⁴. Вблизи находится холодный «сернистый» источник⁵. Русские серные воды выходят из серых сланцев и песчаников в вершине ущелья Гавзава; в 4 км находятся Персидские Ленкоранские источники и источник Готур-Су (38–42° С). Анализ А. Штакмана (1885) дал для Персидских источников на 1 л воды 0,0075 Na₂S и 0,0020 свободного H₂S⁴. Сероводород встречен и при артезианских бурениях; например, в сел. Николаевке вода с глубины 273 м выделяла его в незначительном количестве⁶.

В *Шемахинском у.*, на Хараминской возвышенности, всюду под понтическими песчаниками выходят соленые воды, содержащие сероводород. Глины, среди которых они выходят, содержат гипс⁷. У горы Малая Харам из слоев балаханской свиты выходит сероводородный ключ, отлагающий феррисиликаты⁸. Сероводородный ключ указан в Хинастинском ущелье, около аула Энгихерана⁹. Горячие источники около сел. Чаган Мамасалым (в 16 км от Шемахи) выделяют сероводород¹⁰. Слабое выделение сероводорода известно в источниках (15° С) около сел. Заргерана (Саргерака, Заргеракаи т.д.)¹¹. Выделяющие серу серные источники указаны близ сел. Навалы в местности Шихи-Хан и др.¹², близ сел. Мараза в кишлаке Таксу-Ятаги¹², около сел. Алты-Чай¹², около сел. Хильмили¹². Сероводород в виде следов наблюдался в газах сопки близ сел. Мараза; в сопке Келяпы на Шемахинском тракте 0,31% его газов¹³. Есть выходы сероводородной воды около сел. Астраханк¹⁴; холодный источник с H₂S указан в 4 км от Шемахи у сел. Джебани¹⁵.

108. В *Батумской обл.*, по анализу И.Д. Купциса, Махинджаурские сероводородные источники содержат в 1 л воды 0,5 см³ свободного сероводоро-

¹ Коншин, 1892, с. 53 и сл. Меллер и Денисов, 1900, с. 513, В. Богачев, 1916.

² Коншин, 1892, с. 154–155.

³ Меллер и Денисов, 1900, с. 515.

⁴ Раdde, 1886, с. 316. Коншин, 1892, с. 144. В. Богачев, 1916, с. 40.

⁵ Меллер и Денисов, 1900, с. 513. В. Богачев, 1916.

⁶ Марголюс, 1909, с. 194–196.

⁷ Коншин, 1883, с. 144.

⁸ По любезному указанию Н.И. Андрусова (1916).

⁹ Андрусов, 1909, с. 7.

¹⁰ Эйхвальд, 1860 (2), с. 50. Коншин, 1892, с. 154.

¹¹ Грум, 1855, с. 303. Торопов, 1864. Коншин, 1892, с. 154. Список лечебных мест Кавказа. Тифлис, 1915, с. 14 (Изд. «Целебн. Кавк.»).

¹² Меллер и Денисов, 1900, с. 149.

¹³ Харичков, 1906 (2), с. 16; 1906 (3), с. 14.

¹⁴ Богданович 1902, с. 144.

¹⁵ Джегангир, 1872–1873, с. 198.

да¹. В *Артвинском окр.*, в ущелье Абаносхеви, около сел. Микелети, находится теплый источник (31° С) с сильным запахом сероводорода, содержащий как связанный, так и свободный сероводород. Рядом находится другой выход воды, тоже пахнущей сероводородом². В *Батумском окр.* горный отрог, отделяющий бассейны рек Квирила и Цхлобана, богат минеральными источниками. Теплый (25° С) источник близ сел. Агара и около Цхлобана выделяет H₂S³.

В *Дагестанской обл.*, в *Андийском окр.* (см. т. I, § 268)⁴, сероводород слабо выделяется в соляных холодных источниках и более теплых (17° С) с сульфатами магнезия, выходящих из гипсовых толщ, вблизи селений Конхидатль и Нижние Энхели в Конхидатльском ущелье. Источников известно до 198. Выделение H₂S и CO₂ значительное. Они расположены в характерной тектонической долине, грабене (Кой-Су)⁵. Судя по описаниям, мы имеем здесь дело с метаморфическими источниками. К сожалению, анализы воды отсутствуют.

Очень обычны его выделения в связи с серой в *Гунибском* и *Даргинском округах* (т. I, § 268)¹. В *Кайтаго-Табасаранском окр.* (ср. т. I, § 268)⁴, в бассейнах Ягни-Чая, Баршлы-Чая, Рубас-Чая наблюдаются выделения сероводорода в минеральных ключах среди средиземноморских отложений, в местах перегиба складок (например, около сел. Тюменляр и др.)⁶. Сероводород наблюдается и в области эоценовых пород, пропитывая глины (например, в ущелье Каты-Муркул) и выделяясь в родниках (например, в долине р. Барзан-Чая, выше Казмалыра, 23° С)⁷. В Берекейской нефтяной площади выходы сероводорода и минеральных ключей наблюдаются в очень многих местах. Так, в бассейне Ягни-Чая они выходят в местах перегиба складок средиземноморских слоев (например, у Тюменляра)⁷. Аналогичные выходы известны в хребте Болхае, в долинах рр. Баршлы и Рубиса⁷. Сероводород связан с сбросами, что наблюдается при бурении на нефть в берекейской площади⁷. Давно известны теплые (до 50° С) источники Каракайтагские или Кайтаго-Табасаранские (Каякентские) или Дербентские в 48 км от Дербента и в 13 км от сел. Каякент. Они богаты сероводородом, и один из них, например, содержит, по Абиху (1865), 51,38 см³ H₂S на 1 л воды (по Абелью, на 1 л 0,061–0,079 см³ свободного H₂S)⁸. Вода, богатая сероводородом, встречается вблизи этих источников и при бурении, например – в Уллу-Исти-Су на глубине 8–11,5 м⁹. Около ст. Кая-Кент при бурении на нефть компании Любимова встречена серная вода в Неют Кутане. Здесь же имеются выходы серной воды и серных грязей на поверхности¹⁰. Между этими Кайтагскими источниками и Талгинскими (см. ниже, в *Темирханишурском окр.*), ближе к Буйбаку и т.д.,

¹ *Кутцис*, 1913, с. 170. *Бертенсон*, 1914, с. 135.

² *Казбек*, 1876, с. 51, 139.

³ *Казбек*, 1876, с. 56, 140.

⁴ [§ 299 в первом издании].

⁵ *Абих*, 1862, с. 29. *Меллер* и *Денисов*, 1900, с. 272–273. *Коншин*, 1892, с. 153.

⁶ *Голубятников*, 1906, с. 375, 386.

⁷ *Голубятников*, 1906 с. 382; 375; 386; 392.

⁸ *Торопов*, 1864, с. 100 (анализ Абеля 1860 г.). *Абих*, 1865, с. 33, 54. *Коншин*, 1892, с. 125. *Меллер* и *Денисов*, 1900, с. 435.

⁹ *Голубятников*, 1902, с. 747.

¹⁰ *Н. Лебедев*, 1902, с. 279–280.

встречаются выходы вод, выделяющих сероводород¹. Сероводород содержится в грязи около Дербентских источников, около выходов нефти в Тупсус-Кутан². Вода колодцев в самом Дербенте иногда содержит H_2S^3 .

В *Кюринском окр.* наблюдаются выходы сероводородных источников, связанных с тектоникой местности⁴. Так, в Кутур-Кюринском наместстве, в 5 км от сел. Цмур, небольшие количества сероводорода выделяются в Рычаль-Камских (Рычальских) источниках ($36,75^\circ C$)⁵. Сероводородные грязи и источники известны около сел. Гиляр по р. Самуру. Ключи выходят как по левому берегу Самура, так и в его русле. Их четыре ($29-35,5^\circ C$), они содержат CO_2 и углеводороды⁶. Указываются холодные «сернистые» ключи по р. Фрафачай, левому притоку р. Курахчай⁷.

В *Самурском окр.* слабое выделение сероводорода наблюдается в горячих квасцовых источниках по Самуру около сел. Ахты (Ахтинских источников), связанных с тектоникой местности⁸. Термы с запахом сероводорода указаны около аула Хнова⁹.

В *Темирханишурском окр.* (ср. т. I, § 268)¹⁰ сероводородные источники, выходящие из третичных пород, очень обильны и связаны с тектоникой местности. Едва ли поэтому можно считать выделяющийся из них сероводород продуктом выветривания сульфатов, как это до сих пор иногда указывается в геологических работах. Он связан с более глубинными явлениями, и, должно быть, в значительной мере является первичным. Наиболее обильны водой Талгинские и Ишкартинские источники.

Можно отметить многочисленные источники, содержащие сероводород, в различных частях хребта Нарат-Тюбе (источники Бавтугайские, Чир-Юртовские, Нарт-Кутанские, Тепсели-Тау), в окрестностях Кукурт-Тау и прикаспийских гор (источники Пирджак-Кутан, Уйташ-Кутан, Нан-Кутан, Сасык-Булаки т.д.)¹¹. Евгениевские сероводородные источники находятся по р. Сулаку около сел. Малый Чиркей¹². Богаты сероводородом Талгинские (Таргинские) источники, в антиклинали Кукурт-Тау, в 16 км от Петровска. Здесь давно известно до 10 источников с температурой до $35^\circ C$ ¹³. Очень характерно, что вблизи Талгинских источников мы имеем и сухие струи сероводорода, выделяющиеся из трещин пород¹⁴. По-видимому, характер местности и самих источников

¹ *Абих*, 1865, с. 37.

² *Торопов*, 1864.

³ *Струве*, 1901, с. 56.

⁴ *Богданович*. 1902, с. 46.

⁵ *Григорьев и Штакман*. 1898, с. 426. *Богданович*, 1902, с. 31.

⁶ *Коншин*, 1892, с. 152. *Меллер и Денисов*, 1900, с. 437. *Богданович*, 1902, с. 17.

⁷ *Меллер и Денисов* 1900, с. 437. *Богданович* (1902, с. 30) их не нашел.

⁸ *Абих*, 1859, с. 407. *Абих*, 1866 (1), с. 82. *Коншин*, 1892, с. 130. *Меллер и Денисов*. 1900, с. 438. *Богданович*, 1902, с. 41.

⁹ *Абих*, 1866 (1), с. 82.

¹⁰ [§ 299 в первом издании].

¹¹ *Барбот де Марни*, 1894, с. 402–403. Ср. *Коншин*, 1892, с. 119.

¹² *Абих*, 1866 (1). *Коншин*, 1892.

¹³ *Абих*, 1865, с. 27. *Коншин*, 1892, с. 116. *Барбот де Марни*, 1894, с. 403. *Ермолов*, 1916. Эти источники известны давно. См. *Эйхвальд*, 1834, с. 86 и сл. Для Талгинских источников см. еще *А. Булгаков*, 1893, с. 26 и сл.

¹⁴ *Барбот де Марни*, 1894, с. 395. Этот факт наблюдался и мной при посещении этих источников в 1897 г. Сероводород выделялся из естественных трещин. *Барбот де Марни* наблюдал его в шурфах.

изменился с течением времени согласно обзору геолога Леднева¹. Теперешний Гиик-Салганский источник образовался при бурении на нефть. Вода выходит из шахты и собирается в озерко. Дебит около 155 000 ведер. Он лежит при слиянии Талгинского и Гиик-Салганского ущелий, на южном склоне хр. Нарат-Тюбе на высоте 234 м². Здесь можно насчитать, вместе с главным, до 10 выходов источников. По анализу Э. Карстенса, вода главного источника (37,7°) дает максимальное из до сих пор где бы то ни было наблюдававшихся количеств свободного сероводорода, а именно 0,2834 г свободного H₂S и 0,0512 г связанного (0,1176 г Na₂S)³. Характер этих источников неясен, может быть Пиренейского типа? В 10 км от Петровска, по дороге к Талгинским источникам, в горе Уч-Коллар из буровой скважины на нефть выходит холодный сероводородный источник³. Указаны еще холодные сероводородные источники около сел. Ишкарты⁴.

В ущелье на левом берегу р. Губден, в 3 км от сел. Губден, наблюдается холодный (19° С) щелочной источник с явным запахом сероводорода⁵. Сильное его выделение происходит временами в пресных источниках (33,5° С) около дер. Атлибойни (Атлы-Бююн) в связи с выходами нефти, гипса и т.д.⁶

109. В *Елисаветпольской губ.*, в *Джеванишурском у.*, небольшое количество сероводорода выделяется из источников в андезите в верхнем течении р. Тертер (источники Тертерские Истису⁷. В *Нухинском у.*, на границе с *Самурским окр. Дагестанской обл.*, сильное выделение сероводорода наблюдается в богатых водой Бумских источниках (37,5° С) около сел. Бум, в ущелье Бум-Чай⁸. Горячий сероводородный источник указан около сел. Халхал⁹.

В *Закатальском окр.* сероводород (0,0012 г в 1 л, по Струве) выделяется в богатых водой источниках (38–42° С), в 5 км от сел. Елису, в ущелье р. Ам-мамчая. Вблизи выход более холодной воды (24° С) («Глазная вода») со следами H₂S. Главных источников два (до 419 ведер в час, по Меркулову). В этом районе сосредоточен целый ряд других источников – например Мох-Булах на

¹ Ермолов, 1916, с. 13.

² К сожалению, описания Ермолова и Леднева недостаточно отчетливы и ими не приняты во внимание прежние наблюдения. Может быть, ими описана за Талгинский источник буровая скважина на нефть Давидбекова и К° в Гиик-Салганском ущелье, давшая на глубине главным образом 190 м значительный приток горячей «серной воды». См. *Н. Лебедев*, 1902, с. 276.

³ Ермолов 1916, с. 16, 17, 22; 9.

⁴ *Конишин*, 1892, с. 111. *Барбот де Марни*, 1894, с. 404. *Меллер и Денисов*, 1900 с. 433. Об Ишкартинских источниках см. *Ребров*, 1862, с. 85. По анализу Абея, в 1 л воды содержится 0,014 г сероводорода. Температура источника – 12° С.

⁵ *Конишин*, 1892, с. 122.

⁶ *Абих*, 1865, с. 31. *Конишин*, 1892, с. 119. *Барбот де Марни*, 1894, с. 382. *Ермолов*, 1916, с. 14. Указан источник Тилигинтау между Темир-Хан-Шурой и Атлибойни. См. *Торопов*, 1864, с. 213.

⁷ *Грум*, 1855, с. 304. *Торопов*, 1864. *Скоров*, 1876, с. 34. Новые наблюдатели (*Э. Гофман*, 1912, с. 107–108) не упоминают о сероводороде.

⁸ *Абих*, 1866 (1), с. 81. *Конишин*, 1892, с. 140. *Струве*, 1901, с. 7.

⁹ *Грум*, 1855. *Торопов*, 1864.

берегу Курмуха (20° С)¹. В урочище Наджихой, около сел. Джинджимас, на притоке р. Мухах, выходит холодный «серный» источник².

В *Карсской обл. в Ардаганском окр.*, есть указания на сернистые источники по Куре, на левом берегу – Чочорт близ с. Лори, на правом тут же – Чаис³. В *Кагызманском окр.* слабое выделение сероводорода известно для Бешкилинских источников по р. Дигор-Чай³. В *Карсском окр.* слабый запах сероводорода наблюдается в Джелаусских источниках, в ущелье р. Джелаус, в 30 км от Карса³. В *Ольтинском окр.* тоже есть указания на сернистые источники, по-видимому сероводородные (например, источник Чермук, близ сел. Аркунис)⁴. В *Таускерском окр.* сероводородный источник указан около сел. Айдост (+33,5° С)⁵.

110. В *Кубанской обл.* выделения сероводорода известны в связи с месторождениями нефти. Но сверх того здесь наблюдается группа сероводородных источников Пиренейского и метаморфического типа. По-видимому, на глубине 107–128 м для всего района северной и северо-восточной частей Азовского моря мы наблюдаем горизонт сероводородных вод, богатых NaCl⁶. Серные и сернощелочные термы, вероятно, приурочены главным образом к «свите Горячего Ключа»; холодные серные источники имеются и в более низких горизонтах⁷. Такие термы – Псекупские, Абадзехские, Каменномостские и, вероятно, северные Дербентские и Ильские источники. Вторичный сероводород биохимического происхождения известен во многих местах. Нижеследующее перечисление нахождения сероводорода явно неполно.

В *Баталпащинском отделе* сероводород выделяется из грязей Баталпащинских озер⁶. Он указан в колодцах по берегу Кубани в станице Баталпащинской⁸. В Теберде, в верховьях р. Зеленчук, есть газовые источники, выделяющие сероводород⁹.

В *Ейском отделе* сероводород в количестве 0,0119 г в 1 л (по С. Войславу, около 6 см³ на 1 л) наблюдался в воде колодца глубиной в 57 м на ст. Кущевке¹⁰. Скважины (глубина 213 м) на ст. Крыловской дали воду, пахнущую сероводородом. Позже запах сероводорода исчез¹¹. При артезианском бурении 1913 г. в г. Ейске получена соленая вода, богатая сероводородом¹². По анализу Э. Карстенса¹³, она (12,45° С) содержит 0,0570 г H₂S свободного и 0,0075 г

¹ *Абих*, 1866 (1), с. 80. *Струве*, 1888, с. 647 и сл. *Коншин*, 1892, с. 142. *Симонович*, 1896, с. 166 и сл.

² *Симонович*, 1896, с. 151 и сл. Есть указания и на другие источники, выделение H₂S в которых неясно. Таков, например, «сернощелочный» источник Кайнатмы (*Симонович*, 1896, с. 160).

³ *Меллер и Денисов*, 1900, с. 528 и сл. И здесь, как и в других случаях неясно, имеем ли мы дело с растворами сульфидов или сульфатов.

⁴ *Поповяни*, 1896, с. 19.

⁵ *Конюшевский*, 1915 (1), с. 20.

⁶ *В. Попов*, 1900, с. 101. По анализу Ястржембского, грязь содержит 0,003–0,008% H₂S.

⁷ *Славянов*, 1917, с. 92.

⁸ *Прокопов*, 1910, с. 54–55.

⁹ По указанию А.А. Иванчина-Писарева (1922).

¹⁰ *Войслав*, 1896, с. 38, 50. *Ротштейн*, 1910, с. 211.

¹¹ *Ротштейн*, 1910, с. 209.

¹² *Стопневич*, 1917, с. 147. *Юшкин*, 1915 (1), с. 57 и сл. Эта скважина давала 40 000–45 000 ведер в сутки. См. еще *Конюшевский*, 1915 (3), с. 73.

¹³ *Карстенс*, 1915, с. 3–6. Ср. Труды Кубанск. отд. Техн. общ., Е., 1915, № 4, Отд. II, с. 4.

связанного (Na_2S) в 1 л. Вода выходит из плиоценовых слоев (?), и колебания в количестве сероводорода незначительны¹. По указанию В. Богачева, недалеко от Ейска он наблюдал просачивание соленой сероводородной воды¹.

В *Екатеринодарском отделе*, в районе Псекупских минеральных вод² (около местечка Алексеевский Горячий Ключ, в 3 км от ст. Ключевой, на правом берегу Псекупса и в 2 км дальше), на северных отрогах хребта Котха, сложенных третичными отложениями, сероводород выделяется в горячих минеральных источниках. По измерениям Конради, максимальны: Александровский источник ($51,0\text{--}56,2^\circ\text{C}$) и № 3^a южный дренажный ($53,5\text{--}54,0^\circ\text{C}$). Выделения его известны и дальше в соленых источниках на р. Шкелюк, около Соленого озера и т.д.³ Количество сероводорода в термах в разных источниках различное. Часть его связана с щелочами – натрием и аммонием (например, в Александровском источнике, по А. Штакману, 0,0765 г Na_2S и 0,0035 г Am_2S , в Ольгинском – 0,0716 г Na_2S и 0,0028 г Am_2S и т.д.), часть свободная (следы – в Михайловском и до 0,1401 г – в Александровском). Количество его меняется; так, например, в йодо-бромистом источнике, по А. Ливену, в 1877 г. его заключалось 0,0538 г H_2S , в 1914 г. по В. Спицыну до 0,020 г. Но очень возможно, что это изменение связано с влиянием поверхностных вод – отсутствием в то время каптажа, так как, по анализу Бибикова, по окончании каптажа получилось 0,0647 г H_2S . Новые работы И. Купциса указывали на огромное количество сернистых тел в этих источниках. Так, для сборной воды всех источников (45°C) оказалось в ней свободного H_2S – 0,110 г, связанного (с Na, Am, Fe) H_2S – 0,0190 г. Присутствует в них Na_2S и NaHS . Анализ выделяющихся газов был произведен А. Штакманом. Газовая струя азотная и содержит HC_4 , H_2 , CO_2 , H_2S и COS . На 1000 см³ газа количество H_2S колеблется от 4,06 см³ (Александровский источник) до 0,15 см³ (источник близ утеса)⁴. Это выделение сероводорода настолько ясно и широко связано с тектоникой местности, что нельзя допускать для него вторичного происхождения благодаря поверхностному разложению гипса, как это до сих пор иногда делают; мы, по всем данным, имеем здесь дело с первичным сероводородом. По-видимому, эти источники принадлежат к Пиренейскому типу; на это указывает своеобразный характер вод – их богатство сернистыми щелочами (§ 56). Уже Абих обратил внимание на чрезвычайное сходство вод, выделяющих здесь сероводород, с водами источников около Михайловской станицы (Терская область). Отличием, может быть, является нахождение в этих водах *аммония* при исключительном богатстве натрием. Любопытно различие в химическом составе источников в Горячем Ключе (бедных Вг, J, K, Ca) и в бром-йодис-

¹ *Конюшевский*, 1915 (1), с. 29; 20.

² *И. Ходзько*, 1864, с. 283. *Абих*, 1865, с. 47, 58; 1867 (2), с. 398 и сл. *Кошкуль*, 1865, с. 88. *Клюковский*, 1877, с. 4 и сл. *Ливен*, 1877, с. 13 и сл. *Каменев*, 1883. *Штакман*, 1885. *Коншин*, 1899, с. 153. *Косинов*, 1900, с. 230 и сл. *Юшкин*, 1909. *Богданович*, 1910 (2), с. 224. *Бакланов*, 1912, с. 24 (анализы Бибикова). *Юшкин*, 1909, с. 33 (анализы). *Спицын*, 1914, с. 71. *Косинов*, 1915, с. 196. *Купцис*, 1915, с. 36 и сл. *Огильви*, 1917 (1), с. 18.

³ Для Псекупских источников см. *Юшкин*, 1915 (1), с. 19; источники на р. Шкелюк в юрте станицы Кутаисской (там же, с. 27), источники из гипсоносных слоев нижнего сармата. Источники в районе Соленого озера в юрте станицы Ключевой в 8 км от Псекупских – Соленозерские источники (там же, с. 27).

⁴ *Штакман*, 1885, с. 48 и сл.

тых в 2 км от них (богатых Вг, J, K, Li, Ca). Были бы желательны их полные анализы. Суточный приток воды горячих Псекупских вод исчисляется в 25 000 ведер (по А. Огильви). Холодные и теплые источники по р. Псекупсу беднее сероводородом, заключают его следы или небольшие его количества (0,0434 мг на 1 л, по И. Купцису). В Бабычевском источнике (38,3° С) содержатся сернистые щелочи. В соленых источниках по р. Псекупсу заключается до 0,014 г серы в виде сернистых соединений (Купцис). Дебит этих холодных и теплых источников незначителен.

Сероводород широко распространен в водах отдела в несомненной связи с тектоникой местности. Он всюду наблюдается в холодных источниках на северном склоне хребта Пшав, в хребтах, пересекаемых реками Убин и Иль¹. В Закубанье, например около станицы Ильской, пресные нефтяные воды (выходящие из среднесарматских доломитовых известняков) очень богаты временами сероводородом. Сероводород выделяется при бурении на нефть² и в газообразном состоянии вместе с СО₂. Здесь выходит тяжелая нефть³. В 1–2 км от станицы Ильской имеются два сероводородных источника, выходящих из горизонта Горячего Ключа⁴. В юрте Ильской станицы сероводородный источник известен около хуторов Куценаловского, Панаса и т.д.⁵ В области листов Смоленского и Ильского геологической карты из фораминиферных слоев (глины С, олигоцен) выходят нефть и сероводородные источники⁶. Всюду, где выходят эоценовые слои (горизонт Горячего Ключа), наблюдаются сероводородные источники. Выходы этих пород наблюдаются в западной части Смоленского листа по южному склону Нистуко и в Соленой щели. В восточной части Ильского листа они развиты по Илю и по обоим склонам хребта, лежащего между Илем и Хоблем. Нефти в них нет⁷. Около станицы Азовской на берегу р. Убин (приток Кубани) холодные сероводородные источники выходят из отрогов Нистуко⁸. В 12 км от станицы Убинской расположены холодные Запорожские минеральные источники, один из которых (№ 2) выделяет сероводород. По анализу И.А. Каблукова, в нем 0,002584 г Н₂S. Температура его 12,5° С⁹. Может быть, сероводород вадозный, по Герасимову (не метаморфические ли источники?).

В *Кавказском отделе* на границе *Ставропольской губ.* у станицы Успенской вода в балке выделяет сероводород (бассейн р. Калилы)¹⁰.

В *Лабинском отделе* в источнике у Каладжинской станицы, по Э. Карстенсу (1912), находится 0,0139 г Н₂S (серный щелочно-глауберовый)¹¹. Око-

¹ Коншин, 1899, с. 158.

² О его нахождении в естественных и буровых нефтяных водах см. Дубиневич, 1887, с. 1 и сл.

³ Коншин, 1888, с. 90 и сл.; 1890, с. 98; 1899, с. 158.

⁴ Юшкин, 1915 (1), с. 11–13; 1915 (2), с. 18. Другой – в юрте станицы Дербентской; Вг и J в них очень мало.

⁵ Юшкин, 1915 (1), с. 19.

⁶ Чарноцкий, 1914, с. 97.

⁷ Коншин, 1899, с. 178. Чарноцкий, 1914, с. 99, 134. Юшкин, 1915, (2), с. 17.

⁸ Коншин, 1899, с. 178.

⁹ Труды Кубан. отд. Техн. общ. Е., 1915, № 4. Отд. II, с. 24. Ермолин, 1915, с. 14. А. Герасимов, 1917 (3), с. 29. Юшкин, 1915 (1), с. 14.

¹⁰ Поппер, 1870, с. 121.

¹¹ Юшкин, 1912, с. 87 и сл.; 1915 (1), с. 39.

ло Баракаевской станицы известны два «серных» источника. «Серно-соляной» источник указан около станицы Бесстрашной.

В *Майкопском отделе* выделения сероводорода наблюдаются в источниках при аналогичных условиях, в связи с месторождениями нефти. Таков, например, источник, богатый сероводородом, в Карагачевой балке, около ст. Хадыжинской¹, на левом берегу р. Цице, у греческого хутора (14° С – с довольно значительным содержанием сероводорода)¹. Сероводородный источник вытекает в Нефтяной балке из мезотического глинистого песка². Сероводород встречен и в буровых водах при бурении на нефть около станицы Нефтяной³.

Давно указаны сероводородные источники по р. Пшеходзе (Шоходзе), Чекоху, притоку р. Пшехи, близ станицы Ширванской⁴. Происхождение сероводорода этих источников неясно. Около ст. Дагестанской сероводород выделяется в ключах по р. Хокодз у хутора Калганова⁵. Выделяющийся газ представляет азотную струю, богатую (7,09%) сероводородом⁵. Сероводород выделяется в источниках в самом русле реки по среднему течению р. Псебепса⁶, около р. Симки (недалеко от хутора Богомаза)⁶, около хутора Кияшко⁷ по р. Хобек⁷ между Кабардинской и Куринской по р. Пшишу⁸, около станицы Варениковской по р. Кудако⁸. Эти месторождения, может быть, связаны с выходами нефти. По-видимому, слой воды с сероводородом занимает определенный горизонт в Нефтяно-Ширванской нефтеносной площади. Он наблюдается вместе с тяжелой нефтью, генезис которой как будто связан с процессами, идущими на месте, в так называемом горизонте Ширванских колодцев⁹. В бассейне р. Чекоха такой пласт сероводородной воды лежит в основании горизонта Ширванских колодцев и питает сероводородные источники по Чекоху¹⁰. По-видимому, этот сероводородный горизонт более распространен, чем думали. Неясно, правильно ли предположение И.М. Губкина, что сероводород мог образоваться при действии углеводородов на сульфаты, так как отсутствуют наблюдения над температурой вод (ср. § 57, 73)¹¹. Известен сероводородный источник в 4 км от Каменномоетского хутора¹². Сероводородный источник «Вонючка» в 5 км от Абадзехской ст. по р. Белой состоит из 6 бьющих ключей¹². Источник около Севастопольской станицы содержит,

¹ Богданович, 1910 (1), с. 21; 22.

² Известия Геол. ком., 30, СПб., 1911, с. 203.

³ Винда, 1910–1912, с. 283.

⁴ Корниевский и Фозель, 1866, с. 6. Кошкуль, 1865, с. 197 – в 7 км от Ширванской, на правом берегу Пшехи и на левом берегу Цекочи (Чекоху?).

⁵ Бузик и Савельев, 1916, с. 39–40; 55.

⁶ Прокопов, 1914, с. 51; 75–76; 81; 87.

⁷ Прокопов, 1914, с. 51; 75–76; 81; 87.

⁸ Кошкуль, 1865, с. 199; 202.

⁹ Губкин, 1912. По мнению Богдановича (1915, оттиск, с. 11–12), H₂S и CO₂ «очень постоянно сопровождают только горизонт легкой нефти». По Винда (1911, с. 38), H₂S встречается в водах, сопровождающих тяжелую нефть (над нефтеносным вторым горизонтом).

¹⁰ Губкин, 1912, с. 24. Ср. Кошкуль, 1865, с. 197. Цекочь.

¹¹ Губкин, 1912, с. 86; 1913 (2), с. 8.

¹² О. Ходзько, 1866, с. 96. Юшкин, 1912, с. 85. О сероводородном источнике в «Войтиной поляне» близ хутора Каменномоетского см. Юшкин, 1915 (1), с. 33.

по Лашенко, 0,02 г H_2S ¹. Газ, выделяющийся в грязевой сопке Шуго (метановая струя), а также и ее вода содержат, по анализу Н.Н. Барабошкина, следы сероводорода².

В *Таманском отделе*, на Таманском полуострове, указаны «сернистые» источники в связи с нефтью или сопками – около Горелой сопки, Пеклы, Фонтанного поселка, Сенной и т.д.³ (ср. § 66). Исследование Н.Н. Барабошкиным газов, выделяющихся в сопках Гнилой Горы и Пекло, показало присутствие в них следов H_2S ⁴. При извержении Карабетовой горы в 1868 г. запах H_2S доходил до Таманской станицы⁵.

В 2 км от Бугазского озера (15 км от Фанагории) известны выделения сероводорода в сероводородном источнике, осаждающем серу⁶. В области на запад от Каменного мыса сероводородные источники выходят в местах налегания песчаников на майкопские глины⁷. Известен выход сероводородного источника у подошвы Карабетовки⁷. В листе геологической карты Анапа – Раевская сероводородный источник в глинах майкопской свиты известен южнее хутора Белого⁸. В листе геологической карты Темрюк – Гостогай указаны в долине р. Чекупса сероводородные соленые ключи (четыре), выходящие из фораминиферовых слоев⁹. Около станицы Гостогаяевской, у р. Гостогая, вблизи выходов нефти, наблюдается в средиземноморских слоях несколько сероводородных источников¹⁰. Сероводородный источник выходит в плавнях р. Кубани, около впадения в нее Воронова ерика, на контакте глин и известняков¹¹. Выход из понтических слоев сероводородных источников указан в возвышенности между Кубанью и Курчанским лиманом. Сероводородный ключ наблюдался в верховьях р. Шакон, в глинах майкопской свиты¹¹. Вода сопки Гнилой Горы, по Н.Н. Барабошкину, содержит на 1 л 0,0001 г H_2S , в ней растворенного¹. В среднем верховье р. Хобе, вблизи границы Гладковского юрта, находится холодный сероводородный источник из понтических слоев. Около хутора Богомаза на р. Псиф – холодный сероводородный источник¹². Грязь Тузлянских соленых озер, отделенных теперь от Черного моря Тузлянской косой, выделяет сероводород¹³.

111. В *Кутаисской губ.*, в *Зугдидском у.*, источники Котоменджи на берегу р. Джумы близ монастыря Цайши богаты сероводородом; источники расположены вдоль линии по оси поднятий (30° С). По анализу С. Иванова, они содержат 0,01834 г H_2S , по Купцису – 0,0045 г.¹⁴ В *Кутаисском у.* в источниках,

¹ Юшкин, 1912, с. 86; 1915 (1), с. 33–34.

² Прокопов, 1914, с. 160. Губкин, 1915, с. 176–177, 179.

³ Кошкуль, 1865, с. 2.07. Кошкуль называет их «серными» источниками. Ср. Меллер и Денисов, 1900, с. 378.

⁴ Губкин, 1915, с. 176–177.

⁵ Ланд, 1871 (1), с. 28.

⁶ Грум, 1855, с. 311. Кошкуль, 1865.

⁷ Губкин, 1913 (1), с. 814; 848–489.

⁸ Губкин, 1915, с. 31, 138.

⁹ Кошкуль, 1865, с. 84, 204–205. Губкин, 1915, с. 86–87.

¹⁰ Губкин, 1915, с. 66, 191. Юшкин, 1915 (1), с. 3.

¹¹ Губкин, 1915, с. 78; 90, 191; 85, 138; 178.

¹² Юшкин, 1915 (1), с. 7–8.

¹³ Юшкин, 1909, с. 9.

¹⁴ Симонович, 1877 (1). с. 74. Мачавариани, 1915, с. 46.

близ с. Цхалтубо (Цкалтубы), сероводород выделяется временами и в небольшом количестве¹. Ясное выделение сероводорода наблюдается в источниках Абанос-Чали, около сел. Зекари². В Зекарском ущелье сероводород выделяется также из источников (15,5° С) около сел. Алис-Имерети, выбивающихся в андезитовой породе³. Холодный «серный» источник известен на берегу р. Ханисцкала, у сел. Негриети (15° С)⁴. Такой же источник известен вблизи сел. Соколадзево⁴. Богаты им источники около сел. Чокиани⁵. Холодный (13° С) сероводородный источник известен около Курсеби, в 12 км от Кутаиса, Весь H_2S находится в свободном состоянии – 0,0048 г H_2S на 1 л (1898 г.)⁶. Слабое выделение сероводорода наблюдается в источниках по р. Исрети (Логенари), на р. Сулори, около сел. Двалишвилеби⁷. Выделяется он и в холодных источниках около ж.-д. станции «Серные Воды» (источники Хреси́ли, Окри́би, Са́цире – по имени близлежащих селений и урочищ). Источников известно три (11,5–14,6° С, от 700 до 3500 ведер в сутки каждый) на расстоянии 1–2 км друг от друга⁸. Оригинально выделение сероводорода в водах ущелья р. Ридуа (Руа) (около сел. Онурчхети). Летом выделение его более сильное, чем зимой⁹. В *Лечхумском у.* сероводород выделяется на берегу р. Риона, в источнике Абано, около ст. Алпани (Военно-Осетинская дорога)¹⁰. Около сел. Доли (общ. Латаль) известен холодный сернистый источник¹¹. Есть указание на их нахождение в Сванетии около сел. Лугвани¹², в хребте Тарихон (Читхаро)¹². Холодный «сернистый» источник указан в Сурмуши, недалеко от сел. Лайлаши¹³. В *Озургетском у.* теплые сернистые источники известны в местности Лашем-Крала, около монастыря Джуматы¹⁴. В *Рачинском у.*¹⁵ сероводород выделяется из холодного источника около Цхмори, по р. Джоджаре¹⁶; он наблюдается в источнике сел. Зеглеви, в связи с гипсом и серой (т. I, § 268)¹⁷. Есть неясные указания на «сернистые» источники по р. Чошуре у слияния ее с Домбурой, по р. Домбуре и на правом берегу Хваргулы. Источники холод-

¹ Крыжановский, 1830, с. 149. Симонович, Бацевич и Сорокин, 1875, с. 117. Коншин, 1894, с. 127. Выделение сероводорода, вероятно, случайное. Он не найден при химическом исследовании. См. Струве, 1901, с. 34 и сл. Купцис, 1915, с. 149 и сл. Бабе, 1915, с. 16.

² Коншин, 1894, с. 190. Источники около Зекари – теплые (36° С по Коншину, 32–35° С по Медведеву). См. о них Пантюхов, 1865, с. 377. Меллер и Денисов, 1900, с. 470.

³ Коншин, 1894, с. 207.

⁴ Чурсин, 1916, с. 6.

⁵ Торопов, 1864, с. 215. Коншин, 1894, с. 199.

⁶ Струве, 1901, с. 42.

⁷ Коншин, 1894, с. 203. Ср. Торопов, 1864, с. 215. В 3 км от Исрети на берегу р. Сурети сероводородные воды (32,5° С) выделяются в трещинах зеленоватого песчаника. *Dubois de Montregeux*, 1839, с. 122.

⁸ Радде, 1866, с. 23. Коншин, 1894, с. 213. Чурсин, 1916, с. 8 и сл.

⁹ Симонович, Бацевич и Сорокин, 1875, с. 22.

¹⁰ Эйхвальд, 1860, с. 49. Коншин, 1894, с. 213.

¹¹ И. Ходзько, 1864, с. 284.

¹² Меллер и Денисов, 1900, с. 465.

¹³ Список лечебных мест Кавказа. Тифлис, 1916, с. 27.

¹⁴ Меллер и Денисов, 1900, с. 455.

¹⁵ Ср. еще Мачавариани, 1915, с. 36.

¹⁶ Воскобойников, 1826, с. 55.

¹⁷ [§ 299 в первом издании].

ные (8°)¹. Источники, выделяющие сероводород, указаны около сел. Чали и Бугеули в болотистой местности². В *Сенакском у.* сероводород известен около сел. Старо-Сенаки, в связи с серой (т. I, § 268). Холодные сернистые источники указаны на левом берегу р. Цива (приток Риона) выше сел. Текляты³. Слабое выделение сероводорода наблюдается в Накалакевских источниках (44° С) около сел. Накалакеви⁴.

В *Шорапанском у.* есть указания на сернистые источники, но неясно, включают ли они сульфиды или сульфаты⁵. Сероводород выделяется в Кверетских сернистых водах, в 4 км от ж.-д. станции Сачхере⁶. Следы сероводорода, по Э. Карстенсу, наблюдаются в источнике Лесови, Чальской дачи. Рядом с этим источником наблюдаются «выделения сероводорода»⁷. По речке Чтили-Цхали около сел. Звара находятся теплые «сернистые» Чтилицхальские и Нуписские источники, по-видимому сероводородные⁸. Холодные сернистые источники указаны в хр. Хихат на р. Квирилу⁸.

112. В *Ставропольской губ., в Александровском у.*, сероводород выделяется в теплых источниках Пиренейского типа около горы Кум (Кинжал), близ сел. Канглы (Кумогорские источники), на склоне небольшой Мыльной горы. Эти источники образуют речку Кокуртлы. Количество сероводорода постоянно; по анализам 1842–1904 гг., оно колеблется от 0,056 г на 1 л (Фритче) до 0,060 г (Фомин), т.е. в пределах ошибок. Новый анализ Э. Карстенса (1914) дает 0,0479 г свободного H₂S на 1 л. Дебит воды достигает 18 000 ведер в сутки (по А. Герасимову, летом до 16 000 ведер, температура 30–31° С). Газ этих источников в главной своей части состоит из азота (2,033 объема на 3,23 объема, по Р. Герману) и богат H₂S (0,399 – на тот же объем). Сероводород, по крайней мере частью, связан с распадением Na₂S, как это показал Ф. Шмидт. Геологический характер этих источников не может считаться точно выясненным, и существуют различные попытки объяснить их происхождение. Весьма вероятна, однако, гипотеза, поддерживаемая в последнее время А. Герасимовым, что источники связаны с массивным кристаллическим ядром холмов Кокуртлы, с извержениями бештаунитов. Вблизи есть выходы и других источников, некоторые из них содержат сероводород⁹.

В *Прасковейском, Ставропольском* и в других уездах сероводород нередок в грунтовых и в артезианских водах (сел. Никольское на Горькой балке, скважины на Куме, в Левокумском, Николаево-Александровском и др.). Вода при стоянии теряет сероводород¹⁰. В *Прасковейском у.* «вода апшерон-

¹ Г. Смирнов, 1909, с. 140. Ср. тоже неясные указания у Меллера и Денисова, 1900, с. 467–468.

² Пантохов, 1871, с. 624; 1865, с. 333.

³ Симонович, Бацевич и Сорокин, 1875, с. 116. Меллер и Денисов, 1900, с. 467. Пантохов, 1865, с. 333.

⁴ И. Ходзько, 1864, с. 283. Конишин (1894, с. 208) H₂S не нашел.

⁵ Меллер и Денисов, 1900, с. 473.

⁶ Чогошвили, 1916, с. 28.

⁷ Конюшевский, 1909, с. 95–96.

⁸ Меллер и Денисов, 1900, с. 473; 472.

⁹ Нелюбин, 1825 (2), с. 661. Р. Герман, 1831 (2), с. 369 (1832. стр.416). Баталии, 1861 (2), с. 123. Ф. Шмидт, 1868, с. 123. И. Мушкетов, 1886 (2), с. 107. Фомин, 1886, с. 36 (анализ Ф. Шмидта). Ларин, 1903, с. 167 и сл. Дрейер, 1904, с. 113 и сл. Крист, 1909. А. Герасимов, 1911, с. 15; 1914, прот., с. 213; 1917 (3), с. 61.

¹⁰ Стопневич, 1911, оттиск, с. 26; 1909, с. 5.

ских отложений вообще отличается хорошим вкусом, хотя при получении ее из глубоких горизонтов она приобретает запах H_2S , а при глубине более 213 м содержит даже свободный H_2S ; например, в скважине Кутламан Суба сероводород в таком количестве, что из трубы вода идет совершенно молочного цвета»¹. В сел. Прасковее две скважины; одна из них с глубины 200 м выделяет воду с сероводородом. В сел. Покаянном (в 5 км от Святого Креста) скважина с сероводородом – Вонючая скважина. Воды из верхнего сармата – по указанию А.А. Иванчина-Писарева (1922 г.).

В *Сухумском окр.*, Кутаисской губ., по р. Беслетке, в 4 км от Сухума, известны как в самом русле реки, так и на берегу тепловатые сернистые источники со слабым выделением сероводорода². Холодные источники с сероводородом указаны на берегу р. Ацгара, около 5 км к северу от горы Петлахбори³, в котловине Дзышра⁴, по р. Кодор, в горе Чемгахуар⁵. На правом берегу Гализги, в 5 км от сел. Абгихдары, известны горячие Абаранские или Ткварчельские источники³.

113. В *Терской обл.* находятся области очень богатых сероводородом и водой терм, тесно связанных с дислокацией, значение которых было уже давно отмечено Абигом⁶. Можно отметить источники, связанные с трещинами земной коры, на южном и северном концах состоящего из песчаников плато Малой Чечни, между Сунжей и Тереком, причем на северной границе находятся горячие источники чисто Пиренейского типа, на южном – менее горячие, богатые NaCl. Эти источники вызывают разнообразные процессы метаморфизма (ср. § 80). Другую область составляют источники в *Пятигорском отделе*, по-видимому, иного типа (метаморфические источники?).

Во *Владикавказском окр.*, между Алагирским заводом и рудниками, известен холодный сероводородный источник; холодные сероводородные источники указаны по Ардону⁷. С левой стороны Ардона, в ущелье Нахаз (у дер. Нахацэ), из нескольких источников выделяется H_2S , запах которого слышится за много верст по ущелью. «Из этих источников образуется такого же цвета (голубого от серы) тихая речка, сажен 100 длины, впадающая потом в Ардон»⁸. Есть указания на выделения сероводорода в источниках по Фиаг-Дону в Куртатинском ущелье (Стырь-Хох)⁹, на горячий сероводородный источник при сел. Даргавс (Тагаурское ущелье)⁹. К северу от Казбека (на границе с *Тифлисской губ.*) известен горячий источник около дер. Санибы в долине Генала, выделяющий сероводород¹⁰. Горячий (28,75° С) сероводородный источник указан на восточном склоне Казбека (на высоте 3600 м, 42°43,9' с. ш. и 62°13,6' в.д.)¹¹.

¹ Агеев, 1909, с. 9.

² М. Сергеев, 1899, с. 368. Бурксер, 1914, с. 64.

³ Меллер и Денисов, 1900, с. 454; 455.

⁴ Давыдов, 1888, с. 84.

⁵ Абряцкий, 1852, с. 72. Меллер и Денисов, 1900, с. 454.

⁶ Аби, 1859, с. 406 и сл.

⁷ Ср. Грум, 1855, с. 310. Меллер и Денисов, 1900, с. 416.

⁸ Динник, 1884, с. 51. Также И. Ходзько, 1864, с. 284 (43°0' с. ш., 61°58,0' в.д.).

⁹ И. Ходзько, 1864, с. 283–284. Кошкин, 1899, с. 175.

¹⁰ Аби, 1865, с. 39.

¹¹ И. Ходзько, 1864, с. 283. «Кармаданский» сернощелочной источник под Казбеком указывает Тороповым (1864, с. 212).

В Грозненском окр. около сел. Исти-Су (13 км от ст. Умахан-Юртовской) при северо-восточной подошве Качкалыковского (Гудермесского) хребта известны многочисленные выходы горячих (75°C) и холодных, нередко содержащих нефть, источников; некоторые из них с сильным выделением сероводорода¹ (ср. ниже источники св. Петра в Сунженском отделе). Воды р. Аргуна содержат сероводород, приносимый в верховьях Аргуна сероводородными источниками. Воздух в Аргунском ущелье пропитан сероводородом². Здесь в связи с бывшими сероводородными источниками имеются месторождения серы, например, около сел. Малая Варанда. В ущелье р. Шаро Аргун, в 6 км выше сел. Улускерт (Веденского отдела) находятся в туфах пещеры серы, и вытекающий оттуда ручей содержит сероводород³. К типу Пиренейскому должны быть отнесены горячие источники в 3 км от поселка Мамакой (Макой) Юрт (Теплицы св. Павла); сероводород в них частью находится в виде Na_2S , частью в свободном состоянии (по Р. Герману, 0,016 г Na_2S). Выделяемый газ представляет азотно-углекислую струю, содержащую сероводород (но анализу Германа)⁴. Аналогичные термы выходят в Мамакаевской балке, около Грозненских нефтяных промыслов (Мамакаевские источники) со слабым выделением сероводорода и температурой $32\text{--}46^{\circ}\text{C}$ ⁵.

В новом Грозненском (Алдынском) нефтеносном районе при бурении встречена горячая, иногда сероводородная вода, слабо минерализованная, с значительным напором и с большим дебитом. Она выходит из спаниодонтовых слоев. Аналогичная вода была встречена в северозападном и юго-восточном концах старого Грозненского района. Прокопов ставит ее в связь с сероводородными водами Сунженских, Брагунских гор и т.д.⁶

В 9 км от Теплиц св. Павла, на южном склоне Терского хребта, известны сероводородные источники⁷. В 43 км на запад от Горячеводска находятся выделяющие сероводород Константиновские источники (Ачкишские или Зибир-Юртовские), всего 5 источников ($27,5^{\circ}\text{C}$)⁸. В некоторых нефтях содержатся значительные количества сернистых соединений, вызывающих запах H_2S ⁹.

В Кизлярском отделе, в Караногайском приставстве в низовьях Кумы, грязь многих озер выделяет сероводород (озера Яролаш, Узенвачи и др.)¹⁰. Сильное выделение сероводорода наблюдается в Старо-Юртовских (западная группа – св. Екатерины) и в Ново-Юртовских источниках (восточная группа) около станиц Горячеводской и Бяратинской. Здесь в обеих группах (на расстоянии 1–1,5 км) известно не менее 21 источника. Дебит одной за-

¹ *Абих*, 1865, с. 18. Сборник сведений о Кавказе, II. Тифлис, 1872. Отд. II, с. 27. *Коншин*, 1892, с. 104.

² *Харичков*, 1906 (4), с. 10–11. О большом количестве сероводородных источников в Аргунском ущелье см. *Торопов*, 1864, с. 212. (Около укрепления Башик-Кале).

³ *Домбровский*, 1916, с. 181–182.

⁴ *Р. Герман*, 1831 (1), с. 377. *Зинин*, 1853, № 2. *Кошкуль*, 1879, с. 191. *Коншин*, 1892, с. 100.

⁵ *Коншин*, 1892, с. 97. *Кошкуль*, 1879, с. 191.

⁶ *Прокопов*, 1915, с. 257, 266–267.

⁷ *Меллер и Денисов*, 1900, с. 425.

⁸ Список лечебных мест Кавказа. Тифлис, 1915, с. 17 (Изд. «Целебный Кавказ»).

⁹ *Харичков*, 1903, с. 32.

¹⁰ *Эйхвальд*, 1860 (2), с. 227.

падной группы 350 000 ведер в сутки с температурой 78–81° С¹, восточной до 100 000 ведер (ср. ниже, Серноводские источники – *Сунженский отдел*). Источники горячие – Старо-Юртовские до 88,4° С, Ново-Юртовские обладают более низкой температурой, до 79° С. Принадлежат к Пиренейскому типу. Они, однако, отличаются от других источников большим количеством растворенных в них сульфатов (Na и Ca?) и бикарбонатов (Na). Анализы И. Купциса дают для вод западной группы 0,00580 г Na₂S (Н. Зинин – 0,00690 г) и 0,010 г H₂S (Зинин – 4 см³ H₂S), а для восточной 0,00476 г (Зинин – 0,00410 г) Na₂S и 0,11 см³ H₂S. Количество сероводорода в отдельных источниках больше; например, по Купцису в Старо-Юртовском – 0,01389 г H₂S. Вблизи источников восточной группы находится грязь, содержащая сернистые металлы в месте выхода газов и теплой сероводородной воды.

В *Пятигорском отделе* свободный сероводород характерен для очень многих источников². Наиболее мощные и горячие из них связаны с так называемой трещиной (Большой Провал) Горячей горы, пересекающей травертины на Машуке. Любопытно, что из трещин Горячей горы сероводород вместе с СО₂ выделяется и вне водных растворов в свободном газообразном состоянии. Воздух внутри Большого Провала богат сероводородом³. Сероводород наблюдается и в озере в Большом Провале⁴. По Э. Карстенсу и И. Штанге (1913 г.), 0,00343–0,0044 г H₂S, по Ф. Шмидту (1867 г.) 0,00308 г H₂S. Из минеральных источников⁵ нередко он выделяется в больших количествах в атмосферу в зависимости от атмосферных условий. Все сероводородные источники находятся на южном склоне Машука в вытянутой ЮЗ–СВ полосе в 2 км длины и 0,5 км ширины. В некоторых источниках (например, Теплосерном) наблюдались небольшие количества H₂S (0,00048 г. на 1 л, по Ф. Шмидту в 1867 г.; а теперь его нет), в других числа достигали на 1 л: 0,01405 г (Товиевский в 1879 г., по Барзиловскому), 0,01480 г в Александро-Николаевско-Сабанеевском (по Э. Карстенсу). Количество H₂S в Пятигорских источниках (Александро-Ермоловском, Николаевском, Елизаветинском, Товиевском, Михайловском, Сабанеевском, Кабардинском и т.д.) несколько колеблется. Но эти колебания в хорошо изученных источниках незначительны; например – в Александро-Ермоловском колебания с 1875 по 1909 г. были в пределах ошибки методов и наблюдателей; в нем, по Э. Карстенсу, заключалось 0,1076 г H₂S на 1 л (из них 0,01023 г свободного)⁶. А с января по апрель 1913 г., по Э. Карстенсу и Ф. Штанге, наблюдались колебания в пределах 0,00987–0,1107 г. Можно отметить, что количества H₂S в коренных водах колеблется очень

¹ Р. Герман, 1831 (1), с. 377. Зинин, 1853, с. 1 и сл. Абих, 1865, с. 10; 1867 (1), с. 52. Юцкевич, 1889, с. 42 и сл. Коншин, 1892, с. 71. Вертепов, 1915, с. 132. Купцис, 1915, с. 24 и сл. А. Герасимов, 1917 (3), с. 67.

² Naas, 1811, с. 26 и сл. Нелюбин, 1825 (1), с. 25 и сл. Р. Герман, 1831 (2), с. 355; 1832, с. 400 и сл. Баталин, 1861 (1), с. 67 и сл. Зинин, 1853, с. 11–14. Ф. Шмидт, 1869, прим.; 1873, прилож. (анализы). Фомин, 1886. Барзиловский, 1880, стр. 213. Богословский, 1881, с. 24 и сл. Даниэльбек, 1886 (2), с. 103. И. Мушкетов, 1886 (2), с. 94. Карстенс, 1910, с. 20, 86–87. Карстенс и Штанге, 1913. И. Штанге, 1914, с. 65 и сл. Огильви, 1917 (1), с. 37.

³ Баталин, 1861 (1), с. 142.

⁴ О сероводороде в озере в Большом Провале см. уже С. Смирнов, 1868. с. 13.

⁵ Баталин, 1861 (1), с. 9.

⁶ Карстенс, 1910, с. 82. Об одновременном нахождении сероводородных и бессероводородных вод в районе Машука – причина неясна (Огильви, 1917 (2), с. 72).

мало – число это почти постоянно, но в водах так называемого вторичного происхождения они сильно колеблются, как, например, в Теплосерном, как указано выше¹. Газы, выделяющиеся из этих источников, по исследованию Р. Германа (1831 г.), представляют углекислые струи, где количество H_2S составляет не более 0,25% (Александровский источник). Воду этих источников, по мнению А. Огильви, надо считать чисто ювенильной, так как она включает Pb, Zn, F, B и т.д. Однако для сероводорода возможно, по его мнению, допустить вторичное происхождение или от восстанавливающего действия органических веществ на сульфаты или от действия горячей CO_2 на «сернистые соединения, находящиеся в породах». В этом случае сероводород, очевидно, будет фреатическим. Очевидно, с таким же правом его можно считать и ювенильным.

Количество воды в Пятигорских источниках различно; так, Александро-Ермоловский дает 60 000 ведер в сутки, Сабанеевский 55 000, Товиевский 6000. В общем они выделяют ежегодно огромное количество сероводорода.

В 7 км к северо-западу от Железноводска выходит у подошвы горы Бык Калмыкаевский сероводородно-щелочной источник, связанный с выходом массивных горных пород, бештаунитов ($21^\circ C$)².

Другую группу сероводородных источников составляют некоторые «источники окрестностей Эссентуков, в долине Кислуши»³. Зимой дебит их 1–2 тыс. ведер, летом 20–30 тыс. ведер в сутки (по А. Огильви). Новейшие работы Я. Лангвагена и А. Огильви подтверждают старый вывод Г. Абиха и Я. Верлина, которые считали эти источники смесью глубоких солянощелочных вод Эссентуков (Щелочной горы) с поверхностными водами долины Кислуши. Эти последние являются источником сероводорода, хотя не исключена возможность слабых грифонов сероводородной воды⁴. Вероятнее, однако, здесь происходит образование сероводорода из сульфатов биохимическими процессами⁵. Любопытно, что некоторые источники Эссентуков изменились. Так, например, № 20, связь которого с более поверхностными водами выяснена А. Огильви, сперва, по А. Нелюбину, содержал 0,4453 г H_2S на 1 л, а теперь его не содержит. Огильви объясняет это изменением характера местности, где выходит источник; она высушена теперь и стала культурной, между тем во времена Нелюбина он находился в сплошном болоте⁶. Сероводород в этих источниках (собственно – колодцах) наблюдался в разных количествах⁷; из них сейчас наибольшее значение имеет Гаазо-Пономаревский (с 1891 г.), который, по Э. Карстенсу (1912 г.), заключает 0,00163 г свободного H_2S на 1 л.

¹ И. Штанге, 1914, с. 97.

² Баталин, 1861 (2), с. 132 и сл. А. Герасимов, 1911, с. 15.

³ Для Эссентуков см.: Наас, 1811, с. 52–53. Нелюбин, 1825 (1), с. 178 (анализы). Баталин, 1861 (2), с. 39 и сл. Верлин, 1866, с. 50 и сл. Ф. Шмидт, 1866, с. 189–192; 1869, прилож. С. Смирнов, 1873, с. 127. Верлин, 1874, с. 44 и сл. Абих, 1874, с. 25 и сл. Богословский, 1881, с. 65 и сл. Фомин, 1886, с. 69–70. Карстенс, 1910, с. 30. Лангваген, 1911, с. 73; 1912, с. 312. Гермидор и Завьялов, 1914, с. 135. Огильви, 1914; 1917 (1), с. 46.

⁴ Лангваген, 1912, с. 315.

⁵ Лангваген, 1912, с. 315. Карстенс, 1913; прилож., с. 5 и сл. Огильви, 1914, с. 81, 85.

⁶ Огильви, 1914, с. 19. Такими вторичными поверхностными процессами объясняется и образование H_2S временами и в других источниках, например в источнике № 17. См. Записки Русск. бальнеол. общ., Пятигорск, 1898, с. 250 и сл.

⁷ Фомин, 1886, с. 66 и сл. Огильви, 1914, с. 112–113.

По старому анализу А. Фомина (1884 г.) в бывшем Пономаревском источнике часть H_2S (0,00160 г) была связана (со щелочами?). При бурении в долине Кислуши встречали местами бурное выделение сероводорода, но интенсивность его выделения быстро падала.

Энергичные процессы сероводородного брожения наблюдаются в Большом Тамбуканском озере (в 13 км от Пятигорска), грязь которого признается целебной. Сероводород находится в очень небольшом количестве, главным образом в грязи, но, по анализу А. Фомина, следы его могут быть найдены и в воде озера. Образование сероводорода связано с гниением органического вещества (максимальное развитие при концентрации рапы в 2° Боме), но главным образом, по Б. Исаченко, с восстановлением сульфатов бактериями – *Microspira aestuarii* и близкими им формами. Эти бактерии дают на 1 л рапы 0,6–0,8 г H_2S ¹.

Сероводород выделяется из грязи соленых Лысогорских озер около Пятигорска².

Около Малки с правой стороны балки Кураты выходит холодный источник Тхобзашхопс с вторичным сероводородом³.

В *Нальчикском окр.* сероводородно-железистый источник с дебитом 5000 ведер в сутки выходит в долине Кустос-Су из валанжиновых доломитизированных известняков⁴. В Балкарии в горных озерах, около впадения р. Урвань в Черек, идет выделение сероводорода, может быть в связи с выходом в них сероводородных ключей. Из одного из этих сероводородных озер вытекает река (серная), выделяющая серу и впадающая в Черек (около р. Карасу)⁵. Сероводородные источники указаны на Эльбрусе⁶.

В *Сунженском отделе* сероводород выделяют источники и сопки по р. Ачулуху, около сел. Средний Ачулух (дер. Чирикова)⁷. Холодные сероводородные источники известны в Цорхском ущелье по р. Ассе на 50-м км⁸, в береговых обрывах Сунжи, около балки Кульки-боси, по Сунже? южнее станицы Ак-Юртовской, с сильным выделением сероводорода⁹. В Сунженском хребте около станицы Михайловской (около Серноводска) известны Слепцовские и Михайловские источники, выделяющие значительные количества сероводорода. В общей сложности источники выделяют 100 000 ведер воды в сутки. Можно различить 4 группы источников, содержащих сероводород: 1) горячие ключи (до 86 400 ведер в сутки, 67–70° С); 2) теплые глауберово-соленые (Слепцовская балка) с температурой до 38° С, с дебитом не очень большим; многочисленные источники, по-видимому, разного характера; 3) более холодные источники (10–21° С), содержащие разные соли натрия; 4) Еленинский источник с дебитом и 823 ведра (температура 19,8°), заключа-

¹ И. Карпович, 1904, с. 452 и сл. Балахонцев, 1909, с. 246, 263. Исаченко, 1915, с. 291 и сл.

² Щербаков, 1902, с. 258.

³ А. Герасимов, 1915 (2), с. 97.

⁴ Известия Геол. ком., 31, СПб., 1912, с. 43 (по указанию В. Ренгартена).

⁵ Динник, 1890, с. 115 и сл. Дубянский, 1913; оттиск, с. 5.

⁶ Меллер и Денисов, 1900, с. 412. По указанию Ф. Унгер-Штернберга.

⁷ Кошкуль, 1879, с. 175, Кошин, 1892, с. 95, 181. Кедров, 1862.

⁸ Каракаш, 1896, с. 12.

⁹ Каракаш, 1896, с. 9. Список лечебных мест Кавказа. Тифлис, 1915, с. 18. (Изд. «Целебный Кавказ»).

ющий мышьяк. Максимальное количество сероводорода имеет так называемый Горячий источник (по Э. Карстенсу, 0,0230 г H_2S для старого и 0,0304 г для нового источника на 1 л воды). Другие, более холодные, содержат еще менее сероводорода; так, по Э. Карстенсу (1911 г.), они содержат: Слепцовский 0,0132 г H_2S , Солёный старый (II группа) 0,00378 г, холодный источник около ванн (III группа) 0,00027 г, Еленинский 0,0008 г и т.д. на 1 л. Есть источники, совсем лишённые сероводорода; немногие содержат еще и Na_2S (Горячий – 0,0051 г на 1 л), другие – только свободный сероводород. Более горячие источники выходят из более глубоких слоев (IV спириалисового пласта), чем холодные. Выходы их связаны с неогеновыми песчаниками. Сероводорода не содержат только самые поверхностные по происхождению источники. По анализу К. Шмидта, в газах Михайловского источника находится 0,222% H_2S (в азотно-метановой струе). Генезис его неясен, и, к сожалению, эти богатейшие источники изучены недостаточно (ср. выше, в *Грозненском окр.* близлежащие Горячеводские источники)¹.

На северном склоне хребта Корак, на берегу р. Сунжи, в 5 км от станции Умахан-Юртовской, находятся старинные горячие сероводородные источники св. Петра или Брагунские, богатые H_2S и $CaCO_3$, которые исследовались еще Шобером² в 1717 г. и известны давно, но очень плохо изучены. Температура их достигает 72° С. Дебит доходит до 500 000 ведер в сутки. Отложения травертина образуют террасы и пещеры. Воздух пещер богат сероводородом, и в них идут резкие процессы химических изменений, связанных с образованием сульфатов аммония, гипса и т.д. Источники, сливаясь в речку, впадают в Сунжу. По составу они схожи с Горячеводскими. Богаты сероводородом, частью в виде Na_2S (по Р. Герману, в Петровском источнике ее содержится 0,050 г)³. Вблизи находятся другие источники, содержащие сероводород на левом берегу Сунжи (Георгиевский источник)⁴.

В *Хасав-Юртовском отделе* известны по р. Сулаку, около сел. Мятлы, в 5 км от ж.-д. ст. Чир-Юрт, Мятлииские (св. Андрея или Чир-Юртовские) горячие сероводородные источники, выделяющие сероводород (Зурамакент). Источники, по Абелью, заключают 0,0048 г H_2S на 1 л. Температура их разная – от 32 до 70° С. По химическому составу схожи с Талгинскими (§ 108). Выделяют свободный H_2S ⁵.

114. В *Тифлисской губ.* наблюдаются многочисленные выделения сероводорода, генезис которого не может сейчас считаться ясным.

В *уездах Тифлиском, Телавском, Тионетском и Сигнахском* он выделяется частью в связи с нефтью; однако есть случаи его выделения без нефти.

¹ *Верзейн*, 1849, с. 1 и сл. *Зинин*, 1853, с. 3–4, 7. *Абих*, 1865, с. 3; 1867 (3), с. 400; 1867 (1), с. 48. *Кошкуль*, 1879, с. 175 и сл. *Конишин*, 1892, с. 86. *Вертепов*, 1893; 1915, с. 114 и сл. (анализы Карстенса). *Чудовский*, 1906, с. 53. *Калицкий*, 1906. *К. Протасов*, 1913, с. 872 а сл. *А. Герасимов*, 1917 (3), с. 65.

² *Шобер*, 1760, с. 387 и сл.

³ *Гильденштедт*, 1780, с. 390 и сл. *Р. Герман*, 1831 (2), с. 381. *Абих*, 1865, с. 15; 1867 (1). *Конишин*, 1892, с. 60. *Вертепов*, 1915, с. 134. *Купцис*, 1915, с. 31 и сл. Анализ Купциса воды, присланной в лабораторию, дал 0,00243 г Na_2S и 0,00220 г FeS .

⁴ *Абих*, 1865, с. 17. *Конишин*, 1892.

⁵ *Баженов*, 1862, с. 237. *Конишин*, 1892, с. 114. *Абих*, 1865, стр. 26–27; 1866 (2), с. 656; 1873, с. 9. *Вертепов*, 1915, с. 135.

Думают, что источником серы являются гипсоносные (третичные) глины и серный колчедан¹. В *Ахалкалакском у.* на берегу оз. Хозапин, близ поста Хозапин, указан холодный сернистый источник². Теплый сернисто-щелочной источник (25° С) в трахитовых породах указан около сел. Накалакеви, в Хертвисском ущелье³.

В *Ахалцыхском у.* выделение сероводорода наблюдается в теплых источниках (32,2–46,5° С) около дер. Аспиндза, близ Куры. Состав этих источников аналогичен Тифлиским и Абастуманским⁴. В 7 км от Ахалцыха известны сероводородные источники в ущелье Цинубапи – их три (32,3° С). По Вилемсу, в 1 л воды содержится 48 см³ H₂S⁵. В Абастуманских источниках (особенно в Богатырском, 48,2° С) наблюдается выделение сероводорода. Количество сероводорода подвергается колебаниям; так, например, среднее определение H₂S для Большого Богатырского источника дало А. Штакману в 1882 г. на 1 л воды 0,000766 г H₂S (колебания 0,000674–0,000818), а в 1885 г. ему же – 0,001291 г (колебания 0,001037–0,005691) и т.д. Количество H₂S в разных источниках разное; так, в 1885 г., по А. Штакману, среднее: Змеиный – 0,0001217 г H₂S, Антискрофулезный – 0,000946 г, Малый Богатырский – 0,000990 г. Числа Ф. Оттена, М. Сорова, Г. Струве несколько иные. Количество ведер воды, ежедневно выделяемой Абастуманскими источниками, достигает многих десятков тысяч. Геологические условия Абастуманских источников не выяснены⁶. Горячий сероводородный источник указан по левой стороне Куры около сел. Хертвис⁷, холодный около сел. Накурдев на правом берегу Абас-Тумана⁸.

В *Душетском у.* в Трусовском ущелье (см. т. I, § 268⁹) запах сероводорода слышен за 2 км от сел. Абано. Он выделяется из теплых источников, выходящих за селением¹⁰. Известен теплый сероводородный источник (28,7° С) на восточном склоне Казбека¹¹, близ сел. Канчавети¹².

В *Горийском у.* сероводород наблюдается в Екатерининском источнике в Боржоме. В нем, по Э. Карстенсу, содержится (1913 г.) 0,0033 г свободного сероводорода на 1 л воды. Боржомские источники подчинены палеогеновым слоям. По К. Фохту, вода их подымается по сбросовым трещинам. Минерализация воды может быть связана с порфиритами¹³. Сероводород наблюдается

¹ А. Рябинин, 1911, с. 85.

² В. Карпович, 1871, с. 251.

³ В. Карпович, 1869, с. 7.

⁴ Коншин, 1894, с. 167. Струве, 1901 (3), с. 4. Сернистый источник у сел. Адиполь. Пантюхов, 1865, с. 337.

⁵ Thielmann, 1846, с. 51 (данные Вилемса). Кошкуль, 1873. Коншин, 1894, с. 171.

⁶ Thielmann, 1846, с. 128. Верзейн, 1857, с. 6 и сл. Скоров, 1866, с. 105 и сл. Струве, 1873, с. 5 и сл. Кошкуль, 1883, с. 172 (анализы Струве и Оттена). Штакман, 1887 (1), с. 52 и сл. Коншин, 1893, с. 87. А. Герасимов, 1917 (3), с. 73.

⁷ Меллер и Денисов, 1900, с. 475.

⁸ В. Карпович, 1871, с. 250.

⁹ [§ 299 в первом издании].

¹⁰ Коншин, 1899, с. 166. Цулужидзе, 1873–1874, с. 77.

¹¹ И. Ходзько, 1864, с. 283.

¹² Шаликов, 1894, с. 247.

¹³ H₂S был указан апт. Вилемсом, который нашел 77 см³ сероводорода на 1 л воды. См. Красноглазов, 1846, с. 192. Вилемс был хорошим работником и исследовал источник в нетронутом позднейшим каптажем виде. Thielmann, 1846, с. 136. См. еще Коншин, 1893, с. 35 (по Моль-

и в более холодных (21°C) источниках у сел. Садгери около Боржома, исходящих из вертикально стоящих песчаников и туфов¹, в теплых (32°C), выходящих из туфов, богатых пиритом около дер. Цихисджвари (здесь же в холодном (19°C) около горы Кодиани)². Источник около сел. Земо-Хведурети, в Аппнисском ущелье около ж.-д. ст. Карели (температура $17,7^{\circ}\text{C}$), содержит, по Э. Карстенсу, $0,249\text{ см}^3$ ($0,034\text{ г H}_2\text{S}$)³. У самого города Гори (у сел. Гориджвари) источники выделяют сероводород. В одном из них Г. Струве нашел $0,435\text{ г}$ свободного H_2S на 1 л воды при полном отсутствии сульфатов⁴. Холодные «сернистые» источники указаны около сел. Чумателети, недалеко от сел. Сурам⁵, по р. Абано на склоне Сурамских гор⁶. Вода из источника около сел. Чорчани, близ ст. Гоми, богата H_2S ⁷. Указан холодный ($18,7^{\circ}\text{C}$) источник с сероводородом в Атенском ущелье⁶, около сел. Ховле⁶. Указывается сероводород для источника около сел. Джава в Горной Осетии⁷.

В Сигнахском у., в Ширакской степи, например в горах Гкушебис-Тави (Птичьи горы), из нефтеносных горизонтов выходят многочисленные источники, выделяющие сероводород. Такие же источники известны и в Эльдарском нефтяном горизонте (по р. Иоре). Они связаны, по-видимому, с нефтью. Они выходят в области развития пресноводной гипсоносной толщи и верхнего сармата (Мирзааны, Циорис-Цхали, Эльдар), среди акчагыльской толщи (подножие Туздага)⁸. В Эльдарском месторождении нефти вода, сопровождающая ее выходы на правом берегу Иоры, содержит $0,0016\%$ H_2S (около 1 см^3 на 100 см^3 воды). Выделяющиеся здесь газы «содержат огромное количество углекислого газа и сероводорода»⁹. В тесной связи с грязевыми сопками сероводород выделяется из содержащих сернистые щелочи (в грязи, по А. Дрейеру, $0,01\%$ Na_2S) источников и сальз Ахталы около Гурджани. Сероводород выделяется из грязи сопки¹⁰. Газ, выделяющийся из грязевой сопки в

денгауэру); 1894, с. 184. *Мольденгауэр*, 1894, с. 127. *В. Шапошников*, 1916, с. 543. *Фохт*, 1917, с. 74. *Штакман* (1887 (2), с. 172) отрицает нахождение сероводорода в Боржомских водах. Ср. также отрицательные данные Струве (1868, с. 5). Эти указания точных аналитиков Штакмана и Струве показывают только, как осторожно надо относиться к отрицательным указаниям.

¹ *Конишин*, 1893, с. 46; 1894, с. 188. *Фохт*, 1916, с. 25.

² *Меллер и Денисов*, 1900, с. 487. *Танатар*, 1908, с. 15. *Мольденгауэр*, 1894, с. 36. *Фохт*, 1916, с. 26. По Аверкиеву (1912), H_2S нет. Этому противоречат другие показания. О Цихисджварских источниках в 30 км от Боржома, 3 км от Цихисджвари (слабо радиоактивные) – см. *Бурксер*, 1916 (3), с. 63. Холодный (6°C) сероводородный источник Бери Цхаро находится около ст. Сакачави (между Боржомом и Бакурьяни) – там же, с. 65. Горячий источник около Цихисджвари в 40 км от крепости Ацхвер (27°) содержит $77\text{ см}^3\text{ H}_2\text{S}$ на 1 л воды. *Пантюхов*, 1865.

³ *Собольщиков*, 1864, с. 11–12. В 16 унцах $0,0689\text{ H}_2\text{S}$. *К. Карпович*, 1871 с. 206. Струве, 1901, с. 32; 12. Струве отрицает для Хведуретских источников присутствие H_2S . Вода богата сульфатами. *Кресловский* (1857, с. 2) указывает для них $0,88\text{--}0,923\text{ см}^3$ в 1 л .

⁴ Должно быть, к этому источнику относится определение Эйхлера. – $0,129\text{ г H}_2\text{S}$ на 1000 . См. *Eichler*, 1862, с. 438. Ср. *Струве*, 1901, с. 18.

⁵ Список лечебных мест Кавказа. Тифлис, 1916, с. 33.

⁶ *В. Карпович*, 1871, с. 214; 215–216.

⁷ *Струве*, 1901, с. 24; 25.

⁸ *А. Рябинин*, 1913, с. 14, 63 и сл.

⁹ *Потылицын*, 1883, с. 390.

¹⁰ Обзор данных об этих грязях и литературу см. *Меликсет-Беков*, 1915 (2), с. 6 и сл. Ср. *Грум*, 1855, с. 298. *Котурницкий*, 1866, с. 90 и сл. *В. Карпович*, 1871, стр. 168. *Бацевич*, 1878, с. 23. *Медиков*, 1896, с. 548. *Струве*, 1901, с. 78. *А. Рябинин*, 1911, с. 49–50. *Меликсет-Беков*. 1915 (1), с. 52 и сл.

урочище Набамбребис, имеет слабый запах сероводорода¹. В 30 км от Сигнаха находятся Царские Колодцы с источниками, выделяющими сероводород и содержащую его грязь². На границе с *Телавским у.* в бассейне Черемис-Цхали три сероводородных источника выходят по Дзуис-Убанис-Хеви³.

В *Телавском у.* в бассейне р. Рике, по р. Вашловани-Хеви выходят сероводородные источники с сильным запахом сероводорода, с нефтью и с выделением серы³. То же самое явление наблюдается по Цаха-Дис-Хеви², Ведзис-Хеви³. У подножья горы Вераны (недалеко от Гомбор) выходит источник с сильным запахом сероводорода³. Горячие сернисто-щелочные источники (Пшавельские Абано) известны по р. Стори (Абано)⁴, теплые (31° С) – у Шахриани⁵. Указан холодный «серный» Тебельджохский источник по дороге между селениями Кварели и Новые Гавазы⁶.

В *Тионетском у.* источник с запахом сероводорода указан по Гиgian-Хеви (впадает в Анис-Хеви) около выходов нефти⁷. Горячий сероводородный источник известен около сел. Хахмати на р. Хахматис-Цхали под перевалом Велькетиль⁸, около сел. Хисо⁹.

В *Тифлисском у.* (см. т. I, § 268¹⁰) сероводород выделяется всюду в известняковистых песчаниках, составляющих северное крыло Норийско-Уджарминской антиклинали в Марткобском районе. Он выходит одновременно с нефтью и соленой водой в узкой полосе вдоль юго-западного подножия хребта Ялно от сел. Норие до правого берега р. Норы, на протяжении 18–20 км. Он выделяется здесь в сарматских слоях (окрестности селений Норие, Марткоби, Сацхениси, Уджармо в 33 км от Мухравани). Около Мухравани сероводородные источники выходят в связи с гипсом, глауберовой солью из среднего сармата¹¹. В 5 км от Мухравани находится холодный сероводородный источник около сел. Муганпо¹², у подошвы сопки Цалмианис-Мта – с выделением нефти и соленой воды с H₂S. Выделяются отложения сернистого железа¹³. Сероводородные источники выходят в эоценовых слоях в окрестностях Навтлуга на левом берегу Куры, в 13 км от Тифлиса, в связи с выходами нефти¹⁴. Известны выделения сероводорода в верхнесарматских слоях под монастырем св. Антония¹⁴, из источника около сел. Манглиса¹⁵, в грязи Авлабарских озер (9 км от Тифлиса)¹⁶. Источник с запахом сероводорода и с

¹ Потылицын, 1883, с. 181.

² Щербаков, 1898, с. 6.

³ А. Рябинин, 1911, с. 47; 30–31; 33; 62.

⁴ И. Ходзько, 1864, с. 282.

⁵ Котурницкий, 1866, с. 88. И. Ходзько, 1864, с. 285.

⁶ В. Карпович, 1871, с. 183.

⁷ А. Рябинин, 1911, с. 71.

⁸ И. Ходзько, 1864, с. 283. Гаврилов и Симонович, 1895, с. 64.

⁹ Меллер и Денисов, 1900, с. 501. (Ссылка на Гаврилова и Симоновичи, 1895, ошибочна).

¹⁰ [§ 299 в первом издании].

¹¹ Известия Геол. ком., 33, 1914, с. 28. По указанию А.Н. Рябинина. А. Рябинин, 1914, с. 178–179; 1918, с. 82.

¹² В. Карпович, 1871, с. 164.

¹³ Гаврилов и Симонович, 1895, с. 93.

¹⁴ А. Рябинин, 1911, с. 73; 1918, с. 81.

¹⁵ Цулукидзе, 1887, с. 27.

¹⁶ Бурксер, 1912; 1916 (3), с. 76.

выделением серы известен на правом берегу р. Бочормис-Хеви, в 2–2,5 км от р. Иоры¹. Такой же источник указан в окрестностях Чайлури¹. Давно известны обильные выделения сероводорода в самом Тифлисе², в сероводородных источниках в Сололаках: (по И. Купцису, в 1 л воды в источнике Сумбатова (39° С) – 0,44 см³ H₂S, в источнике Аргутинского-Долгорукова – 0,40 см³ H₂S), Сероводородные источники (27,5–46° С) находятся здесь вдоль берегов Куры и сосредоточены в определенной термальной полосе, связанной с дислокациями, в Сеид-Абадской антиклинали, в поясе до 63 м шириной. Но наблюдаются выходы сероводородных источников и вне главной термальной полосы. Они выходят из эоценовых пород туфогенной свиты по трещинам. Количество их по склону Сеид-Абада достигает 30. Общий дебит (по Л. Конюшевскому) в сутки 120 000 ведер, а с присоединением левобережных – 145 000 ведер. Сравнимая с данными Абиха, мы видим, что как температура, так и дебит являются неизменными (по Абиху, 568194,2 м³ в год). Эти источники богаты Na₂S и свободным H₂S. Так, по Г. Кремневу, источник Гогилло содержал (1887 г.) 0,2246 г Na₂S и 0,0480 г H₂S на 1 л. Количество сернистых щелочей в 1 л воды колеблется; так, для Na₂S известны колебания от 0,100 (источник Бебутова, по Ф. Оттену) до 0,7589 г (источник Читахова, по Г. Струве), для Am₂S – от следов до 0,025 г (источник Бебутова, по Ф. Оттену), для H₂S – от 0,40 (источник Гогилло, по А. Штакману) до 0,057 г (источник Читахова, по Г. Струве)³.

По-видимому, мы имеем здесь дело с источниками Пиренейского типа, хотя, как это ни странно, явление это, находящееся в центре большого города, до сих пор изучено очень недостаточно. По мнению Абиха (1877), сероводород происходит из включенного в пелит ближе не определенного сернистого соединения, которое разлагается только при высокой температуре. Сероводород здесь быстро изменяется, причем в банях он дает серу, в подземных помещениях – *гипс*. В самом городе временами и местами в колодцах появляется сероводород⁴, очевидно вторичный или случайно проникающий туда из нижних водных горизонтов. О сероводороде в связи с серой см. т. I, § 268⁵.

115. В *Черноморской губ.*, в *Новороссийском окр.* около Новороссийска сероводород выделяется из грязи озера (лагуны) Суджукского. Слой грязи достигает местами 2 м мощности, особенно в северной части лагуны⁶. Источник, выделяющий H₂S и CO₂, находится в 3,5 км от Новороссийска и выходит из жилы кальцита в лощине Маркохтского хребта. Его связывают с разложением пирита, наблюдаемого вблизи в брекчиевидной породе⁷.

¹ А. Рябинин, 1911, с. 65; 85 и карта.

² Абих, 1867 (3), с. 405; 1867 (1), 56; 1870; 1877, с. 828. В. Карпович, 1871, с. 133. Оттен, 1881, с. 191 и сл. Струве, 1881, с. 5 (анализы Штакмана); 1885–1886, с. 667. Кремнев, 1888, с. 277 и сл. Меллер и Денисов, 1900, с. 232, 496 и сл. Бурксер, 1912. Купцис, 1913, с. 172. Конюшевский, 1915 (2), с. 155 и сл. Бурксер, 1916 (3), с. 69 и сл. А. Герасимов, 1917 (3), с. 70. А. Рябинин, 1918, с. 81. Наблюдения Оттена делают очень возможным нахождение Am₂S в этих водах (источник Мирзоева). Во всяком случае, при перегонке воды выделяется не H₂S, а Am₂S (Оттен, 1881, с. 192, 197).

³ Конечно, здесь есть некоторые влияния способа исчисления анализов, однако для данного случая они незначительны.

⁴ Струве, 1901, с. 45.

⁵ [§ 299 в первом издании].

⁶ Френкель, 1900, с. 616. Сорохтин, 1916, с. 45 и сл.

⁷ Сорохтин, 1914.

В *Сочинском окр.* сероводородные источники Пиренейского типа мощно развиты по течению рек Мацесты и Агура и, несомненно, представляют одну и ту же область. В окрестностях сел. Мацесты¹ на левом берегу р. Мацесты сероводород выделяется из соленых (4,2245 Cl на 1 л воды, по С. Залескому) источников (21,8–24° С), выходящих в пещерах в сенонских известняках на речной террасе среди наносов. Сейчас известно 9 выходов источников. По анализу Э. Карстенса, на 1 л воды приходится в двух грифонах 0,15344 и 0,22185 г свободного H_2S , причем связанного сероводорода в одном из них заключаются следы, а в другом (№ 2) – 0,01523 г². Дебит источников (1915 г.), по А. Огильви и Н. Яковлеву, 83 520 ведер в сутки. Минеральные источники находятся в связи с сложной тектоникой местности, указанной Яковлевым. Их положение определяется пересечением почти под прямым углом антиклиналей и линии сброса, параллельной главной антиклинали (меловой). Мацестинские источники находятся у самой сбросовой трещины, Агурские – на расстоянии 1,5 км от нее. Едва ли можно сомневаться, что мы имеем дело с глубинными источниками, и сероводород является или ювенильным или фреатическим. О сероводороде в связи с серой см. т. I, § 268³. На значительном протяжении вдоль р. Мацесты слышен запах сероводорода. В пещере в Мацесте воздух насыщен сероводородом, так что металлические вещи мгновенно чернеют. Есть выходы сероводорода и не связанного с водой. На дне и в долине р. Агура, впадающей в Черное море, в 12–13 км от Сочи выходят ключи, выделяющие сероводород⁴. Сероводород вместе с углекислотой выделяется порывами, с сильным шумом. Вода в Агуре имеет сине-молочный цвет, вследствие образования серы. Воздух вблизи их выхода по течению Агура содержит сероводород. Вода реки пахнет сероводородом в 3 км ниже впадения в нее сероводородных источников. В некоторых местах р. Агура, по С. Залескому, содержится 48,6 см³ H_2S в 1 л воды. В источнике по р. Агуру найдено, по его позднейшей пробе, в 1 л 0,0679 г свободного H_2S и 0,0011 г связанного. В долине Мзымты на Краснополянском шоссе, на 39-м км, вода, стекающая по известняку, обладает слабым запахом сероводорода⁵. В 16 км от Красной Поляны около р. Пслух находится источник, выделяющий сероводород; при стоянии запах его исчезает⁶. На правом берегу Мзымты, на высоте 1200 м, в болотце выделяется сероводород вместе с другими газами, главным образом CO_2 , около Царского источника⁷.

¹ *Конишин*, 1899, с. 180; 1902, с. 84. *Меллер и Денисов*, 1900, с. 443, *Ругевич*, 1900, с. 217. *М. Сергеев*, 1900, с. 235. *Н. Орлов*, 1903, с. 495 (анализы). *Martel*, 1908, с. 44–45. *С. Залеский*, 1898 (2), с. 282; 1898 (1), с. 1466 и сл. *Кулябко-Корецкий*, 1913. *Яковлев*, 1916, с. 248 и сл. *Огильви*, 1917 (1), с. 30 и сл.

² *С. Залеский* находил 0,1456 г свободного H_2S в 1 л воды и 0,0034 г связанного. См. *С. Залеский*, 1898 (1). Пробы для новых анализов Карстенса взяты, по-видимому, более тщательно. См. *Подгурский*, 1912, с. 1648. *Кулябко-Корецкий*, 1913, с. 15. Едва ли можно предполагать, что сероводород связан с калием, как это делает Залеский.

³ [§ 299 в первом издании].

⁴ *Конишин*, 1899, с. 182; 1902, с. 86. *Меллер и Денисов*, 1900, с. 445. *С. Залеский*, 1898 (2), с. 283; 1898 (1), с. 1470 и сл. *М. Сергеев*, 1899, с. 363; 1900, с. 239.

⁵ «Сернистый запах». *Каракаш*, 1914, с. 132.

⁶ *Каракаш*, 1914, с. 162.

⁷ *Меллер и Денисов*. 1900, с. 448. *М. Сергеев*, 1900, с. 231.

В *Туапсинском окр.*, около Морозовского поселка, выходят холодные щелочные ключи, содержащие иод и некоторое количество сероводорода. Дебит воды незначительный¹.

116. В *Эриванской губ.*, в *Нахичеванском у.*, сероводород выделяется в связи с серой – см. т. I, §268². В 8 км от сел. Джульфа, в отрогах хребта Дагры-Даг, сероводород выделяется вместе с СО₂ из соляных источников, содержащих сернистый мышьяк³. Тепловатый «серный» источник указан у поста Яйджинского в русле Аракса, холодный – в сел. Яйджи⁴, а холодный «серный» источник на р. Белев-Чае между Аляги и Бист⁴. В *Новобаязетском у.* есть указание на «сернистые» источники (по берегу оз. Гокчи, около Еленовки)⁵. В *Сурамлинском у.*, в 20 км от сел. Игдыр, в ущельях Зорских гор минеральный источник выделяет следы сероводорода⁶. Точно так же следы сероводорода указаны в Синакских (Сенакских) источниках в Синакских горах⁶. На Большом Арарате (на высоте 4800 м) выделяется сероводород. Абих приписывал его выделение распадению пирита («сернистый запах») ⁷. Это объяснение, повторяемое и позднейшими наблюдателями (например, А. Ивановским), очевидно не отвечает нашим современным представлениям. В *Шаруро-Даралагезском у.* есть указание на горячие (33° С) сернистые источники (около сел. Истису, по р. Восточному Арпачаю)⁸. В *Эриванском у.* следы сероводорода наблюдаются в терме около сел. Давалу (по Араксу)⁹. В самой Эривани некоторые из источников содержат сероводород и не содержат сульфатов¹⁰.

117. Сероводород в Сибири. Чрезвычайно обычны, очень разнообразны, но мало изучены и даже в общем едва отмечены месторождения сероводорода в *Сибири*. На огромном ее протяжении мы имеем все типы выделений этого газа (как вторичного, так и первичного сероводорода), наблюдаемые в земной коре. Некоторые из таких выделений дают ежегодно огромные количества сероводорода, несомненно исчисляемые многими десятками тысяч тонн. Таковы его выделения в вулканических термах Камчатки, в тектонических струях и термах Забайкалья, в распадающихся сульфатах водных бассейнов Западной Сибири, в озерных глинах степной области, его нахождения в известняках.

Но все эти месторождения не изучены, и мы не можем дать сейчас даже общей картины явления, кое в чем новой и для сероводорода своеобразной. Ибо в физико-географических условиях природы Сибири наблюдаются явления, которые сейчас не затронуты научной мыслью и не отмечены наблюдателями. Так, например, мне не известны прямые указания на выделения серо-

¹ *Коншин*, 1896, с. 328–329.

² [§ 299 в первом издании].

³ *И. Ходзько*, 1864, с. 285. *Меллер и Денисов*, 1900, с. 285 и 281. Его не указывают геологи, на которых ссылаются *Меллер и Денисов*, см. *Цулукидзе, Халатов и Архипов*, 1868, с. 7.

⁴ *Озаровский*, 1883, с. 45, 46.

⁵ *Меллер и Денисов*, 1900, с. 519.

⁶ *Струве*, 1894, с. 115.

⁷ *Абих*, 1846, с. 2. *Пастухов*, 1894, с. 431. *Ивановский*, 1897; оттиск, с. 33. По Абиху, «сернистый запах».

⁸ *Скоров*, 1876, с. 36. *Меллер и Денисов*, 1900, с. 519.

⁹ *Струве*, 1894, с. 115.

¹⁰ *Струве*, 1901, с. 52.

водорода в связи с жизнью сибирских рек, кроме, может быть, бассейна Оби (§ 125). А между тем условия сибирских рек во многом отличны от обычного нам режима рек Европейской России – частью в связи с их величиной, частью в связи с их промерзанием зимой до дна в Восточной Сибири. В этом последнем случае можно ждать мощного развития сероводорода и его нахождения в поддонном льде замерзшей реки. Но наблюдатели этого не отмечают. Для «омутов» сибирских рек, т.е. для незамерзающих глубоких ям их дна, есть, впрочем, указание на особый характер их воды – как «затхлой»¹.

Точно так же совершенно недостаточно отмечен по отношению к его значению и к распространенности «дух» или «замор», главным образом в Западной Сибири. Под этим именем известно выделение сероводорода, связанное с биологическим процессом развития сероводородных микроорганизмов – в озерах (особенно в горькосоленых и соленых) сибирских низменностей ежегодно в декабре и позже². Эти области сероводородных испарений занимают площади в многие тысячи квадратных километров и представляют характерную черту в степной сибирской природе (ср. § 54, губ. *Тобольскую* – § 125, *Томскую* – § 126).

Есть и другой тип сероводородных испарений в Сибири, еще менее изученный и, вероятно, еще более грандиозный, чем замор. Это – выделение сероводорода при разрушении и растворении заключающих его кристаллических известняков и мраморов, нередко распространенных на протяжении многих сотен квадратных километров. К изучению этого явления мы только что подходим (см. § 45 и *Енисейская губ.* – § 119).

Интерес этих явлений исключительно научный, но в области изучения сероводорода есть явления одновременно и научного и практического значения. Наибольшего внимания заслуживают в этом смысле источники *Забайкальской области*. Они связаны с дислокациями земной коры; существование здесь же области тектонических землетрясений указывает с несомненностью на их молодой возраст.

В нижеследующем перечислении отмечены, по возможности, и общие вопросы, связанные с историей сероводорода.

118. Для *Амурской обл.* мы имеем совершенно ничтожные и случайные указания, не позволяющие делать какие бы то ни было заключения. Нельзя, однако, не отметить область горячих источников Тырмы с фреатическим и ювенильным сероводородом. Есть указания на «пахучие известняки» – прослой в известняках по р. Самаре³. В *Амурском у.*, в 154 км от устья по р. Быссе (левому притоку Селемджи), есть сероводородный ключ (более 38 °С). Горячие источники, пахнущие порохом, по словам тунгусов, есть в верховьях Уньмы (левого притока Селемджи) и в верховьях Тами (левого притока Зеи)⁴. В нижней части р. Тырмы в Буреинских горах давно известен содержащий сероводород горячий ключ (33,6–33,8 °С). По анализу П. Кашинского (1911 г.), в нем заключается 0,0072 г H₂S на 1 л. «Образование сероводорода, по-видимому, независимо от ключа, который только на пути своем встречает эмана-

¹ А. Львов, 1913, с. 259.

² Миддендорф, 1830, с. 223. *Ризенкампф*, 1871, с. 22.

³ Аносов, 1865, с. 68.

⁴ Сумгин, 1916, с. 166, 172.

ции этого газа, повышающие, очевидно, и температуру ключа»¹. На правом берегу р. Яурына, впадающей в Тырму, вода и ил холодного ключа (в 7 км от устья) выделяют сероводород². Судя по анализам воды, богатой сернистыми щелочами, источник на р. Тырме принадлежит к резко выраженному Пиренейскому типу. К тому же типу, должно быть, относятся горячие (67,2 °С) источники по р. Кульдуру (0,0041 г H₂S). Струйки такой воды пробиваются в галечнике на пространстве двух гектаров³. Любопытно выделение сероводорода, наблюдаемое в некоторых горизонтах почв Амурского края, например в долине Зеи, около г. Зея-пристань, вблизи р. Пикан; здесь некоторые иловато-болотные почвы, занимающие, по В.А. Бальц, значительную площадь мари между Пиканом и Малым Пиканом, выделяют сероводород, который в них образует, между прочим, черное сернистое железо. Исследование более глубоких мерзлых слоев почвы дает указания на присутствие сероводородных бактерий⁴.

119. Для *Енисейской губ.* мы имеем тоже только отрывочные сведения. Здесь, однако, уже сейчас выяснена огромная область кристаллических известняков, содержащих фреатический или ювенильный сероводород. Широко развиты в соляных озерах выделения вадозного сероводорода, большей частью биохимического происхождения. В воде Енисея в 10 км выше и 10 км ниже Енисейска находятся следы сероводорода⁵.

В *Ачинском у.* (на границе с *Томской губ.*) сероводород выделяется из грязи оз. Ингол⁶. О сероводороде в известняках см. ниже, в описании *Минусинского у.* В Базырской группе медных (сернистых) месторождений, в 75 км от ст. Итат, наблюдаются серые и черные «вонючие» известняки⁷. В *Канском у.* в 6 км от Троицкого солеваренного завода (на р. Усолке), по пути к дер. Култуцкой, известен источник с «серным запахом»⁸. В *Минусинском у.* сероводород выделяется в озерах. Так, он наблюдается в грязи озер Широ и, главным образом, Шунета. Сероводород слышен в воздухе на далеком расстоянии от оз. Шунет. В 1 л воды этого озера (август 1911 г.), по анализу лаборатории Фармацевтического общества в Москве, наблюдается 0,0068 г H₂S⁹. Он выделяется из воды Большого Горького озера¹⁰. Грязь Татарского озера временами издает запах сероводорода¹¹. В западной части Минусинского и южной Ачинского уездов в отрогах *Кузнецкого Ала-Тая*¹² развита громадная толща древних

¹ Миддендорф, 1867, с. 488. *Полынов*, 1911, с. 22–23. *Яворовский и Анерт*, 1913, с. 137.

² *Полынов*, 1911, с. 23.

³ *Яворовский и Анерт*, 1913, с. 137. *Сумгин*, 1916, с. 171.

⁴ *Исаченко*, 1912, с. 141 и сл.

⁵ Вода собрана А. Боткиным, 1898, с. 28.

⁶ *С. Залеский*, 1892, с. 14. Слабая реакция на свинцовую бумажку. В воде сероводорода нет (с. 56).

⁷ *Эдельштейн*, 1917 (1), с. 147.

⁸ *Пестов*, 1833, с. 107.

⁹ *Касторский*, 1904, с. 43 и сл. *Шишкин*, 1911. *Предтеченский*, 1912, с. 157. *Эдельштейн*, 1914, с. 397 и сл.

¹⁰ *Аргентов*, 1906, с. 31.

¹¹ *Людвиг*, 1903, с. 50, 174. При посещении озера Людвигом в июне 1899 г. он не мог открыть H₂S.

¹² По мнению Чуракова, – докембрийские (*Чураков*, 1916, с. 57). По *Эдельштейну* (1919, с. 93), – «альгонские»?

(додевонских – альгонкских?) метаморфизованных пород. В них мы имеем огромный источник сероводорода. Область распространения этих известняков так характеризуется Я.С. Эдельштейном¹: «Весьма характерным членом нижнего (метаморфизованной толщи) отдела являются известняки, издающие при ударе резкий сернистый запах; известняки эти то плотные, то мелкокристаллические, часто темные, даже черные, реже серые. В естественных обнажениях они переслаиваются часто с кремнистыми сланцами, кремнистыми известняками, кварцитами, иногда же (особенно в верхних горизонтах) с массивными доломитизированными известняками, не издающими при ударе того характерного запаха, который свойствен только что упомянутым «вонючим» известнякам. По этой причине выделить точно на карте площадь, покрытую одними «вонючими» известняками, представляется задачей невыполнимой. Вообще же площадь, покрытая выходами метаморфических известняков, которым, как сказано, подчинены и «вонючие» известняки, измеряется многими сотнями квадратных километров. Как на местности, где метаморфические известняки, в том числе и «вонючие», особенно обширно и мощно развиты, можно указать: 1) на верховье р. Белого Юса от Тюртека вниз почти до Топанова улуса; 2) нижнее течение р. Караташа; 3) весь бассейн р. Улень с его притоками; 4) верхняя половина р. Туима; 5) верховье р. Карыша; 6) верховье р. Сона; 7) бассейн р. Бири и местность к востоку от нее по направлению к Енисею², и, наконец, 8) местность, заключенная между реками Уйбатом и Неней на севере и левыми притоками Абакана на юге. По направлению к западу полосы известняков прослеживаются в пределы *Томской губ.*; нет сомнения, что и там среди них «вонючие» разновидности встречаются столь же часто, как и в Минусинском у. Необходимо прибавить, что среди метаморфических известняков, пользующихся обширнейшим распространением в высоких горных системах восточной части Минусинского у. (бассейны Кизыра, Шинды, Чибиджека), встречаются совершенно такие же «вонючие» известняки, как и в Кузнецком Ала-Тау. Надо заметить, что и по своему возрасту восточноминусинские известняковые свиты являются, несомненно, аналогами тех, которые развиты в Кузнецком Ала-Тау. Подобные же известняки известны и по Енисею в *пределах Красноярского у.* Наоборот, в южной части Минусинского края, заполненной западными отрогами Саянских цепей, господствуют филлиты, слюдяные сланцы и гнейсы, и среди подчиненных филлитам прослоев кристаллических известняков – «вонючих» разновидностей я не встречал. Центральная часть Минусинского края, как известно, выполнена сравнительно слабо дислоцированными девонскими отложениями. К западу от Енисея в составе этих отложений выделяется толща известняков и мергелей, содержащих весьма типичную морскую фауну (среднедевонского возраста). Среди этих известняков, в верхних горизонтах, местами встречается слой (в 2–5 м мощности) черного шероховатого известняка, издающего при ударе сильный битуминозный запах, резко отличающийся от того «сернистого» запаха, кото-

¹ По любезному указанию Я.С. Эдельштейна, 1917 г.

² Темные «вонючие» известняки можно изучать очень удобно в целом ряде прекрасных обнажений в этой местности по многочисленным падам (логам), пересекающим горную страну к востоку от Бири. Они же вскрыты в целом ряде выемок Ачинск-Минусинской железной дороги по рекам Карышу, Сону и Бире. О черных кристаллических очень вонючих известняках по Енисею около Ягадача упоминает уже Чихачев (1845, с. 211).

рый, свойствен «вонючим» известнякам более древних толщ». Сероводородные известняки встречены и в месторождениях сернистых руд меди, например в Уленьской группе¹.

Область этих явлений, как видно и из указаний Я.С. Эдельштейна, очень грандиозных, до сих пор не подвергалась точному исследованию. Мы имеем указания и других наблюдателей об области развития этих известняков. Так, по И. Знаменскому, в Знаменской волости развиты темно-серые известняки, переходящие вверх в слои мрамора. Эти известняки сильно пахнут сероводородом. «Выделение газа в свежих изломах столь обильное, что при работе в разнотах с обломками этого известняка в шурфах долгое пребывание невозможно»². На те же самые известняки обратил внимание А.Н. Чураков; в его образцах химически доказал присутствие сероводорода Б.Г. Карпов³ и количественно определил К.А. Ненадкевич (для черного известняка – 0,011% H_2S)⁴. По указанию А.Н. Чуракова, эти известняки образуют сплошь хребет Азыр-Тал (отрог Кузнецкого Ала-Тау). «Мною было осмотрено свыше 150 обнажений известняков и только в 3–4 случаях я не мог обнаружить запаха». Временами запах очень сильный⁵. Характерно, что на контакте с гранитом измененные известняки сохраняют запах H_2S ⁵. Сильно окварцованные известняки неизменно выделяют при ударе сероводород⁵. Очень характерно также, что в девонских (D_2) конгломератах, переслаивающихся с песчаниками, хорошо окатанная галька конгломератов состоит из вонючего известняка (гора Чиркова)⁵. Сероводород распределен в этих известняках неравномерно⁶. Особенно сильно распространены они в пределах северного Кузнецкого Ала-Тау (в долине Кульбюстюга, Туима, Кундудусула, Сухуджула)⁷. Черные кристаллические известняки, лежащие на контакте с оливиновым диабазом по Саралы-Юсу при слиянии его с Правой средней Саралой, сильно пахнут H_2S . Повидимому, есть места особого его сгущения⁸. Они относятся к той же свите, как и известняки Азыр-Тала, и содержат 0,009–0,012% H_2S ⁹. Неясно было, в каком виде находится в ней сероводород (ср. § 44–45). Он мог находиться или в виде свободного сероводорода или образовываться при раскалывании и трении легко разложимых сернистых соединений, например CaS или других, разлагающихся под влиянием H_2O . Опыты, сделанные К.А. Ненадкевичем⁹ над кристаллическими известняками, на образцах, доставленных Я.С. Эдельштейном и А.Н. Чураковым, указывают на присутствие *свободного сероводорода*¹⁰, по-видимому, включенного так или иначе в кристаллы

¹ Эдельштейн, 1917 (1), с. 132.

² Знаменский, 1914, с. 27.

³ Чураков, 1916, с. 10.

⁴ Ненадкевич, 1917 (2), с. 1040. Ср. Вернадский, 1917, с. 1379 и сл.

⁵ Чураков, 1916, с. 10, 20, 24.

⁶ Вернадский, 1917, с. 1384.

⁷ Эдельштейн, 1919, с. 93.

⁸ По указанию К.А. Ненадкевича (1917 г.).

⁹ Ненадкевич, 1917 (2), с. 1040. Ср. Вернадский, 1917, с. 1379 и сл.

¹⁰ К.А. Ненадкевич считает, что по условиям его опытов не исключена возможность нахождения в кристаллических известняках кислых полисернистых соединений кальция. («Кислые, пока не изученные сульфиды», 1917 (2), с. 1040). Надо заметить, что такие соединения до сих пор в природе не наблюдаются.

кальцита¹. Такой сероводород был констатирован Ненадкевичем также в местности Тасты-Джак по низовью Малого Сыра и в хребте Малом Саксыре, на левом берегу Камышты². Одновременно с сероводородом выделяются и другие, ближе не определяемые газы, по-видимому органические³.

Любопытно, что количество H_2S в самых различных местностях (Урал, Туркестан, Сибирь, Канада) почти одно и то же⁴. Оно колеблется по объему в пределах 10–20%⁵. Эти явления указывают, по-видимому, на однообразный генезис этого H_2S , являющегося или последним остатком типса при превращении за время метаморфизации гипсоносных мергелей в мраморы⁶, или же продуктом насыщения до известного однообразного (0,01%) предела при поднятии H_2S из глубоких слоев земной коры⁷.

В *Туруханском крае* выделения сероводорода должны происходить в тундровых болотистых местах и болотах, тянущихся севернее 63° с.ш. (§ 87). К сожалению, указания на это явление неясны⁸. Заслуживает внимания с точки зрения сероводородного режима разница между Енисеем (и Леной) и Обью (см. § 125).

120. В *Забайкальской обл.*, по-видимому, наблюдается очень важный центр выделения сероводорода в термах по Баргузину, Цыпе и в прилегающем районе Байкала; к сожалению, однако, мы не имеем отсюда ни одного удовлетворительного полного химического анализа воды и количественного определения этого газа⁹. По-видимому, мы имеем здесь дело с Пиренейским типом сероводородных источников. Достаточно, однако, распределить эти источники на карте для того, чтобы убедиться, что мы имеем здесь дело с распределением их по тектонической линии (ЮЗ–СВ), представляемой долиной Цыпы (бассейн Лены) и ее продолжением по тому же направлению – бассей-

¹ На это указывает то, что после выделения всего H_2S при истирании в порошок известняка, при растворении в слабой кислоте, не разлагающей пирротин, выделяется еще некоторое количество сероводорода.

² Выделяемый газообразный H_2S был констатирован здесь и во всех предыдущих пробах, моих и К.А. Ненадкевича, переводом газа в PbS , Ag_2S или CdS . Точно так же получались реакции с нитропруссидным натрием. Опыт велся так, что порода истиралась в струе *сухого* (лишенного паров воды) воздуха или углекислоты. Следовательно, исключалась возможность влияния паров воды, кроме той извечной влаги, которая могла содержаться в мраморе.

³ Среди газов, выделяющихся после захвата H_2S , были газы с ясным запахом углеводородов и такие, которые, пройдя через воду, на воздухе дымились. Проба на H_3P дала отрицательный результат.

⁴ *Вернадский*, 1917, с. 1381.

⁵ *Ненадкевич*, 1917 (2), с. 1040. Ср. *Вернадский*, 1917, с. 1379 и сл.

⁶ Все пахнущие H_2S мраморы (кристаллические известняки) содержат нерастворимый в кислотах углистый остаток, заключающий алюмосиликаты.

⁷ *Вернадский*, 1917, с. 1382 и сл.

⁸ Вода озер и болот «пресная и прозрачная», но отзывается «гнилостностью». См. *П. Третьяков*, 1869, с. 274.

⁹ Это тем более недопустимо, что для H_2S этих источников есть указания Ф. Львова, отрицающие его нахождение. Ф. Львов предполагал нахождение озона, но им же приводимые факты этого не доказывают. См. *Ф. Львов*, 1859, с. 14–15; 1864, с. 94. Проблема, им поставленная, не разрешена. Ф. Львов (1823–1885) был серьезным научным работником. По-видимому, помимо H_2S присутствие которого подтверждено позднейшими работами, в забайкальских источниках есть еще какое-то летучее тело.

ном Баргузина (впадает в Байкал)¹. Очень возможно, что эти тектонические линии совпадают с указанными уже И. Черским осями антиклинальных перегибов; одну из таких складок он назвал даже термальной от выходов терм². Выходят термы в гранитах, реже в кристаллических сланцах, расположены по краям долин-грабен³. Вероятно, в связь с дислокационными явлениями надо поставить мало выясненное явление выделения сероводорода в самом Байкале. Он выделяется со дна озера в широкой полосе, в 107 м от берега, против Кадильной, Баргузина, Верхней Ангары, Листвяничного, Юи, берега Ольхона, Посальского, Голоустной и других мест. Количество его меняется в разных местах в разное время. Чекановский считает возможным связать с выделением сероводорода мор рыбы – голомянки. Ломоносов указывает на связь незамерзающих участков Байкала с его выделением. Однако самое существование таких неизменных из года в год участков неясно. Обычно принимают здесь поверхностное, биохимическое, выделение сероводорода в грязи дна – но это ничем не доказано. Вопрос этот настоятельно требует изучения⁴. В степных частях области находится много озер, богатых сульфатами, т.е. должен был бы выделяться H_2S , но указания на это очень редки.

В *Акишинском у.* в системе р. Она сероводород выделяется в Балыринских источниках у подошвы горы Обдун (Балыринской), впадающих в р. Балырь (горячие 36–38 °С)⁵. Недалеко выходят еще более горячие Кырынские воды – в русле и долине р. Кыры (приток Она)⁶. Сероводород указан в горячих (27,5 °С) Улурунских источниках (50°10' с. ш. и 1°14' в.д.), выходящих из того же массива⁷.

В *Баргузинском у.*⁸ находятся главные выходы сероводорода. Помимо выделения в самом Байкале, он указан в очень многих местах в его бассейне. Так, он выделяется из теплого ключа на острове на р. Ампундакан⁹, из другого ключа – в долине р. Котери⁹, в Верхне-Ангарских источниках, положение которых неясно¹⁰. На р. Чулентее, вверх по р. Верхней Ангаре указан горячий ключ с сильным запахом H_2S ¹¹. Другой указан у бухты Аяя, около Байкала¹². На полуострове Святой Нос, на берегу Змеиного мыса известны пять источников из разрушенных гранитов (34,2–43,6°). Дебит всех 30 ведер

¹ Это ясно из сводки, даваемой И. Багашовым (*Багашов*, 1905, с. 48 и сл.).

² *Черский*, 1889, с. 15. Ср. карту.

³ *Котульский*, 1917, с. 95.

⁴ *Чекановский*, 1897, с. 137 и сл.

⁵ *Н. Шукин*, 1856, с. 72. Запах, по мнению Львова, не H_2S (Ф. Львов, 1859, с. 13). См. *Кашин*, 1868, с. 49. *Багашов*, 1905, с. 46 (литература).

⁶ *Багашов*, 1905, с. 94.

⁷ *Решетников*, 1899–1900, с. 43. *Багашов*, 1905, с. 117.

⁸ См. старинные указания и литературу: *Шерер*, 1820, с. 156.

⁹ *Котульский*, 1913, с. 24, 26.

¹⁰ *Багашов*, 1905, с. 56.

¹¹ *Шукин*, 1856, с. 71.

¹² «Неприятный запах» – см. *Н. Шукин*, 1857, с. 69. Характер этих источников и их положение очень неясны. Ср. *Багашов*, 1905, с. 45, 47. Несомненно, сероводородным является источник восточнее Аяя (по карте Черского – 39° R), посещенный Радде (*Радде*, 1861, с. 12), который указывает, что он выделяет H_2S и имеет температуру 34°. Другой источник (по Черскому, 29° R) лежит западнее Аяя. Однако данные о температуре и свойствах этих источников очень неясны. Ср. *Черский* (1889).

в минуту; ясный запах H_2S ¹. Многочисленные источники сероводорода сосредоточены в долине Баргузина. Таковы Аллинские в долине р. Аллы около р. Баргузина, как на правой, так и на левой стороне Аллы. Источники богаты H_2S , горячие (72,2 °С, по В. Котульскому), выходят из гранитных пород. Запах H_2S слышен на далекое расстояние. По Котульскому, 0,0002 г H_2S (на литр?)². Так называемые Геюгинские (Сеюйские) источники вытекают из дна долины р. Сеи, горячие (45–52,5 °С) богаты H_2S ³. По р. Баргузину, в урочище Укшатах (214 км от Баргузина) известны горячие ключи, содержащие сероводород и сухой сероводородный газ; пробиваются почти на берегу реки, а весной они затопляются рекой⁴. По р. Карге (Каргату) (приток р. Баргузина) в тайге, в 160 км от Баргузина, выходят из туфов горячие ключи (75,4 °С), содержащие сернистые металлы (по-видимому, Са, Na). Запах сероводорода слабый, реакции ясные⁵. Такие же источники наблюдаются в р. Баргузине у дер. Толстихиной, около г. Баргузина (40 °С)⁶, выходят по р. Уро из гранитных скал, более бедные сероводородом⁷. В оз. Духовом⁸ и других близлежащих озерах у Баргузинской губы наблюдается выделение сероводорода⁹. По р. Турке, впадающей в Байкал, около с. Горяченского наблюдается выделение сероводорода в Туркинских источниках, смешанных, по В. Котульскому, с вадозными водами (54 °С). Сероводород при стоянии воды исчезает (Ф. Кучинский)¹⁰.

Другую область выделения сероводорода представляет бассейн р. Цыпы, впадающей в Витим. Здесь три богатых сероводородом источника (66 °С) наблюдаются около р. Могой (приток р. Гирамны) у завода Конринских¹¹. Сероводород выделяется в источниках, выходящих в гранитной скале около оз. Нин-Дух (впадает в Цыпу)¹¹, при впадении Верхней Цыпы в Баунтское озеро у подножия горы Кампток и, по-видимому, в Баунтском озере¹². В долине р. Амунджак (бассейн Цыпы) на пространстве 1 км² выходит много сероводородных источников, богатых сероводородом. Три из них богаты водой и углекислотой¹³. Вероятно, того же типа его выделения в источниках на левом

¹ Белов, 1921, с. 49.

² И. Лопатин, 1895, с. 275. Котульский, 1917, с. 97.

³ Багашов, 1905, с. 59–60. И. Лопатин, 1895, с. 274.

⁴ Н. Щукин, 1856, с. 69. Слюнин, 1882, с. 766–767. Багашов, 1905, с. 116.

⁵ Гельм, 1816, с. 413–414. Багашов, 1905, с. 79. Белов, 1921, с. 43.

⁶ И. Лопатин, 1895, с. 2.

⁷ Н. Щукин, 1856, с. 68 («отвратительный запах»). И. Лопатин, 1895, с. 278. Багашов, 1905, с. 118. Сероводорода нет. Температура 15,6–72,3°. Белов, 1921, с. 45.

⁸ Георги, 1775, с. 134.

⁹ [Спасский], 1821, с. 26.

¹⁰ Hess, 1827, с. 326. Кашин, 1868, с. 58 и сл. Багашов, 1905, с. 111. Кучинский, 1894 (1), с. 4. Котульский, 1917, с. 96. Любопытна невыясненность реакций на H_2S (литература у Багашова). Возражения против того, что запах происходит не от H_2S (например Шамарина, 1885, с. 164), кажутся мне совершенно неубедительными, ибо исследовалась вода не на месте и определение небольших следов H_2S не было сделано достаточно точно. Сероводород должен изучаться на месте. Может быть в этих источниках он образовался из CSO ? Об отсутствии H_2S см. Ф. Львов, 1859, с. 15.

¹¹ И. Лопатин, 1895, с. 238; 249.

¹² Георги, 1775, с. 117. И. Штукенберг, 1844, с. 598.

¹³ Боголюбский, 1897, с. 84.

берегу Витима, около устья р. Зази; И. Лопатин связывает его с углистыми глинами, богатыми колчеданами¹. Ср. также т. I, § 269².

В *Верхнеудинском у.*³ сероводород выделяется в Верхне-Чикойских (Вершино-Чикойских), на правом берегу р. Горячей (в 15 км от урочища Семи озер), горячих (35 °С) источниках. Недалеко от горячих сероводородных вод находятся и холодные (15 °С), бедные сероводородом⁴. Ср. т. I, § 269⁵. Указаны его выделения в источниках в верховьях р. Куналея (бассейн Чикоя)⁶. В 22 км от ст. Мозгон, по р. Жиргалте (бассейн Хилка) находится холодный «сернистый» источник с «белой, как молоко» водой⁷. Около ст. Могзон в долине р. Хилы находится холодный источник (Аршан) (3,5 °С) со слабым запахом H₂S. Приобретает запах при стоянии в закрытом сосуде⁸.

В *Нерчинско-Заводском у.* сероводород выделяется в одном из Кутомаровских источников, в 7 км от Кутомаровского завода⁹. На правом берегу р. Ларги в 19 км от Кутомаровского завода, по-видимому, есть сероводородный источник¹⁰. Он временами выделяется из грязи и воды оз. Ямкун (Газимурского). Вблизи озера и в озере бьют многочисленные холодные ключи, богатые СО₂, вода которых пахнет сероводородом¹¹. Выделяется в озерах Урулюнгуийской степи, например в оз. Амыкей¹².

В *Читинском у.* есть сомнительные указания на сероводород источников¹³. Наблюдалось выделение H₂S зимой в реке около Читы¹⁴. Река Аргунь при замерзании дает вонючую воду («сернопеченковую»)¹⁵. В области Аргунской степи от окраины Гоби до появления отрогов Хоульского хребта Аргунь течет очень медленно (2 км в час). Вода мутная, «вкус и запах стоячей воды»¹⁶.

121. В *Иркутской губ.* явления выделения сероводорода не изучены, но, по-видимому, более распространены, чем сейчас мы знаем. Может быть, значительные выделения его в связи с термами наблюдаются на северо-западном берегу Байкала в тесной связи с термами *Забайкальской обл.* Это сероводород ювенильный. Того же типа выделение сероводорода по Лене и Нижней Тунгуске. Есть сероводород и в известняках. Наконец, мы имеем вадозный сероводород биохимического происхождения.

¹ И. Лопатин, 1895, с. 201.

² [§ 300 в первом издании].

³ В этом уезде Унгийский источник около дер. Китаевской на Хилке у устья Унзо, по указанию бурят, сернистый. С. Залеский не нашел H₂S. См. Обручев, 1914, с. 726.

⁴ Снесарев, 1859 (1), № 49. Кашин, 1868, с. 75. Слюнин, 1881 (2), с. 771.

⁵ [§ 300 в первом издании].

⁶ Снесарев, 1859 (2), № 50. Кашин, 1868, с. 78. По указанию В.А. Обручева, не выделяет H₂S.

⁷ Обручев, 1914, с. 717.

⁸ Обручев, 1914, с. 726; 1905, с. 429.

⁹ Кашин, 1868, с. 52. Ломоносов, 1868, с. 184. Багашов, 1905, с. 92.

¹⁰ Горбунов, 1899. Багашов, 1905, с. 94.

¹¹ А. Злобин, 1823 (1), с. 13. Пранг, 1844, с. 112. Ломоносов, 1868, с. 185. Кашин, 1868, с. 54 и сл. Кучинский, 1894 (2), с. 1. Ср. Багашов, 1905, с. 129 и сл.

¹² Титов, 1855, с. 427.

¹³ Неясны указания на H₂S Кукинских вод в 50 км от Читы. См. Багашов, 1905, с. 89. На отсутствие в них H₂S указывает мне В.А. Обручев. Едва приметный «отзвук» гнилых яиц указывался для Дарасунских вод раньше их эксплуатации. См. Ш(укун), 1848, с. 13.

¹⁴ Была у меня переписка с М.Д. Кузнецовым. Явление интересное.

¹⁵ Фальк, 1825, с. 89.

¹⁶ Овсяный, 1887, с. 68.

В *Балаганском у.*, около улуса Алтарика в 21–32 км от Балаганска, наблюдаются соленые источники, выделяющие сероводород. Сероводород содержится и в черной глине, лежащей между разрушенным гипсом и красноцветной глиной, как это видно из бурений. Соленый ключ с большим дебитом находится на острове на Ангаре, в 11 км выше Балаганска на Емекейском лугу; он пахнет сероводородом¹.

В *Верхоленском у.* давно указан сероводородный Горячий ключ (Гокоза) при устье р. Котельниковой, у подошвы горы Дунды, на западном берегу Байкала. Здесь есть три термы, впадающие в Байкал, а также есть и холодные ключи с H_2S . По Радде, температура горячих 69,1 °С и они выделяют много H_2S^2 . Сероводород выделяется в воде колодцев (глубина до 27 м) на Кольцовском переселенческом участке. Сероводород в этом случае очевидно вторичный³.

В *Иркутском у.* сероводород выделяется, по-видимому, в теплых (незамерзающих) источниках, в Тункинской котловине, среди древних лавовых отложений, как, например, около старинной Тункинской крепости, Койкарской миссионерской церкви, р. Шерхолуй (Шерохалуй), Тальевой вершины, Халу-Угун (Аршан – теплая вода) и т.д.⁴ Холодные соляные источники, содержащие сероводород, известны около ж.-д. ст. Усолье. Они выходят в алювиальной долине р. Уляхи⁵. В окрестностях Ботогольского гольца на контакте с нефелиновым сиенитом наблюдаются кристаллические известняки, пахнущие H_2S ⁶. В Иркутско-Туранских горячих источниках в Ниловской пустыни заметен слабый запах H_2S («серный»)⁷. В вершинах р. Курката указываются «сернистые» источники⁸.

В *Киренском у.* на левом берегу Лены, в 15 км от ст. Паршинской, сероводород выделяется из 15 горячих соленых источников, выходящих из силурийских известняков, местами вонючих. Дебит всех источников («Вонькины ключи») не менее 300 ведер в минуту (по В.А. Обручеву). Есть источники и на дне Лены (Щукин)⁹. Несколько соленых источников образуют речку Солянку, правый приток Лены. Из этой речки выделяется сероводород, и этот запах распространяется в окрестностях речки. Она бежит в глухой пади, стенки которой состоят из вонючего известняка, в котором выходят холодные соленые и сероводородные ключи¹⁰. Известняки нижних слоев силурийской

¹ По любезному указанию В. П. Селиванова, 1921 г.

² Эти источники были уже известны Мессершмидту. См. *Георги*, 1798 с. 76. См. литературу и сводку: *Шерер*, 1820, с. 161. *Радде*, 1862, с. VIII. *П. Семенов, И. Черский, Г. Петц*, 1895, с. 592, 593.

³ *Рамнек*, 1915, с. 171.

⁴ *Щ(укин)*, 1848, с. 19. *Меглицкий*, 1855, с. 48. *П. Семенов, И. Черский и Г. Петц*, 1894, с. 76. *Меглицкий*, 1856, с. 150. *Черский*, 1875, с. 179 (не говорит о H_2S).

⁵ *Богданович*, 1895, с. 386. *В. Штанге*, 1915, с. 11.

⁶ По указанию К.А. Ненадкевича.

⁷ *Н. Попов*, 1864, с. 55. Ф. Львов сероводорода химически не нашел – запах серы (*Ф. Львов*, 1864, с. 93).

⁸ *Шамарин*, 1881, с. 7, 78, H_2S не указывает в анализе.

⁹ *Гмелин*, 1752 (1), с. 305. *Миддендорф*, 1860, с. 461–462. По дневникам Редовского. *М. Злобин*, 1831, с. 22. *Н. Щукин*, 1844, с. 92. *Кропоткин*, 1873, с. 170. *Обручев*, 1892, с. 144.

¹⁰ *Гмелин*, 1752 (1), с. 306. *Георги*, 1798, с. 40. *Кропоткин*, 1873, с. 170. *Обручев*, 1892, с. 142.

(верхней) толщи нередко вонючие¹, например ниже ст. Н. Ичерской на Лене². Около слободы Тутуры у р. Тутура, впадающей в Лену, выходят горько-соленые сероводородные ключи³. У дер. Даниловой указан выход сероводородных ключей, впадающих в Нижнюю Тунгуску; по-видимому, в связи с ними находится «серное» озерко, имеющее 21 м в окружности⁴.

Многочисленные серные ключи, числом 82, указаны в 21 км от Нижне-ломовского селения, на левом берегу Нижней Тунгуски⁵. Из соленого озера около дер. Гажинской, расположенной на Нижней Тунгуске, выделяется сильный запах сероводорода⁴. Ниже Шагринского утеса и порогов на Нижней Тунгуске находится солоноватое вонючее болото, из которого в Нижнюю Тунгуску слева впадает р. Солонцовая или Рассольная. Такая же соленая речка из вонючего болота впадает справа в Нижнюю Тунгуску – р. Рассольная ниже по течению за р. Герондау⁴. Соленый ключ около Витимска на Лене летом выделяет H_2S ⁶.

В *Нижнеудинском* у. в источнике Барнаул, в 11 км от сел. Больше-Мамырского по Ангаре, наблюдается слабое выделение сероводорода⁷.

122. На *Камчатке* (в *Приморской обл.*) мы встречаемся с единственным в пределах России значительным проявлением сероводорода, связанным с вулканическими процессами. К сожалению, выделения сероводорода на Камчатке, подобно и другим явлениям вулканизма в ней, до сих пор изучены чрезвычайно слабо. В общем мы очень недалеко стоим от первых работ середины и даже первой половины XVIII столетия – работ академиков С. Крашенинникова и Г. Стеллера⁸. Работы самой большой научной экспедиции на Камчатку, снаряженной в 1907–1909 гг. Ф.П. Рябушинским, до сих пор не опубликованы в их геологической части⁹.

Сероводород выделяется в Камчатке в связи с вулканами в двух, может быть трех, типах местонахождений: 1) в фумаролах и сольфатарах, 2) в грязевых вулканах и 3) в термах. Едва ли можно сомневаться, что он должен выделяться и в происходящих непрерывно вулканических извержениях, хотя ни в одном из мне известных описаний этих извержений о нем не упоминается¹⁰. Количество действующих вулканов Камчатки превышает 15, и некоторые из них, как Авача или Ключевская сопка, находятся в почти постоянном действии¹¹.

Эти вулканы являются слабыми отголосками тех вулканических явлений, какие имели здесь место в плиоцене и после плиоцена¹², и принадлежат к

¹ Обручев, 1892, с. 157.

² Обручев, 1892, с. 132.

³ Шперк, 1870, с. 127.

⁴ Чекановский, 1896, с. 30; 35; 44–45.

⁵ Иркутск. губ. ведом. Иркутск, 1861. Неоф. часть, № 1, с. 6.

⁶ Георги, 1798, с. 67.

⁷ Реутовский, 1905 (2), с. 207, 310–311.

⁸ С. Крашенинников, 1755. *Steller*, 1774. Об этой книге см. *Пекарский*, 1869, с. 606 и сл.

⁹ Изданы части ботанических и зоологических наблюдений.

¹⁰ Любопытно, что о сероводороде на Камчатке совсем не упоминается в новейшем геологическом (и вулканологическом) ее очерке. См. *Богданович*, 1904.

¹¹ Как это ни странно, количество вулканов Камчатки и даже вулканов, проявивших деятельность в историческое время, неизвестно в точности. Действующих вулканов Постельс насчитывал 8 (*Postels*, 1835, с. 11 и сл.), *Дитмар* – 11 (*Dittmar*, 1891; 1860, с. 66).

¹² *Богданович*, 1904, с. 217.

столь важному в строении нашей планеты Тихоокеанскому вулканическому кольцу. Явления Камчатского вулканизма, хотя и кажущиеся нам значительными, при сравнении с другими очагами извержений но могут быть отнесены к перворазрядным его центрам. На это обратили внимание уже натуралисты конца XVIII столетия (1787 г.) экспедиции графа де Ля Перуза, изучавшие один из крупных действующих вулканов Камчатки – Авачу, которую они посетили после своего недавнего восхождения на вулканы Тенерифа¹.

Ряд вулканов Камчатки (Шивелуч, Авача, Ключевская сопка и др.) находится в непрерывной деятельности столетия, может быть тысячелетия, в форме ли сольфатар или фумарол. Несомненно, в них должен выделяться сероводород, но в литературе единственное мне известное указание дает В.Л. Комаров², который отмечает, что в фумаролах выделяется смесь сероводорода и сернистого газа.

От сольфатар мы имеем все переходы к грязевым вулканам и горячим источникам – термам, выделяющим сероводород. По-видимому, главная масса сероводорода Камчатки связана с термами, что обратило на себя внимание уже С. Крашенинникова. Он даже думал, что все горячие источники Камчатки выделяют сероводород³, что, по-видимому, неверно. В.Л. Комаров пытался впервые дать классификацию этих источников, причем во всех выделяемых им группах находится сероводород. По его указанию⁴, можно различить четыре типа ключей: 1) связанные с фумаролами и лежащие в старых кратерах, с температурой до 100 °С (например, Узон); из его и других описаний ясно, что мы имеем здесь дело с грязевыми сопками, кратеры которых образуют целые «пруды»; 2) железо-известковистые, с температурой до 45°, строящие конусы из туфа и известковых накипей (Щапинские и Пущинские); 3) ключи, выбивающиеся из речных отложений по берегам рек, с температурой 50–72° и почти чистой водой; сюда, по Комарову, относится большинство известных ему терм; 4) Верхний Паратунский ключ высоко в горах, с температурой в 70 °С. Несомненно, это деление есть только первое приближение к познанию сложного природного процесса. Едва ли можно сомневаться в том, что мы имеем здесь явления, аналогичные гейзерам, бьющим, высокой температуры, ключам, выделяющим кремнезем (гейзерит) и богатым сероводородом. Анализы К. Шмидта⁵ дают на это прямые указания, и Шмидт сравнивает эти осадки (например, для Апачинского, Банного, Малковского источников) с исландскими гейзеритами. От этих отложений должны быть отличены известково-гипсовые отложения (например, для Укипских источников).

Как все подобного рода источники, эти термы оказывают огромное влияние на химическое изменение прилегающих пород, замеченное уже Крашенинниковым⁶, но ближе до сих пор не изученное (ср. § 80). По-видимому, с их деятельностью здесь связано выделение каолинов.

¹ *Bernizet, Mongès et Receveur*, 1797, с. 132.

² В. Комаров, 1912, с. 409.

³ С. Крашенинников, 1755, с. 185: «во всех вышеупомянутых ключах вода густа и протухлыми яйцами пахнет».

⁴ В. Комаров, 1911, с. 162; 1912, с. 408.

⁵ К. Шмидт, 1885, с. 28.

⁶ С. Крашенинников, 1755, с. 180.

Горячие сероводородные источники известны на всем протяжении Камчатки, начинаясь на восточном берегу выше $59^{\circ}30'$ с.ш. (источник на р. Тамлат) и на западном берегу на градус ниже (между реками Кохтаной и Палланом). На юг они доходят до $51^{\circ}48'$ (Явинские источники). Но очень возможно, что наше знание об этих источниках далеко не полное, и границы горячих источников идут за пределы этих 8 градусов¹. Хотя мы не имеем здесь непрерывного их распространения, но совершенно ясно, что все источники являются проявлением одного и того же процесса, одной и той же вулканической области, которая на запад и северо-запад переходит на Азиатский материк, а на восток и северо-восток через Алеутские острова переходит в вулканическую область Аляски – континент Северной Америки². Мы имеем здесь проявление процессов, которые связаны с тектоникой Великого океана. Количество терм, находящихся на Камчатке, точно неизвестно. Главные массы их сосредоточены в *Петропавловском у.*

В *Гижигинском у.*, на юге от Гижигинска, на р. Таватоме, недалеко от Таватомского (Таватавы) поселка, имеются горячие соляные ключи (Тикинавель), слабо выделяющие сероводород³. На Олюторском мысу находятся горячий источник и сольфатара⁴. В *Петропавловском у.*, на полуострове Камчатка наблюдаются главные выделения сероводорода. Здесь находятся все вулканы, сольфатары, наконец расположены главные области терм. Мне известны следующие на них указания, начиная с севера. На восточном берегу, на р. Тамлат указаны «горячие ключи и выходы серы»⁵. На западном берегу самый северный мне известный выход горячего сероводородного ключа указан в горах между реками Кохтаной и Палланом⁵. Сероводородный ключ ($23,0^{\circ}\text{C}$) впадает в р. Бекеш (приток р. Б. Хапичи) при выходе ее из хребта Кумроч⁶. Ключи с сильным запахом сероводорода выходят в ярах по берегам р. Камчатки (29 км от с. Карганик по направлению к с. Машуры)⁷. По-видимому, интенсивную область терм представляет р. Шемеч, приуроченная к юго-западным отрогам Мылковских гор ($54,3\text{--}54,4^{\circ}$ с.ш., по Эрману)⁸. Горячие ключи впадают в р. Шемеч (Семячик) с левой стороны. Они находятся, по С. Крашенинникову, «в глубоком буераке, окруженном высокими и во многом дымящимися горами. Самой буерак от спуска вниз на полторы версты расстоянием наполнен безчисленным множеством кипящих ключей, которые напоследок в одну речку соединяются. Особливо достойны примечания два великия жерла, из которых одно 5, а другое 3 сажень в диаметре, а глубиною перьвое на полторы, а другое на одну сажень, ибо в них кипит вода белым ключем, как в превеликих котлах, с таким шумом, что не токмо разговоров между собою, но почти и крику не можно слышать. Пар идет от них

¹ О неполноте и случайности нашего знания терм см. *Дыбовский*, 1885, с. 1–2.

² Извержение 1912 г. на горе Катмай в Аляске было одно из самых больших, известных в истории. С. *Fenner*, 1920, с. 569.

³ *Георги*, 1798, с. 81. *Богородский*, 1853, с. 59. *Миддендорф*, 1860, с. 461–462.

⁴ *Dittmar*. 1860, с. 67.

⁵ *Дитмар*, 1901, с. 333; 498.

⁶ Державин в кн. *П. Шмидт*, 1916, с. 284–285.

⁷ *Крынин*, 1913, с. 47.

⁸ См. С. *Крашенинников*, 1755, с. 183–184. *Erman*, 1848, с. 522. Новейшие исследователи оставили ее в стороне.

толь густой, что в 7 сажнях человека не видно»... «Между сими пропастьми сажени с три расстояния, которое все как зыбучее болото колеблется, так что опасаться ходящим должно, чтоб не провалиться». В этих ключах плавают асфальт («черная Китайским чернилам подобная материя»)¹. Вблизи, в 4 км от Шемеча, находится «Горячая речка» (около 3,4 км длиной, в устье 6 м шириной), впадающая в Восточное море и выходящая из северо-восточных отрогов Милковских гор².

Очень мощное выделение сероводорода наблюдается в кратере и окрестностях вулкана Узон³. Главное «ключевое поле» занимает площадь около гектара – в нем несколько сот отверстий (грязевых вулканов и связанных с ними выходов воды и грязей), местами выделяется горячий пар. Всюду выделяется сероводород. Вода собирается в довольно большое горячее озеро⁴. К востоку от этого поля находится вторая группа фумарол и ключей; наконец, третья группа на северо-востоке – богата конусами грязевых сопок⁵. Все эти выделения связаны с древним кратером вулкана. Часть ключей периферическая, часть центральная. Первые – сероводородные, но холодные. Ключи центральных частей горячие (до 84 °С), богатые сероводородом; воды их собираются в речку, впадающую в озеро (16–17 °С). Отдельных речек (длиной в десятки метров) и озерков (болот) несколько. Вся эта область – и центральное озеро, занимающее кратер вулкана, – никогда не замерзает. В общем наблюдаемая картина процесса не указывает его уменьшения в промежутке посещений К. Дитмара в 1854 г. и В. Комарова в 1909 г.⁶

Вблизи Кроноцкого озера находится небольшое озерко, вытекающая из которого речка через р. Хемчич впадает в Кроноцкое. Вблизи него находятся сольфатара и горячие ключи⁷. Горячий ключ находится на р. Шупановой, а с Жупановой сопки сбегает «река молочного цвета с сильным запахом серы»⁸. Пушинские горячие ключи расположены по обеим сторонам р. Кашкан (22,8–41,7 °С); один из них, с сильным запахом сероводорода, отлагает известковистые натёки и сернистые металлы⁹. В незамерзающей реке Большой Николке вода «отзывается сероводородом»¹⁰.

Ряд сероводородных источников с не очень сильным запахом сероводорода находится в долине р. Паратунки, впадающей в Авачинскую губу. Источ-

¹ По Георги, на основании рукописей Крашенинникова, это описание относится к другим ключам (на р. Большой, 5 км ниже острога «Муши») – см. *Георги*, 1798, с. 82. Сочинение Крашенинникова издано под редакцией Миллера после смерти автора, но думать о какой-нибудь ошибке едва ли возможно, так как к этому описанию не подходит ни один из много раз позже посещенных горячих ключей бассейна р. Большой (Быстрой). Острог Мышху (Начика) находился в 7 км от нынешнего Начика, но Начикинские горячие ключи дают совершенно другую картину. Чрезвычайно желательно более точное изучение Шемечских сопок. О положении острога Мышху см. *В. Комаров*, 1912, с. 108.

² *С. Крашенинников*, 1755, с. 45, 83. *Erman*, 1848, с. 522.

³ *Дитмар*, 1901, с. 644 и сл. *В. Комаров*, 1912, с. 307 и сл.

⁴ Фотография у *В. Комарова*, 1912, табл. 17–18, с. 310, 314–315.

⁵ Ср. фотографию Узона у *В. Комарова*, 1912, с. 309.

⁶ К сожалению, мы не имеем до сих пор точной топографической съемки этой интересной области сальз.

⁷ *Дитмар*, 1901, с. 360.

⁸ *В. Комаров*, 1912, с. 163.

⁹ *В. Лебедев*, 1911, с. 61. *В. Комаров*, 1912, с. 211.

¹⁰ *В. Комаров*, 1912, с. 247.

ники расположены группами¹. В верховьях Паратунки, километрах в 27 от селения, в ее долине, с левой стороны с горы Горячей вытекает сероводородный ключ с 70,8° (Вимутовский ключ). Главные ключи расположены вблизи сел. Паратунские Ключи. В окрестностях в тундре между селениями Ключами и Миксиринским – «масса тундровых озер с протоками, гнилые воды которых издают сильный запах сероводорода»². Горячие источники (около деревни, по В. Комарову, 23 источника) можно разбить (по Б. Дыбовскому) на группы. На левом берегу реки есть 6 ключей: Серебряниковские, наиболее известные (42,5–45 °С – по Б. Дыбовскому, 47,5 °С – по В. Комарову), содержащие, по К. Шмидту³, 0,0129 г сероводорода на 1 л, Голенищевские ключи (25 °С), содержащие, по Шмидту, 0,00608 г на 1 л. Дыбовский указывал ключ с 81 °С (Завойковский), не найденный Комаровым. На правой стороне находятся названные Дыбовским Подпругинскими ключи с температурой 18–50,5 °С (более 17 ключей). Значительная, давно известная область горячих ключей сосредоточена в бассейне р. Быстрой (Большой Озерной), на значительном протяжении. В 2 км от сел. Малки (в долине Дакхело-Пич) находятся горячие источники (78 °С – по В. Комарову, 80,6 °С – по А. Эрману, 82,6 °С – по К. Дитмару) с сильным запахом сероводорода. Ключи выходят в долине реки⁴. Горячие источники с запахом сероводорода известны с начала XVIII столетия уже С. Крашенинникову, около сел. Начики. Крашенинников уже тогда (1740-е годы) указывал, что они образуют «горячий ручей», о чем упоминает и В. Комаров (1909), который указывает, что теплую приносимую им воду можно заметить в р. Начике, далеко от впадения в нее горячего ручья. Сейчас наблюдаются два выхода (66–78,5 °С) сероводородной воды. Запах сероводорода слабый⁵. По течению Средней Авачинской речки, не доходя до ее истоков, есть два горячих ключа в Тимановской пади⁶. Сероводород обильно выделяется в горячих Каримчинских ключах, занимающих долину правой вершины р. Правой Каримчины. В Каримчину впадает здесь горячая речка (до 50 °С), текущая от ключа, не менее 1/2 км длиной, выделяющая сероводород (серебряная монета в ключе чернеет через несколько минут). Кроме этого ключа, судя по не очень ясному описанию В. Тюшова, тут находятся еще несколько выходов горячих (65° С) ключей, впадающих в Каримчину, и, по-видимому, связанная с ними область грязевых сопок⁶. Давно известны сероводородные ключи по р. Банной (Баанью – Крашенинникова), притоку Большой. К сожалению, мы для этих ключей имеем в сущности только старинные наблюдения⁷. Из описания Крашенинникова ясно, что мы имеем здесь очень большую область

¹ О них см. *Дитмар*, 1901, с. 81 и сл. *Дыбовский*, 1885, с. 3 и сл. *В. Комаров*, 1912, с. 42 и сл., 57.

² *В. Комаров*, 1912, с. 42.

³ *К. Шмидт*, 1885, с. 18–19.

⁴ *Erman*, 1848, с. 503. *Дитмар*, 1901, с. 380 и сл. *В. Комаров*, 1912, с. 189.

⁵ Об этих источниках см. *С. Крашенинников*, 1755, с. 179, 182–183. *Lesseps*, 1790, с. 50. *Сарычов*, 1902, с. 175. *Erman*, 1848, с. 526. *Тюшов*, 1906, с. 38. *В. Комаров*, 1912, с. 111. Тюшов отрицает выделение сероводорода, но он, помимо запаха, указан химическими реакциями Лессенсом и Козловым-Угрениным, а позже пробой на серебряную монету Сарычовым.

⁶ *Тюшов*, 1906, с. 18–19; 105.

⁷ *С. Крашенинников*, 1755, с. 182 (любопытен план). Описание Крашенинникова косвенно подтверждается рассказами местных жителей, указывающих на нагревание ключами р. Банной и на постоянно идущие их изменения (*В. Комаров*, 1912, с. 153–154).

терм, дающих несколько горячих ручьев (и озерков), впадающих в р. Банную. Крашенинников указывает и горячий водопад (с каменного утеса над рекой). Он сравнивает их с другим, ближе не изученным полем горячих источников – Пауджинским. В 1881 г. их посетил Б. Дыбовский, который, однако, указывает, что в 1882 г. было заиливание их деятельности (ключ высотой больше 90 см и температура выше 100°, по Ю. Мерлину). О сероводороде Дыбовский не упоминает¹. Еще южнее около с. Явинского находятся в долине р. Явинской горячие сероводородные источники (81,6–85,1 °С), один из которых имеет температуру 100,2 °С. К сожалению, мы до сих пор не имеем достаточно полного их исследования². Еще южнее их находятся горячие источники в бассейне р. Озерной, выходящей из Курильского озера, – самые южные из указанных в литературе. К сожалению, мы о них имеем только краткие старинные указания³, однако их нельзя смешивать с Явинскими ключами. По Соуэру, они находятся в 16 км на юг от дер. Явинской, недалеко от Опальской сопки, и впадают в р. Озерную. По Крашенинникову, мы имеем здесь: 1) ключи, впадающие в Озерную (на южном ее берегу), относительно холодные и 2) в 4,5 км от них ключи Пауджинские на восточном берегу р. Пауджи. Эти наиболее интересны, и они, по-видимому, посещены и Соуэром⁴. Они расположены на холме, на пространстве 9 км, «бьют во многих местах, как фонтанами, по большей части с великим шумом, на 30–45 см. Некоторые стоят, как озера, в великих ямах, а из них текут маленькие ручейки, которые, соединяясь друг с другом, всю помянутую площадь, как на острова, разделяют и нарочитыми речками впадают в означенную Пауджу».

Едва ли можно сомневаться, что это перечисление камчатских терм очень неполно и что дальнейшие работы выяснят нам картину этих выделений сероводорода более правильно. По-видимому, мы имеем здесь выход источников по тектоническим термальным линиям, прямо не связанным с вулканами⁵.

123. В других частях *Приморской обл.* месторождения сероводорода не изучены. Мы имеем здесь в меньшем размере те же выделения его в тектонических газовых струях, в горячих источниках, которые так характерны для Камчатки (§ 122).

По побережью Тихого океана очень широко распространен биохимический процесс его выделения. Вдоль берегов полуострова Муравьева-Амурского происходит постепенное слияние путем намывных образований прибрежных островов. В тесной связи с этим явлением идет образование в заливах (Золотой Рог, Угловой и т.д.) «гнилых углов», в которых благодаря приливам

¹ В своей краткой заметке он говорит: «Температура ключа могла быть измерена только издали, так как почва вокруг источника была совсем мягкая и не давала возможности стоять; я нашел температуру близкой к температуре кипения» [перевод]. (Дыбовский, 1885, с. 8). Он назвал ключи Мерлиновскими в честь Ю. Мерлина камчадала-самоучки, давшего ему точную карту местности.

² Слюнин, 1900, с. 184. Державин в работе П. Шмидта, 1916, с. 316–317.

³ С. Крашенинников, 1755, с. 179 и сл. Sauer, 1802, с. 303. Дает на таблице вид источников.

⁴ Его рисунок (рисовал Александр) совпадает с описанием Крашенинникова.

⁵ Об источниках, для которых H_2S не указан, см. еще Дыбовский (1855). Очень интересно иметь большие данные об источниках по р. Галигиной (севернее р. Явинской), так как тут мы имеем, судя по расспросным сведениям Дыбовского, много источников. По Тюшову (В. Комаров, 1912, с. 162), одними из самых крупных источников Камчатки являются большие Налочевские горячие ключи, о которых мы ничего не знаем.

идет большое скопление ила, растительных остатков и т.д., подвергающихся затем гниению¹. Анализ грязи из Угловой бухты указывает нахождение сернистого железа (грязь выделяет H_2S при действии кислот), хотя непосредственно запах сероводорода не слышен². Едва ли можно сомневаться, что мы имеем здесь выделения сероводорода, к сожалению, исследователями не отмечаемые как таковые. Для бухт Амурского залива Японского моря есть указания на запах сероводорода «в залегающих по побережью вонючих гнилых болотах»². На западном берегу Амурского залива у бухты Песчаной черная грязь издает резкий запах сероводорода³. Указан сероводород в источниках в 9 км от Ново-Михайловского по Амуру, около р. Кэн⁴. Это Анненские источники (Хабля). Сероводород наблюдается в них не всегда. По Зееланду, он вторичный и случайный. Сероводородные источники известны (холодный, 6 – 7 °С) в Шмаковке, в 15 км от ст. Шмаковка, Уссурийской ж.д.⁵, и в 13 км от с. Беневого, в долине р. Судзухэ (теплый, до 30 °С)⁶. Горячий сероводородный источник указан около бухты Св. Ольги⁷.

124. В *Сахалинской обл.* характер выделения сероводорода не выяснен. Несомненно, однако, что здесь в источниках в термах выделяется сероводород, связанный с тектоническими процессами, – фреатический или ювенильный. Так, на о. *Сахалине* сероводородные источники известны на берегу Татарского пролива у мыса Серного. Здесь из трещин базальта выделяется вода, «слабо насыщенная сероводородом, но выделений серы нет»⁸. Другой выход сероводородных ключей указывается в верховьях р. Онора⁹. «У подножия обрывистого берега близ Дуэ на западном побережье о. Сахалина имеется пещера, на дне которой бьет ключ. Вода этого ключа имеет сильный запах сероводорода, который при тихой погоде заполняет всю пещеру»¹⁰. В *Удском окр.* известен теплый источник с выделением сероводорода среди ортофинов по правому притоку р. Мутэ, ниже устья р. Курум-Уряк в Прибрежном хребте¹¹.

125. В *Тобольской губ.* констатированы в мощном развитии выделения вторичного сероводорода в связи с биохимическим распадом сульфатов. Мы имеем здесь два явления, оба очень мало изученные, действительно требующие изучения и в то же время грандиозные по размерам и очень своеобразные проявления местной природы. Это так называемые «заморы» – во-первых, в речной системе Оби и других рек, впадающих в Обскую губу (например, Надым)¹² или в губу Тазскую¹³, и, во-вторых, в озерах степных областей.

¹ Виттенбург, 1911, с. 466.

² Усольцев, 1864, с. 201.

³ Неводничанский, 1914, с. 162–163.

⁴ Реутовский, 1905 (2), с. 334. Зееланд, 1882, с. 164.

⁵ Любезные указания Н.М. Соловьева, 1915 г. *Оссендовский* (1907, с. 245), давая анализ воды, о H_2S не упоминает.

⁶ По указанию Н. М. Соловьева, 1915 г.

⁷ По указанию д-ра Мольпугента через Н. М. Соловьева, 1915 г.

⁸ Тихонович и Полевой, 1910, с. 751. Ср. Кеппен, 1865, с. 20. «Частные сообщения Н.Н. Тихоновича, 1916 г.

⁹ Тихонович и Полевой, 1910, с. 751.

¹⁰ По указанию Ф.А. Дербека, переданному мне Н.М. Соловьевым, 1915 г.

¹¹ Богданович, 1905, с. 43–44.

¹² Паллас, 1776, с. 80.

¹³ В *Енисейской губ.* – реки Таз (Паллас, 1776. Латкин, 1892, с. 10) и Пур (Паллас, 1776).

Оба явления, вероятно, вызываются одинаковыми причинами, но это не только не может считаться доказанным, но даже нередко отрицается. В литературе о заморе в бассейне Оби нередко сероводород совершенно не упоминается. А между тем связь замора с процессом его образования указана впервые академиком А.Ф. Миддендорфом уже много десятилетий тому назад. Первые научные указания – и попытки объяснения замора Оби – были сделаны еще в XVIII столетии академиком П.С. Палласом и его учеником В.М. Зуевым, которые имели о нем то же самое представление, какое имеем и мы, если мы переведем их язык на наш современный¹.

«Замором» называется гибель рыбы, в связи с обледенением Оби и ее притоков². Эта гибель начинается на юге и постепенно переходит на север, причем в притоках Оби она начинает проявляться уже в сентябре, в самой Оби – в декабре и главным образом около Нового года. Замор захватывает огромную часть среднего и нижнего течения Оби до Обдорска (в у. *Березовском* и *Сургутском*) и нижнее течение Иртыша (Самаровская волость). Паллас определял область явления правильно – Ох, Омь, Ишим, Вагай, Полуи, помимо самой Оби. По расспросным сведениям Е. Киселевой, он наблюдается от дер. Колпашевой *Томской губ.* до бухты Находка, т.е. между 58,4–67,4° с.ш. Иртыш захватывается замором позже Оби. В одной и той же местности замор в разные годы наблюдается в разное время, например в Сургуте между 30 декабря и 1 февраля. Он распространяется между Самаровым (на Иртыше) и Обдорском в течение нескольких недель (например, по Дунин-Горкавичу, в 1886 г. в Самарове 5–6 января, в Обдорске 30 января). К концу зимы значительная часть Обской системы в Тобольской губ.³ становится безжизненной – рыба спасается в Обскую губу, где нет замора, собирается у устьев живунов – рек и ручьев, богатых ключами. Быстрые реки, впадающие в Обь с северных гор (Собь, Щучья, Хая – по Палласу), свободны от замора, особенно их верховья. Бегущая от замора рыба массами уничтожается жителями. Жизнь начинает пробуждаться в глубине вод еще подо льдом с весны, с проникновением текущих с юга вод, образовавшихся от весеннего таяния снега. В разные годы замор бывает разной силы и иногда, по-видимому, его совершенно не бывает⁴. Чрезвычайно характерно выделение при этом гидратов окиси железа (к сожалению, не анализированных) на всех предметах в реке и на нижней поверхности льда⁵.

¹ Паллас видит причины замора: 1) в илстом ложе р. Оби и ее притоков, 2) в малой быстроте их течений, 3) в солях, которые приносят Иртыш и Ишим, и 4) может быть, в ненормальности самого состава воды. См. *Паллас*, 1776, с. 80–81. *И. Штукенберг* (1844, с. 335), несомненно, ошибочно приписал это обобщение Гильденштедту, который никогда не был в Сибири и ею не занимался. Паллас не был сам в той области Оби, где этот процесс развит в большом размере; он основывался на наблюдениях своего ученика, тогда студента, крупного русского ученого В. М. Зуева. Наблюдения Зуева целиком никогда не были напечатаны. *Паллас*, 1776, с. 14 и сл.

² О заморе Оби см. *Миддендорф*, 1860, с. 195, 223. *Поляков*, 1877, с. 30, 174. *Варнаховский*, 1902, с. 214 и сл. *Дунин-Горкавич*, 1904, с. 176 и сл. *Киселева*, 1920, с. 23 и сл.

³ Длина Оби от ее устья до устья Иртыша (все в Тобольской губ.) превышает 2890 км.

⁴ *Варнаховский*, 1902, с. 219.

⁵ По-видимому, это наблюдается и для пресных озер степных местностей: «вода в озере становится мало прозрачной, выделяет пузырьки газа и, постояв, дает красноватый осадок» – *Краснопольский*, 1898, с. 33.

Процесс этот начинается с середины течения Оби и оттуда переходит к ее берегам. Удивительным образом после почти полутора столетнего к нему внимания, несмотря на огромное практическое значение этого явления и на его грандиозный характер, мы все еще не имеем настоящего научного его объяснения и исследования. По-видимому, несомненно, что причиной гибели рыбы (замора) является исчезновение из воды растворенного в ней кислорода, причем И. Поляков связал это с действием закисных солей железа¹, а Миддендорф – сероводорода. Оба эти объяснения в чистом виде не отвечают современным нашим представлениям, но общая картина явления захвачена Миддендорфом более широко и глубоко, так как он указывает, отчего это явление наблюдается для Оби, но отсутствует для большинства других сибирских рек, лежащих под теми же широтами, в тех же физико-географических условиях, например для Енисея и Лены. Характерной чертой Оби – особенно в областях замора – являются (как указывал уже Паллас) чрезвычайно медленное ее течение, ее низменное положение: Обь у Иртыша за 2140 км от устья едва подымается на 30 м над уровнем моря². Вода застаивается в ней под льдом, как застаивается в стоячих водах. И, подобно этому, здесь создаются в высшей степени благоприятные условия для биохимического (бактериального) распада сульфатов и соединений железа, т.е. для развития сероводородных и железных бактерий. К сожалению, мы не имеем полных и достаточных данных о химическом составе воды Оби и рек ее бассейна. Однако нельзя не отметить, что анализы А. Пеля указывают на бедность воды Оби хлором и на содержание в воде сероводорода (от следов до 0,00024 г на 1 л)³. Большое количество сульфатов, очевидно, должно сноситься в Обь с юга⁴, но источник соединений железа и количество их в воде Оби и притоков неясны. Вероятно, это богатство железом Обской речной системы является проявлением более общего процесса – выделения железных руд в озерах и морях западного побережья Северного Полярного моря (например, в озерах Финляндии, Олонечкой губ., на дне Баренцева и Карского морей и т.д.). Оставляя в стороне объяснение, мы можем сейчас лишь установить само явление, а именно, что среднее и нижнее течение Оби с ее притоками вплоть до нижнего течения Иртыша (включительно) и близких к ней рек, впадающих в Обскую и Тазовскую губы, ежегодно является областью массового биохимического развития сероводорода, резко отличаясь этим от других речных систем севера. Надо ждать, что дальнейшие работы выяснят нам эту картину⁵.

¹ Ср. В. Богачев, 1908, с. 280.

² Общий уклон Иртыша и Оби от Омска до моря равен 0,000022 (Краснопольский, 1898, с. 27).

³ Анализ Пеля см. Боткин, 1898, с. 28–30. Не указаны условия сбора и хранения проб. Сероводорода в воде Обской губы не найдено. Количество SO_3 0,0010–0,0035 г на 1 л. У с. Конданского в январе 1906 г. – 0,0005 г H_2S , в марте – следы. Другие анализы воды Оби см. Материалы по исследованию вод. СПб., 1913 (Центр. хим. лаб. Мин. фин.), с. 8–9. Железо во всех этих анализах не показано.

⁴ Уже Паллас указал на воды Иртыша и Ишима, как несущие соли.

⁵ Ища аналогий этому явлению, невольно останавливаешься на массовых биохимических выделениях сероводорода во время разливов медленно текущих рек тропиков и подтропических областей, например бассейна Амазонки или рек Южной Африки. Ср. Livingstone, 1859, с. 316, 559; 1866, с. 531. Humboldt, 1819, с. 389 (саванны). Ср. § 72, 75.

В более южных частях Тобольской губ. не только зимой, но и летом мы наблюдаем выделение сероводорода в огромных количествах, подобно другим областям сибирских степей, в соляных озерах, богатых сульфатами, в связи с гниением органического вещества и распадением сульфатов. Воздух пропитан им вместе с другими газами гниения. Таких озер находятся сотни в *Ишимском, Курганском, Тюкалинском, Ялуторовском окр.*¹ Процессы выделения сероводорода здесь сложнее, чем это можно думать. Так, А. Гордягин² указывает для озер *Ишимского, Курганского* и других уездов Тобольской губ. и прилегающих уездов Акмолинской обл., что их заилиение начинается с западной стороны в связи с характером ветров, приносящих пыль. В этих местах озера зарастают камышом и создаются благоприятные условия для жизни сероводородных бактерий. Такой сероводород указан в Горьком, Караульном и других озерах, расположенных по старой Шишимской линии³. Очень сильно выделяет H_2S маленькое горькое озеро в Ишимской степи⁴. В *Курганском у.* он выделяется в значительном количестве из горького Кривинского озера⁵. Вода озер около ж.-д. ст. Макушино и Мамлютка содержит сероводород⁶. В болотах *Васьюганья* (захватывающих западную часть *Томского у. Томской губ., Сургутского и Тарского уездов Тобольской губ.*), по-видимому, временно идет сильное выделение сероводорода, связанное с общим явлением замора бассейна Оби⁷. В васьюганских водах «порча воды» достигает максимума к концу декабря – началу января⁸.

126. В *Томской губ.*⁹ при разнообразии ее физико-географического и геологического строения мы наблюдаем не только мощное развитие сероводорода биохимического происхождения в ее степных областях, но и, правда очень слабое, выделение его в метаморфических ключах в дислоцированных ее областях. По-видимому, здесь наблюдаются и не изученные скопления его в метаморфических известняках. Однако главным источником и возбудителем сероводорода является живое вещество. Здесь еще более, чем в *Тобольской губ.*, проявляется общий процесс его биохимического выделение в озерах, болотах, реке, например Оми¹⁰. Для ее притока Усакли (Оши) указывался в XVIII столетии Фальком этот процесс в очень сильной степени. Зимой «она вымерзает, остается желтая, весьма вонючая влага»¹¹.

¹ Ремезов, 1880, с. 93.

² Гордягин, 1900, с. 30.

³ Фальк, 1786, с. 10.

⁴ Георги, 1798, с. 66.

⁵ Егоров, 1916, с. 36.

⁶ Сакович, 1894, с. 402. *Краснопольский*, 1898, с. 76, 79.

⁷ Киселева (1920, с. 24), по расспросным сведениям, говорит о запахе «сероуглерода». Ср. там же, с. 27–28. Вероятно – это сероводород?

⁸ Отрыганьев, 1910, с. 12. Вода «тухнет».

⁹ Анализ Шмидта дал сернистые щелочи (и сероводород) для Рахмановских ключей в Бухтарминском Алтае. Это является результатом плохой сохранности присланной для анализа воды. См. К. Шмидт, 1883, с. 501–502.

¹⁰ Миддендорф, 1860, с. 224.

¹¹ Фальк, 1825, с. 89. Притоки Оши, например Кама, дают зимой ясные явления «замора», «сгорания»; в более мелких местах – на перекатах – она промерзает, а в более глубоких дает выделение сероводорода (*И. Жилинский*, 1907, с. 403).

Как уже указано (§ 125), реки бассейна Оби и сама Обь в пределах Томской губ. обычно дают явление замора. Мы имеем здесь один и тот же процесс, который начинается в озерах юго-востока Европейской России (ср. § 88, 95, 97 и др.) и тянется вплоть до озерных областей Гоби¹, а может быть, и еще дальше. В старой Томской губ.², на значительном ее протяжении, находится область озер, тесно связанная с своеобразным геологическим прошлым этой местности. Область этих озер можно разделить на очень близко лежащие смыкающиеся группы – *Кулундинскую степь*, главным образом с солеными озерами, *Барабу*, заключающую в одном *Каинском у.* более 300², большей частью пресных, озер, и, наконец, *Васьюганскую*, самую северную, богатую пресными озерами и болотами (см. *Тобольская губ.*, § 125). Сероводород здесь выделяется частью зимой, в связи с уменьшением доступа кислорода воздуха, благодаря замерзанию, частью летом, благодаря испарению и нагреванию, тоже нарушающему обмен газов. В соляных озерах идет усиление его выделения при осаждении соли летом во время усыхания озера (и концентрации его рассолов) в черной грязи (баткаке), подстилающей самосадку. Все это условия, благоприятные для развития сероводородных бактерий, разлагающих сульфаты (§ 67–74). В истории серы этим путем происходит огромный процесс ее переноса из одной части земной коры в другую. Летом, в жаркое время, в Барабинских озерах пропитанный сероводородом воздух уносится господствующими ветрами в другие области. Уже давно отмечено, что сероводородный запах у озер чувствуется главным образом на северо-восточных берегах озер в связи с направлением господствующих летних ветров с юго-запада на северо-восток³. Может быть правильно объяснение Г. Оссовского⁴, что запах этот, т.е. сероводород, «сообщается» близлежащим колодцам, т.е. вода их поглощает сероводород воздуха⁵. Нельзя не отметить, что человек сейчас своей жизнедеятельностью усиливает тот же процесс. Малокультурное и невежественное русское и инородческое население Барабинской степи загрязняет навозом и отбросами озера и реки и создает благоприятные условия для пышного расцвета сероводородных бактерий⁶. Обращаясь к перечислению отдельных указаний на сероводород по уездам, мы должны все время иметь в виду, что эти указания случайны и являются только единичными примерами большого общего явления, отмеченными исследователями.

В *Барнаульском у.* широко развито в степных его частях такое биохимическое выделение сероводорода, главным образом в соленых озерах. Таких

¹ Теперь частью *Алтайская*, частью *Омская* губернии.

² *Костров*, 1874 (1).

³ *Костров*, 1874 (1).

⁴ *Оссовский*, 1895, с. 23.

⁵ Старые наблюдатели, вплоть до Оссовского, может быть, правильно обращали внимание на выделение в области Барабы «миазмов» и в том числе сероводорода, как связанных с сибирской язвой, очагом которой являются некоторые места Барабинской степи. Открытие ее возбудителя отнюдь не лишает эти наблюдения их значения, и мы напрасно сейчас в этой области оставили изучение «миазмов» болотистых, богатых ими, мест. И бактерии, как и другие организмы, обусловлены в своем развитии физико-географическими условиями местности и составом фауны и флоры. Бараба является не только областью мощного развития сероводородных и сульфатных бактерий, но и бактерий сибирской язвы. Между их мощным развитием возможна и причинная связь.

⁶ Многочисленные примеры у Оссовского, 1895.

соленых озер здесь сотни. Так, в *Кулундинской степи*, в Солоновке (впадающем в оз. Кучук соленом протоке) сероводород выделяется в связи с процессами, идущими в очень глубокой грязи дна, и его количество как в воде, так и в грязи, очевидно, меняется в зависимости от метеорологических условий¹. Вода и ил самого озера Кучука (Кулундинского или Бархатова) содержит сероводород. Он выделяется в грязи и воде при впадении в озеро р. Кучук. Запаха его слышен километров за восемь от озера. Строение Солоновки неясное. Может быть, связано с ключами. Аналогичный ключ известен и южнее ее². В баткаке сероводород выделяется в озерах Бурлинском, Кочковатом, Печатном (Малом Ломовском), Большом Ломовском, Малиновом; эти последние озера расположены в так называемой *Соляной степи*³. В *Бийском у.* сероводород выделяется в Белокурихинских источниках около Новой Белокурихи, на правом берегу Большой Белокурихи⁴. По определению А.С. Крылова, часть H_2S находится в связанном состоянии и количество его на 1 л колеблется в пределах 0,00136–0,00227 г.⁵

В *Змеиногорском у.* в Горном Алтае наблюдается совершенно своеобразная форма нахождения сероводорода. Здесь сероводород наблюдается в металлургических жилах и является остатком сероводорода термальных жильных растворов. Он выделяется при выветривании, разрушении и истирании цинковой обманки (и других сернистых соединений?). Так, он известен в цинковой обманке в Зырянском руднике⁶. То же самое наблюдается для цинковой обманки Риддерского рудника⁷. Здесь запах сероводорода при разбивании рудных глыб временами очень силен.

В *Каинском у.* в *Барабинской степи* сероводород выделяется в ручье Усакла (Оша), впадающем в Омь; особенно много собирается его в грязи зимой⁸. Река Омь в своих верховьях зимой распадается на ряд озер, дающих явления замора⁹. Летом сильно выделяется сероводород¹⁰ в р. Каргат (впадает в оз. Чаны) около с. Каргат¹⁰, в р. Тартас, около с. Н. Тартас¹¹ и т.д. Аналогично с явлением в степной полосе Тобольской губ., в *Барабинской степи* сотни озер, особенно средних и меньших размеров (всегда неглубоких), временами летом и зимой по местному выражению «задыхаются», т.е. выделяют в грязи или воде сероводород; так, им всегда богата грязь (в растворимой в воде ее части содержится 3,9637% свободного H_2S , по А. Богачеву) горько-соленого Карачинского (Татарского) озера, причем и вода содержит H_2S ¹². Он находится

¹ К. Шмидт, 1883, с. 224. Леман, 1891, с. 116. Макушин, 1892, с. 53. Леман, 1898, с. 17. Еланцев, 1899, с. 660. Ср. еще Ризенкамф, 1871, с. 27. А. Шапошников, 1915. П. Голубев, 1890, с. 230.

² Миротворцев, 1911.

³ Михельсон, 1900, с. 11.

⁴ Пилипенко, 1915, с. 379.

⁵ Вернадский, 1917, с. 1388.

⁶ Гуляев, 1867, с. 184. Леман, 1898, с. 7. Макушин (1892, с. 62) не дал H_2S . Но см. А. Шапошников, 1916, с. 6 и сл.

⁷ А. Шапошников, 1916, с. 14–16. Запаха сероводорода нет (Курлов, 1921, 13).

⁸ Стелтневский, 1889, с. 277. Ср. Георги, 1798, с. 67 (по Фальку).

⁹ Миддендорф, 1870, с. 7.

¹⁰ Оссовский, 1895, с. 60, 155.

¹¹ Оссовский, 1895, с. 156. Отчасти благодаря деятельности человека.

¹² А. Богачев, 1899 (отгиск, с. 20). Макушин, 1892, с. 51. Леман, 1898, с. 17. Валединский, 1921, с. 59.

в грязи озера около Устьянцева (27 км к юго-западу от Каинска)¹, зимой выделяется в близлежащем «пресном» (с щелочной водой) озерке Узун-Куль². Он указан и в ряде других озер, как то: в оз. Аксакуль около Каинска зимой подо льдом³, в большом Татарском озере около дер. Татарской (Степниковой) и в близлежащих колодцах (на 1,68 м ниже уровня озера)⁴, в болотах и «лабзах» около Песчаного озера, особенно в болоте Озеро-Князевое⁴, в близких к Песчаному озерах Среднем и Печаткином⁴, оз. Костылевском (летом)⁴, в оз. Ураке (Убинском) и прилежащих болотах⁵, в оз. Сабинских (Вознесенской волости)⁶, в пресноводных, временами слабосоленых озерах – Чаны, Тандовском, Яркуле, Сартлане, Карганском. В воде оз. Чаны найдено в 1 л 2,9–26,7 см³ (?) H₂S⁷. О сероводороде в кристаллических известняках см. *Енисейская губ.* (§ 119).

127. В Якутской обл. выделения сероводорода совершенно не изучены, и мы имеем лишь отдельные случайные указания, главным образом на вадозный сероводород биохимического происхождения. Даже и в этом отношении, вероятно, будущие работы дадут нам новые указания, которые изменят наши современные представления. Так, очень возможно, что сероводородное брожение является временами весьма распространенным явлением в тундровой полосе, прилегающей к Северному Ледовитому морю (ср. § 85). Девонские известняки Ново-Сибирских островов «сильно пахучи»⁸. Очень обычны указания на зловоние болот, характер которого неясен, например, указания для Меркушина островка⁹. Мне известны сейчас следующие совершенно случайные указания на сероводород. В *Вилуйском окр.* он выделяется из Кемпендйских соляных источников¹⁰, наблюдается в иле озер Тус-Кёль и Эскулапа в нескольких километрах от Кемпендйских соляных копей¹¹. В *Якутском окр.* он указан в иле оз. Баян-Кёль в 8 км от Якутска¹¹. В *Олекминском окр.* в р. Солянке на Лене около Олекмы летом выделяется H₂S¹². Указаны сероводородные источники Булгуннях (бассейн Наманы)¹³.

128. В Степной и Средне-Азиатской России месторождения сероводорода многочисленны, но и здесь они едва лишь начали отмечаться.

В степных пространствах *Акмолинской* и *Семипалатинской обл.* сосредоточены тысячи больших и малых озер. Во многих из них летом под влиянием высыхания и гниения органических веществ идет выделение сероводорода, далеко ощущаемого в воздухе¹⁴ (см. *губ. Тобольскую*, § 125, и *Томскую*, § 126). Это все продолжение той же огромной Сибирской области биохимическо-

¹ *Ризенкампф*, 1871, с. 22. Костров. 1874 (2), № 32. *Слюнин*, 1881 (2), с. 672.

² *Валединский*, 1821, с. 51.

³ *Георги*, 1798, с. 67.

⁴ *Оссовский*, 1895, с. 38, 70; 43; 48.

⁵ *Оссовский*, 1895, с. 48. *Скорилов*, 1913, с. 13–14.

⁶ *Оссовский*, 1895, с. 105.

⁷ *Скорилов*, 1913, с. 13–14.

⁸ *Толль*, 1889, 1898.

⁹ «Гнилое болото», с которого ветер несет «ужасный запах» – *Скворцов*, 1914, с. 418.

¹⁰ *Драверт*, 1908, с. 22, 27.

¹¹ *Драверт*, 1912, с. 25 и сл.; 17.

¹² *Георги*, 1798, с. 67.

¹³ *Драверт*, 1908, с. 33; 1912, с. 21.

¹⁴ *Ремезов*, 1880, с. 157.

го выделения сероводорода, о которой говорилось раньше. Но, помимо этого, здесь есть и сероводород иного происхождения, до сих пор недостаточно привлекавший к себе внимание наблюдателей, – нахождение в водных горизонтах грунтовых вод.

В *Акмолинской обл.*, на границе *Атбасарского* и *Акмолинского у.*, сероводород выделяется в черном иле (баткаке) озер Тениз-Кураджинского бассейна. На побережье Тениза под корой высохших водорослей обычно находится грязь, богатая сероводородом¹. Биохимические процессы его образования в грунтовых водах как соленых, так и пресных очень обычны в *Акмолинском*, *Атбасарском* и *Кокчетавском у.* Здесь, т.е. в уездах, которые более изучены, по А. Козыреву, приблизительно 25% пресных грунтовых вод содержат сероводород, который обнаруживается по запаху. Этот процент повышается до 30% в солоноватых водах и падает до 10% в соленых². В *Акмолинском у.* сероводородные грунтовые воды наблюдаются особенно в восточной части уезда (волости Мунчактинская, Коржункульская, Еременская, Акмолинская). Благодаря им, сероводород должен находиться в колодцах, хотя очень часто это нахождение считается чисто случайным поверхностным биохимическим процессом, связанным с гниением крепей из саксаула³. В каменноугольных отложениях первый водоносный горизонт залегает на глубине 8–13 м. В районе р. Нуры этот горизонт богат сероводородом³. В *Голодной степи*, на север от Булат-Тау и Бас-Ещи, первые водоносные горизонты (на глубине 2–3 м) содержат сероводород³. Колодцы и в других частях *Голодной степи* содержат сероводород, например кол. Конрад в 11 км от Бер-Тускена (на глубине 11 м – сильный запах H_2S)³, кол. Чем-Чек-Кудук около Уванаской дороги³. Это все случайные указания; точно так же случайны указания на его нахождение в озерах. В литературе отмечены немногие из многих. Так, он указан для оз. Кши-Кны³, для воды соленого озера Донгулюк-Сор (сильный запах H_2S)³, то же для оз. Каскат³, пресного озера Дуненькуль³. Черная вязкая грязь дна соленых озер Селеты, Улентинского района, обычно выделяет сероводород³. Воды озер Чушкавы, Джекекуль, Джалпак-Сор пахнут сероводородом³. То же наблюдается для озера Байбота-Сор³; легкий запах сероводорода отмечен в пресном озере Батпак-Куль⁴, в пресных озерах Кум-Куль, Жутчу-Куль и Кобу-Куль; здесь источником сероводорода является грязь дна⁴. Вода пресного озера Сасык-Куль сильно отдает сероводородом, несколько меньше Коржун-Куль⁴. Большое озеро Чубар-Куль – весной пресное, а в конце июля, высыхая, превращается в горько-соленое, распадаясь на ряд мелких соров с сильным выделением сероводорода⁴.

В общем то же самое явление наблюдается в соседнем *Атбасарском у.*, еще менее изученном. Грунтовые воды с сероводородом здесь наблюдаются в волостях *Атбасарской* и *Джаргаинской*⁵. В связи с этим он встречается в колодцах *Голодной степи*, например, в Табан-Кудуке у песков Сазык-Чиниль⁶. В бассейне р. Чу указан в колодце Чулак-Эспе, может быть вторичный⁶.

¹ *Игнатов*, 1900, с. 440 и сл. *Досс*, 1912 (1), с. 691.

² *Козырев*, 1907, с. 70.

³ *Козырев*, 1911, с. 628; 268; 600; 613; 621; 62; 86; 88; 92; 105; 138; 149.

⁴ *Козырев*, 1911, с. 164; 245; 294; 323.

⁵ *Козырев*, 1907, с. 70.

⁶ *Козырев*, 1911, с. 601; 619.

В *Кокчетавском у.* сероводород указан в грунтовых водах в волостях Котуркульской, Мизгильской. В других волостях уезда распространение таких вод констатировано более редко, однако тоже наблюдается.

В связи с этим, а может быть в связи с поверхностными биохимическими процессами, он и здесь наблюдается в озерах. Так, например, сильное выделение сероводорода из ила указано для небольшого соленого озера Майбалык, лежащего вблизи Малого Чебачьего озера¹. В *Омском у.* выделения сероводорода также указаны в озерах. Так, он выделяется в иле берегов соленого оз. Кызыл-Кая в связи с гниением организмов. Баткак дна также сильно выделяет H_2S^2 . В пресном озере Огуз-Куль баткак дна выделяет сероводород (может быть, озеро было соленым)². На южном и восточном берегах горько-соленого озера Денгиза (Тениза) и в воде близ берегов собирается масса водорослей, «распространяющих нестерпимый сероводородный запах». Черная грязь дна озера выделяет сероводород³. Совершенно такой же характер имеет соленая степная река Селеты (до 321 км длины), временами (весной) впадающая в Денгиз, обычно теряющаяся в песках; дно ее местами (ниже разделения реки на рукава) покрыто черным баткаком с выделением сероводорода⁴. Вода многих колодцев выделяет сероводород (сс. Владимирское, Боголюбовка и др.)⁵. В *Петропавловском у.* явление замора зимой указано для некоторых озер, например пресного Сары-Балык⁶.

129. Еще менее изучены явления выделения сероводорода в *Семипалатинской обл.* Сюда продолжается область озер, и количество их едва ли много меньше, вернее больше, чем в Акмолинской области. Так, соленых самосадочных озер в Семипалатинской области в конце XIX столетия числилось 310 (из них 45 озер в окружности более 3 км), тогда как в *Акмолинской* и степных частях *Тобольской губ.* их числилось вместе 376⁷. Очевидно, в области этих озер происходит постоянное биохимическое образование сероводорода в грязи озер, и незначительность указаний на него в литературе является следствием или малой изученности края, или же предположением о малом значении этого явления в природе, его малом научном интересе. Но, помимо этого, мы наблюдаем уже здесь выделения сероводорода в источниках – по-видимому, первые северные проявления фреатического сероводорода, который много южнее, в *Средне-Азиатской России* (§ 131 и сл.), достигает такого мощного развития.

В *Зайсанском у.* сероводород, по-видимому, выделяется в иле низких берегов Зайсанского озера – указываются нередко для него интенсивные явления гниения⁸. В *Каркаралинском у.*, в Джусалинских источниках (85 км от Каркаралинска, на границе *Павлодарского у.*), наблюдается сильное выделение сероводорода (источник св. Христофора)⁹. Грязь самого большого горько-со-

¹ Пиотровский, 1904, с. 103.

² Берг, Игнатов и Елпатьевский, 1899, с. 182 и сл.; 187.

³ Берг, Елпатьевский и Игнатов, 1899, с. 191. Игнатов, 1900, с. 441.

⁴ Берг, Елпатьевский и Игнатов, 1899, с. 193.

⁵ Анализ лаборатории Омск. мед. общ. Протоколы Омск. мед. общ., 14, 1898, с. 258 и сл.

⁶ Жилинский, 1907, с. 610.

⁷ Сборовский, 1896, с. 72.

⁸ Например, для мыса Сысык-Су см. Седельников, 1910, с. 75.

⁹ Грум, 1855. Слюнин, 1881 (2), с. 666.

леного озера Кара-Сор сильно пахнет сероводородом. В озере запах сероводорода особенно силен в некоторых заливах¹. В *Павлодарском у.* мощно развито выделение сероводорода в грязи (а следовательно, в большей или меньшей степени в воде) озер, столь многочисленных в уезде. Так, такое выделение этого газа указано для грязи озер: Калкаман², Кичкине-Туз³, Джаман-Туз⁴, Кара-Сор⁴, Чуйрук-Сор (в 70 км от Павлодара, сейчас оно распалось на три озера)⁴, Узун-Сор недалеко от Коряковского озера⁵ и т.д. Для других озер мы имеем прямые указания на выделение сероводорода не только в грязи, но и в воде. Так, сильное выделение сероводорода давно указано для соленого озера Коряковского; вода колодцев около него и впадающих в него ручьев пахнет сероводородом⁶. Указания на содержание сероводорода в воде известны мне для следующих озер: Джусабай (7 км от Баян-Аула)⁷, Мыльный (Сабундан, в 1 км от Баян-Аула)⁸, Боши (сильный запах сероводорода)⁹, Экибас-Туз¹⁰, Альгрень-Сор (по Шенцу, на 1 л содержит 0,002 г H₂S)¹⁰, Алкамергень (остаток огромного озера; сероводородом пахнут ил и вода; в воде, по анализу студента Бирюкова, 0,00095 г H₂S на 1 л)¹¹, Кемпир-Туз (ил и вода)¹¹ и др.

130. В *Тургайской обл.* сероводород выделяется в грязи озер. К сожалению, литературные указания очень незначительны. В *Актюбинском у.* по р. Терс-Бутаку – выходы ноздреватого сероводородного известняка¹². В *Иргизском и Тургайском уу.*, к западу от г. Тургая до р. Иргиза, расположено много сухих, соленых озер – соров. Некоторые из них (Тибис-Сок, Утек и т.д.) занимают площади в несколько квадратных километров. В песчаной подпочве этих солончаков наблюдаются черные прослойки, издающие, вследствие гниения органических веществ, запах гнили и сероводорода¹³. В *Тургайском у.* в самосадочных соленых озерах (питающихся ключами) породы (песок и глина), подстилающие слой соли, например в оз. Камышлы-Куль, около ст. Каракуль, выделяют сероводород. Таких озер много¹⁴. Явление это, по-видимому, очень распространено; около Чекобай-Сора (большое самосадочное озеро, до 13 км²) в мелких сорах при высыхании их раствор «нередко подвергается гнилостным процессам и приобретает отвратительный запах» (например, Джаманкара-Сор)¹⁵. Сероводород биохимического происхождения выделяется в колодцах пустынь, например в колодце Куль-Кудук на границе песчаной пустыни Борзук.

¹ Крюгер, 1912, с. 3.

² Шмидт, 1880. Ремезов, 1880, с. 227. Соломин, 1895, с. 148. Тихонович, 1902 (оттиск, с. 41 и сл.).

³ Шмидт, 1880. Ремезов, 1880, с. 227.

⁴ Тихонович, 1902, с. 75; 79; 54–55.

⁵ Мейендорф, 1826, с. 32. Жилинский, 1907, с. 161.

⁶ Георги, 1798, с. 66. Н. Высоцкий, 1896, с. 28 и сл.

⁷ Соболев, 1899, с. 7.

⁸ Например, Седельников, 1910, с. 75.

⁹ Соболев, 1899, с. 127. Сероводород открыт в бутылках воды, присланной для анализа.

¹⁰ Тихонович, 1902, с. 52; 65.

¹¹ Тихонович, 1902, с. 66; 73–74.

¹² Замятин, 1916 (1), с. 311.

¹³ Тулайков, 1907, с. 28.

¹⁴ Кассин, 1913, с. 96.

¹⁵ Вихерский, 1913, с. 51.

131. В *Средне-Азиатской России* сероводород разного характера является очень важным и до сих пор недостаточно отмеченным фактором химической работы в земной коре. Здесь, подобно Кавказу (§ 106 и сл.) и Крыму (§ 99), есть химические области серы. Сероводород первичный и вторичный своими выделениями занимает огромные площади земной коры. К первичным выделениям относятся сероводородные термы, недостаточно изученные (*Закаспийская, Семиреченская, Самаркандская, Ферганская обл.*). Очень может быть, что дальнейшее изучение откроет нам здесь явления гораздо большего размаха, чем они нам ныне рисуются.

Среди вторичных – вадозных – выделений очень многочисленны явления биохимического выделения сероводорода в озерах и грязях, аналогичные тем, которые развиты в степных областях; здесь они переходят в области пустынь и полупустынь. Биохимический процесс образования сероводорода наблюдается временами в определенных областях этих мест; так, в сорах, солончаках и в черных грязях нередко наблюдается весной и осенью выделение сероводорода¹.

В *Аральском и Каспийском морях* (ср. § 85) наблюдаются местами на дне выделения сероводорода. Они объясняются биохимическими процессами, связанными с жизнедеятельностью сероводородных бактерий в иле дна².

132. В *Закаспийской обл.* известны многочисленные выделения сероводорода, о которых литературные данные дают нам крайне неполные представления. Отсутствуют точные анализы; работа даже в областях относительно изученных (например, Челекен) имеет исключительно качественный – и то крайне неточный – характер. По-видимому, *Закаспийская обл.* представляет область мощного выделения ювенильного и фреатического сероводорода, выделяя огромные его количества в воздух и постепенно теряя этим путем серу. Соответственно с этим здесь развиты и разнообразные формы вадозного сероводорода, биохимического генезиса.

В *Ашхабадском у.* колодцы в Ашхабаде выделяют при стоянии воды сероводород³. В Копет-Даге, к северу от хребта Кумач, известен сероводородный родник Сазахлы, выходящий из меловых слоев⁴. В предгорьях Копет-Дага, в 22 км от ст. Бахарден, известно в меловых известняках, богатых гипсом, подземное (в пещере) теплое (37,5 °С, по Н. Мокшееву) Бахарденское (Дурунское) озеро (45 м длины, 13 м ширины и максим. 15 м глубины, по Белицкому), выделяющее сероводород, причем выпадает пленка серы. По Г. Булгакову, в нем заключается Na₂S (0,0151 г) и H₂S (0,0066 г в 1 л воды). Сероводород, должно быть, происходит из выходящих в озере сероводородных источников, которые Богданович связывает с разложением подземных гипсов. На расстоянии в полкилометра наблюдается сильный сероводородный источник (28 °С, по Н. Макшееву).

По стенам пещеры корки вторичного гипса⁵. В 8,5 км от ст. Арчман в тех же слоях, в которых находится Бахарденское озеро, недалеко от укрепле-

¹ По любезному указанию Н.А. Димо, 1915 г.

² *Берг*, 1904(2), с. 445; 1908, с. 409. Ср. *Богомолец*, 1903. *Гильзен*, 1911, с. 17. *Сидоренко*, 1911, с. 59.

³ *Крестников*, 1892, с. 521.

⁴ *Андрусов*, 1914, с. 861.

⁵ *Штакман*, 1887 (2), с. 436. *Богданович*, 1890, с. 54. *Белицкий*, 1899, с. 23. *К. Матвеев*, 1905, оттиск, с. 4. *Макшеев*, 1910, с. 42; 1915, с. 50. *Нацкий*, 1917, с. 82.

ния Полтавского, известны богатые водой теплые (28,75 °С, по Н. Макшееву) ключи. По Г. Булгакову, они содержат в 1 л 0,0151 г H₂S и 0,0346 г Na₂S¹. Аналогичны сероводородные источники с большим дебитом – Кулачуста-Чешмеш², Узун-Су и Казанджи³. В песчаных пустынях уезда колодцы дают воду с H₂S. Так, на пути от Кизил-Арвата к Хиве (урочище Уаз) выделяли его колодцы Наурлы, Научин-Игды, Бала-Ишем, Орта-Кую⁴, Куртыш и др.⁵ Остров Ашур-Оде в Астрабадском заливе летом нередко затопляется, и в жаркие дни в илистом грунте болот и на озере идет выделение сероводорода⁶.

В *Красноводском* у. многочисленные выходы сероводорода в источниках известны на о. Челекен. Они уже были отмечены первыми исследователями острова – Э. Эйхвальдом⁷, Фелькнером и др. К сожалению, до сих пор генезис этого сероводорода не может быть выяснен с достаточной точностью⁸. Сероводород распространен далеко не во всех водах Челекена, но неясна причина этого явления⁹. На Челекене сероводород выделяется, несомненно, из очень многих родников, связанных со сбросами. С. Миронов¹⁰ констатировал его в 84 родниках (очевидно, далеко не всех)¹¹, причем можно разбить их на две группы – на термы (температура 29–63,6 °С), содержащие сульфаты и осаждающие иногда сернистое железо, и на холодные (17–31,5 °С) родники, выделяющие сероводород и редко содержащие сульфаты. Группа терм, вода которых дает реакцию на сероводород, сосредоточена на западном берегу около Сары-Кая. Большая часть холодных сероводородных источников не очень богата водой. Из более обильных можно отметить источники на западном берегу острова, как, например, источник Эк-Ситля, на урочище Болькуджа,

¹ *Крестников*, 1882, с. 522 («Сернистый запах». Анализ Штакмана – 1887 (3), с. 525 – не дал сернистых соединений, но запах из бутылей был H₂S). *Богданович*, 1890, с. 54. *Макшеев*, 1910, с. 42; 1915, с. 50. *Нацкий*, 1917, с. 82.

² *Цимбаленко*, 1896, с. 13.

³ *Стебницкий*, 1873, с. 42. *Цимбаленко*, 1896, с. 13. *Нацкий*, 1917, с. 83.

⁴ *Гедеонов*, 1885, с. 94–95.

⁵ *Стебницкий*, 1873, с. 43 – по указанию Столетова.

⁶ *Соловкин*, 1915, с. V.

⁷ *Эйхвальд*, 1834, с. 306.

⁸ *Вебер* и *Калицкий*, 1911, с. 141. Раньше см. его же, 1909, с. 184. С. Миронов склоняется к мысли о выделении сероводорода благодаря реакции между сульфатами и углеводородами (1909, с. 165). К сожалению, здесь, как и в других работах геологов, описывающих эти места, чувствуется недостаточность отделения наблюдения от гипотез. Гипотезы проникают в описание фактов.

⁹ Не могу не обратить внимания на одну возможную причину обеднения сероводородом источников, на которую недостаточно обращают внимание в таких областях, столь богатых серой и, в частности, сульфатами, как Челекен. Сероводород представляет собой то соединение, в виде которого сера удаляется в атмосферу. Очевидно в таких сухих странах, как Челекен, она не вполне возвращается с осадками в данную местность. Поэтому воды, содержащие сульфаты, если для них нет притока изнутри, а получают они свои минеральные части из местных верхних пород, будут постепенно терять серу и сероводород. Поэтому на Челекене более древние источники или источники из горизонтов, более выщелоченных, могут быть свободны от сероводорода. В течение процесса, геологически длительного, этот момент должен наступить неизменно. Мне кажется, аналогичным процессом можно объяснить бедность сульфатами таких древних озер, как Мертвое море – см. § 69.

¹⁰ *Вебер* и *Калицкий*, 1911.

¹¹ У Миронова есть данные о 223 родниках; на карте Вебера и Калицкого (1911) их нанесено 350.

Сары-Кая, оз. Поругсель. Сильный сероводородный запах от этих выделений сероводорода слышен на расстоянии, равном километру. Другие многочисленные источники (урочища Шаргит, Мирзабек, Чохран и т.д.) менее богаты сероводородом. Он выделяется также из большинства искусственных нефтяных скважин¹. Кое-где у берегов и вдоль берегов Челекена может образовываться вторичный сероводород в связи с процессами гниения растительных организмов, например – на восточном берегу Челекена под выброшенными морем и слежавшимися водорослями в черном илистом песке.

Такой же сероводородный илистый песок наблюдается на дне в проливе между островами Арык и Аулак². Указаны его выделения в различных местах у берегов Карабугаза и в самой его воде (§ 85)³. По сообщениям П. Максимовича, сероводород выделяется при впадении пролива в Карабугаз «по всему берегу к югу от конца пролива, в небольшом глухом заливчике близ конца и даже на обсохшей отмели западного берега»⁴. Он связан с гниением, происходящим в иле дна в бухтах у берега, и ветром разносится на сушу, как заметил уже С. Карелин⁵. Особенно силен запах на западном берегу («трудно дышать»)⁶. Сероводород выделяется в колодце Шах-Адем около бухты Муравьева⁷. В 5 км от ст. Джебел находится соленое озеро Молла-Кара. В глубоких слоях его воды находится, по Арнольдovu, 0,00131 г H₂S на 1 л⁸. Грязь озера также выделяет сероводород. Резкое выделение H₂S известно в многочисленных колодцах побережья Каспийского моря, явно биохимического характера. Так, колодцы Мулла-Кари и Ак-Таш по Актаму около берегов Балханского (Михайловского) залива выделяют сероводород; запах Мулла-Каринских колодцев слышен за километр и более⁹. В неглубоких колодцах около русла Узбоя (Актим или Актам) в окрестностях ст. Мулла-Кара (колодцы Кара-Дурун) указана слабосоленая вода с запахом сероводорода¹⁰. Сероводород выделяется в колодцах Кутуя (16 км от Мулла-Кары)¹¹.

На Нефтяной горе (Нефтедаге) вдоль сброса, проходящего через ее две высшие точки, расположена группа источников, выделяющих сероводород (25,5–30 °С); большинство их представляет слабые грифоны, но два или три дают значительный дебит. Некоторые грязевые сопки тоже выделяют сероводород¹². В Балханской нефтяной области, т.е. в окрестностях Нефтяной горы и Боядага, прилегающих к Малым Балханам, между ст. Кутав и Аюдин, вода всех колодцев «обладает сильным запахом сероводорода, обильное выделение

¹ Кошкуль, 1870, с. 191; 1873, с. 12. Н. Соколовский, 1891, с. 495. А. Иванов, 1909, с. 183–184. Вебер и Калицкий, 1909, с. 182. Вебер и Калицкий, 1911, с. 141 и сл.

² Вебер и Калицкий, 1911, с. 71.

³ Ср. еще Андрусов, 1896, с. 452, 472. Лебединцев, 1902, с. 105. М. Никитин, 1922, с. 25, 28.

⁴ Андрусов, 1896, с. 472.

⁵ Андрусов, 1922, с. 9.

⁶ М. Никитин, 1922, с. 28.

⁷ Кошкуль, 1870, с. 195. По указанию Г. Струве.

⁸ Арнольдов, 1903. Макшеев, 1910, с. 33; 1915, с. 6. Нэмен, 1912, с. 9.

⁹ Малома, 1870, с. 231; 1873, с. 56. Стебницкий 1873, с. 27.

¹⁰ П. Варенцов, 1907, с. 13. Стебницкий, 1873, с. 28. Малома, 1870, с. 50.

¹¹ Стебницкий, 1873, с. 84.

¹² Коншин, 1883, с. 144. Sjögren, 1887, с. 53 и сл. Богданович, 1890, с. 22. Лан, 1898, с. 444. Калицкий, 1914 (2), с. 40.

которого замечалось в особенности при производстве колодезных работ»¹. В жаркую пору колодцы Шорджа (Малые Балханы) и выходящий вблизи ключ пахнут сероводородом². Около Чикишляра сероводород выделяется в числе газов некоторых сопок (Кипящий Бугор), находящихся в слабом действии, и, по-видимому, происходит с небольшой глубины³. Около Чикишляра, в 1 км от моря, на протяжении более 22 км тянется пространство, заполненное черной грязью, издающей резкий «аммиачно-сернистый» запах⁴. Около Боядага на его южном склоне он выделяется в источниках, связанных со сбросами, нередко на границах горста; источники горячие (до 44 °С) и холодные. Кое-где источники образуют ручьи и озера с сероводородной водой и запах сероводорода держится в воздухе. Характерно, что нефть не связана здесь со сбросами⁵ (ср. т. I, § 270)⁶. В Кюрендаге на северо-западном конце Данатинской антиклинали, в 43–48 км к юго-западу от ст. Казанджик, выходят многочисленные серно-соленые источники, частью с обильным выделением газообразного сероводорода. H₂S слышен на значительном расстоянии. Вода из этих источников собирается в узком каньоне в ручейке, который быстро исчезает в солончаковой впадине. Выходы их связаны с дислокациями, между прочим захватившими гипсоносные глины нижнего сармата и альба. Такие же источники известны около колодца Яла. Они связаны с гипсоносной и глинистой толщей ачкагыла. Выше их, в аптском кряже, наблюдается сероводородный источник на перевале к родникам Бурун-Су⁷. В 16 км от колодца Козандуик – минеральная вода колодца Узун-Су с выделением H₂S⁸.

В *Мангышлакском* у. о. Тасирно (залив Цесаревича): «ниже уровня воды остров окружен сплошным кольцом вязкого серого ила с сильным запахом сероводорода, хотя в воде его совершенно не слышно». Ил начинался (1913 г.) с глубины 45 см и шел до глубины 177 см. Ширина кольца не менее 640 м⁹. Ил на дне узкого пролива в залив Цесаревича также выделяет H₂S⁹ (ср. § 131). Сероводород выделяется из войлока, собирающегося на берегах Карабугаза и состоящего из выброшенных раковин и водорослей (например, на юго-западном берегу)⁹. «Ветром с северо-запада временами наносит настолько сильную струю сероводорода, что становится трудно дышать»¹⁰. Чрезвычайно часто вторичный сероводород (биохимически) образуется в водах колодцев.

¹ Коншин, 1883, с. 146.

² Андрусов, 1905, с. 87.

³ Калицкий, 1914 (1), с. 488, 490. Калицкий связывает это выделение с гниением водорослей, которое наблюдается на берегу около Чикишляра. Но это явно явление иного порядка.

⁴ Европин, 1894, с. 1 и сл. Грязь имеет целебные свойства. Несомненно, она заслуживает серьезного изучения по большой площади, ею занятой.

⁵ Калицкий, 1914 (1), с. 207 и сл. «Вся горная цепь Буя-Дага изрезана множеством горных ущелий; по многим из них протекают быстрые ручьи горько-соленой, едкой железистой воды с запахом сернистого водорода. На небольшом плато горы находится небольшое озеро с такой же по качеству и вкусу горячей водой, которая, выбиваясь с страшной силой из недр земли, быстрым и шумящим потоком идет по склонам горы и затем расходится мелкими ручьями по ущельям». По-видимому, того же характера хребет Маютунклы. П. Варенцов, 1907, с. 51–52.

⁶ [§ 301 в первом издании].

⁷ Нацкий, 1917, с. 83.

⁸ Стебницкий, 1873, с. 42.

⁹ Киселевич, 1914, с. 56; 85.

¹⁰ Подкопаев, 1916, с. 26–27.

В колодцах, расположенных у подножия Мангышлакского плоскогорья, на пути от Александровска до Карабугаза, очень часто выделяется H_2S , и в старых колодцах вода так портится, что колодцы бросают¹. Несколько лучше вода колодцев плоскогорья Устюрт, но и в ней нередко развивается сероводород¹. И те и другие колодцы иногда глубокие, до 13 м глубины. Около форта Александровского находится Белое озеро с большим запасом грязи, выделяющей сероводород². На пути от р. Джаинды в Устюрт колодцы Карачи-Тау содержат сероводород³; точно так же колодец Куюк, южнее соленого озера Кашкар-Ата³.

В *Мервском у.* сероводород выделяется в воде колодцев Репетека⁴. Колодцы, выкопанные в пустыне *Каракум*, все содержали, по анализу К. Шмидта, сернистые металлы в воде, выделявшие на воздухе сероводород. Неясно, не произошел ли процесс восстановления сульфатов в бутылках воды, привезенной для анализа⁵. Но мы имеем и прямые указания на выделения сероводорода, например в стоячих водах-озерках Келифского Узбоя, где развиваются серные бактерии (пурпурные)⁶. Однако и в этом случае приходится допустить наличие восстанавливающих сульфаты организмов, а следовательно, и вероятность аналогичных процессов в природе. Вода колодцев Келифского Узбоя выделяет сероводород⁷. Вода колодца Шештли, последнего до входа в Мервский оазис (из Серакса), богата сероводородом⁸. В *Тедженском у.* у персидской границы, в 21 км от ст. Душак, в ущелье Ходжа-Чешле между горами Диван-Кау и Денгли-Котал находятся богатые сероводородом и водой источники; из них четыре с большим запасом воды. Здесь в Келат-Чай «вливается ряд довольно сильных родников с молочного цвета водой, издающей сильный запах сероводорода и минерализующей воды Келат-Чая». Они связаны с залежами гипса⁹.

133. В *Самаркандской обл.* мы имеем совершенно случайные указания на сероводород, едва ли дающие точное понимание происходящих процессов. В *Джизакском у.*, в *песках Кызыл-Кум* в колодцах вода нередко тухлая с запахом сероводорода (например, в Тюбе-Кум)¹⁰. В грязевых солончаках периферии соленого озера Туз-Кана, на север от Джизака, весной и осенью идет резкое выделение сероводорода. Вдоль низких берегов самого озера собирается целебная грязь, выделяющая сероводород¹¹. В *Катта-Курганском у.*, в 17–22 км от Катта-Кургана, источники Янги-Киат (местн. Шур) выделяют сероводород (по Н. Тейху, 0,47–0,53 мг свободного H_2S в 1000 ч.)¹². Вероятно, сероводород выделяется в *Самаркандском у.* по Яг-

¹ Гаркема, 1884, с. 369; 390.

² Макшеев, 1915, с. 50.

³ Vasiner, 1848, с. 60; 75.

⁴ Гедеонов, 1885, с. 100.

⁵ К. Шмидт, 1883, с. 254. Количество H_2S от 0,0066 до 0,0293 г на 1 л.

⁶ Любченко, 1910, с. 192.

⁷ Обручев, 1890, с. 85. Объясняет гниением саксаульной обкладки колодцев. В свежевыкопанных нет запаха H_2S .

⁸ Лессар, 1884, с. 184.

⁹ Макшеев, 1910, с. 45; 1915, с. 61. Ц(имбаленко), 1895; 1896, с. 15.

¹⁰ А. Федченко, 1873, с. 104. Объясняет загрязнением.

¹¹ Леонов, 1896, с. 95, 162. Указания Н.А. Димо, 1915 г.

¹² Тейх, 1897, с. 126. Слюнин, 1881 (2), с. 754.

нобу; здесь сера выпадает при разложении газов, выходящих из трещин в известняке¹.

134. В *Семиреченской обл.* в четырех уездах есть указания на сероводород ювенильного и фреатического генезиса, заслуживающие внимательного изучения. Указания на вадозный (биохимического генезиса) сероводород тоже случайны. Процесс гораздо более мощен, чем это сейчас нам кажется. Есть особые своеобразные его проявления. Так, во время землетрясения 1887 г., разрушившего Верный, область Иссык-Куля пострадала слабо; однако при впадении р. Чулпанатинки в озеро осела часть берега на один метр, на протяжении 23 м. Из трещины выходил запах («серы») сероводорода. И.В. Мушкетов² объяснял его изменением болотистого перегноя (ила). Может быть, здесь явление более сложного характера.

В *Верненском у.* в оз. Ала-Куль, представляющем южную оконечность оз. Балхаш, в связи с выделением сапропеля из водоросли *Votryococcus Braunii* идет сероводородное брожение³.

В *Джаркентском у.* есть сероводородный источник в ущелье правого истока Хоргоса – Арасане, в 43 км от Баскунчи (43°C)⁴.

В *Копальском у.*, у подошвы Джунгарского (Семиреченского) хребта в долине р. Биень, близ ст. Арасанской выходят в гранитных породах два источника, богатых сероводородом (по анализу П. Соломина, 1887 г. – 0,00107–0,00425 г на 1 л), главным образом в виде Na₂S. Количество его колеблется благодаря воде арыков. Температура источников 34–35°. Они давно уже известны киргизам⁵. В ключах или «проточных болотах» между Аксу и Карасу, около Карасубского пикета⁶, выделяется сероводород. Также он выделяется в теплых ключах (32,5°C) (выделяют кремнезем) около р. Чимилды Карагай, притока Коксу⁷. В 9 км от Копала в горах Коранынтау, в ущелье Кора известен серный ключ с температурой в 20°⁸.

В *Лепсинском у.* есть указания на сероводородные горячие (до 41,5°C) и холодные источники. Таковы, например, источники в Арасанской щели в отрогах Тарбагатай (в Барлыкских горах) на запад от оз. Ала-Куль, близ р. Эминь (46° в.д., 52° с.ш.) Карабулакские Бахтинские источники. Они выходят из гранитной горы Кутайс⁹. Недалеко от китайской границы, в 20 км от оз. Ала-Куль есть «слабо серный» источник у р. Долеть¹⁰. Может быть, это те

¹ Вебер, 1913, с. 139 (указатель литературы).

² И. Мушкетов, 1890, с. 66.

³ М. Залесский, 1914, с. 498.

⁴ По любезному указанию В.В. Сапожникова, 1915 г. В его статье о H₂S не упоминается.

⁵ Влангали, 1853, с. 85. Абрамов, 1858, с. 17; 1869, с. 300. Залуговский, 1853, с. 23. К. Шмидт, 1883, с. 487 и сл. (не нашел H₂S и сернистых соединений в присланном для анализа иле). Слюнин, 1881 (2), с. 741. Завалишин, 1861, с. 30; 1867, с. 108. Соломин, 1887, с. 261–262; 1894, с. 123. Пржигодский, 1892 (1), с. 3–4. Кишенский, 1896, с. 5.

⁶ Влангали, 1853, с. 81.

⁷ Влангали, 1853, с. 181. Слюнин, 1881 (2), с. 744.

⁸ Ризенкамф, 1871, с. 5.

⁹ Слюнин, 1881 (2), с. 667–668. Крылов, 1873, с. 146. Пржигодский, 1892 (2). В. Степанов, 1895, с. 75, и сл. Ср. о другом ключе Schrenck в кн. Риттера, 1859, с. 117. Ризенкамф, 1871, с. 6. Должно быть о них упоминает Путимцев в 1811 г. (1819, с. 37 и сл.).

¹⁰ Слюнин, 1881 (2).

два серных источника (35°C), о которых упоминает А. Голубев, – около пикета Чаган-Тогай, ближе к Ала-Кулю¹. Озеро Сасык-Куль названо так вследствие «гнилого запаха» летом¹.

В *Пишпекском у.*, в 75 км от Пишпека, в верховьях р. Иссыгаты на склонах Александровского хребта (на высоте 1716 м) находятся горячие, частью сероводородные источники (акротермы). Расположены по одной линии (25 источников) на контакте гранитов с девонскими известняками. Температура, по указанию В. Ровнягина и К. Аргентова, $36,25\text{--}50,8^{\circ}\text{C}$ ². На правом берегу р. Кокомерена (правый приток р. Нарын) около его русла выходит сероводородный источник ($40,2\text{--}40,4^{\circ}\text{C}$) на контакте гранита и кремнистого сланца (девонского?); дебит 20–25 ведер в час³.

В *Пржевальском у.* сероводород выделяется в теплых источниках в области гранитных выходов хребта Кыргызан-Алатау (Терской-Алатау). Названия местностей для этих ключей очень меняются у разных исследователей. Мы имеем здесь группу ключей, богатых сероводородом, связанных с тектоническими явлениями, вероятно с первичным сероводородом. Они, по-видимому, приурочены к линии контакта каменноугольных известняков с красными гранитами⁴. Таковы источники в высоком ущелье на высоте 2150 м на правом берегу р. Джетыгуз (или Джиты-Огуз) в 32 км от Пржевальска⁵. Здесь несколько (семь) горько-соленых источников с температурой от 24 до 45°C , выделяющих CO_2 и H_2S . Дальше лежат источники Кызыл-Су, в 27 км от сел. Покровского (41°C); они дают сильное выделение H_2S ; здесь четыре источника из одной трещины⁶. Известен еще Джелы-Су Керегеташ (47°C , сильное выделение H_2S)⁷, источник в долине р. Джук-Кучак в 5,5 км от р. Джука из трещины в граните⁸ и др. В 13 км от Пржевальска находятся Аксуйские (Алма) горячие источники (до $44,5^{\circ}$) на р. Аксу (приток Джиргалана), близ сел. Аксу. Некоторые из них (по Каульбарсу, в 17 км от укрепления Аксу, в ущелье р. Уртага) содержат сероводород⁹. В бассейне Иссык-Куля по р. Алахол, выше р. Талды, источники со слабым запахом сероводорода выходят из

¹ А. Голубев, 1869, с. 355.

² И. Мушкетов, 1906, с. 60. Сборовский, 1896, с. 93. П. Матвеев, 1901, с. 19. Ровнягин, 1908, с. 44–45. Аргентов, 1915, с. 16. А. Герасимов, 1917 (3), с. 90.

³ В. Рябинин, 1918, с. 15.

⁴ Д. Мушкетов, 1912, с. 449.

⁵ Сапожников, 1904, с. 63. Липский, 1906, с. 177. Аргентов, 1911, с. 60. Фотографии: М. Friederichsen, 1904, с. 61 – три выхода. Аргентов, 1915, с. 15 и сл.

⁶ Аргентов, 1911, с. 60. И. Мельников в работе Н. Кассина, 1915, с. 239.

⁷ Аргентов, 1911, с. 60.

⁸ Мельников в работе Н. Кассина, 1915, с. 239.

⁹ П. Семенов, 1858, с. 12. (На высоте 1646 м источник с H_2S – Алма-Арасан, впадает в Аксу). Ризенкамф, 1871, с. 16. Каульбарс, 1875, с. 381. И. Мушкетов, 1906, с. 34. Более новые исследователи, как Волькенштейн (1910, с. 10), Сапожников (1904, с. 69), Свирчевский (1915, с. 279) и др., не указывают или отрицают выделение в них H_2S . Вероятно, есть две разные группы источников. На существование двух групп указывает Сапожников. Вторая называется Алтын-Арсан (золотые ключи). Сапожников их не видел. В близких (или идентичных?) источниках Гон-Аксу нет H_2S (Корольков, 1914, с. 62). К сожалению, и новое описание К.И. Богдановича (1914, с. 60 и сл.) столь же неясно. Аргентов, бывший на них в 1909 г., указывает, что выделение H_2S слабое (Аргентов, 1915, с. 39). В 1911 г. он о H_2S не упоминал (1911, с. 61).

трещины в известняках около контакта с гранитом¹. Ил оз. Иссык-Куль в долине р. Джиргалана выделяет сероводород² (ср. т. I, § 270)³.

135. В *Сыр-Дарьинской обл.* сероводород очень обычен и тесно связан с болотистыми и озерными образованиями. По-видимому, это сероводород биохимического происхождения, хотя и не исключен иной генезис⁴. Реже в области наблюдается фреатический и ювенильный сероводород.

В *Аму-Дарьинском отделе* сероводородные ключи известны около оз. Джунгы-Агач⁴. Ил оз. Оксыкен издаст запах H_2S ⁵. В *Аулиеатинском у.* в Укчетинской волости находится ряд соленых озер, в которых, по-видимому, идет выделение сероводорода. Литературных указаний немного и, очевидно, они случайны. Вода оз. Арык-Булак выделяет H_2S ⁶. Около соленого озера Батпак-Кен находятся два родника, ил которых сильно выделяет сероводород⁷. В *Казалинском у.* сероводород выделяется из грязи и рассола оз. Тузкуль⁸. В *песках Кызыл-Кум* сероводород выделяется в соляных ключах Капханташ, около гор. Капханташ-Тау⁹. Он нередок в колодцах, например в местности Тюбе-Кум¹⁰ и всюду в песчаных местах, прилегающих к Аральскому морю¹¹. В *Ташкентском у.*, в Абыльской волости, около верховьев Куль-Су, притока р. Ангрек, находится теплый ($37,2^\circ C$) источник Арашан-Булак. Выделяет запах сероводорода, который, по мнению Н. Тейха и И. Суворова, без всяких оснований приписывается разложению органических веществ сруба, хотя из их описания ясно, что и сама вода пахнет сероводородом¹². На вершине горы Итальягуя, по левому притоку Ангрека, сероводород наблюдается в рудничных ямах¹³.

136. В *Ферганской обл.* (ср. т. I, § 270)¹⁴ выделения сероводорода очень многочисленны, частью в связи с выходами нефти и углеводородов, частью вне всякой зависимости от этих углеродистых тел в виде первичного сероводорода в горячих источниках, в тектонически нарушенных пластах земной коры или в связи с выветриванием сульфатов на земной поверхности. Есть область и богатых сероводородом известняков. Процессы, связанные с поверхностным вторичным сероводородом, наблюдаются также в каналах орошения – арыках и связанных с ними водах. Обычно эти явления считаются не заслуживающими внимания и не регистрируются.

¹ *Аргентов*, 1916, оттиск, с. 15. Другое указание – *Кассин*, 1915, с. 152, 230. По *Веберу* (1917 (1), с. 93) – может быть, это те же источники.

² *Берг*, 1904 (1), с. 25.

³ [§ 301 в первом издании].

⁴ Нёшель (1856, с. 184) указывает, что в третичных слоях выходит соленосная глина, выделяющая H_2S и углеводороды. На ней лежат озера и болота всей северной части Приаральской низменности.

⁵ *Леонов*, 1897, с. 202; 210.

⁶ *Тейх*, 1897, с. 122.

⁷ *Леонов*, 1896, с. 135.

⁸ *Тейх*, 1897, с. 130.

⁹ *Мейендорф*, 1826, с. 73. *Ханыков*, 1843, с. 11.

¹⁰ *А. Федченко*, 1916, с. 245.

¹¹ *Нёшель*, 1856, с. 170.

¹² *Слюнин*, 1881, с. 751. *Суворов* и *Тейх*, 1872, с. 39–41. *Тейх*, 1874.

¹³ *Вебер*, 1917 (1), с. 26. По указанию Д. Иванова.

¹⁴ [§ 301 в первом издании].

В *Андижанском у.*, среди источников Хазрет-Аюб (Джалабад), на склоне Аюб-Тау (гора Иова) есть несколько (до 10) теплых, богатых Са и CO_3 источников (22–41,4°C). Сами источники (кроме № 1 и № 12) не выделяют H_2S . Н. Тейх объясняет это выделение вторичными биохимическими процессами, связанными с разложением сульфатов воды. Такое выделение наблюдается здесь всюду в канавах и поверхностных водах, выделяющих сероводород. По анализу Верблунера, в 1 л заключается не менее 0,001519–0,0033461 г сероводорода. Источники расположены по линии дислокации среди юрских слоев¹. В связи с выходами нефти сероводородные (холодные) источники и богатые сероводородом нефтяные воды известны в месторождениях нефти в Майли-Су², в верховьях Шинч-Сая², Энку², Ишек-Эльди (Текебель)². Очевидно, подобно нефти, и сероводородные родники везде и в других Ферганских месторождениях нефти (см. *Наманганский* и *Скобелевский уу.*) приурочены к выходам дислоцированных эоценовых пород ферганского яруса.

В *Кокандском у.* горько-соленый теплый (22°C) источник (выше ферганского яруса) Аб-Шифа в 13 км от Мельникова содержит в 1 л, по Н. Тейху, 0,374 г свободного H_2S ³. Сероводородные горячие (48–52,7°C) источники выбиваются из трещины около Джили-Су (бассейн Сыр-Дарьи), немного выше слияния ее с Янги-Даваном⁴. Вода в нефтяном месторождении в урочище Камыш-Баши (по дороге из Карым-Дувана в Лякан), скопляющаяся в пруде, выделяет сероводород⁵. Нефть из Камыш-Баши (так называемого Лякана) выделяет сероводород⁶. Битуминозные (stinkkalk) «вонючие» известняки в виде тонких прослоев указаны в Наукатском месторождении меди⁷ (см. т. I, § 210⁸).

В *Наманганском у.* сероводород выделяется из грязи соленого озера Ак-Сыкен (Ак-Су-Кан)⁹. Известен сероводород в сероводородных источниках и нефтяных водах в связи с выходами нефти в устье Питэу-Сая¹⁰. В Майли-Саяе при бурении на нефть в ферганском ярусе встречены обильные серные воды¹¹, а в третичных известняках (по К. Калицкому) указаны газы, содержащие сероводород¹¹. Сероводород выделяется в воде всех нефтяных источников¹². В соленом озере Ак-Сыхент (около кишлака Камыш-Кургана) грязь выделяет сероводород¹². Сероводород находится в нижнекаменноугольных вонючих известняках. Так, известняк горы Мурдаш, по К.А. Ненадкевичу, содержит 0,012% H_2S ¹³.

¹ В. Кушелевский, 1890, с. 114. Тейх, 1897, с. 104; 1903, № 2173. М. Рождественский, 1902. Слюнин, 1881 (2), с. 750–751. А. Герасимов, 1915 (1), прот., с. 475. Шеманский, 1915, с. 87. А. Герасимов, 1917 (3), с. 85.

² Калицкий, 1914 (1), с. 768 и сл.; 774; 778; 786.

³ Тейх, 1897, с. 110. Вебер, 1913, с. 130.

⁴ Вебер, 1913, с. 130.

⁵ Калицкий, 1915, с. 20.

⁶ К. Харичков, 1902, с. 127. Калицкий, 1915, с. 25.

⁷ Богданович, 1917 (1), с. 123.

⁸ [§ 241 в первом издании].

⁹ Неуструев, 1913, с. 325.

¹⁰ Калицкий, 1914 (1), с. 781.

¹¹ Калицкий, 1913, с. 317; 321; 325–326.

¹² В. Кушелевский, 1890, с. 207; 126.

¹³ Ненадкевич, 1917 (2), с. 1040. Вернадский, 1917, с. 1383.

В *Ошском у. на Памире* известны многочисленные сероводородные ключи, не отмеченные или почти не отмеченные в литературе. Д.В. Наливкин сообщил мне следующие о них данные: «В долине р. Тогуз-Булак, левого притока р. Гунт, выходят горячие, серные (с запахом H_2S) ключи. Они бьют местами в десяти из осыпи, но недалеко от коренной породы – серых гранитов. Температура у выхода очень высока – около 60–70°. Запах сероводорода сильный. Кругом натеки – серные, железистые и соляные. Гранитный массив в этом месте около 32 км мощности. Ключи бьют приблизительно в его середине. Кроме того, на десятиверстке показаны горячие ключи: 1) у верхнего конца оз. Яшиль-Куль – в долине того же Гунта, и 2) в верховьях р. Иелы-Су-Булак, левого притока р. Мургаб. Оба эти ключа лежат по одному простираению с первым и выходы их, должно быть, относятся к палеозойской гнейсово-сланцевой свите, с которой обычно связаны и серые граниты».

В *Скобелевском у.* выходы родников с сероводородом (горько-соленые, 24°C) известны в долине Сасык-Сой, по-видимому, в связи с нефтью и гипсом, недалеко (13 км) от кишлака Риштана, так называемые источники Пидоу (Педоу). Выходят из ферганского яруса¹. Сероводород (0,0004 г на 1 л) найден в воде отводного канала от арыков у г. Маргелана². На север от Алайского хребта в долине р. Куршаб, на высоте 1531 м, находятся выходы сероводородных источников³.

137. В *Бухаре* (ср. т. I, § 271)⁴ мы имеем очень разнообразные явления выделения сероводорода, в том числе и ювенильного, совершенно не изученные. Указания случайны. Так, немного южнее сел. Чильор (бассейн Ханани, Аму-Дарьи) известен источник, выходящий из раковистого известняка с сильным запахом сероводорода⁵. Около Аму-Дарьи у Ширабад-Дарьи известен сероводородный источник у входа в ущелье⁶. На горном склоне Гиссарского хребта известны сероводородные источники Гарап, около кишлака Оби-Заран, у реки того же имени (температура 22,5°C)⁷. Более горячие (от 33 до 75°C) источники с сероводородом находятся на высоте 1921 м в долине р. Ходжа-Оби-Гарм (приток Варзоба)⁸. Около одного из источников выходят отдельно из горы «горячие серные и другие газы» с температурой выше 51°C⁹. Источники расположены у кишлака Гарм-Чашма. Судя по описанию Б. Федченко, мы имеем здесь тип сероводородных гейзеров¹⁰. По-видимому, они приурочены к палеозойской гнейсовой толще¹¹. В центральной Бухаре в долине р. Ширабада «сернистая» вода указана в гипсах в связи с нефтью

¹ Слюнин, 1881 (1), с. 565. И. Мушкетов, 1877. СПб., 1912, с. 12. В. Кушелевский, 1890, с. 123. Тейх, 1897, с. 108. Калицкий, 1914 (1), с. 795.

² К. Шмидт, 1881, с. 28–29.

³ Слюнин, 1881 (2), с. 750.

⁴ [§ 302 в первом издании].

⁵ Вебер, 1913, с. 166.

⁶ Арандаренко, 1913, с. 41.

⁷ Литский, 1902, с. 104.

⁸ Покотило, 1889, с. 485. Литский, 1902, с. 132.

⁹ А.П. Туркест. ведом. Т., 1904, № 122.

¹⁰ Б. Федченко, 1909, с. 102.

¹¹ По указанию Д.В. Наливкина.

около Шакарлык Астана¹. В песках Кызыл-Кум около русской границы сероводород выделяется в колодцах Агатма² и Карапгаче³.

138. В *Хиве* мы имеем указания на выделение во многих местах вторичного сероводорода, связанного главным образом с биохимическими процессами в водных бассейнах. Так, вода Сара-Камыша содержит сероводород⁴. Вероятно, он же выделяется во многих колодцах и родниках низовьев Аму-Дарьи, вода которых описывается как «затхлая», имеющая «сернистый вкус», и т.д.⁴ Ввиду богатства сульфатами пород, слагающих эти места, такое явление должно часто наблюдаться, хотя обычно и не отмечается наблюдателями.

139. В Финляндии выделения сероводорода являются, по-видимому, исключительно результатом мелких поверхностных биохимических реакций и в общем ничтожны. В *Або-Бьернборгской губ.* слабое выделение сероводорода наблюдается в Ноденгальском источнике около Або⁵. В *Выборгской губ.* сероводород указан в источнике в 7 км от Сердоболя⁶, в 5 км от Вильманстранда⁶. Сероводород выделяется в заброшенных графитовых ломках на о. Пузун, на Ладожском озере и должно быть происходит в связи с разложением пирита⁷. В приходе Кюммене в Руотсенмальми был прежде в пользовании незначительный сероводородный источник⁸. Слабое выделение сероводорода наблюдалось в источнике около Ловизы⁹.

140. Сероводород и деятельность человека. Сейчас невозможно точно учесть влияние человека на выделение сероводорода. Участие это главным образом косвенное, так как в большом количестве сероводород не готовится человеком для своих целей. Сероводород готовится человеком в химических лабораториях, являясь необходимым химическим реактивом. Этим путем, несомненно, в конце концов получаются значительные его количества, которые, однако, быстро исчезают и нигде не собираются в больших массах. Его использование в химической промышленности невелико.

Главное влияние человека в истории сероводорода связано с его образованием в связи с условиями человеческой жизни. Человек чрезвычайно влияет на разнообразные процессы гниения и разложения органических веществ, создает благоприятные условия для жизни сероводородных бактерий. Загрязнение рек и водоемов, привнос гниющих или изменяющихся органических веществ (например, дерева) в соприкосновении с водами, богатыми сульфатами, вызывает такие, связанные с человеком, его образования, которые во много раз превышают те его количества, которые человек готовит сознательно. Поля орошения, ирригационные работы, такие культуры, как рисовые и т.п., дают огромное развитие производящих его бактерий. Очень часто мы не можем отличить сероводород, развивающийся вне участия человека, от того, который связан с его культурной жизнью.

¹ С. Михайловский, 1914, с. 96.

² Мейендорф, 1826, с. 75. Ханыков, 1843, с. 11.

³ Мейендорф, 1826, с. 75.

⁴ Каульбарс, 1881, с. 433; 582–585.

⁵ Грум, 1855.

⁶ Севергин, 1805, с. 52; 87.

⁷ Гадолин, 1857–1858, с. 77.

⁸ Эйхвальд, 1860, с. 40.

⁹ Грум, 1855, с. 296.

В перечислении месторождений сероводорода в России мы постоянно наталкиваемся на такие случаи. Масштаб таких выделений сероводорода, косвенно связанных с жизнью человека, совершенно того же порядка, как и его «естественные» выделения.

Очень возможно, что количество сероводорода биохимического происхождения – благоприятные условия для развития сероводородных бактерий – увеличивается по мере роста культуры, уменьшения девственной природы.

СУЛЬФИДЫ И СЕЛЕНИДЫ¹

Сернистые соединения мышьяка

α -реальгар. α -аурипигмент. β -реальгар. β -аурипигмент. γ -аурипигмент.

Жидкий аурипигмент. Жидкий реальгар.

Газообразный реальгар. Диморфин

141. Химический состав и физические свойства. Нередко соединяют аурипигмент с антимонитом (§ 150 и сл.) и висмутином (§ 159 и сл.), но такое соединение основано на пережитых в науке представлениях об изоморфизме. Оно не оправдывается ни химическим составом, ни генезисом этих тел в земной коре, ни даже более тщательным изучением кристаллической системы этих тел.

Поэтому все такие сопоставления лучше оставить в стороне.

Несомненно, в природе все эти соединения мышьяка и серы составляют одну естественную группу тел, генетически между собою связанную, так как они все переходят одно в другое при изменении внешних физических условий.

Из многочисленных сернистых соединений мышьяка в природе известны с несомненностью только два: As_2S_2 – *реальгар* и As_2S_3 – *аурипигмент*. Однако возможно, что в природных условиях образуются и другие относящиеся сюда тела; так, например, возможно временное выделение As_2S_5 при нагревании аурипигмента, довольно обычном в природных условиях. Есть указания на нахождение соединения As_4S_3 – так называемого диморфина². Небольшое количество анализов, особенно обычных землистых разностей, при некоторой изменчивости форм соединений мышьяка и серы³ делает наше знание в этой области недостаточно точным.

Оба минерала обладают ясно выраженными свойствами сульфанидидов, особенно аурипигмент, многочисленные разнообразные соли которого известны в природе, тогда как способность реальгара давать соли не

¹ Эта глава и последующие печатаются впервые.

² *Scacchi*, 1849, с. 116; 1850, с. 263. Кристаллы As_4S_3 были получены Креннером и оказались отвечающими *диморфину* из Флегрейских полей, открытому и измеренному Скакки (*Scacchi*, 1850). As_4S_3 ромбической с., $a : b : c = 0,5879 : 1 : 0,8826$ (*Krenner*, 1907, с. 477 и сл.). Диморфин, несомненно, диморфен – есть разность желтая и черная; см. *Бородовский*, 1906, с. 162. Однако он там же, на с. 173, считал его «неопределенным соединением».

³ Искусственно, несомненно, давно были известны As_2S_2 , As_2S_3 , As_2S_5 . Ср. возражения Нильсона (*Nilson*, 1875, 1876) против других форм. Однако, даже отрицая их, все же приходится допустить существование очень характерных физических смесей As_2S_2 и As_2S_3 , As_2S_3 и As_2S_5 – ср. *Gélis*, 1873. Наконец, Шуллер (*Schuller*, 1894, с. 74) получил кристаллы As_4S_3 и, может быть, As_6S (?).

выяснена¹. Точно так же и в химических реакциях резко отличаются реальгар и аурипигмент, так как аурипигмент выделяет CO₂ из раствора K₂CO₅, а реальгар нет. Однако процессы образования в природе реальгара тесно связаны с его кислотными свойствами и едва ли могут быть иначе поняты (§ 144).

Химический состав аурипигмента, к сожалению, известен лишь в общих чертах и анализы его устарели². Для реальгара новые анализы Яннаша дали теоретический состав (реальгары из Бинненталя и Альхара)³. Точно так же и Стефанович⁴ подтвердил теоретическую формулу аурипигмента новым определением в нем серы.

142. Физические свойства этих тел все еще мало изучены. Несомненно, это тела полиморфные.

Для As₂S₃ известны сейчас три твердые полиморфные разности, из которых две, а может быть все три, встречены и в природе: моноклинный⁵ α-As₂S₃ – α-аурипигмент, аморфный γ-As₂S₃ и β-аурипигмент – красный аурипигмент β-As₂S₃, который существует между температурами 170–300° и, очевидно, временами должен получаться при образовании аурипигмента в вулканических местностях⁶. Не исключена возможность образования и жидкого аурипигмента в тех же условиях. Точно известны следующие точки перехода⁷:

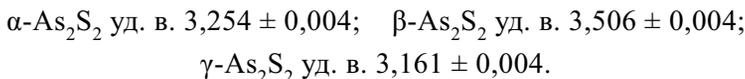


Для *реальгара* мы имеем тоже три полиморфные разности – моноклинные α- и β- и черный аморфный – γ-As₂S₃. В природе, несомненно, существуют α- и β-реальгар; существование же аморфного черного реальгара с точностью не доказано.

Для этих разностей реальгара мы имеем следующие константы⁸:



Твердые разности резко отличаются по своему удельному весу; так, по В. Бородовскому, мы имеем для 19°C:



В природе, несомненно, временами существует *жидкий реальгар* и весьма вероятно присутствие *газообразного реальгара*.

¹ См. возражения Нильсона.

² На это указывал уже Гинтце (*Hintze*, 1899, I, с. 364).

³ См. *V. Goldschmidt*, 1904, с. 113–114. Старинные анализы давали для реальгара отклонения от обычной формулы.

⁴ *Stévanovič*, 1904, с. 18.

⁵ Считается обычно ромбическим. Таким помещен и в сводке Бородовского (1906, с. 175).

⁶ «Красный» аурипигмент должен входить в ту смесь, которая получается при изменении α-аурипигмента при действии света.

⁷ *Бородовский*, 1906, с. 175. Ср. еще *Winter*, 1905, с. 228.

⁸ *Бородовский*, 1906, с. 175.

143. Наиболее обычны и наиболее изучены моноклинные α -реальгар и α -аурипигмент. Эти *тела* нередки в полиэдрах и иногда бывают в друзах в довольно больших кристаллах. Еще чаще наблюдаются их зернистые, землистые и для аурипигмента пластинчатые массы.

Кристаллические многогранники *реальгара*, обладающие характерным красным цветом с алмазным блеском, довольно часты в его месторождениях и очень богаты простыми формами; они представляют пример вещества с резко повышенным поверхностным натяжением по сравнению с векториальной энергией тела. Это выражается: 1) в большой сложности индекса простых форм¹, 2) в отсутствии двойников, которые до сих пор не наблюдались для реальгара, 3) в чрезвычайной изменчивости облика кристаллов в зависимости от месторождения², 4) в большом количестве направлений спайностей (§ 148) – в нем наблюдалось до 16 плоскостей спайности. Наблюдались 62 простых формы (234 грани)³, и нередко в одном и том же кристалле находится несколько десятков площадок. Пластинчатые формы не часты (большей частью по (001) $a : b : c = 1,4403 : 1 : 0,9729$, $\beta = 113^\circ 55'$ (Мариньяк). Иногда при вулканических извержениях реальгар является расплавленным⁴. Совершенно иную картину представляет ярко-желтый *аурипигмент*, полиэдры которого относительно редки, но который большей частью наблюдается в пластинчатых сростаниях. Несмотря на то, что это вещество легко получается искусственно и в природе очень нередко, его кристаллическая структура известна довольно плохо; его долго считали ромбическим, но моноклинная природа вещества доказана теперь несомненно⁵. $a : b : c = 0,5962 : 1 : 0,6650$; $\beta = 90^\circ 41'$ (Стефанович). Полиэдры его очень близки к ромбическим кристаллам и состоят из полисинтетических двойников по (100) и др.⁶; в них наблюдалось всего 14 простых форм (48 плоскостей). Они обладают совершенной спайностью по (010), следами спайности по (100) и плоскостью скольжения по (001).

144. Нахождение в земной коре. Реальгар и аурипигмент встречаются очень часто вместе, что, может быть, и понятно, так как аурипигмент нередко образуется из реальгара (§ 145).

Реальгар выделяется из водных растворов (большей частью горячих). Он относительно легко растворим в водах, содержащих щелочи, особенно сернистые (что объясняется образованием его сульфосолей, легко растворимых

¹ Из 164 плоскостей 53,6% имеют индексы, в которые входят числа большие 2, а между тем из теоретически возможных плоскостей с характеристиками не выше ± 2 существует всего 61,2%.

² Может быть, на то же указывает бедность зоны, параллельной оси Y , и исчерченность плоскостей \perp ей (плоскостей зоны оси Z).

³ О кристаллической форме: *Dana*, 1868 и 1892; *Y. Goldschmidt*, 1891; *Hintze*, I, с. 349; *Lévy*, 1837 (2), с. 278; *Hessenberg*, 1856, с. 15–16; 1860; с. 4; *Fletcher*, 1880, с. 112; *Krenner*, 1883, 1885; *Urba*, 1889, с. 463; *Scacchi*, 1852, с. 171; *Hackmann*, 1897, с. 608; *Goldschmidt*, 1904, с. 116; *Des Cloiseaux et Marignac*, 1844, с. 425; *Löw*, 1912, с. 133 (новая форма – 321); *Grattarola*, 1890, с. 293; *Farrington a. Tillotson*, 1908; *Pitz, Schröder u. Thosh*, 1918, с. 173 и сл.

⁴ Везувий, 1906 г. – *Lacroix*, 1907, с. 257.

⁵ Впервые определил *Stevanovič*, 1904, с. 14–15. О кристаллических формах см. *Hintze*, I, с. 349. *Stevanovič*, 1904. *Farrington a. Tillotson*, 1908, с. 155, новые (023), (133), (103).

⁶ Иначе трудно объяснить противоречия в показаниях оптических свойств. О противоречиях см. *Hintze*, I, с. 360. Ср. *Stevanovič*, 1904, с. 17.

в воде)¹. Из таких растворов реальгар вновь выделяется. Так образовались его главные скопления на земном шаре. Среди них надо различить выделение его в *жилах*, нередко в значительных массах, и в прекрасных кристаллах, например – в Капнике в Венгрии (с кварцем, сернистыми металлами), Нагиаге в Семиградье (с кварцем, баритом, карбонатами)² и т.д. Другой тип его генезиса – цементирование рыхлых пород или образование в их порах и пустотах; таковы его месторождения в филлитах около Крешева в Боснии³. Наконец, и ныне он выпадает из водных источников, например – в гейзерах Йеллоустонского парка в Вайоминге⁴.

Гораздо большие его количества наблюдаются в связи с вулканической деятельностью земной поверхности, главным образом в сольфатарах; таковы его образования на Этне, на Везувии⁵, на вулканах Флегрейских полей; особенно сольфатары, где он непрерывно выделяется в течение веков (с серой, нашатырем, квасцами⁶ и т.д.). Этим путем могут скопиться такие его количества, которые окупают разработку, например, в некоторых местностях Персии⁷.

В тесной связи с этими месторождениями стоят его контактовые выделения. Таково, например, знаменитое месторождение Альхар около Рождена в Македонии. Здесь реальгар и аурипигмент (иногда оба в кристаллах) находятся вместе с антимонитом, лорандитом и т. д. на контакте пропилитов и пропилитовых туфов с палеозойскими, сильно измененными породами – мрамором, глинистыми сланцами и т.д.⁸

В некоторой – иногда генетической – связи с рассмотренными случаями находится выделение его при распадении мышьяковистых соединений очень различного характера. Таково его происхождение во многих жилах, где он встречается очень часто совместно с другими продуктами распада сернистых металлов (главным образом серебра и свинца); иногда можно проследить даже непосредственно образование его, например, из арсенолита в Татьянинском руднике Семипалатинской обл.⁹, из энаргита или теннантита в Морокоха в Перу¹⁰, в тесной смеси с мышьяком, несомненно, вторичного происхождения из Яхимова в Рудных горах, где тонкие корки реальгара переслаиваются с корками мышьяка и т.д.

Особняком стоит нахождение реальгара в бурых и каменных углях (например – около Фонсдорфа в Штирии, в Кейрахе в Каринтии). Очень возможно, что AsS здесь образовался, в конце концов, из As и S организмов.

145. Почти повсюду здесь реальгар находится вместе с аурипигментом, который только отчасти произошел из него¹¹. Из месторождений, где аурипиг-

¹ *Senarmont*, 1851, с. 129 и возражения Нильсона – *Nilson*, 1875. 1876, с. 312.

² *Zepharovich*, 1859, с. 374–375. Встречается в верхних горизонтах, теперь очень редок – *Semper*, 1900, с. 27.

³ *Krenner*, 1896–1897. *Vrba*, 1889, с. 463.

⁴ *Weed a. Pirsson*, 1891, с. 401–405.

⁵ *Larcoix*, 1907, с. 257 и сл.

⁶ *Des Cloiseaux*, 1844. *Scacchi*, 1852, с. 171.

⁷ *Schindler*, 1881, с. 187. *Helmhacker*, 1898, с. 431.

⁸ *Foullon*, 1892, с. 171. *Krenner*, 1896–1897, с. 98. *Цвейгш*, 1906, с. 325–326.

⁹ *Еремеев*, 1892.

¹⁰ *Raimondi*, 1878, с. 184.

¹¹ *Volger*, 1854. *Kenngott*, 1853, с. 982 и сл.

мент сильно преобладает, можно отметить нахождение его в кристаллах на Соколовой горе около Тайовы в Венгрии, в триасовых песчанистых глинах – иногда в форме конкреций¹, в кварцевых жилах около Молдовы в Венгрии; большие радиально-лучистые неполные шары – в Альхаре в Македонии, дающие сплошные массы своеобразной структуры². Лучшие, мне известные, полиэдры в руднике Меркур в Юта, США³: хорошие кристаллы в Капнике², в Кубано-Худесском руднике (§ 146). Большие относительно пластины аурипигмента известны из Курдистана – около Юламерка, Зирнабада. Наблюдалось его образование при переходе прустита в аргентит, из самородного мышьяка⁴. Подобно реальгару, он выпадает и теперь из источников, главным образом горячих. В некоторых случаях его отложения здесь очень характерны, ибо аурипигмент (в микроскопических конкрециях и иглистых кристаллах) тесно смешан с опалом, близким к гейзериту, содержащим диатомовые водоросли и выпадающим из горячих вод; осадок этот образует так называемый *форхерит* (см.), например – в Сен-Нектере в центральной Франции⁵, в Штирии и т.д.

146. Месторождения реальгара и аурипигмента в России. В России реальгар и аурипигмент до сих пор мало изучены, хотя нельзя думать, чтобы они были очень редки.

В пределах *Европейской России* мне не известны месторождения реальгара, кроме неясных указаний для Архангельской губ.

На *Урале* в *Пермской губ., Исетском окр. в Аятской даче* в связи с антимонитом⁶. В *Каменской даче* у Каменского завода примазки и мелкие кристаллы «сернистого мышьяка» в известняке около контакта с «порфирами»⁷. В *Верхотурском у., в Алапаевском окр.* на р. Синячихе реальгар с мелкими кристаллами кварца в кальците⁸.

На *Кавказе* и в *Закавказье* находятся многочисленные месторождения реальгара, очень мало изученные. Наибольшие скопления, могущие иметь практическое значение, находятся в Карсской обл., в Кагызманском окр.⁹

В *Карсской обл., в Кагызманском окр.* реальгар находится в 20 км к юго-западу от Кагызмана в окрестностях пограничного поста Калу-Оглы¹⁰ в связи с основными, измененными породами типа габбро. Мышьяковые минералы находятся в сильно измененной брекчии трения, сцементированной углекислой известью, и состоят из тесной смеси реальгара и аурипигмента. Это описание С.В. Константова, туманное и неясное, не дает точной картины явления – по-видимому, брекчию трения он рассматривает как заполненную обломками окружающих пород конкреционную жилу, причем тело жилы образуют кар-

¹ *Stuhr*, 1868, с. 365.

² Коллекция Академии наук.

³ Коллекция Московского университета.

⁴ *Peters*, 1861, с. 665.

⁵ *Lacroix*, 1897 (2), с. 496.

⁶ *Мурашев*, 1915.

⁷ *Грамматчиков*, 1850, с. 7.

⁸ Коллекция Академии наук, из коллекции Н.С. Михеева.

⁹ В старинной коллекции в Академии наук хранится образец аурипигмента с «Кавказа», напоминающий большие пластины аурипигмента из Курдистана (§ 144). Не исключена возможность нахождения таких аурипигментов и где-нибудь в пределах Закавказья.

¹⁰ Отчет Кавказского горного управления (1907), 1908, с. 39. *Константов*, 1917 (2), с. 13 и сл.

бонаты. Есть несколько мест выделения соединений мышьяка – на Малом и Большом Зерныхе, правых притоках р. Чухур, притоке р. Аракса. Одна жила, богатая аурипигментом, разрабатывалась на Малом Зерныхе (рудники Марковского и Шурова). Несомненно, количество мышьяка, заключающегося в этих жилах, достигает тысяч тонн (в небольшой слегка разведанной части около 500 т) и оно может иметь практическое значение. Выше этого рудника по р. Чухур, в 3 км на Большом Зерныхе, наблюдается жила аурипигмента; мощность чистого аурипигмента колеблется от 30 до 60 см; по-видимому, аурипигмент связан с жильными выходами арсенопирита – тоже заполнение сбросовой трещины. В 45 км у с. Тезакчи¹ наблюдаются жильные выходы среди сильно разрушенной породы жильного «железистого аурипигмента²».

В *Кубанской обл.*, в *Таманском отделе* на Таманском п-ове в железорудном горизонте наблюдаются тонкие пленки реальгара³ и аурипигмента⁴ в трещинах аморфного сидерита у Железного Рога. Это месторождение любопытно сравнить с постоянным нахождением мышьяка в том же горизонте железных оолитовых руд на противоположном берегу Керченского пролива у Керчи⁵. В Железном Роге встречаются и мелкие кристаллы реальгара; реальгар находится одновременно с анапаитом, представляя, по-видимому, с ним одновременную генерацию. Находится в виде пленок и внутри ядер раковин. Частью перешел в аурипигмент⁶. В *Баталпаинском отделе* в Кубано-Худесском руднике, в руднике цинковой обманки в балке Тахтаул-Чалган аурипигмент известен в недурных радиально-лучистых измеримых кристаллах с примазками реальгара в жиле, прорезающей кварцевый порфир⁷.

В *Кутаисской губ.* реальгар и аурипигмент указаны вместе с арсенопиритом около Сарати, в урочище Окриба⁸.

В *Терской обл.*, во *Владикавказском окр.* есть ряд указаний на нахождение реальгара и аурипигмента, из которых только об одном в бассейне р. Фиэг-Дона, в Куртатинском ущелье мы имеем более подробные данные у А.П. Герасимова. Все эти выходы наблюдаются в области Главного Кавказского хребта. Здесь – находки реальгара и аурипигмента на горе Кальтпер около Цейсского ледника⁹, в Зручском ущелье на правом берегу р. Зруч-Дона¹⁰, в верховьях Ардона¹¹ (Кассарское ущелье), в долине Фиэг-Дона, левого притока Терека (Куртатинское ущелье)¹². В Куртатинском ущелье несколько мес-

¹ *Константинов*, 1917 (2), с. 19.

² Окрестности Карса – коллекция Академии наук – плотный реальгар.

³ *П. Чирвинский*, 1904, с. 33. Из частного письма видно, что Чирвинский потом считал свое определение ошибочным. Вновь найден Поповым – см. *С. Попов*, 1911, с. 198.

⁴ *С. Попов*, 1911, с. 198.

⁵ В литературе не указано. По словам А.А. Байкова, для него найден способ освобождения. Есть анализы.

⁶ Коллекция Академии наук. Доставлены Е.Д. Ревуцкой и А.А. Твалчрелидзе, 1915 г.

⁷ *Зильберминц*, 1916, с. 228.

⁸ *Эйхфельд*, 1827, с. 53.

⁹ *Еремеев*, 1871 (1), с. 470. *Орловский*, 1897.

¹⁰ *Маркович*, 1906, с. 189.

¹¹ *Меллер* и *Денисов*, 1900, с. 130. В коллекции Московского университета, 1897; образцы доставлены В.Г. Орловским из Дзамараша и Тима.

¹² *А. Герасимов*, 1917 (1), с. 20 и сл. В Московский университет образцы доставлены в 1901 г. из Дзамараш-Дона Н.И. Родненским и Марковиным.

торождений в балке Арси-Ком у сел. Бугулты-Кау в сбросовой жиле среди метаморфических сланцев вкрапления и примазки реальгара, реже арсенирита и антимонита в кварцевой массе, богатой горным хрусталем. В той же балке есть вторая сбросовая жила с реальгаром, который сопровождается антимонитом и бертьеритом. На противоположном Арси-Ком склоне находится третье месторождение в балке Калды-Ком – реальгар находится в сбросовой трещине (брекчии), сцементированной кварцем; есть среди брекчии частые прожилки реальгара 1–2 см мощности.

Может быть, Калды-Ком и Арси-Ком один и тот же сброс. Количество чистого мышьяка, по А. П. Герасимову, до 25 тыс. т во всех трех месторождениях. Небольшая жилка аурипигмента и реальгара расположена в гнейсогранитах на правом склоне р. Баксана, около ветеринарного поста и приюта Азоу¹.

В *Тифлисской губ.*, в *Горийском у.*, по-видимому, большие скопления аурипигмента в третичных песчаниках по р. Малой Лиахве, например у сел. Ацерис-Хеви, на правом берегу².

В *Эриванской губ.*, в *Нахичеванском у.* довольно значительные скопления аурипигмента и реальгара были впервые найдены в 1830 г. Воскобойниковым³ в горе Дарры-Даг, около сел. Джульфы и около дер. Яджи, где наблюдаются конкреции и прожилки реальгара и аурипигмента в эоценовых мергелях около урочища Беченаг в глине с серой⁴, а также около сел. Джамалдин⁵ и около сел. Аза на р. Белев-Чай⁶.

В *Сибири* есть указания на возможность нахождения аурипигмента на Дальнем Востоке, но эти месторождения не изучены.

В *Приморской обл.* – в коллекции Академии наук имеются куски аурипигмента «из Камчатки», имеющие характер как бы расплавленного аурипигмента.

На ручье Люхункоза (серный ключ) в 9 км от устья (правый приток Тетюхе) в известняках – прожилки крупных пластинок аурипигмента⁷.

В *Степной и Среднеазиатской России*, в *Семипалатинской обл.*, *Каркаралинского у.*, в Монтинской волости – кристаллы реальгара, отчасти перешедшего в аурипигмент, образующие псевдоморфозы по арсенолиту, в кварцевых жилах галенита⁸. В *Ферганской обл.*, в *Маргеланском (Скобелевском) у.* около кишлака Уч-Курган указано Федоровым нахождение реальгара в кварцах⁹. Около угольной копи Кызыл-Кия (Кызыл-Кия) наблюдался реальгар, должно быть в связи с каменноугольным пожаром¹⁰.

¹ Дубянский, 1914, с. 14.

² Меллер и Денисов, 1900, с. 131.

³ Воскобойников, 1830, с. 336. Ср. Меллер и Денисов, 1900, с. 132. Отчет Кавказского торного управления за 1907 г., с. 39.

⁴ Н. Лебедев, 1901, с. 231.

⁵ Известия Геол. ком., 34, 1915, с. 555.

⁶ Озаровский, 1883, с. 42.

⁷ Коллекция Академии наук, 1919 г. от С. Васькова через П.В. Виттенбурга.

⁸ Еремеев, 1892, с. 204. Доставлены Н.А. Антиповым.

⁹ И. Мушкетов, 1906, с. 297.

¹⁰ Вебер, 1913, с. 108.

147. Изменение реальгара и аурипигмента. Реальгар быстро изменяется, главным образом под влиянием света¹; кристаллические массы его с поверхности постепенно превращаются в светло-оранжевый порошок, который является довольно устойчивым по своему составу и состоит из As_2S_2 , As_2S_3 , As_4S_3 , As_2O_3 . Этот продукт удобно выделить как особый минерал – *оксиреальгар*. Есть случаи перехода реальгара в фармаколит². Кроме таких продуктов окисления, которые наблюдаются во всяком месторождении реальгара, известны и прямые переходы его в аурипигмент. Все это указывает на *временное* существование реальгара в природе – при распадении сложных серномышьяковых соединений; в окончательном результате получают отдельно кислородные соединения *мышьяка* и *серы*.

Гораздо устойчивее *аурипигмент*; его изменения не прослежены, но, по-видимому, сводятся к тем же продуктам.

Оба эти продукта издавна, в течение тысячелетий, служили предметом добычи. Их добывали как природные краски, как врачебные средства и как препараты, имевшие значение в алхимической практике. Употребление их как краски было весьма значительно как в чистом виде (реальгар – красная, а аурипигмент – желтая), так и в смешанном; так, например, аурипигмент употреблялся в зеленой краске, шедшей в средние века в Западной Европе для окраски шерсти³. Зеленая краска с аурипигментом сохранилась в Японии⁴. Еще большее употребление их было в медицине. Здесь они с давних времен употреблялись при разных болезнях – например, в древнееврейской (аурипигмент)⁵ и древнегреческой медицине⁵ (реальгар и аурипигмент). Такое их употребление целиком сохранилось в народной медицине некоторых племен Азии (Кавказ, Япония, Китай) и Европы (Россия)⁶. В Китае и Японии реальгар употребляется для ювелирных поделок⁷.

По-видимому, в течение тысячелетий центр их добычи не перемещался: и Запад и Дальний Восток получали их из одной и той же местности – это были горные местности Ирана и Малой Азии. Из этих мест получали их древние греки и римляне⁸. Старинные разработки аурипигмента были в Кашгаре⁹. Уже давно эта добыча сильно сократилась и местами исчезла, так как их значение как краски в обычных – широких – производствах упало: они замещены другими, более удобными продуктами, и легкость их искусственного получения сделала ненужной разработку их природных месторождений. Теперь рудники их сохранились кое-где на Востоке, как пережитки старинной культуры; например, недавно еще добывали реальгар в Персии, а аурипигмент в Курдистане, около Юламерка на р. Большом Саде¹⁰ около дер. Коранис,

¹ Эта реакция требует изучения; старинные опыты Кеннготта указывают, что реакция идет бурно, при концентрации света, с вспучиванием и выделением какого-то серого «дыма» – см. *Kenngott*, 1853, с. 989.

² *И. Мушкетов*, 1906, с. 297.

³ *Дживилегов*, 1904, с. 78.

⁴ *Geerts*, 1878, с. 176, 178.

⁵ *Schellenz*, 1904, с. 12; 106.

⁶ *Henrici*, 1892, с. 182.

⁷ *Geerts*, 1878, с. 176, 178.

⁸ *Blümner*, 1887, с. 478, 484.

⁹ *Pumpep*, 1889, с. 139, 408.

¹⁰ *Tietze*, 1879.

на Евфрате у дер. Алакара¹, в Китае². В России его добывали в начале XIX столетия для местных потребностей, в Дарры-Даге³.

В последнее время наблюдается некоторое возрастание интереса к месторождениям сернистых соединений мышьяка. Его отыскивали для приготовления мышьяковых препаратов во время войны 1914–1918 гг. А затем появилось новое применение в кожевенном деле, где он заменяет сернистый натрий⁴.

Количество добытых продуктов едва ли когда-либо достигало значительных размеров.

148. Диагноз. *α-реальгар*. Спайность довольно совершенная по (010) и (210), менее совершенная по (001), (100), (110). Твердость 1–2. Уд. вес 3,54. Температура перехода в β -As₂S₂ – 267° (В. Бородовский). Прозрачный. Красного цвета. Черта красная, немного светлее. Смолистый блеск. Плоскость оптических осей (010). Сильно плеохроичен. Перед паяльной трубкой легкоплавко, летуч, с сильным запахом As. Горит синим пламенем. В открытой трубке – запах SO₂, белый сублимат As₂O₃; в закрытой – возгоняется (красный налет). В едких щелочах большей частью растворяется (остается черный остаток (?)) – неопределенное нерастворимое сернистое соединение).

α-аурипигмент. Блеск жирный, на плоскостях спайности перламутровый. Просвечивает. Лимонно-желтый до буро-желтого. Черта такая же, но светлее. Совершенная спайность по (010), несовершенная по (100); гибкие листочки. Твердость 1–2. Уд. вес 3,4–3,5. Температура перехода в β -As₂S₂ – 170° (В. Бородовский). Плоскость оптических осей (001). Плеохроичен.

При нагревании до 100° краснеет и по охлаждению (если не нагрет выше 150°) возвращается к прежнему цвету. Перед паяльной трубкой легкоплавко, остальные реакции, как реальгар, но возгон в запаянной трубке – желтый. Легче летуч. Вполне растворим в едких щелочах.

Растворимость в воде осажденного As₂S₃ (18°С) $2,10 \times 10^{-6}$ ⁵.

Сернистые соединения сурьмы

Антимонит (сурьмяный блеск). Метастибнит

149. Химический состав и физические свойства. Отдельно должны быть поставлены соединения сурьмы, которые нередко соединяются (на основании формальных выводов изоморфизма) с аурипигментом и висмутовым блеском. В природе Sb₂S₃ почти всегда встречается отдельно от них и никогда не заключает, судя по анализам, ни As, ни Bi в изоморфной подмеси. Химические анализы кристаллов антимонита дают иногда числа, совершенно отвечающие теоретическим для Sb₂S₃ (т.е. 28,62% S и 71,38% Sb), но в целом ряде случаев наблюдалась примесь железа, количество которого (вычисленное на Fe₂O₃) превышает иногда 2%. Не выяснено, в каком виде здесь находится железо и является ли оно механической или химической подмесью к сернистой

¹ Акты Кавказ. археогр. ком., изд. А. Верже, VII, 1878, с. 85, 90.

² Schellenz, 1904, с. 106.

³ Воскобойников, 1878, с. 85; 1830, с. 337.

⁴ Константинов, 1917 (2), с. 10.

⁵ Weigel, 1907, с. 293.

сурьме. Вероятнее всего мы имеем здесь примесь какого-нибудь сернистого соединения железа или, может быть, сульфосурьмянистой его соли.

Есть несколько полиморфных разновидностей Sb_2S_3 , очень плохо изученных¹. Одна из них красного цвета, получаемая в виде тонкого порошка при распадении действием H_2S водных растворов сурьмянокислых солей, изредка встречается в природе и известна под именем *метастибнита*. Метастибнит неизвестен в чистом виде² и наблюдается исключительно как осадок горячих источников, в тесной смеси с их другими продуктами (Стимбот-Спринг в Неваде)³.

150. Антимонит (сурьмяный блеск) в природе встречается нередко в виде прекрасных полиэдров, еще чаще в виде кристаллических агрегатов, землистых и плотных масс (например, Фрейберг), всегда состоящих из вытянутых призматических игольчатых кристаллов, иногда микроскопически мелких. Однако отдельные кристаллы достигают иногда огромных размеров, и на о. Сикоку (Шикоку) в Японии встречались призмы антимонита до 0,5 м и более длиной. Хорошие кристаллы также в Альхаре близ Рожданы в Македонии (Софийский музей) и в Фельшебанье в Румынии. Он кристаллизуется в ромбической системе, с ячейкой, очень близкой к кубу – $a : b : c = 0,9926 : 1 : 1,0179^4$ и характеризуется резко выраженным развитием поверхностной энергии, т. е. простых форм очень много, нередко господствуют формы с относительно сложными индексами; двойники редки и сомнительны⁵. С несомненностью известна для сурьмяного блеска 101 простая форма; на них развиты 654 грани⁶; однако эти числа далеко не выражают всего возможного разнообразия полиэдров этого вещества, так как постоянно открываются новые формы и есть много не вполне точно установленных⁷. Из 654 граней около половины (314) принадлежат к плоскостям с индексами ± 4 ; из числа таких плоскостей наблюдалось 54,3%. Характер плоскостей антимонита виден, например, в том, что из граней с характеристиками ± 1 наблюдалось 100%, с характеристиками ± 2 – 71,4%, ± 3 – 73,8%. Очень многие формы антимонита могли образоваться благодаря чрезвычайно легкой подвижности этого вещества и легкому его скольжению.

Несмотря на такое разнообразие, характерно развитие призматической зоны; обыкновенно господствует m (110), также n (210). Из пирамидальных плоскостей наиболее характерны p (111) и s (113)⁷. Чрезвычайно характерны очень легкие скольжения и трансляции вещества антимонита, причем плоскости скольжения разные – (ohl), что вызывает явления изгибов вокруг оси X .

¹ О полиморфных разностях Sb_2S_3 см. *Gmelin Kraut's Handbuch d. anorg. Chem.*, 1908, S. 701; *Zani*, 1909, с. 1169.

² Очень возможно, что метастибнит явится не простой полиморфной разностью Sb_2S_3 , но гидратом сернистой сурьмы. На это, по-видимому, указывают наблюдения Дитте для искусственной красной сернистой сурьмы (*Ditte*, 1886, с. 202).

³ *Becker*, 1888 (1), с. 168; 1888 (2), с. 343, 389.

⁴ *E. Dana*, 1884, с. 29.

⁵ О двойниках см. *Krenner*, 1865, с. 480 и сл. *Buttgenbach*, 1897, с. XXIII.

⁶ Сводку см. у *Hintze*, I, с. 366 и сл. Новая форма (180) см. *Ungemach*, 1906, с. 265. *Jaros*, 1908. Новые формы: (236) (1, 2, 12) (4, 17, 27) и (15, 20, 12) – *Neef*, 1915. Новые формы Неефа при подсчете простых форм не приняты во внимание.

⁷ См. монографию о кристаллах антимонита – *Koort*, 1884. Ср. также *Al. Schmidt*, 1898 и сл. *Krenner*, 1865, с. 480.

Менее выяснено скольжение по макродомам. Трансляции идут по (010)¹ вдоль оси (001). Под влиянием этих явлений на (001) и (*hko*) весьма часта штриховка, а на концах полиэдров появляются ложные плоскости, образовавшиеся путем скольжений.

Он кристаллизуется в голоэдриии ромбической системы. Кристаллические многогранники, образованные с двух концов, являются величайшей редкостью, и были указания на явления гемиморфизма² и на появление плоскостей, соответствующих строению $3\lambda^2$ ³, но эти данные совершенно не доказательны. К сожалению, явления вытравления на антимоните до сих пор не выяснены. Нельзя не отметить оптических свойств антимонита; это, по-видимому, наиболее сильно двупреломляющее тело, нам известное, хотя и почти непрозрачное; для линии $FNg - Np = 1,04$, т.е. в 4 раза более, чем для кальцита⁴. Наряду с сильным двупреломлением характерна и его большая дисперсия, которая почти в 15 раз больше кальцита. Для $Nm \mu_A - \mu_Z = 0,127$ ⁵.

151. Нахождение в земной коре. Антимонит нередко встречается в значительных количествах и является самым обычным и распространенным соединением сурьмы. В жильных местностях он, по-видимому, находится в нескольких различных типах образования: иногда является главной металлической составной частью жил, в других же случаях находится в небольшом количестве вместе с другими сернистыми металлами. В этом последнем случае он является результатом распадаения сульфосурьмянистых солей или вторичного переноса поверхностными водами антимонита.

Обычно месторождения антимонита очень однообразны – это кварцевые жилы в граните или вблизи его выходов. Окружающий жилы гранит изменен аналогично метаморфозу гранита около жил с оловянным камнем. Такие месторождения антимонита заключают нередко золото⁶, иногда явно генетически связаны с оловянным камнем. Условия изменения окружающих пород и связь с гранитом указывают, по-видимому, на то, что Sb_2S_3 является здесь результатом распадаения летучих сурьмянистых продуктов магм, сопровождавшихся веществами (фтористыми?), разлагающими силикаты и алюмосиликаты. Таковы многочисленные месторождения сурьмяного блеска (каменноугольной эпохи) в гранитном плато Центральной Франции⁷ (Монтинья, Бурсонэ, Бресней и т. д.). Здесь кварцевые жилы образуют иногда штокверки в бедном слюдой граните, заключающем пириты. Вместе с антимонитом находится арсенипирит. Того же типа, богатые золотом, антимониты из Магурка в Венгрии⁸ и др. По-видимому, того же происхождения знаменитые японские месторождения антимонита, на о. Сикоку, Ишинокава в местности Оджойнмура. Отсюда получались самые большие и лучшие кристаллы; в этой мес-

¹ О механических деформациях и литературу см. *Вернадский*, 1897, с. 74 и сл.

² *Sadebeck*, 1872, с. 792. *Krenner*, 1865. *Koort*, 1884 и 1886.

³ *E. Müller*, 1903, с. 241–242.

⁴ Об оптических свойствах см. *Drude*, 1884, с. 489; *Mügge*, 1898, с. 80 и *E. Müller* (1903, с. 189 и сл.). Мюллер объяснил аномалии, наблюдаемые Друдэ, как будто противоречащие ромбической системе (1903, с. 223). Ср. также *Hutchinson*, 1903, с. 342 и сл.

⁵ *Hutchinson*, 1907, с. 202.

⁶ *Stelzner u. Bergeat*, 1905, с. 627 и сл.

⁷ *Fuchs et De Launay*, 1893, с. 191. *De Launay*, 1901, с. 953 и сл., *Gruner*, 1856.

⁸ *Cotta*, 1861, с. 123; 1862, с. 45. *Krenner*, 1865.

тности три кварцевые жилы (мощностью до 0,9 м), богатые антимонитом, прорезают графито-серицитовые породы, связанные с архейской областью¹. К тому же типу относятся мощные жилы с антимонитами около Переты в Тоскане, нередко с огромными прекрасными кристаллами. В тесной связи с этими месторождениями антимонита находятся его залежания в кварцевых жилах и штокверках, связанных с новейшими *андезитами*. Антимонит здесь также нередко связан с золотом, баритом, карбонатами, простыми сернистыми солями; таковы, например, месторождения его в Венгрии (Кремниц) или в Румынии (Фёльшебанья).

152. Наряду с такими месторождениями жильные выделения антимонита второго типа парагенетически характеризуются нахождением его в связи с сернистыми соединениями (сульфосоли, галенит, киноварь, сфалерит), нередко в тесной смеси с ясными продуктами их распада в верхних частях жил. Таково его месторождение в Вольфсберге на Гарце, откуда нередко попадают характерные изогнутые кристаллы в кварцевых жилах, прорезающих триасовые (верфенские) породы с бурнонитом, буланжеритом, цинкенимом, вольфсбергитом и т.д., в древних послекембрийских жилах в Гольдкронахе в Баварии (с золотом, галенитом, арсенопиритом, пиритом² и проч.).

В тесной связи с *поверхностным* выделением такого антимонита жильного происхождения находится его выделение в *осадочных* породах – перенос его в водных растворах. Так, антимонит чрезвычайно часто находится вместе с киноварью, которая проникает в осадочные породы далеко от своих жильных выходов (§ 220, 221), например – в Никитовке Екатеринославской губ., в Калифорнии и проч. Иногда образуются этим путем вторичные жилы антимонита в осадочных породах, например – кварцевые жилы около Арнсберга в Вестфалии в кульмовых сланцах³ или отложения антимонита около Шлайнинга в Венгрии⁴, где антимонит находится в жилах, прорезающих хлоритовый и графитовый сланцы и, проникая в сланцы, образует в них штокообразные включения. В Стимбот-Спрингс в Неваде кристаллы антимонита выделялись из горячей воды и отложились на гальках⁵. Из всех этих месторождений антимонит попадает в россыпи, где иногда сохраняется более или менее долго, например – в золотоносных россыпях Енисейской губ.

153. Антимонит в России. На месторождения антимонита в России не обращали никакого внимания, и он никогда в ней не добывался. Война 1914–1918 гг. заставила обратить на него внимание, и тогда оказалось, что возможности добычи антимонита существуют – попутно при добыче ртути (Екатеринославская губ.), свинца (Забайкальская обл.) и, наконец, самостоятельно (Урал, Кавказ, Амурская обл.)⁶. Нельзя не отметить, что запасы и нахождения антимонита далеко не выяснены, и будущее, несомненно, приведет к новым данным и неожиданностям. Характер месторождений очень различен.

В *Европейской России* самое важное его нахождение в *Екатеринославской губ.*; здесь он находится вместе с киноварью около ст. Никитовки, Бахмутс-

¹ Wada, 1884, с. 80; 1893, с. 323–324. Jimbo, 1899, с. 218.

² Gümbel, 1879, с. 301, 386, 389.

³ Krenner, 1865, с. 443.

⁴ Al. Schmidt, 1898, с. 198.

⁵ Lindgren, 1913, с. 631.

⁶ Богданович, 1917 (2), с. 13.

кого у., среди песчаниковой толщи, подстилающей продуктивные горизонты C_2 по оси главной антиклинали Донецкого кряжа. Находится в песчаниках в связи со сбросо-сдвигами. Встречается немного в меньшем количестве, чем киноварь, или совместно с киноварью или «почти замещающая ее» (К. Марков)¹. Есть трещины, выполненные почти чистым антимонитом (например, жила на запад от шахты София), иногда оба минерала тесно смешаны (рудник Чегаринский). Когда появляется антимонит, то он большей частью преобладает, и с точки зрения добычи ртути его появление считается неблагоприятным. В пустотах – его кристаллы. При добыче ртути сурьма бесследно растрачивалась¹.

В *Таврической губ.* указывается в Крыму². В Музей Таврического земства доставлен кусок жильного кварца из глинистых сланцев окрестностей Бахчисарая с включением антимонита³.

В *Уфимской губ.*, в *Бирском у.*, около Андреевки указан антимонит⁴.

154. На *Урале* известны многочисленные месторождения сурьмяного блеска, большей частью имеющие только минералогический интерес.

В *Пермской губ.* он наблюдался в небольшом количестве в *Богословском окр.*, в *Башмаковском руднике*⁵. В *Гороблагодатском окр.* он наблюдался в россыпях с платиной⁶. В *Екатеринбургском у.* он известен в небольшом количестве в *Благодатном руднике*, около *Березовска*⁷, около *Верх-Нейвинского завода*⁸. В *Верх-Исетском горном окр.* в *Режевской даче*, в Глинской волости антимонит давно известен по р. Арамашевке около с. Арамашевского в связи с золотом. Здесь, среди метаморфических глинистых сланцев находится система кварцевых жил, богатых антимонитом (мощность жил 0,2–20 см). Иногда в жиле антимонит преобладает над кварцем. Золото, вместе с пиритом и арсенопиритом, проникает как в жилы, так и в сланцы⁹. В той же *Режевской даче* он известен в связи с золотом и киноварью в *Аятском месторождении* по р. Малой Талице. Здесь, с одной стороны, находятся его конкреции в роговообманковой породе, с другой – кварцевые жилы с антимонитом, арсенопиритом, пиритом, киноварью, реальгаром и т. д. Жилы находятся в контактах альбито-порфириновых даек с альбито-олигоклазофирами и роговообманковыми гранит-порфирами¹⁰.

В *Оренбургской губ.* наблюдался в кварцевых золотоносных жилах *Качкарской системы*¹¹.

¹ Еремеев, 1886, с. 350. К. Марков, 1917, с. 3 и сл.

² «Excentrisches graues Spiesglaserz» in kupferblauen Letten (по указанию Зуева) – Georgi, 1798. с. 575.

³ Двойченко, 1914, с. 49–50.

⁴ Альмедингель, 1881, с. 170.

⁵ Федоров и Никитин, 1901 (1), с. 28.

⁶ Любарский и Клейменов, 1827, с. 62.

⁷ Кокшаров, 1856.

⁸ Д. Соколов, 1832, с. 1035.

⁹ Вознесенский, 1917 (1), с. 5. Кондыкин, 1912, с. 2 и сл.

¹⁰ Кокдыкин, 1912. Мурашев, 1915. Вознесенский, 1917 (2), с. 125.

¹¹ Н. Высоцкий, 1900, с. 37, 50.

155. На *Кавказе* и в *Закавказье* известны многочисленные указания на антимонит, недостаточно изученные и не позволяющие судить об их практическом значении и его количествах¹.

В *Елисаветпольской губ.*, в *Елисаветпольском у.*, указан по р. Шамхору около сел. Нузгер и Сейфали². Около сел. Чойкенд по р. Чирагидзору в 35 км от Елисаветполя в штоке пирита; не частая примесь³.

В *Кубанской обл.*, в *Баталпашинском отделе*, по нижнему течению р. Сесы (приток р. Карт-Джурта, впадающей в Кубань) антимонит в кварце⁴.

В *Кутаисской губ.*, в *Лечхумском у.*⁵, в кварцевых жилах в глинистых сланцах в высотах Кошра, в горах Нетху и в казенном имении Патнали⁶. В *Рачинском у.* около сел. Уцера и Нагозеки⁶ в кварцевых жилах. В пределах Онийского (Гебского) лесничества по правому берегу р. Чешури; в 10 км от Геби две кварцевые жилы, переполненные антимонитом в гранит-порфирах; антимонит преобладает в средних частях жилы⁷.

В *Дагестанской обл.*, в *Андийском окр.*, антимонит указан около сел. Кейды⁸.

В *Терской обл.*, во *Владикавказском окр.*, в бассейне Фиаг-Дона – с реальгаром (см.) в *Грозненском окр.* около Холондоя на р. Шаро-Аргуне жилы в глинистом сланце⁹.

В *Тифлисской губ.*, в *Душетском у.*, на северном склоне горы Элиа, в верховьях балки Нарован, около сел. Сно в глинистых сланцах проходит жила антимонита, мощностью 0,08–0,10 м. Сверху перешла в сурьмяную охру¹⁰. На западном склоне того же хребта в урочище Саджогге, в долине р. Терхени, в 2,5 км от сел. Сиони – другой выход, в виде неправильных включений, прожилок и гнезд в глинистом сланце¹¹. По-видимому, совсем незначительное месторождение антимонита по левой стороне Терека, в устье р. Тхаршети, у сел. Тхаршети¹².

156. В *Сибири* есть ряд серьезных месторождений антимонита. В *Амурской обл.*, в *Раддевском окр.*, в 6 км от Амура антимонит указан в горе Богучан. Он встречается в виде линз в флюорите в форме агрегатов лучистых кристаллов до 9 см длины; пространство между ними заполнено халцедоном и флюоритом. Линзы антимонита находятся или в самой массе флюоритовой жилы

¹ Меллер и Денисов, 1900, с. 89–91. И. Стрижов, 1899 (2), с. 119.

² А. Герасимов, 1917 (2), с. 9. Меллер и Денисов, 1900.

³ Константов, 1917 (1), с. 99.

⁴ Кох, 1911, с. 35.

⁵ Есть старинное (1826) указание Воскобойникова на нахождение больших его жил около Цхенис-Цхали в Лечхумском у. Кутаисской губ. Это подвергается сомнению (Меллер и Денисов). Образцы антимонита оттуда хранятся в Горном институте в Ленинграде (Нефедьев, 1871, с. 42).

⁶ Меллер и Денисов, 1900, с. 90.

⁷ А. Герасимов, 1917 (2), с. 8.

⁸ Меллер и Денисов, 1900, с. 90.

⁹ Гилев, 1860, с. 431. Коллекция Академии наук.

¹⁰ Образцы доставлены в Московский университет в 1898 г. В.Г. Орловским. См. Дубянский, 1906, с. 21. Конюшевский, 1909, с. 53–141. А. Герасимов, 1917 (2), с. 7.

¹¹ По указанию Г. Касперовича, доставившего в 1904 г. образцы в Московский университет. См. Дубянский, 1906; Конюшевский, 1909; А. Герасимов, 1917 (2), с. 8.

¹² А. Герасимов, 1917 (2), с. 8.

или вблизи западного бока жилы. Частью окислены и выщелочены. Кроме того, антимонит находится (в тонких игольчатых кристаллах) в кремнистых (опалом и халцедоном) туфовых конгломератах и туфах, в которых проходят жилы флюорита. Этот второй тип нахождения практического интереса не представляет¹. В Восточной части Амурской обл. – в ключике, впадающем в р. Талую (приток р. Харги, бассейн Селемджи), в связи с кварцем². Известен у западных предгорий Малого Хингана около ст. Сагибовой³.

В *Енисейской губ.* в *Ачинском у.*, в золотоносных россыпях по р. Изикиюлю и в тех же условиях в *Минусинском у.* по рекам Малой Сейбе и Амылу⁴.

В *Забайкальской обл.* давно известен антимонит, в значительных иногда количествах, в месторождениях серебро-свинцовых и цинковых руд *Нерчинского горного окр.* Он указан в очень многих из рудников. Мы имеем здесь метасоматические конкреционные месторождения в палеозойских породах, образованные деятельностью терм, заполнявших пустоты и заменявших часть материала стенок. В этой местности сурьма находится в неокисленных горизонтах в виде антимонита, блеклой руды и свинчака (штейнманнита)⁵. Всюду антимонит находится в связи с карбонатными жилами и главным образом кварцевыми, или с роговиком.

Указан антимонит в следующих рудниках Нерчинского края (*Нерчинско-Заводский у.*): в Кличкинском⁶ – в волокнистых, кристаллических агрегатах и почках; в Старо-Зерентуйском⁷ – в известняке, попадались хорошие кристаллы; в Шилкинском⁸ – иногда крупнолучистый антимонит; в Михайловском⁹ – волосистые, перистые агрегаты, почки и хорошие кристаллы; в Кадаинском¹⁰, Богородском¹¹, Курензалинском¹², Газимурском¹³, Савинском¹⁴, Степано-Петровском¹⁵ – в известняке тонкие призматические кристаллы; в Спасском руднике – по-видимому, в большом количестве¹⁶; в Алгачинском¹⁷, Большом Покровском – радиально-лучистые скопления наблюдались по Хо-

¹ Бацевич, 1894, с. 26–27. Константинов, 1915 (2). Ренгартен, 1917, с. 11.

² Ренгартен, 1917, с. 13.

³ Бацевич, 1897, с. 10.

⁴ Боголюбовский, 1884.

⁵ Нахождение сурьмы в галенитах (свинчак, штейнманнит) не принято во внимание Н.И. Свительским при учете сурьмы в этих месторождениях; поэтому его расчеты требуют проверки (см. Свительский, 1917, с. 10). Сурьмянистый свинцовый блеск не является смесью галенита и антимонита.

⁶ А. Озерский, 1867, с. 78. Еремеев, 1885, с. 366.

⁷ Ср. Георги, 1798, с. 575. В большом количестве сплошные жилы с галенитом. См. Д. Солов, 1832, с. 1035. Известны большие кристаллы до 1 см длины, покрытые желтой охрой (Коллекция Академии наук) с золотом, см. Neue Nord. Beiträge, SPb., 1783, с. 247. Ср. А. Озерский, 1867, с. 78. Свительский, 1917, с. 10.

⁸ Георги, 1798, с. 575.

⁹ См. примечание 8.

¹⁰ Neue Nord. Beiträge. SPb., 1783, с. 247.

¹¹ Neue Nord. Beiträge. SPb., 1783, с. 247 – может быть не антимонит?

¹² Георги, 1798, с. 575.

¹³ Георги, 1798, с. 575.

¹⁴ А. Злобин, 1823 (2), с. 69.

¹⁵ Свительский, 1917, с. 10.

¹⁶ По словам рабочих, «количество сурьмяного блеска послужило чуть ли не причиной закрытия рудника». Свительский, 1917, с. 10.

¹⁷ Митинский, 1912, с. 55.

рогоче в золотых россыпях (бассейн Амазара)¹; известен около с. Балабино²; давно указан около Адун-Челона³. Недавно открыты в Нерчинском окр. месторождения в районе Новотроицких золотых приисков по Унде – по рекам Семеновке и Умудунхе. Кварцевые жилы, богатые антимонитом, находятся в 4 км к северу от ст. Усть-Онон в пади Булыкта⁴. В *Читинском у.* указан в Ачинской степи, в Ачинском медном руднике⁵, в окрестностях с. Бальзино, Тыргентуевской волости⁶.

В *Приморской обл.* антимонит указан около Горина на Амуре⁷.

В *Томской губ.* на *Алтае* антимонит указан в Змеиногорском руднике⁸.

В *Степных областях*, несомненно, находится антимонит. Мне известно нахождение на горе Кургане⁹.

В *Средне-Азиатской России*, в *Ферганской обл.*, в Маргеланском у. указаны жилы антимонита (содержащего свинец) по р. Алай у устья р. Тамбы-Кол. На берегу Шахимардана (притока Сыр-Дарьи) по оврагу чиже Анхора – в кремнистой брекчии на сбросе между известняком и глинистым сланцем также указан сурьмяный блеск¹⁰.

В *Финляндии* он как редкость наблюдался в Моуги-Ярви¹¹.

157. Изменение антимонита. Антимонит (сурьмяный блеск) довольно быстро подвергается изменению: во-первых, благодаря своей относительно легкой растворимости, во-вторых – благодаря окисляемости. Растворимость его сказывается в легком переносе, удалении из жил, нахождении псевдоморфоз по нему минералов, которые не могли образоваться путем окисления, например – киновари¹², халцедона¹³.

При окислении сурьмяного блеска образуются частью окисернистые соединения сурьмы (гермесит), частью ее кислородные соединения или окислы, как *валентинит*, или сурьянокислые соли, как *сурьянная охра*. Процесс этот идет чрезвычайно сильно и быстро и обыкновенно кристаллы антимонита бывают покрыты сверху коркой этих продуктов изменений.

Антимонит является главной рудой на сурьму. Еще недавно предполагали, что *сурьма* относительно новый металл, однако в последнее время открыты древние изделия, частью из сурьмы, частью из сплавов, богатых сурьмой, указывающие на старинное знакомство человечества с этим металлом. Для некоторых местностей, например для Венгрии и славянских областей западной Австрии, возможно предположить знакомство с ней до бронзы и рассматривать ее как переходный металл¹⁴; может быть, она получалась путем об-

¹ Коллекция Кабинета в Чите, 1914.

² Коллекция Академии наук.

³ *А. Озерский*, 1867, с. 78. *Еремеев*, 1885, с. 366.

⁴ *Баньщиков*, 1916, с. 136.

⁵ *Злобин*, 1823 (4), с. 102.

⁶ *Жерве*, 1913, с. 95.

⁷ *Реутовский*, 1905 (1), с. 98.

⁸ *К. Leonhard*, 1843.

⁹ Коллекция Московского университета. Доставлен в 1897 г. П.К. Алексатом.

¹⁰ *Вебер*, 1913, с. 115; 1917 (1), с. 41 (по указанию Н. Преображенского).

¹¹ *Wiik*, 1887, с. 13.

¹² *Еремеев*, 1887, с. 292.

¹³ Перета в Тоскане. *Coquand*, 1848, с. 96.

¹⁴ *Hampel*, 1896, с. 85.

работки блеклых руд. Другим центром древнего металла, богатого сурьмой, являются Кавказ и Закавказье¹.

Однако широкого развития этот металл не получил. Он был заменен бронзой. Антимонит добывался долгое время не для сурьмы. Он шел уже в древних культурных монархиях Востока, как косметическое и отчасти медицинское средство. Так, он был очень распространен в древнем Египте, куда ввозился из Южной Аравии². Такое употребление антимонита³ сохранилось на Востоке до сих пор, что, может быть, связано с его антисептическими свойствами для глаз, и оно обслуживается небольшими местными кустарными рудниками. В течение тысячелетий для этих целей добыты значительные массы минерала. Он шел, однако, и для металлургических целей, например – для отделения серебра от золота при обработке природного самородного золота⁴.

Гораздо большее значение получила добыча антимонита со времени развития металлургического дела, так как сурьма в большом количестве стала употребляться для приготовления твердых легкоплавких металлов. В Европе с развитием типографского дела, с конца XV столетия, сурьма вошла в большое употребление для приготовления «гарта», типографского металла. Около того же времени аналогичные сплавы распространились на Дальнем Востоке – в Японии⁵ и Корее (?). В Европе в это время начались разработки месторождений сурьмяного блеска на Гарце, в Венгрии и в Трансильвании. Огромные жилы на о-ве Ишинокава в Японии также начали разрабатываться в те же века. Они и до сих пор служат довольно верным источником сурьмы на Дальнем Востоке.

Почти одновременно с развитием сплавов сурьмы усилилось распространение сурьмяных препаратов в медицине; в XVI–XVII столетиях увлечение сурьмяными препаратами вызвало реакцию и привело к временному запрещению их употребления. Мало-помалу их применение в медицине уменьшилось и в настоящее время не имеет большого значения.

Гораздо важнее значение сурьмяного блеска для добычи сурьмы с металлургическими целями. В наше время – в век типографий – количество сурьмы, идущее для приготовления типографского металла, сильно возросло, и в то же время усилилось ее применение для других целей (сплав с оловом – британский металл). Наконец, и в химической промышленности (краски, бумажное производство) сурьма получила употребление в XIX столетии.

В 1901 г. добывалось около 25 000 т сурьмяной руды⁶, в значительной мере антимонита, хотя кислородные руды Алжира играли видную роль. В 1909 г. количество добычи достигало почти 40 000 т, не считая такого важного источника сурьмы, каким является Китай, дававший не меньше, – т.е. добыча, вероятно, достигала 80 000 т. Главным поставщиком руды является Китай (Кианг-Си, Хунань). Значительные запасы руд сурьмы в Квинсленде и Виктории в Австралии не разрабатываются по экономическим соображениям⁷.

¹ *Wilcke*, 1904, с. 91–92.

² *Hagemann*, 1904, с. 217. Ср. *X. Fischer*, 1890, с. 9.

³ *Fournet*, 1861, с. 212a.

⁴ *Chesneau*, 1905, с. 322.

⁵ *Wada*, 1893.

⁶ *Krahmann*, 1903, с. 362–363.

⁷ *Богданович*, 1917 (2), с. 1–2.

158. Диагноз. Металлический блеск. Цвет и черта серые. Совершенная спайность по (010). Легко плавится (в пламени свечи). Твердость 2. Уд. вес 4,5–4,6. При плавлении пламя окрашивается в зеленоватый цвет. На угле выделяется налет и дым от Sb_2O_3 и пары SO_2 . Дает серную печень. В открытой трубке – SO_2 и пары Sb_2O_3 (белый сублимат). Растворяется в горячей HCl . В концентрированной KOH порошок желтеет и большая часть растворяется; с HCl раствор дает желтые хлопья. Кусочки антимонита, на несколько минут опущенные в холодный раствор KOH или в кипящий раствор $Ba(OH)_2$, покрываются красным налетом кермезита.

Метастибнит – черного цвета. Те же химические реакции.

Сернистые соединения висмута

Висмутин (бисмутинит, висмутовый блеск). Гуанахуатит

159. Химический состав и физические свойства. Небольшая группа минералов, сюда относящихся, с химической точки зрения известна далеко не вполне, отчасти потому, что непрозрачность вещества не позволяет определить его однородность. Анализы почти всегда дают некоторое количество Fe , Cu , As и т.д., но весьма возможно, что вещества эти происходят от подмесей сульфосолей и сернистых соединений, и потому их нельзя принимать во внимание. Несколько иное значение имеет нахождение Te и Se . Они могут происходить и от изоморфных подмесей. Для теллура это не может считаться доказанным¹, хотя присутствие этих примесей и принимается иногда за одно из доказательств изоморфизма Bi_2Te_3 с Bi_2S_3 . Гораздо важнее присутствие селена. Химические анализы содержащих селен бисмутинов сделаны пока исключительно из одного месторождения (Гуанахуато в Мексике), но они указывают на нахождение здесь *определенных соединений* Bi_2S_3 с Bi_2Se_3 , а не их изоморфных смесей². Во всяком случае все анализы дают этим продуктам формулы, близкие к определенным³.

Несомненно, состав висмутовых блесков и не содержащих селена чрезвычайно колеблется, может быть, в связи с общим изменчивым характером соединений висмута, который мы наблюдаем и для его кислородных природных и для теллуристых тел⁴. Очень может быть, что мы имеем здесь отдельные разности. Таков, например, висмутовый блеск из Меймака (Франция), отличающийся цветом (слабо синевато-свинцово-серый) и имеющий, по Карно, состав (в %):

Bi	Pb	Cu	Fe	Sb	As	S	Жила	Сумма
78,40%	0,75	0,40	0,53	0,85	3,10	14,25	0,90	99,18%

¹ Он наблюдался лишь в старых анализах: из Кумберленда (*Rammelsberg*, 1875) – анализ 1850-х годов – висмутин находился совместно с тетрадимитом, удаление которого могло не быть точным, и из Риддархиттана – старинный анализ мало однородного вещества, сделанный Гейтом (*Genth*, 1857, с. 415).

² *Genth*, 1891, с. 41.

³ Может быть, впрочем, мы имеем здесь резкое проявление определенных, особо благоприятствующих твердых растворов – изоморфных смесей.

⁴ См. *Wehrle*, 1831.

В нем нет ни Te, ни Se, но есть следы Co. Чрезвычайно характерно малое количество серы и большое сурьмы и особенно мышьяка¹.

Несомненно, состав висмутовых блесков более сложен и в металлической их части. Уже давно анализ давал указания на нахождение в них меди, железа и свинца. Медь и свинец были констатированы уже Шеерером². Новые исследования Гольдшмидта³ для контактовых месторождений дали до 1,38% Cu и 3,71% Pb, причем куски, взятые для анализа, казались совершенно чистыми. Возможна химическая примесь сульфовисмутистых соединений, растворенных в висмутовом блеске. Если эти данные подтверждаются, такой висмутовый блеск должен быть выделен отдельно от обычного висмутового блеска.

Но пока можно отметить следующие минералы⁴ (в %):

	Bi	S	Se	Sb	Cu	Fe	Pb	As
1. Бисмутин:								
теоретич.	81,22	18,78	—	—	—	—	—	—
по наблюд.	79,5–81,0	18,3–19,6	—	0–0,4	0–1,4?	0–0,3	0–3,7?	0–сл.
2. Гуанахуатит:								
теоретич.	63,78	—	36,22	—	—	—	—	—
по наблюд.	61,0–65,0	0–0,7	34,3–35,2	—	—	—	—	—

160. Еще менее, чем химический состав, известны физические свойства этих тел. Они обыкновенно наблюдаются в сплошных кристаллических массах, нередко ясно состоящих из призматических (по оси Z) кристаллов. Плоскости зоны исштрихованы параллельно Z . Для бисмутина ромбической системы $a : b : c = 0,9679 : 1 : 0,9850$ ⁵, причем кроме плоскостей зоны Z наблюдалась лишь $Z(101)$. Измеримые полиэдры очень редки. Еще менее известны они для разностей, содержащих Bi_2Se_3 ; здесь наблюдалась лишь зона Z ⁶.

Совершенно такие же неясности имеем мы и по отношению к другим физическим свойствам, например к уд. весу. Химически чистый ромбический Bi_2S_3 имеет уд. вес до 7,1⁷, природный обычно меньше – 6,6–6,7, вследствие наблюдаемых в нем подмесей. Уд. вес искусственного Bi_2Se_3 6,82, но работы Рёсслера⁸ ставят под большое сомнение формулу искусственного продукта, как Bi_2Se_3 . Измерения природных селенистых тел дают для уд. веса значительно меньшие числа; так, например, для *селенобисмутина* – 6,3, тогда как для френцелита получается уд. в. 6,98⁹. Еще большие колебания дают числа других исследователей. Теоретически для Bi_2Se_3 (гуанахуатита) надо было бы ожидать чисел больших, чем 7,1 (ибо для той же твердой фазы Bi_2Se_3 должен быть тяжелее Bi_2S_3), в действительности же имеем наблюдение около 6,6

¹ Анализ сделан над чистым веществом и приводит Карно к заключению, что это особый вид. Carnot, 1874, с. 303.

² T. Scheerer, 1845, с. 299; 1848, с. 313.

³ V.M. Goldschmidt, 1911, с. 243–244.

⁴ Анализы см. Hintze, I, с. 399. Сверх того – Белоусов (Кузнецов, 1910, с. 715 – бисмутин). V.M. Goldschmidt, 1911, с. 243 (бисмутит). Ср. у Гинтце о Шеерере. [Френцелит и селеновисмутин оказались нечистым гуанахуатитом].

⁵ Groth, 1881, с. 252.

⁶ Frenzel, 1875, с. 686.

⁷ Числа Шнейдера см. G. Rose, 1854.

⁸ Rössler, 1895, с. 46 – возражения против формулы Bi_2Se_3 .

⁹ Genth, 1891, с. 403

(Фернандец)¹. Если здесь нет ошибки (в анализе или в определении уд. веса), то это число указывало бы, что бисмутии и гуанахуатит относятся к разным классам ромбической системы.

161. Нахождение в земной коре. Висмутовый блеск является нередко рудой на висмут и должен считаться одним из наиболее распространенных в земной коре соединений висмута. Он в природе образуется частью реакциями, происходящими в водных растворах, частью связанными с разложением газообразных соединений при температуре в несколько сот градусов и при значительном давлении. Характер этих соединений нам до сих пор неясен. Одновременно с ним нередко наблюдаются соединения W, Co, Ni, Sn, F. Из других висмутистых соединений одновременно с ним наблюдается нередко самородный висмут (ср. т. I, § 228–230)² и сульфовисмутистые соединения свинца и меди.

Так или иначе, почти все месторождения висмутового блеска могут быть сведены на пневматолитические процессы, и в связи с этим можно различить среди его находений: штокверки, конкреционные кварцевые жилы, нередко богатые Sn, F и т.д., контактовые образования, пегматитовые жилы. Нередко трудно провести ясную границу между этими типами месторождений – подобно тому, как это наблюдается и для других образований этого типа, например для оловянного камня.

Из его месторождений чисто жильного характера можно отметить, например, жилы Шапбаха около Вольфаха в Бадене – с галенитом, кварцем, шапбахитом, вместе с самородным висмутом в Шнееберге в Саксонии (т. I, § 229)³. Такой же висмутовый блеск одно время добывался в руднике Саут-Корти-Дэвис и др. в горах Дёндал в Тасмании; здесь он находится в тесной смеси с пиритом и тетраэдритом⁴.

Своеобразное жильное месторождение в Голдфилде в Неваде связано с третичными (от эоцена до новейшего плиоцена) вулканическими породами; форма выделений, заключающих пирит, теллуристые и селенистые соединения (голдфилдит), золото, мышьяк, энаргит и висмутовый блеск, – неправильная, связанная с выделением кварца, каолина, алунита, пирита. В богатой руде 0,35% Bi (в виде висмутового блеска), 2,62% Te, 2% Au. По-видимому, содержащие H₂S воды подымались из глубоких частей магмы⁵. Уже совершенно иного происхождения его нахождение вместе с висмутом, вольфрамитом, шеелитом в Меймаке во Франции, или с висмутом и касситеритом в Альтенберге в Саксонии, с висмутом в окрестностях Тасна и Чоролке в Боливии⁶.

Иной тип, наконец, представляют его находения в *контактовых месторождениях*. Значительные скопления такого висмутового блеска наблюдаются на горе Белл, в Миддлсексе в Тасмании. Условия его генезиса здесь очень своеобразны. Наблюдается он в кварцевой жиле на контакте гранатовой и кварцитовой пород, очевидно сильно метаморфизованных, в виде гнезд,

¹ См. сводку у *Hintze*, I, с. 401.

² [§ 259–261 в первом издании].

³ [§ 260 в первом издании].

⁴ *Petterd*, 1910, с. 28–29.

⁵ *Ransome*, 1909; 1910.

⁶ *Domeyko*, 1879.

богатых висмутовой рудой. Сопровождается он характерными минералами того же типа, как и в ранее указанных случаях, – топазом, прозонитом, флюоритом, вольфрамитом, пиритом, касситеритом, молибденитом, пиррофиллитом¹. Все эти месторождения находятся в тесной связи с кислыми магмами. Обычно, однако, в месторождениях этого типа висмутовый блеск находится в теснейшей связи с контактными алюмосиликатами и силикатами, иногда образуясь в них, причем висмут приносится в эти алюмосиликаты извне в связи с кислыми магмами, но его образование идет одновременно с контактным изменением осадочных пород. Таково нахождение висмутового блеска с гранатами (Решбаньи в Венгрии), тремолитом (Моравица, там же), роговой обманкой (Риддар в Швеции). Такое контактное месторождение висмутового блеска разрабатывается в Тьеннере в Норвегии². Здесь радиально-лучистые кристаллы висмутового блеска находятся в андрадите (происшедшем путем изменения мергеля) вблизи от выходов гранитита. Во всем районе контактных месторождений области вблизи Христиании в Норвегии висмутовый блеск очень обычен в целом ряде месторождений, встречаясь в небольшом количестве. Можно заметить обогащение им – в связи с трещинами, разбивающими измененные при контакте породы.

Отдельно должны быть поставлены его находения в пегматитовых жилах, например в Норвегии.

162. Месторождения висмутового блеска в России. В России висмутовый блеск наблюдается в немногих местах и нигде не наблюдался в заметных количествах.

На Урале – не вполне точно установленное месторождение в Березовске, в Преображенском руднике, – с айкинитом³. Найден в *Верх-Исетском горн. окр.*, в *Режевской даче*, в Аятском месторождении золота вместе с киноварью, антимонитом, реальгаром.

На Кавказе, в *Терской обл.*, во *Владикавказском окр.* в жилах около Хоранта-Хоха – вместе с шеелитом, апатитом и т.д.⁴ В *Дагестанской обл.*, в *Андийском окр.* – около Кейды⁵.

В Сибири старинные наблюдатели указывают его нахождение на Алтае⁶, в Змеевой горе⁷. В *Забайкальской обл.* конкреции в Ново-Зерентуйском руднике⁸, в граните в Адун-Челоне⁹. Окатанные кристаллы висмутового блеска

¹ Petterd, 1910, с. 28–29.

² V.M. Goldschmidt, 1911, с. 98, 245.

³ Колобов, 1836, с. 218.

⁴ В. Вернадский, 1903 (2), с. 502. Найден А.О. Шкляревским.

⁵ Меллер и Денисов, 1900, с. 91.

⁶ Нахождение каких-нибудь висмутистых соединений на Алтае и в Забайкалье подтверждается анализами Ag, там полученного. Еще Качка в XVIII ст. указал на выделение висмута в чистом виде при очищении нерчинского золотистого серебра (см. *Георги*, 1798, с. 574).

⁷ *Георги*, 1798, с. 574: «радиально-лучистые шары в свинцовоохристой глине». (По указанию Палласа). В новых списках, например Шорина (*Cotta*, 1872, с. 194), упоминания о нем нет.

⁸ Почка в известняке (*Neue Nord. Beiträge*, 4, 1783, с. 247). С железной рудой, по указанию Барбот де Марни – *Георги*, 1797, с. 574.

⁹ А. Кулибин, 1829 (2), с. 18. В Туткалтуе (Восточный отрог) сперва обозначен им с вопросом: «висмутовый блеск» (?) см. А. Кулибин, 1827, с. 363. По мнению Щеглова, это тело не бисмутин, – он думает, что он близок к цериту (*Щеглов*, 1827, с. 492).

вместе с пиритом, самородным висмутом (т. I, § 230)¹ и т.д. встречаются в золотоносных россыпях по р. Большой Амунной, бассейн Амазара; иногда в сростках с турмалином, пиритом². Эти прииски были осмотрены К.А. Ненадкевичем³. Висмутовый блеск наблюдается в различных разработках на золото по притокам Верхнего Амазара везде, где они находятся и прилегают к контактам гранита и гнейса, составляющих их почву. Наибольшее количество висмутового блеска – в россыпях на контактах. Произошли они от разрушения, кварцево-турмалиновых прожилков, содержащих молибденит, пирит, флюорит, висмутовый блеск. Они никогда не достигают больших размеров, и практического значения эти коренные месторождения иметь не могут. Заслуживает внимания нетронутая площадь по р. Орочену. В районе Карийских золотых россыпей⁴ обычны карбонаты висмута, происшедшие из измененного висмутового блеска; коренное месторождение на контакте порфировых гранитов с кварцево-турмалиновой породой. Наблюдается на Шерловой горе в связи с базобисмутитом, арсенопиритом, самородным висмутом и т.д.⁵ На горе Букуке игольчатые кристаллы в кварце в месторождении вольфрамита⁶.

163. Селенистые минералы группы. Совершенно особняком должно быть поставлено нахождение *селенистых* минералов этой группы. Они наблюдались в очень немногих жилах, в немногих местностях земной коры, причем эти жилы были относительно бедны сернистыми соединениями. Такие селеновые жилы, указывающие на своеобразный характер магматических процессов (связаны всегда с кислыми магмами)⁷, наблюдаются и для других селеновых минералов [см. эвкайрит (эйкайрит), § 280].

Селеново-висмутовые тела наблюдались в Гуанахуато в Мексике, в Сиера-де-Санта-Роза, где они встречены в верхних частях жил в галлуазите⁸. Другое месторождение – в руднике Риддархюттане в Швеции.

164. Диагноз. Перед паяльной трубкой бисмутин легко плавится (уже в пламени свечи), с кипением. Цвет серый, нередко с желтоватым оттенком. Сильный металлический блеск. Спайность совершенная по (010). Кристаллические полиэдры призматичные, иногда иштрихованы. Уд. вес 6,6–7,0. Твердость 2. В восстановительном пламени дает королек Vi и желтый налет Vi_2O_3 . Реакции на ViJ_5 (красный налет с KJ + S). В открытой трубке – пары SO_2 и белый сублимат, который перед паяльной трубкой плавится в желтый сплав (холодный). Легко растворяется в HNO_3 .

Селенистые разности при плавлении окрашивают пламя в синий цвет и издают сильнейший запах селена. В HNO_3 не растворяются, растворимы в царской водке.

164-а. Висмутовые соединения очень непрочны. Они довольно быстро окисляются и переходят в основные висмутокислые соли – карелинит, вис-

¹ [§ 261 в первом издании].

² Кузнецов, 1910, с. 715. Уд. вес 6,54–6,67. Анализы Белоусова. Ср. Ненадкевич, 1916, с. 1451; 1917 (1), с. 449.

³ Ненадкевич, 1916, с. 1451.

⁴ Ненадкевич, 1916, с. 1451–1452.

⁵ Ненадкевич, 1917 (1), с. 452. Суцинский, 1917, с. 516.

⁶ Суцинский, 1916 (1), с. 20.

⁷ Vogt, 1881, с. 67.

⁸ Дотейко, 1879, с. 310.

мутовую охру и пр. Промежуточными продуктами являются оксисернистые соединения висмута и, может быть, низшие степени осернения висмута, т.е. BiS . По крайней мере к этому составу приводят анализы измененных висмутов из Тасны в Боливии¹.

Висмутовый блеск никогда не имел большого применения. В тех случаях, когда он сопровождал золото (например, в Оравице и т.д.), он попутно при добыче золота разрабатывался для добычи висмутовых препаратов. В Меймаке во Франции одно время был главной висмутовой рудой.

Сернистые соединения молибдена

Молибденит (молибденовый блеск). Иордизит

165. Химический состав и физические свойства. Молибденовый блеск – молибденит – является самой обычной и распространенной, устойчивой ювенильной и отчасти фреатической формой нахождения молибдена в земной коре.

Почта во всех остальных случаях мы можем проследить для всех других молибденовых минералов происхождение их из молибденowego блеска (как фреатического, так и вадозного). Помимо минералов, часть молибдена находится в организмах.

Малое распространение в рассеянном виде – может быть, следствие незнания. С химической точки зрения он совершенно не изучен. Его химический характер как сульфогидрида может быть допущен исключительно по аналогии с MoO_2 , которая является слабым ангидридом.

Химический состав² молибденита соответствует почти вполне MoS_2 ; некоторые анализы указывают на нахождение в нем железа (в довольно значительных количествах), характер соединения которого неизвестен.

Вещество это наблюдается в природе большей частью в пластинчатых кристаллах, их сростках (конкрециях), иногда в сплошных массах ясно кристаллического сложения. Эти массы редко когда дают стяжения в несколько килограммов весом. Кристаллизуется в гексагональной системе³, $a : c = 1 : 1,9087$ (Броун). Более или менее точно известно девять форм с 92 плоскостями⁴. В пластинчатых по (0001) кристаллах преобладают пирамиды основного ряда ($2\bar{0}2$) ($10\bar{1}1$) (3031) и т.д. Формы с ± 1 известны все, но редко господствуют, кроме (0001). Есть пирамидальные кристаллы (Эдисон, Франкленд, Нью-Джерси). Благодаря большой мягкости и разнообразным явлениям скольжения⁵, кристаллы обычно изогнуты и деформированы. Иногда попадаются огромные кристаллы, например – в Хаддаме в Коннектикуте и в Онтарио (Харкурт-Тауншип, Халибертон-Каунти и в Камбермер, где кристаллы достигают 20 см в диаметре). В Новом Валлисе (Кингсгэт) известны кристаллы по 30 см в диаметре.

¹ *Domeyko*, 1879, с. 301. Любопытно, что бисмутины из Тасны не дают легко реакции с $\text{KJ} + \text{S}$.

² См. анализы у *Hintze*, I, с. 410. *Zambonini*, 1905, с. 211. *Nasini e Baschieri*, 1912, с. 689.

³ *Brown*, 1896, с. 210. *Moses*, 1904, с. 359 и сл.

⁴ *Moses*, 1904, с. 364.

⁵ См. *Вернадский*, 1897.

Наряду с кристаллическим молибденитом, в природе встречается коллоидальная разность MoS_2 , наблюдаемая в виде черного порошка (например, в Химмельфюрсте в Саксонии). Эта разность была названа Корню *иордизитом*¹.

Молибденовый блеск встречается в нескольких типах месторождений. Наиболее обычны его выделения из магм, главным образом в гранитных и циркон-сиенитовых, реже в современных изверженных породах. Для гранита он является довольно обычным минералом и местами скопляется в значительных количествах. Молибденовый блеск располагается не во всем гранитном массиве, а в некоторых его фациях, где скопляются продукты, связанные с фумарольной стадией гранитной магмы. Таковы, например, молибденовые блески из Фукеберга, около Штригау в Силезии, в разных местностях Рудных гор, Корнваллиса и т.д. В связи с этим нахождением в граните, молибденовый блеск собирается в жилах и штокверках, как характерный спутник оловянного камня, шеелита, вольфрамита и т.п. Молибденит находится здесь вместе с другими соединениями того же генезиса – главным образом фтористыми (флюоритом, апатитом и т.д.). Из таких месторождений характерны: Альтенберг в Саксонии (с касситеритом), Славков (Шлаккенвальд) в Чехии (с шеелитом), Адун-Челон в Забайкалье (с вольфрамитом, топазом, бериллом и т.д.). Местами при этом в кварцевых жилах гранитных массивов преобладает один молибденит, например – огромные наилучшие кристаллы в Канаде, в Квебеке около устья р. Кветачу, на северном берегу залива Св. Лаврентия или в графстве Оканоган в Вашингтоне. Значительные массы его встречены в Ходкинсонфелде в Квинсленде².

Несколько особняком стоит нахождение молибденового блеска в изверженных породах – в пустотах трахитов в горах около Падуи (с кварцем и тридимитом) и базальтов Циклоновых островов³.

Иногда молибденит является минералом контакта, например, в известняках около Ауэрбаха в Гессене⁴, около Оравицы в Венгрии. Еще реже он наблюдался в жильных выделениях обычного типа.

Во всех этих случаях молибденит выделялся, по-видимому, или из горячих растворов, или путем сложных процессов распадаения летучих соединений магм.

166. Молибденит в России. В России это тело наблюдалось не раз и, по-видимому, далеко не является редким, хотя нигде не скапливается в значительных количествах. Заслуживают внимания неразведанные, однако, месторождения *Забайкальской обл.* по Чикою и Унде (§ 167) и *Приморской обл.* у бухты Пластун (у дер. Озерной)⁵.

Как редкость он указан в *Архангельской губ.*, в Каменском у. в старинном Воицком руднике⁶. Находится в гнейсе с кианитом около Лоухского озера, в 28 км от Керети⁷.

¹ *Cornu*, 1909 (1), с. 190.

² *Brauns*, 1903, с. 172.

³ *Silvestri*, 1894, с. 434.

⁴ *Harres*, 1886, с. 112.

⁵ *Эдельштейн*, 1917 (2), с. 16.

⁶ Он указан еще в XVIII столетии. См. *Ренованц*, 1781, с. 143. С тех пор указывается неизменно (например – *Эйхвальд*, 1844, с. 120).

⁷ Из данных И. Преображенского. *Эдельштейн*, 1917 (2), с. 9.

В *Олонецкой губ.*, в *Повенецком у.* – вместе с медными рудами близ Перегубы¹. К западу от р. Северный Выг в области развития диоритов указана жила молибденового блеска².

В *Подольской губ.* в *Винницком у.* – в граните близ Винницы³.

На *Урале* в Богословском окр., в *Пермской губ.* по р. Ваграну жила молибденита в «эврите», до 8 см мощности; молибденовый блеск проникает довольно далеко в породу (так называемого рудника Железной Сметаны)⁴. Указывается близ Невьянска и Красноуфимска⁵. В небольшом количестве в изумрудных копиях по р. Токовой, *Екатеринбургский горн. окр.* (с молибдитом)⁶. По р. Озерной в дачах Екатеринбургского монетного двора⁷. В *Кыштымском окр.* довольно большие пластинки молибденита встречены в кварцевых жилах на Беркутовой горе (железнодорожная выемка на 26-м км)⁸.

В *Южном Урале*, в *Оренбургской губ.* молибденит встречен в Назямских и Ильменских горах. В Ильменских встречается по берегу р. Черемшанки в шлировых выделениях сиенита, богатых ортоклазом (авгитового сиенита). Отчасти превращен в повеллит⁹. В Ильменских горах кое-где могут быть выделены более богатые его включения, например в копи № 15 Барбота де Марни (частью перешел в повеллит и молибденовую охру с пирохлором, эшинитом и т.п.¹⁰). Он указан в копи № 36 (эпидота) у Черного озера¹⁰, в кварце по дороге на Кисягач от Ильменского озера в 1 км от Вшивого озера¹¹. Встречался в кварце к северо-востоку от Трубеевской топазовой копи¹². Близ Троицка на Уе¹³. В *Уфимской губ.* в *Златоустовском у.* молибденит указывали для Назямских гор¹⁴. Молибденовый блеск весьма распространен на *Кавказе*, но его месторождения обычно не указаны.

В *Елисаветпольской губ.*, в *Зангезурском у.* в жилах Гедженанского медного рудника¹⁵. Молибденит встречен вместе с медными рудами в кварцевой жиле в горе Аткиз на р. Агарак-Чай¹⁶, около с. Агарака, в Агаракском районе в виде примазок¹⁷, в гранитах и гранито-сиенитах тонкие прожилки.

В *Терской обл.* во *Владикавказском окр.* во многих местах (жилах) гранитной области. Большие пластинки и стяжения его наблюдаются в белом граните из местности Балвандагута, в Танском ущелье¹⁸.

¹ Комаров, 1842, с. 202.

² Иностранцев, 1871, с. 55 – по указанию Аубелля.

³ Барбот де Марни, 1868; 1872, с. 56.

⁴ М. Карпинский, 1840, с. 216.

⁵ И.Ф. Герман, 1789 (2), с. 326.

⁶ По указанию П. Алексата, 1905, Моск. унив.

⁷ Ф. Иванов, 1868, с. 90.

⁸ Вернадский и Ферсман, 1912. Коллекция Академии наук.

⁹ М. Мельников, 1882, с. 90. О породах см. Белянкин, 1909, с. 158.

¹⁰ Ревуцкая и Крыжановский, 1915, с. 62; 63.

¹¹ Указание Преображенского. Эдельштейн, 1917 (2).

¹² Стрижов, 1845, с. 371. Кокшаров, 1856, с. 208. У Ревуцкой и Крыжановского в Трубеевской копи (№ 70) не показан (Ревуцкая и Крыжановский, 1915, с. 64).

¹³ Георги, 1798, с. 582.

¹⁴ Малахов, 1876, с. 9.

¹⁵ Цулукидзе, Архипов и Халатов, 1870. Прилож. 3.

¹⁶ Меллер и Денисов, 1900, с. 89.

¹⁷ Цулукидзе, Архипов и Халатов, 1870, с. 10.

¹⁸ Ненадкевич, 1907, с. 81–89. Доставлен В.Г. Орловским в 1897 г.

В горной *Осетии* в морене Донисарского рудника в обломках гранита и в морене Кайсарского рудника¹. В Ардонском ущелье у моста в с. Цуса трещина в граните, заполненная молибденитом (2 см мощности)². В Дигорском ущелье в местности Айгблук² и в местности Айгошук – молибденит в жильном кварце³. В жилах в гранитных породах (с шерлом) у Сонгути-Дона у подножия горы Стурфарса⁴. На обломках гранита в леднике Сонгути⁵. У Хоранта-Хох по р. Сонгути-Дон в кварцевых жилах в граните с шеелитом, галенитом и т.п. Другая в расстоянии около 5 км на склоне г. Стурфарса⁴. В Бизингии в Центральном Кавказе – следы молибденита в кварцевых жилах гранита в местности Мыстикям⁵.

В *Эриванской губ.*, в *Ново-Баязетском у.* около Мисханского завода⁶. В *Эчмиадзинском у.* (?), около Бусакаяра близ Алагеза, с медными соединениями⁷. В *Нахичеванском у.*⁸ в медном руднике Акопова, близ с. Ордубат.

167. В *Сибири* есть многочисленные указания на нахождение молибденового блеска, но, по-видимому, нигде он не встречен в количествах, которые подавали бы надежду на практическое значение. Впрочем, области эти так слабо минералогически исследованы на минералы, неизвестные или мало известные практикам, что вывод этот может быть сделан весьма осторожно.

В *Амурской обл.* обнаружена кварцевая жила, богатая молибденитом, в гранитах на р. Умальте, правом притоке р. Буреи, около ст. Половинка⁹.

В *Енисейской губ.*, в *Минусинском у.*, молибденит (частью перешедший в молибдит и повеллит) известен в Алексеевском медном руднике по р. Карышу у оз. Иткуль, с халькопиритом и молибденитом в контакте между гранитом и известняком, частью в гранитовой породе¹⁰; редко – в Дарьинском и Ожидаемом рудниках¹¹. На берегах Ангары (Верхней Тунгуски) тоже указывался молибденит¹².

В *Забайкальской обл.* указания на молибденит очень многочисленны. Так, в *Акишинском у.* он известен около оз. Хара-Нор. Указан давно близ Селенгинска в Даурии¹³ и на Шилке¹⁴. Несомненно, в Забайкальской обл. он отнюдь не является редкостью. В гранитной полосе он известен на горе Адун-Челон, частью с топазом. В Гопневской горе – с висмутовым блеском, флюоритом и т.п.¹⁵ В 60 км от ст. Борзя, в 3–4 км от станицы Цаган-Олуйской, в кварце,

¹ Эдельштейн, 1917 (2), с. 9. По работе И. Преображенского.

² Приложение к кн. Меллера и Денисова 1899–1904, 1905, с. 247.

³ Орловский, 1898, Прот., 11–13.

⁴ И. Стрижов, 1899 (2), с. 119.

⁵ Белянкин, 1915, с. 13.

⁶ Меллер и Денисов, 1900, с. 83, 89.

⁷ Н. Лебедев, 1901, с. 89.

⁸ Бобр, 1916, с. 319. По Бобру, с. Ордубат в Александропольском у.

⁹ Эдельштейн, 1917 (2), с. 15. По указ. А. Ржонницкого. Бобр, 1916 с. 318.

¹⁰ Алексах, 1904; Пилипенко, 1914, с. 176; Эдельштейн, 1912, с. 91; 1915.

¹¹ Эдельштейн, 1917 (2), с. 12.

¹² Степанов, 1835, с. 68.

¹³ Лаксман, 1797, с. 14–15. Севергин, 1798, с. 292.

¹⁴ Нечистый порошокватый на Шилке около Нерчинска, по указанию Барбот де Марни (*Георги*, 1798, с. 582). Не графит ли? На Шилке указан неизвестным русским автором (см. *Neue Nord Beitrage*, 1783, с. 244 – А. Карамышевым?). Около Нерчинской и Горбицы в черноватой огнеупорной глине (*Реутовский*, 1905 (1), с. 100).

¹⁵ Сюда относится старинное указание Севергина («Из Даурии на берилле»), см. *Севергин*, 1798, с. 294. О нахождении с топазом см. *И. Вагнер*, 1818, с. 129. *А. Кулибин*, 1827, с. 363;

в сильно разрушенном граните – незначительные включения¹. На Шерловой горе – в пластинах до 3 см в кварцевой жиле, часто в мелких пластинках в грейзене² и в Харанорском месторождении вольфрамита³. На горе Ороца – с вольфрамитом, топазом, аквамаринном, бериллом и др. На Букуке молибденит наблюдается в кварцевом месторождении вольфрамита, где он сосредоточивается по краям «жил» вместе с флюоритом и арсенопиритом; иногда проникает в зальбанды. Его довольно много⁴. Находится также в вольфрамовом месторождении (кварцевая жила) в вершине пади Тохталтуй, впадающей в Малый Соктуй⁵ (бассейн правых притоков Олдонды).

Около Оловянного рудника в граните Богова утеса⁶. На горе Антан в кварцевых жилах с вольфрамитом между нос. Хада-булак и дер. Малый Соктуй⁵. На Антоновой горе в 5 км к востоку от дер. Большой Соктуй⁵. В окрестностях с. Бырки Осиновой в 22 км от ст. Оловянной⁶. В Даурском руднике в кварце⁷, по р. Унде у Ново-Троицкой станицы⁸. Давно указан по р. Мензе (в 3 км от дер. Гутай) и по р. Чикою у с. Гутай⁹. Здесь молибденит находится в кварцевых жилах со сфалеритом, пиритом, халькопиритом и т.д. Жилы залегают среди архейских гнейсов и кристаллических сланцев. Весь правый гористый берег Чикою от с. Гутай до дер. Грехневой и по левому берегу Гутайки (и дальше в Монголии) содержит эти жилы. Был заложен рудник М. Жуковского-Волынского; здесь еще до войны добыто было до 750 кг концентрата молибденита¹⁰. В *Баргузинском у.* дана заявка на молибденит на острове оз. Котокельского¹¹. Он нередко встречается в россыпях, например в *Нерчинском у.* – в Новоборзенских, где наблюдаются его куски, отчасти перешедшие в повеллит¹²; в золотых приисках по Хорогоче (бассейн Амазара) наблюдаются его пластинки¹³; в *Нерчинско-Заводском у.* в кварцевых валунах (радиально-лучистые скопления) наблюдается в золотых россыпях, в Боровском стане, около Красноярова (бассейн Золы, притока Газимура). В россыпях – по р. Амазару и его притокам, с висмутовым блеском.

В *Иркутской губ.*, на о. Ольхоне около летнего улуса Курмии молибденит наблюдался в граните¹⁴.

1829 (2) в граните (с. 11), в белом кварце (стр. 18). *Таскин*, 1829, с. 180. О кристаллической форме – *Кокшаров*, 1854, с. 557.

¹ *Суцинский*, 1915, с. 26.

² *Суцинский*, 1916 (2), с. 127; 1917, с. 516.

³ *Суцинский*, 1916 (2), с. 127; 1916 (1), с. 24.

⁴ *Суцинский*, 1915, с. 34; 1916 (1), с. 19. *Тетяев*, 1918, с. 58–59.

⁵ *Тетяев*, 1918, с. 103.

⁶ *Эдельштейн*, 1917 (2), с. 14. По указанию М.М. Тетяева.

⁷ Коллекция Академии наук.

⁸ *Эдельштейн*, 1917 (2), с. 13. По указанию Д. Зикса.

⁹ *А. Озерский*, 1867, с. 79.

¹⁰ *Эдельштейн*, 1917 (2), с. 13–14. По указанию М.М. Тетяева и А.Е. Ферсмана. *Тетяев*, 1918, с. 123 и сл.

¹¹ *Эдельштейн*, 1917 (2), с. 14. По указанию М.М. Тетяева.

¹² *С. Кузнецов*, 1911, с. 897.

¹³ Музей в Чите, 1914.

¹⁴ *Меглицкий*, 1856, с. 167.

В *Приморской обл.* на Камчатке, на мысе Иретском у Асинчана¹, по р. Топаловке, левому притоку р. Синлана¹.

В *Уссурийском крае* в береговой полосе, около дер. Озерной (Духово), в 10–14 км на юг от бухты Пластун молибденит в гранитах, связан с пегматитами. Главным образом в зальбандах кварцевых жил, частью в кварце и прилегающем пегматите². Указан еще в Черниговском лесничестве по р. Даубихэ, близ с. Бельцево³; в *Иманском у.*, в Лутковской волости, близ с. Тамга³.

Есть месторождение на берегу Японского моря около мыса Бодиско (между бухтами Преображения и Валентина, к северо-востоку от устья рч. Сяо-Чингоуцзы – молибденит в граните, главным образом в красном)⁴.

В *Томской губ.* указан в Колыванских горах⁵.

В *Якутской обл.* указан в кианите на Витиме⁶ (не графит ли?).

В *Степной России*, в *Семипалатинской обл.*, в *Павлодарском у.* – в кварцевых жилах около Калмык-гот⁷.

В *Туркестане* по верховью р. Зеравшана в долине ее правого притока Тагобы-Собак – чешуйки молибденита в кордиеритовом сланце⁸.

168. В *Финляндии* довольно част. В Абоской губ. на о. Лауринкари около Або⁹, в окр. Руовези около Нюгарда на берегу Палхониemi – с тальком¹⁰, в красном полевом шпате – в окр. Лемланд на Аландских о-вах.

В *Выборской губ.*, в окр. Ютеснус молибденит встречается в гранитах Иматры¹¹. В окр. Импилак в Питкаранте (в Омельяновском и других рудниках) молибденовый блеск встречен, но не так част. По-видимому, он является здесь минералом, связанным с гранитами (пегматитами), но не рудными. В пегматитах наблюдаются гексагональные его пластинки в полевых шпатах. Его кристаллы встречены в граните, мелаколите (оолитовой породе, скарне), иногда с флюоритом, шеелитом¹². На о. Пузун на Ладожском озере – в скаполитовой породе¹³.

В *Нюландской губ.*, в окр. Гельсингэ в Стансвике, в руднике Беле – с магнетитом¹⁴; в окр. Киско в медном руднике Ориерви¹⁵, около Лейлы в руднике Мальмберг – с гематитом¹⁴; в окр. Лойо в руднике Оямо¹⁶; в окр. Сиббо – в известковых ломках Нева¹⁶.

¹ *А. Карпинский*, 1901 – по материалам Слюнина.

² *Анерт*, 1915, с. 800. *Эдельштейн*, 1917 (2), с. 15 – со слов Э. Анерта. *Бобр*, 1916, с. 318.

³ *Бобр*, 1916, с. 318.

⁴ *Эдельштейн*, 1917 (2), с. 15. По указанию Э. Анерта. По *В. Бобру* (1916, с. 317), в диабазах. По Анерту (1917, с. 309), он встречается здесь во всех породах, в том числе и в жилах «темной основной породы». В красном граните его больше.

⁵ *Георги*, 1798, с. 582. Звездчатый.

⁶ *Седаков*, 1842, с. CLIV.

⁷ Коллекция Московского университета. Доставлен в 1894 г. И.Н. Стрижовым.

⁸ *Эдельштейн*, 1917 (2), с. 11. Из рукописи И. Преображенского.

⁹ *Holmberg*, 1857 (2), с. 23, 24.

¹⁰ *Holmberg*, 1857 (2), с. 23, 34.

¹¹ *Holmberg*, *Mat. till Finl. Geogn.*, 1858, с. 231.

¹² *A. Nordenskiöld*, 1863, с. 14–15. *Иосса*, 1834, с. 158. *Trüstedt*, 1907, с. 123, 327. *Кокшаров*, 1856, с. 210–211.

¹³ *Гадолин*, 1857–1858, с. 76.

¹⁴ *Holmberg*, 1857 (2), с. 5, 8 и сл. *Куторга*, 1850–1851, с. 328.

¹⁵ *Кокшаров*, 1856, с. 210–211. *Holmberg*, 1857 (2), с. 5, 8 и сл. *Durocher*, 1849, с. 315.

¹⁶ *A. Nordenskiöld*, 1832, с. 112.

169. Изменение молибденита. Деятельность человека. Молибденовый блеск очень устойчив на земной поверхности. В некоторых местах наблюдался его переход в *молибдит*, например в Адун-Челоне, Оямо в Финляндии и т.д. (но совершенно неясно, не происходил ли этот переход вскоре после образования молибденита, в связи со вторичными, шедшими здесь процессами).

Молибденовый блеск является главным источником молибдена и молибденовых соединений. К сожалению, нигде нет его значительных залежей и выделение его из пород встречает затруднения, но сбыт его и требования на него постепенно растут¹.

На молибденовый блеск долго не обращали никакого внимания. Несомненно, его уже давно кое-где пробовали использовать; так, в первой половине XIX столетия кое-где на Урале его употребляли для смазки машин вместо графита².

Такое употребление, конечно, не имело никакого значения, и настоящим образом молибден вошел в жизнь в XX столетии, а вместе с тем получила значение и его главная руда – молибденит. Молибден употребляется главным образом для изготовления особых типов стали, нашедшей употребление в военном и автомобильном деле. Делаются опыты и над инструментальной молибденовой сталью. В меньшем количестве существует потребность в молибдене для лабораторной практики (реактив на фосфор) и при изготовлении красок (синяя краска). Идет в радиографии.

Главными поставщиками молибденита, переводимого человеком таким образом в свободный металлический молибден и в кислородные соли молибдена, являются Австралия, Канада, Норвегия. Металлический молибден в природе не существует.

В 1916 г. В. Бобр³ оценивал мировую добычу молибденита в 400 т. Число это выведено косвенным путем. Увеличение произошло за время войны 1914–1918 гг. В промежутке 1903–1911 гг. добывалось 150–200 т молибденового блеска, из них в Европе 30–40 т. В 1915 г. добыча в Австралии равнялась 124,7 т концентрата с 80% молибденита: 93 т для Квинсленда и 31,7 т для Нового Южного Валлиса. Квинсленд с 1902–1909 гг. доставил 511 т молибденового блеска. В Новом Южном Валлисе (1902–1909 гг.) добыто 147 т руды. В Соединенных Штатах добыча в 1914 г. прекратилась⁴; раньше она исчислялась до 50 т в год⁵. Здесь в Вашингтоне в гр. Челан добывалось в 1901–1902 гг. до 12 т молибденита⁶. В начале XX столетия в Канаде добыто до 90 т, в 1915 г. открытие новых месторождений в Онтарио повысило добычу до 193 т⁷. Добывается в Японии, Мексике, Перу, Британской Колумбии, Боливии и в России.

170. Диагноз. Металлический блеск. Цвет серый, черта на фарфоре иссиня-серая. Твердость 1–1,5. Легко изгибается. Спайность совершенная по

¹ С. Parsons, 1912, с. 27.

² М. Карпинский, 1840, с. 216.

³ Бобр, 1916, с. 320.

⁴ Эдельштейн, 1917 (3), с. 7. Parsons, 1912, с. 27.

⁵ F. Schrader a. J. Hill, 1910, с. 163.

⁶ Prall, 1903, с. 261.

⁷ Бобр, 1916, с. 320.

(0001). Уд. вес 4,7–4,8. Неплавок перед паяльной трубкой. В открытой трубке дает пары SO_2 и желто-белый налет MoO_3 . На угле белый налет, который в восстановительном пламени становится лазурно-синим. При сплавлении с селитрой на платиновой ложечке вспышка, образуется K_2MoO_4 ; при кипячении этой массы с HCl , при сильном разбавлении, жидкость с оловом получает синий цвет. HNO_3 окисляет в MoO_3 . Едва растворим в концентрированной H_2SO_4 . Реакция на серную печень.

Селениды золота и серебра

170а. Селенистые соединения этих элементов, по-видимому, часто пропускаются и разрабатываются на серебро и золото, как сернистые.

В литературе есть непроверенные указания на нахождение *селенида золота* в руднике Рипаблик (Вашингтон) в связи с миоценовыми пропилитами; видимого золота почти не наблюдается, в руде около 2% Se. По неопубликованным данным Пальмира, селен соединен с золотом¹.

В Топопа в Неваде кварцевые жилы в риолитах содержат золото с высоким содержанием серебра и, вероятно, *селенид серебра* (в концентратах 0,82% Au, 2,56% Se)².

СУЛЬФООСНОВАНИЯ И СЕЛЕНООСНОВАНИЯ

Сульфосооснования

171. Общие замечания. Эти очень распространенные металлические соединения распадаются довольно резко на несколько групп. Мы можем рассматривать их как соли H_2S и H_2Se и как аналоги кислородных оснований. Существуют многочисленные попытки классифицировать их с последней точки зрения, на основании изоморфизма относящихся сюда соединений; эти классификации носят очень произвольный характер и дают очень мало для ориентировки в природных реакциях и в условиях генезиса этих тел. Этими классификациями надо пользоваться осторожно, и принцип изоморфизма должен быть прилагаем с большой осмотрительностью.

Но в химической структуре этих тел есть некоторые особенности, которые сказываются на свойствах *серы*. Одни минералы, соединения Ag, Cu, Hg, дают двойные соединения, может быть изоморфные смеси с селенистыми металлами, а другие – Cd, Ni, Fe, Mn, Zn в природных соединениях не дают таких смесей и в то же время некоторые из них довольно легко дают двойные соединения с мышьяковистыми металлами.

Классификация этих соединений затрудняется тем, что химический характер их, как оснований, выражен иногда не вполне резко, например, для ковеллина – CuS , или для пирротина. В этом последнем случае мы сталкиваемся еще с тем, что и элементарная формула соединения возбуждает сомнение. Поэтому проще классифицировать их *по элементам*, т.е. по растворителю изоморфной смеси, причем вместе можно соединять лишь элементы, соответствующие соединениям, которые легко дают изоморфную смесь. Как указано раньше, граница между селенистыми и сернистыми соединениями может быть проведена довольно резко. В особую группу выносятся двойные соединения.

¹ Lindgren, 1913, с. 494–495.

² Об этом месторождении: Spurr, 1905; Heines, 1911, с. 691.

Сернистые соединения свинца

Галенит (свинцовый блеск). Джонстонит. Штейнманнит. Гуасколит.
Купроплюмбит. Алисонит

172. Химический состав и физические свойства группы. Химический состав свинцового блеска сильно колеблется в разных местностях; в нем находят примеси Zn, Fe, Sb, Ag, Cu и т.д. К сожалению, непрозрачность вещества не позволяет применять точные методы определения однородности вещества, а потому мы не всегда имеем полную уверенность в том, что эти посторонние элементы входят в химическое взаимодействие, в молекулярную структуру кристалла, а не являются тонким типом механических смешений. Несомненно, они нередко образуют закономерную смесь (что, однако, возможно и для механических структур)¹, и весьма часто примеси наблюдаются при анализе *однородных* на вид кристаллов. При этом механические примеси не могут быть видны при самых больших увеличениях микроскопа; так, например, в истертых в порошок кристаллах гуасколита нельзя заметить примеси цинковой обманки, что, несомненно, вполне достижимо при современных методах исследования². Поэтому надо предполагать, что здесь мы имеем дело с химическим смешением PbS и ZnS, вероятно с их изоморфной смесью (или двойным соединением?).

Насколько можно теперь судить, такие однородные смеси довольно обычны и сильно меняют теоретический состав свинцового блеска (Pb – 86,58%, S – 13,42%). Вместо этого наблюдались анализы, дававшие Pb 64–88% и S 11–19%³.

Если оставить в стороне исключительные и сомнительные случаи, наибольшее значение имеют примеси Ag, Cu, Fe, Sb, Bi, Zn и S. Рассмотрим их каждую в отдельности.

173. Примесь *серебра* является практически наиболее важной и оно, по видимому, входит в форме изоморфной смеси (Pb, Ag₂)S. Ничтожные, открываемые спектроскопически количества Ag находятся всегда⁴. Но количество Ag₂S в редких случаях доходит до 1% и более (так называемый *серебро-свинцовый блеск*), обыкновенно наблюдается в долях процента. К сожалению, огромное большинство анализов сделано над зернистыми массами галенита, а не над чистыми кристаллами; зернистые же массы состоят из (Pb, Ag₂)S и PbS⁵. Практики различают свинцовые блески, богатые серебром (более 500 г Ag на тонну руды) и бедные (менее 500 г)⁶.

Небольшое количество Ag₂S, почти постоянное его нахождение и постепенный переход галенитов, бедных серебром, в богатые не делают необхо-

¹ См. Вернадский, 1899.

² Miers, 1899, с. 584.

³ Hintze, I, 512–513. Селенистый галенит – Пилипенко, 1906, с. 12.

⁴ Hartley a. Ramage, 1897, с. 545.

⁵ На это указывает то обстоятельство, что при отмучивании порошка свинцового блеска количество Ag увеличивается в более тяжелом шлихе, т. е. «руда обогащается»; см., например, для испанских руд – Wittelsbach, 1897, с. 12, для норвежских (Сала) – Sjögren, 1900. Ср. об этом De Launay, 1896, с. 47.

⁶ De Launay, 1896, с. 48.

димым выделение галенита, заключающего серебро, в особую минералогическую разность. Правильнее дать для галенита формулу $(\text{Pb}, \text{Ag}_2)\text{S}$, причем химически чистый PbS очень редок¹.

Может быть, аналогична примеси серебра и примесь *меди* к галенитам. Спектроскопически она открывается всегда², но, благодаря меньшей своей ценности, медь не обратила на себя того внимания в свинцовых блеснах, какое обратило на себя серебро. Иногда она наблюдалась в значительных количествах. Можно соединить эти тела под общим именем *купроплюмбита*, как назвал впервые Брейтгаупт относящийся сюда минерал, хотя, может быть, мы имеем здесь несколько разных тел³, так как многие анализы довольно близко подходят к формулам: $2\text{PbS} \cdot \text{Cu}_2\text{S}$; $\text{PbS} \cdot 2\text{Cu}_2\text{S}$; $\text{PbS} \cdot 3\text{Cu}_2\text{S}$ ⁴.

Не вполне ясно, в какой форме находится железо; редко оно наблюдалось при анализе чистых кристаллов галенита; главным же образом оно встречалось при анализе смесей (купроплюмбита, гуасколита, штейнманнита). Количество FeS в этих случаях превышает 1%⁵.

174. Нахождение в свинцовых блесках *сурьмы*, нередко в очень больших количествах, известно давно, сперва в плотной свинцовой руде, так называемой «Bleischweif» немецких рудокопов (*свинчак*)⁶. В 1833 г. Циппе нашел сурьму в октаэдрических кристаллах свинцового блеска из Пршибрама и выделил эту разность как новый минерал – *штейнманнит*. В какой форме находится здесь сурьма, количество которой доходит в некоторых из относящихся сюда минералов (*тарджионит*, *квирогит*) до нескольких процентов (до 9%), совершенно неизвестно. Очень может быть, мы имеем здесь случаи срастания сульфосурьмянистого соединения свинца в кристаллах свинцового блеска или, может быть, молекулярный раствор его в PbS ⁷. Несомненно, одно это нахождение в разных частях земной коры галенита, даже в кристаллах богатого сурьмой, который соответственно получал разные названия⁸ и парагенетически наблюдается в очень определенных условиях⁹, заставляет выделять эти тела как особую разность. Я буду соединять все такие сурьмянистые галениты в *штейнманниты*, не касаясь вопроса об их однородности. Обыкновенно штейнманниты содержат сверх сурьмы железо, иногда мышьяк.

¹ В последнее время выдвинут вопрос о том, не является ли Ag в галените происшедшим из Pb (аналогично гелию из радия). Значительные колебания в отношении $\text{Pb} : \text{Ag}$ едва ли благоприятствуют этому взгляду. Такую теорию высказывал, например, Кемпбелл (*Campbell*, 1906, с. 457).

² *Hartley a. Ramage*, 1897, с. 545.

³ *Breithaupt*, 1844, с. 671. Для купроплюмбита Брейтгаупта – $\text{Cu}_2\text{S} \cdot 2\text{PbS}$, для алисонита – $\text{PbS} \cdot 2\text{Cu}_2\text{S}$ (см. *Field*, 1859, с. 389; 1860, с. 160). [В данное время рассматривают купроплюмбит и алисонит как смеси галенита с халькозином].

⁴ Искусственно наблюдались: $9\text{Cu}_2\text{S} \cdot 2\text{PbS}$; $9\text{Cu}_2\text{S} \cdot 5\text{PbS}$; $3\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{PbS}$; $5\text{Cu}_2\text{S} \cdot 2\text{PbS}$; $2\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{PbS}$ – см. *F. Peters*, 1909, с. 1322. Соединения эти требуют проверки.

⁵ Спектроскопически при изучении галенита линии железа наблюдаются всегда – см. *Gramont*, 1895, с. 234. Ср. также *Hartley a. Ramage*, 1897, с. 545.

⁶ *Hintze*, I, с. 466.

⁷ Любопытно, что иногда такие штейнманниты при нагревании выделяют едкие газы, см. *Ad. Schmidt*, 1880 или 1883, с. 407 – для Вислоха в Бадене.

⁸ Таковы *тарджионит* из Боттино в Италии (*Vecchi*, 1852), *квирогит* из Сиерра-Альмагрера в Испании (*Navarro*, 1895, с. 9). [Упомянутые минералы и штейнманниты являются смесями].

⁹ В Пршибраме штейнманнит является новой генерацией галенита и образовался под влиянием действия поверхностных вод. В коренном жильном галените нет сурьмы.

Отдельно должны быть выделены довольно редкие галениты, содержащие висмут, — так называемые *паракобеллиты* (0,8–1,6% Bi); в них висмут наблюдался иногда в многогранниках¹; в то же самое время наблюдается изменение спайности² или появление отдельности по (111). Спектроскопически в галенитах висмут находят часто³.

175. Гораздо более определенно стоит вопрос о цинксодержащих галенитах, которые можно назвать *гуасколитами*⁴. Тела этого рода открывались не раз⁵, и по химическому составу они приближаются к определенным химическим формулам: $PbS \cdot (Zn, Fe)S$; $2PbS \cdot 3(Zn, Fe)S$; $4PbS \cdot 3(Zn, Fe)S$ и т.д., причем можно было убедиться, что порошки этих тел не заключают цинковой обманки⁶. Для этих соединений неясно, имеем ли мы дело с несколькими различными двойными соединениями, или же с изоморфной смесью $(Zn, Fe)S$ и PbS , которые приближаются к нескольким определенным группам. В этом последнем случае, очевидно, ZnS должна принадлежать к другому классу, чем цинковая обманка или вюртцит⁷.

Очень возможно, что должны быть выделены в отдельную группу смеси, богатые $Sn(SnO_2?)$, в серебряно-свинцовом руднике на горе Цеехан в Тасмании. Может быть, это закономерные физические смеси?

Наконец, есть случаи, когда при анализе галенитов оказывался значительный избыток *серы*, причем менялись и некоторые другие их свойства, например горючесть. Это так называемые *джонстониты*⁸. По-видимому, мы имеем в этом случае необыкновенно тонкую механическую смесь галенита и серы, которая, однако, образуется при совершенно определенных условиях. Свойства этого продукта далеко не могут быть определены свойствами чистой серы или чистого PbS и, очень может быть, мы имеем здесь случаи распада многосернистых соединений свинца.

Искусственно многосернистые соединения свинца существуют, хотя свойства их, к сожалению, не изучены.

Может быть, *селенистый галенит*?⁹ [см. П. Пилипенко, 1906 (обработано) — Фалушь].

Кроме этих тел, в составе галенита в небольшом количестве наблюдаются и другие элементы, например *золото*, которое всегда находится в серебре, полученном из серебристого галенита. В галенитах из Нагольного кряжа, Донской обл., количество Au доходит до 0,0004–0,0006%¹⁰. Иногда галениты содержат следы Mn, K, Na¹¹, Ca, Mg, Sn¹².

¹ Например, в Розасе в Сардинии (см. анализы у *Rimatori*, 1903, с. 263) или в Гиллебака в Норвегии (см. *V.M. Goldschmidt*, 1911). [Паракобеллит — нечистый галенит. Присутствие Bi и появление отдельности по (111) объясняются примесью к галениту, например, тетрадимита].

² *Sjögren*, 1884–1885, с. 124.

³ *Gramont*, 1908, с. 233.

⁴ *Dana*, 1868. [Гуасколит — смесь галенита с другими рудами].

⁵ Например, кильмакуит (*Tichborne*, 1885, с. 300). [Кильмакуит — смесь галенита со сфалеритом].

⁶ *Miers*, 1899, с. 584.

⁷ Спектроскопически Zn открывается очень часто — см. *Gramont*, 1895, с. 234.

⁸ *Jonhstone*, 1833, с. 572. *Haidinger*, 1845, с. 566. Ср. *Greg a. Lettsom*, 1858.

⁹ П. Пилипенко, 1906 (обработано) — Фалун.

¹⁰ Я. Самойлов, 1906, с. 109.

¹¹ *Hartley a. Ramage*, 1897, с. 545.

¹² Спектроскопически в галенитах из Пьерфитта в Пиренеях — см. *Gramont*, 1908, с. 233.

Наряду с этим должна быть поставлена способность свинцового блеска окклюдировать газы и водяные пары. Пористую структуру имеют иногда даже отдельные кристаллы галенита, и такие пористые кристаллы – в зависимости от влажности окружающей среды – поглощают большее или меньшее количество паров воды (до 0,006%, в порошке до 0,5%). Как показали работы Вейгеля¹, эти небольшие количества поглощенных газов и паров имеют большое значение в процессах изменения этих тел и вызывают особые их свойства, например – способность электролитической проводимости, какой обладают некоторые галениты.

176. Все эти тела кристаллизуются в *голоэдрих правильной системы*². Для PbS известны и другие полиморфные разновидности, может быть образующиеся и в природе, но они плохо изучены и быстро переходят в обычную разновидность галенита³. По наружной форме разновидности свинцового блеска представляют очень характерный пример вещества с большой поверхностной энергией. Так, из известных для него 41 простых форм с 1082 плоскостями⁴ огромное большинство представляют формы со сложными индексами, только около 24% плоскостей имеют характеристики не больше 5⁵.

Между тем, если бы форма тела обуславливалась не свойствами поверхностной энергии, число таких плоскостей должно было бы достигнуть 34,3% из 1082 наблюдавшихся. На тот же характер полиэдров указывают очень совершенная спайность (по кубу), относительная редкость двойников, главным образом по (111), и исстрихованность некоторых плоскостей. Кристаллические полиэдры из разных местностей очень отличаются по облику или по комбинациям наблюдаемых простых форм. Обычно преобладает (100), затем (100) · (111), несколько реже (111). Кристаллы свинцового блеска очень редки, хотя есть целые области, где они почти неизвестны, например в многочисленных месторождениях Кавказа, Урала, Алтая и Нерчинских гор. Это связано с условиями образования данных жил или метасоматических месторождений галенита (§ 180). Из лучших месторождений галенита в кристаллах можно отметить: Фрейберг в Саксонии, Нейдорф на Гарце, Нагольный кряж в России, Зигерланд, различные месторождения Кумберленда, Галена в Иллинойсе, Лидхиллс в Шотландии, рудник Лаксей на о. Мэн и т.д. Помимо отдельных полиэдров, известны сростки параллельных, частью в виде скелетов, обративших на себя внимание уже в XVIII столетии, одновременно

¹ Weigel, 1905, с. 340. *Dürfeid*, 1910, с. 375.

² Любопытны кристаллы галенита из Дипенлинхена в Рейнских провинциях, где (§ 221) он развит в виде тетрагональной острой пирамиды. См. *Schrauf*, 1873, атлас, 35, 14; 1861, с. 394. *E. Weiss*, 1884, с. 410.

³ Эти разновидности были указаны Штрейнцем (*Streintz*, 1902, с. 106 и сл. 1903; 1904, с. 196). Штрейнец предполагал 5 фаз для PbS. Однако они установлены очень плохо, одна из точек перехода 100–110°. Наблюдения Мёнха (*Mönch*, 1905, с. 412 и сл.) над электропроводностью порошков PbS ясно указали на существование другой разновидности; температура перехода не определена, но может быть находится около 40–50°. Еще раньше Спринг (*Spring*, 1895, с. 311) указывал на переход аморфной PbS в галенит при давлении. Очень вероятно, что галенит, выделяемый при относительно высоких температурах, должен представлять быстро исчезающую вторую полиморфную разновидность галенита.

⁴ Список у *Hintze*, I, с. 460. Новые формы: (661). *Colomba*, 1905, с. 636: (772), (811), (10.3.2), (20.3.2) *Dürfeld*, 1910, с. 375.

⁵ Отсутствуют такие простые формы, как (210), (230), (233).

с NaCl¹. Иногда они образуют двойники по (111) (Родна, Потоси). Редко встречаются дендриты – Велькенредт в Бельгии, Шмальграф в Пруссии (Дублин). Везде здесь осями скольжения являются 3 L⁴ (очень хорошо видно в кристаллах из окрестностей Фрейберга; коллекции Московского университета). Любопытны редкие волокнистые формы галенита (Сала в Швеции).

Наиболее обычно нахождение его в зернистых (нередко крупнозернистых) массах, значительно реже землистые массы.

Кое-где встречаются конкреции (например, в Пршибраме), указывающие, вероятно, на первичное выделение аморфного сернистого свинца. Известны и настоящие сталактиты галенита (например, большие и красивые из Галена в Иллинойсе).

Своеобразную форму выделения галенита представляет выпадение его в порошковатых землистых формах, совершенно аналогичных выделению его при действии H₂S из водных растворов. Такой порошковатый галенит указан К.А. Ненадкевичем в Келецкой губ., в рудниках Болеслав и Улисс².

Из других физических свойств галенита довольно характерны явления скольжения³. Скольжение по (100). Спайность по (100) и иногда по (111), может быть отдельность по (111).

Плавится при 1112°, но еще раньше начинает сублимировать – около 950°⁴.

177. Нахождение в земной коре. Свинцовый блеск принадлежит к числу чрезвычайно распространенных минералов и почти все остальные свинцовые минералы (кроме иногда самородного свинца и некоторых свинцовых сульфосолей) генетически с ним связаны.

Можно различить несколько разных типов его нахождения. Иногда, обычно не скопляясь в больших массах, он выпадает в массивных породах. Эти месторождения галенитов нередко являются свинцовыми рудами, например – любопытные и довольно богатые месторождения в Нерчинском окр. Забайкальской обл. (§ 188). Таковы также включения богатого серебром свинцового блеска, вместе с колчеданами и сфалеритом, в жилах долерита, его контактах и пустотах около Ронгштока на Эльбе в Чехии⁵, в своеобразных выделениях – в особой брекчии в связи с биотитовым андезитом около Родны в Трансильвании⁶, джонстонит в связи с контактовыми явлениями порфи́ров – около Пьяны Морулуй, там же⁷, и т.д. В этих случаях мы едва ли часто имеем непосредственное выделение из магм, из расплавленной их массы, но главным образом галенит выделяется здесь из горячих водных растворов, связанных с последними стадиями магматических застываний. В некоторых случаях, однако, галенит наблюдается и непосредственно в массе магматической породы, при условиях, указывающих на выпадение его из расплав-

¹ Bergman, 1788, с. 11. Du Hamel, 1786, с. 478.

² Богданович, 1907, с. 79–80.

³ О них см. Вернадский, 1897, с. 96. Я. Самойлов, 1906, с. 102. О явлениях электропроводности см. Weigel, 1905, с. 326 и сл. (тут литература). О фигурах роста и скульптуре плоскостей см. Scharff, 1861, с. 390 и сл.

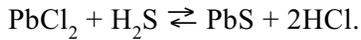
⁴ Biltz, 1908, с. 277.

⁵ Hibsche, 1889, с. 208.

⁶ Zepharovich u. Becke, 1893, с. 42.

⁷ Haidinger, 1854, с. 880.

ленной магмы или при действии паров, например – в Базановском руднике и других местах Забайкалья¹, галенит в эгирино-сиенитах на о. Лос² или галенит, давно известный в лавах Везувия и Монте Соммы³. Во время извержения Везувия 1906 г. этот процесс мог быть наблюдаем в большом масштабе, причем шла реакция типа



Одновременно с образованием галенита шел переход его в котуннит, многочисленные псевдоморфозы которого наблюдались вместе с кристаллами галенита⁴. По-видимому, благодаря легкому ходу обратной реакции, галенит наблюдается на Везувии редко. Искусственно он легко и при разных условиях получается при высокой температуре и нередко является продуктом, получающимся в доменных и плавильных печах, главным образом в продуктах возгонок⁵.

Частный случай таких же месторождений представляют типичные *контактные* месторождения галенита. Здесь он сопровождается силикатами, кислородными соединениями. Месторождения этого типа известны в Нерчинске (§ 188). В Айдахо, в Саут-Маунтен серебристый галенит вместе со сфалеритом, отчасти магнетитом и халькопиритом, наблюдается на контакте между известняком и диоритом или гранитом. Эти металлические минералы заключены среди граната, кварца, актинолита, ильваита⁶. Аналогично нахождение галенита среди контактов в окрестностях Христиании. Здесь, по-видимому, шла его выделение из газообразных продуктов⁶. Эти контактовые минералы образовались, должно быть, из PbCl_2 , аналогично вулканическому PbS .

178. В тесной связи с выпадением галенита из массивных пород стоят два других типа его месторождений: 1) в смеси с силикатами и алюмосиликатами метаморфических горных пород и 2) жильные его находения.

В гнейсах и кристаллических сланцах галенит нередко скопляется в определенных их горизонтах, вместе с разнообразными другими сернистыми соединениями – цинковой обманкой, пиритом, халькопиритом, кобальтовыми соединениями и т.д., в теснейшей смеси с силикатами и алюмосиликатами. Такие полосы, богатые сернистыми соединениями, иногда называемые фальсбандами⁷, образовались при условиях для нас неясных и являются метаморфозом частью массивных или осадочных и, может быть, жильных месторождений под влиянием одновременного действия воды и высокого давления. Таково, например, нахождение его в Конгсберге, около Финбо в Стора-Коппарбергском окр. в Швеции и т.д. Довольно обычный в целом ряде местностей галенит редко когда собирается этим путем в достаточных массах.

179. Гораздо большее значение имеют *жильные месторождения* галенита, которые распространены во всех частях земной коры и которые имеют разное происхождение. Галенит принадлежит к числу наиболее обычных

¹ См. Aperçu des explor. géol., 1900, с. 164.

² Lacroix, 1911, с. 99.

³ Scacchi, 1889, с. 8.

⁴ Lacroix, 1906, с. 925; 1907, с. 229. Zambonini, 1906, с. 235.

⁵ См. сводку у Hintze, I, с. 509–510.

⁶ Lindgren, 1902, с. 232; 239.

⁷ «Гнилыми полосами» – вследствие легкого разрушения сернистых тел на воздухе.

жильных минералов и в небольших количествах он встречается в огромном множестве жил, но нередко случаи, где он скапливается в них в огромных количествах. Жилы эти находятся часто в тесной связи с массивными породами, главным образом кислыми, весьма часто – с гранитами. Так, знаменитые жильные месторождения Гарца (например, Целлерфельд-Клаусталь, Нейдорф и т.д.) находятся в тесной связи с выходами палеозойских гранитов¹; в других местах они связаны с другими породами – риолитами около Эвреки в Неваде², диоритами и диабазами в Пршибраме в Чехии. Вынесенные магмами свинцовые соединения были до выхода их на поверхность захвачены водами, отложились в трещинах из водных источников, обыкновенно вместе с разнообразнейшими другими продуктами – кварцем, халцедоном, кальцитом, доломитом, сидеритом, баритом, сульфосолями, цинковой обманкой и т.д. Путем дальнейшей переработки водами – частью поверхностными, частью подымающимися снизу – галенит перемещается и перекристаллизуется в этих жилах и в пустотах и трещинах их нередко вновь выделяется в превосходно выраженных друзах и кристаллах. Он выделился здесь из *водных растворов*, при условиях, которые далеко не вполне могут быть воспроизведены опытом³. Такие жильные месторождения галенита очень часто скоплены в определенных участках и образуют резко выделенные жильные поля, содержащие огромное количество сернистого свинца. Иногда они выпадают просто в трещинах, иногда же образуют метасоматические жилы.

Жильные поля, богатые галенитом, образуют свинцовые месторождения Гарца, Саксонии – в Рудных горах – в окрестностях Фрейберга в кварцевых жилах (до 1848 жил)⁴ разного возраста с $MnCO_3$, блеклыми рудами, красной серебряной рудой, кальцитом и т.д. – более древняя система жил, причем PbS богат серебром (до 1%); или с халькопиритом, арсенопиритом, пиритом, сидеритом, кальцитом – бедный серебром галенит; иногда в баритовых жилах с кварцем, флюоритом, халькопиритом, пиритом и т.д. – со следами серебра. Огромные количества таких месторождений галенита сосредоточены в Испании⁵, например – в древних жилах окрестностей Линареса бедный серебром галенит (мощные жилы до 40 м ширины) в области кембрийских и силурийских пород, Картахены и т.д.⁶ Издавна добывается галенит из жильных месторождений Пршибрама в Чехии, где разработки достигли более километра в глубину. Кварцевые жилы прорезают кембрийские и докембрийские глинистые сланцы; они богаты различными минералами – в том числе сульфосолями свинца, среди которых преобладает галенит, богатый серебром⁷. В России область кварцевых жил, богатых галенитом, тесно связанных с выходами гранитовых пород и кварцевых порфиров, наблюдается на северных отрогах Главного Кавказского хребта – в Терской и Кубанской областях; галениты бедны серебром. Наиболее богат Садонский рудник Владикавказского окр. Здесь наблюдается одна очень мощная кварцевая жила галенита

¹ Lossen, 1882, с. 660. Klockmann, 1893, с. 468. Luedecke, 1896, с. 11.

² Fuchs et De Launay, 1893, с. 620.

³ См. Hintze, I, с. 510 – сводка синтезов галенита.

⁴ Dechen, 1873. Fuchs et De Launay, 1893, с. 586 и сл.

⁵ Tenne u. Calderon, 1902, с. 37 и сл.

⁶ Fuchs et De Launay, 1893, с. 531 и сл.

⁷ См. о Пршибраме Pošepny, 1895 (2), с. 609–752.

со сфалеритом, пиритом и т.д. В окрестностях Садона наблюдается много жил – находится целиком жильное поле, связанное с выходами хлоритового банатита. Жилы эти находятся на контакте сланца с измененным гранитом¹. Другое жильное поле находится в Баталпашинском отделе, Кубанской обл. (Карачай). Жилы здесь также связаны с гранитом².

Своеобразный тип жил галенита представляют богатейшие сидеритовые жилы серебристого свинцового блеска Кер д'Ален в Айдахо, в Соединенных Штатах. Жилы эти прорезают альгонские сланцы и кварциты и находятся в тесной связи с сиенитовым массивом. Кроме сидерита и галенита, они содержат кварц, пирит, сфалерит. Жилы очень богаты. Одна из жил – Маммот-Стандарт – дала до 1902 г. Pb и Ag на 250 млн. марок³. В 1905 г. из этого района, площадью 135 км длины и 15 км ширины, добыто 112 328,5 т свинца⁴.

180. В жилах галенит выпадает из водных растворов, однако при условиях, весьма отличных от тех, которые господствуют на земной поверхности. Но мы имеем в природе целый ряд выделений галенита, более близких к этим условиям, когда не действуют ни высокая температура, ни давление, ни лишняя кислорода вода, ни нагретые газы.

К числу так образовавшихся, выделенных из водных растворов, месторождений галенита принадлежат, может быть, самые большие его скопления, наблюдавшиеся до сих пор в земной коре. Эти скопления не образовались чисто вадозным путем, они не идут при условиях, вполне аналогичных тем, которые господствуют на земной поверхности – в биосфере. Они идут в верхних частях метаморфической области земной коры и являются в этом смысле промежуточными между жильными выделениями галенита и вадозными процессами его образования.

Между ними есть переходы: в жилах наблюдается нередко проникновение галенита в окружающие породы. Так, около Химмельфюрста близ Фрейберга гнейсы, окружающие жилы, обогащены галенитом; около Картахены в Испании жилы, входя в известняки, теряют ясный характер и образуют неправильные включения в известняках, заполненные галенитом, отчасти образующим псевдоморфозы по известняку⁵.

Месторождения галенита и цинковой обманки этого типа⁶ совершенно независимы от массивных пород и приурочены к известнякам, доломитам, происшедшим из известняков, к кремнистым породам и мергелям.

Парагенетическая ассоциация минералов очень характерна – пирит, очень обычен марказит и немного халькопирита. Галенит обычно не содержит серебра, хотя кое-где он серебрится, но беден им. Для цинка характерно

¹ О Садонском и аналогичных месторождениях см. *Эйхфельд*, 1827, стр. 49. *Щасливец*, 1858, с. 256. *Денисов*, 1887, с. 218. *Меллер и Денисов*, 1900, с. 5–6 (литература). *И. Стрижов*, 1902 (1), с. 157 и сл. О породах см. *Пятницкий*, 1904, с. 222. *Левинсон-Лессинг*, 1904, с. 7 и сл. *Земятченский*, 1895, с. 2–7.

² О Карачайском месторождении см. *Барбот де Марни*, 1895, с. 177. *Кондратьев*, 1893, с. 1. *И. Мушкетов*, 1896, с. 7–8. В Кубано-Худесском руднике встречаются большие кристаллы (100) · (111). (Коллекция Академии наук).

³ *Finlay*, 1903, с. 235.

⁴ *Zschr. prakt. Geol.*, 1906, с. 168.

⁵ *Fuchs et De Launay*, 1893, с. 552.

⁶ Прекрасная сводка у *W. Lindgren*, 1913, с. 412 и сл.

присутствие кадмия и гринокита. Небольшие количества никеля и кобальта обычны. Характерно отсутствие золота, сурьмы, мышьяка, молибдена. Кристаллы кварца не часты, кремень – иногда битуминозный – обычен. Барит встречается, но не характерен.

Рудные минералы встречаются, заполняя пустоты и местные полосы брекчий или разломов, увеличенных вторичным растворением породы. Гораздо реже они заполняют трещины. Во всех случаях в породе наблюдаются горизонты, обогащенные галенитом и цинковой обманкой. Кверху и вблизи водных горизонтов они перешли в кислородные соединения. Лежат обычно глубоко от земной поверхности.

Чрезвычайно характерны метасоматические образования, тоже выраженные в виде осадочных горизонтов. Здесь галенит выделяется из водных растворов, причем выпадает при реакциях, во время которых замещает шаг за шагом какое-нибудь раньше существовавшее твердое вещество. В природе известны огромные массы свинцового блеска (ср. цинковую обманку), образовавшиеся путем такого замещения: они встречаются на месте бывших некогда толщ кальцита, доломита и т.д. Растворы свинцовых солей мало-помалу замещают свинцовым блеском доломиты или известняки, унося в растворе CaCO_3 или MgCO_3 . Так образуются огромные площади как бы псевдоморфоз галенита по известнякам и доломитам.

181. Генезис свинца (и цинка) и характер его солей, производящих этот процесс, далеко не ясен. Американские исследователи считают, что процесс образования этих выделений произведен атмосферными водами, но другие¹ думают, что мы имеем здесь лишь своеобразную форму проявления термических источников, дающих не конкреционные жилы, а метасоматические образования. Отсутствие связи с плутоническими породами указывает, что в таком случае мы имеем крайние проявления такого воздействия, когда термы отошли очень далеко от своих очагов. Это новое накопление условий заставляет скептически относиться к этой гипотезе, хотя вопрос не будет окончательно решен до тех пор, пока не будет выяснен характер тех растворов, которые отлагают Pb и Zn.

Воды терм несут в той или иной форме ионы PbS, воды обычных растворов должны нести ионы PbSO_4 . Мы знаем², что PbSO_4 растворим в воде. Свинец находят и в водах рудников, например – в юго-западном Миссури, но характер ионов здесь неясен. Точно так же неясен характер тех ионов, которые вызывают обычно наблюдаемое отложение галенита в скрепах и кусках дерева в рудниках этих местностей³. Эти наблюдения только показывают, что PbS перемещается, но характер раствора неясен, ибо хотя PbS очень трудно растворим, но PbSO_4 тоже не легко растворимое тело.

Прямые опыты показывают, что в чистой воде, по Кольраушу и Розе⁴, в 1 л растворяется 46 мг PbSO_4 ; присутствие кислот уменьшает растворимость, присутствие хлоридов ее увеличивает. Насыщенный раствор NaCl, по Беккерелю, растворяет 660 мг PbSO_4 на 1 л, что, вероятно, связано с большей

¹ *Beyschlag, Krusch u. Vogt, 1910–1913.*

² *Buckley, 1909, с. 209 и сл.*

³ *Bain, 1901, с. 158.*

⁴ *Kohlrausch u. Rose, 1893, с. 241.*

растворимостью $PbCl_2$, образующегося путем реакций двойного разложения. Исходя из этих соображений, Линдгрэн¹ выдвигает гипотезу отложения PbS из растворов $PbSO_4$ в присутствии $NaCl$, всюду в этих слоях находящегося, причем образование PbS идет под влиянием H_2S или органических веществ.

В этой теории – наиболее яркой из всех, ныне предлагаемых, не приняты во внимание в достаточной мере метаморфический генезис этих руд и метасоматизм процесса. Последний ясно указывает, что выделение должно идти в виде PbS . Очень вероятно, что мы имеем здесь процесс другого рода, связанный с генезисом самого известняка и доломита и с историей сероводорода. Как указано, мы имеем очень многие случаи нахождения H_2S в «вонючих» известняках и мергелях, причем такие площади сероводорода занимают огромные пространства и создают среду, чрезвычайно благоприятную для выделения и образования PbS . Водные растворы атмосферных вод в такой среде, если они содержат $PbSO_4$, неизбежно должны дать PbS , но при этом H_2S , может быть, в значительной мере происходит из гипса (т. I, § 255)².

182. Не менее затруднений представляет генезис того свинца, который дает начало таким огромным скоплениям свинцового блеска.

Несомненно, свинец широко распространен в осадочных породах биосферы. Его всегда находят в нижних и верхних силурийских и нижнекаменноугольных известняках и доломитах Миссури и Айовы в количествах до 0,015 %³; он найден и в триасовых осадках Шварцвальда⁴. Его частое нахождение в осадочных породах явно поверхностного образования.

В истории свинца много неясного. Но, может быть, совершенно не безразлично с точки зрения генезиса свинца то чрезвычайное его рассеяние, которое указано Ленардом и Клаттом⁵ и которое связано с кальцием. Он находится в форме рассеяния во всех кальциевых породах, во всех известняках и доломитах.

Но, помимо такого рассеяния свинца и нахождения его в весомых количествах, едва ли можно сомневаться, что в целом ряде местностей при механическом и химическом разрушении пород, более обогащенных свинцом, должны были оставаться в детритах его твердые соединения в мелко раздробленном виде. Такие гипотезы переработки детрита, богатого свинцом, не раз высказывались⁶, но, несомненно, они должны пока считаться скорее возможностями, чем реальностями, так как существование такого детрита для этих соединений, богатых кальцием и бедных механическим детритом, не прошедшим через живое вещество, до сих пор не подтверждено наблюдением для самых больших месторождений галенита этого типа.

Тоже, как возможность, требующую подтверждения, надо указать и возможную концентрацию свинца в виде свинцового блеска при метаморфизме гипсоносных мергелей, заключающих свинец в виде или микроскопической смеси или в иной форме – в известняках, богатых сероводородом.

¹ *Lindgren*, 1913, с. 415.

² [§ 286 в первом издании].

³ *Weems*, 1900, с. 566.

⁴ *Stelzner u. Bergeat*, 1904.

⁵ *Lenard u. Klatt*, 1904, с. 165–256.

⁶ *Buckley*, 1909, с. 209. *Sachs*, 1904, с. 49.

183. К месторождениям этого типа принадлежат, может быть, самые значительные скопления в земной коре галенита и цинковой обманки. Впервые этот тип был выяснен Пошепным¹ для Райбля в Каринтии, которое не является очень большим скоплением, но к нему же относятся и силезские руды, особенно важные для цинка, которые разрабатываются уже целые столетия². Но главные, из до сих пор изученных месторождений, находятся в Северной Америке, где встречены большие скопления свинца, иногда с преобладанием цинка.

Месторождения эти (см. сфалерит – § 244 и сл.) сосредоточены в долине Миссисипи в юго-западном Висконсине, в восточной части Айовы и северо-западной – Иллинойса, в юго-восточном Миссури. В 1911 г. эти руды дали более 178 000 т свинца – 40% всего свинца Соединенных Штатов. Самые главные разработки свинца сосредоточены в юго-восточной части штата Миссури³. Разработки начались в XVIII столетии, но получили значение и большой размах в XX столетии. Галенит находится в кембрийских слоях (в других, богатых цинком, месторождениях долины Миссисипи – в силурийских отложениях). Главный горизонт руд сосредоточен в песчанистом доломите формации «боннтерр», другой, менее важный, горизонт галенита – в более высоколежащих доломитах Потоси. Но галенит находится во всей толще (более 120 м мощностью). Слои почти горизонтальны. Главными минералами являются: галенит, сопровождаемый кальцитом, немного пирита и халькопирита и в некоторых случаях значительные выделения линнеита. Руда заключает 5,75% Pb. Галенит постоянно связан с темным доломитом и черными сланцами. Расположение руд⁴, мне кажется, вполне соответствует неправильному распределению сероводорода в сероводородных известняках. Генезис этих руд, однако, не может сейчас считаться точно установленным⁵. Характер артезианских вод этой местности, богатых H₂S, в то же время указывает на содержание в них PbS, ZnS, FeS и CuS (по Зибенталю), и можно думать, что генезис этих руд связан с распределением сероводорода в так называемых вонючих известняках в земной коре. В этих наблюдениях Зибенталья мы имеем прямые указания на то, что PbS находится в водах в виде ионов Pb и S и из них выделяется в известняках.

Во всех этих месторождениях происходят многочисленные реакции изменения и каждое из них несет ясные следы самых разнообразных перемещений. Чрезвычайно характерно обогащение таких месторождений Pb по сравнению с Zn. PbS более прочно, чем ZnS, по отношению к воде, вследствие чего в верхних частях месторождений наблюдается обогащение Pb⁶. В связи с этим наблюдаются псевдоморфозы галенита по цинковой обманке (в Мореснэ).

Верхние части этих месторождений почти всегда окислены.

Метасоматические жилы, довольно обычные для галенита, представляют частный случай таких метаморфических месторождений. Здесь в узкой щели

¹ *Pošepny*, 1874, с. 315; 1894, с. 197.

² См. *Gürich*, 1903, с. 202. *Sachs*, 1904. *Beyschlag*, 1902, с. 143. *Stelzner u. Bergeat*, 1904.

³ *Winslow*, 1894; 1896. *Keyes*, 1896. *Buckley*, 1909. *Lindgren*, 1913, с. 426.

⁴ *Buckley*, 1909.

⁵ *Winslow*, 1894. *Buckley*, 1909. *Kemp*, 1895. *Ries*, 1905.

⁶ *Van Hise*, 1901, с. 103 и сл.

подымавшаяся вода перерабатывала саму породу и путем ее метаморфизации образовывала тело жилы. Приносимые снизу металлы (PbS) замещали вещество породы, переводя его в раствор. Обычно среди продуктов, находящихся в жильном теле таких жил, наблюдаются алюмосиликаты (каолин, серицит, дамурит и т.д.). Некоторые жилы окрестностей Фрейберга или Клаусталья на Гарце принадлежат, вероятно, к этому типу¹.

184. Наряду с такими месторождениями, галенит часто рассеян в осадочных породах, где он отчасти выпадает из водных растворов, частью приносится в детрите, образовавшемся при разрушении минеральных тел, богатых галенитом. Иногда он собирается этим путем и в россыпях, где, однако, никогда не скапливается в количествах, окупающих разработку. Такие россыпи очень распространены в горном аллювии и в верховьях горных речек по северным склонам Центрального Кавказа. Галенит рассеян в песке в виде мельчайших кусочков по спайности².

Галенит в осадочных слоях осаждался иногда, по-видимому, из растворов вместе с породой; таково, может быть, происхождение так называемых Knotenerz в пестрых (триасовых?) песчаниках, развитых в Рейнской Пруссии, в бассейне Саара и в отрогах Вогез. Особенно богаты галенитом песчаники около Дюрена (Коммерн в Эйфеле, Мекерник и т.д.) около Саррмон в Лотарингии (Сент-Авольд). Галенит встречается в определенных горизонтах, в форме мелких конкреций (1–8 мм), и сопровождается иногда конкрециями малахита и азурита. Мощность слоев, богатых такими конкрециями, достигает 6–7 м³.

Галенит в осадочных слоях иногда замещает целиком вещество организмов, давая характерные галенитовые окаменелости (псевдоморфозы). Можно убедиться, что галенит выделился здесь из растворов, выпадая только в соприкосновении с органическими веществами⁴, так как нередко все ископаемое определенного горизонта целиком превращены в галенит. Образуются как бы банки (полосы), богатые галенитом, например – в Бадене в раковистом известняке, около Берау⁵, в кейперовых мергелях около Хейльбронна в Вюртемберге⁶ и т.д. Такие свинецсодержащие слои особенно часты в триасовых слоях.

Такие осадочные месторождения галенита редко когда имеют практическое значение (для его добычи), но они важны с точки зрения распространения галенита. Их концентрация вторичными процессами может дать начало некоторым жильным и метаморфическим месторождениям (Польша). Легкая подвижность галенита вызывает отложение его в историческое время, например – в Сен-Квинтине в Испании римские орудия покрыты коркой в 5–6 мм галенита⁷. Очень вероятно, что в жильных и других отложениях галенита он

¹ Ср. *Lindgren*, 1913, с. 654 и сл., 682 и сл. Может быть, сюда же должны быть отнесены жилы Нагольного кряжа.

² *И. Стрижов*, 1899 (1), № 19; 1902 (1), с. 166. Такой галенит издавна служил предметом кустарной разработки. См. *Reineggs (Ehlich)*, 1797, с. 141.

³ *Fuchs et De Launay*, 1893, с. 652 и сл.

⁴ О действии органических веществ см. *Jenney*, 1903, с. 445.

⁵ *Leonhard*, 1876, с. 50.

⁶ *Leuze*, 1892, с. 21.

⁷ Например, *Ledoux* – см. *De Launay*, 1905, с. 613.

отлагается постоянно под влиянием циркуляции поверхностных вод; на это указывают некоторые наблюдения над парагенезисом галенита в Альстон-Муре в Кумберленде¹.

В тесной связи с такими детритовыми месторождениями галенита находятся его месторождения в каменноугольных и бурогоугольных залежах. Здесь нельзя рассматривать галенит как жильный минерал, по крайней мере в некоторых случаях. Так, например, в лигнитах Кошентина он встречается в виде налета на стволах деревьев, в каменноугольных копях он наблюдается иногда в виде включений в каменном угле. Очень возможно, что галенит здесь связан с какими-то процессами разложения органического вещества, нам ближе не известными².

В песчаниках Тасмании оказался не галенит, а гуасколит³.

185. Галенит в России. Галенит в России встречается в очень многих и разнообразных месторождениях, и только немногие местности центральной Европейской России и отчасти восточной России являются от него свободными. Однако мы мало имеем значительных скоплений свинцового блеска, и нельзя назвать Россию богатой свинцом. Только некоторые месторождения Северного Кавказа и Забайкалья оказались довольно значительными, во всех других разработки имели временное значение и больших запасов свинцовой руды не было обнаружено.

В северной России галенит наблюдался во многих местностях *Архангельской губ.* и одно время, при Анне I (1730–1740), разрабатывалась серебро-свинцовая руда на Медвежьем о. в Кандалакшской губ. Здесь галенит лежит в кальцитовых жилах с кварцем среди гнейсов и диоритов (с флюоритом, сфалеритом, пиритом, халькопиритом и т.д.). Аналогичные жилы наблюдаются на соседних островах – Горелом, Хед-острове, Седловатой Луде, встречаются близ с. Умбы в Наволоках Ройменском и Елокорском и по другую сторону Кандалакшской губы около с. Гридина, Керети и т.д.⁴ На карельском берегу на одной лудке около о. Глова в Палкинской губе в кальцитовой жиле⁵. В *Александровском у.* на западном Мурманском берегу наблюдаются многочисленные кварцевые жилы галенита, халькопирита, сфалерита с пиритом, пирротинном и т.д., иногда с кальцитом, эритрином и аннабергитом в гнейсах на контакте или вблизи с контактом зеленокаменных пород. Эти жилы прослежены на 40 км (в 11 местах) от Фильманской бухты до Печенгского монастыря. Наиболее значительное – около Базарной губы, но галенит находится и здесь, как во всех других месторождениях, в виде вкраплений⁶. В *Печорском у.* – в истоках р. Сулы⁷. Указан около Серебрянской бухты на *Новой Земле* (может быть, случайный кусок)⁸.

¹ Wallace, 1861.

² См. обзор месторождений этого типа у Loretz, 1863, с. 674. По Лоретцу, галенит – наиболее часто наблюдаемое сернистое соединение в углях после марказита и пирита.

³ Petterd, 1896, с. 51.

⁴ Шорокишин, 1835, с. 423 и сл. Ср. Георги, 1798, с. 418.

⁵ Федоров, 1905, с. 122.

⁶ Подгаецкий, 1891, с. 93 и сл. Ср. Киль, 1873, с. 312 и сл. Попович, 1911, с. 583 и сл. Болховитинова, 1915.

⁷ Энгельгардт, 1897, с. 217.

⁸ Свенске, 1867, с. 18. «Сын Отечества», 1818, № 45.

В *Астраханской губ.* галенит наблюдался в триасовых песчаниках в Богдо¹.

В *Вологодской губ.*, в *Устьсысольском у.* галенит известен по р. Ильчу².

В *Области Войска Донского*, в *Таганрогском отделе* наблюдаются многочисленные кварцевые жильные месторождения галенита в области Нагольного кряжа (Есауловка, Нагольчик, Бобриково, Нагольная и др.); галенит нередко встречается в прекрасных кристаллах [в облике кристаллов формы (100) и (111)], обычно сопровождается сфалеритом³.

В *Екатеринославской⁴ губ.* – на границе с Донской обл. у Христофоровки на р. Крепенькой⁵ – в песчаниках?; глазки свинцового блеска наблюдались в пермских доломитах, в Государевом Буераке, около ст. Никитовки⁶; кустарно разрабатывался по Миусу⁷ (может быть, Донской обл.?). В *Верхнеднепровском у.*, на нравом берегу Саксагани, около ст. Вечерний Кут, в каменоломне – мелкие включения в кварцевых жилах, в сланцах⁸.

В *Лифляндской губ.* в *Венденском у.* около Штокмансгофа (небольшими включениями), Копенгаузена и т.п.⁹ В *Перновском у.* в Пиллистферском приходе около Вольмарсгофа, где его пытались разрабатывать при шведах и в XVIII столетии¹⁰. В *Феллинском у.* – небольшими гнездами в верхнесилурийском доломите (Н') около мызы Арросари, Кулла-саари, с. Лесгофе¹¹.

В *Новгородской губ.* (?), в Валдайских горах указан на Мсте¹².

В *Олонецкой губ.*, в *Олонецком у.*, галенит указан на северо-восточном берегу Ладожского озера около Ягонвары (среди сланцев и гранита)¹³, Илласарги (среди диоритов)¹³, на р. Кале – инфильтрации среди гнейсов¹⁴. В *Петрозаводском у.* галенит встречается с медными рудами около озер Кончозера, Пертозера и Мукозера¹⁵. В *Повенецком у.* галенит указан близ дер. Сандалы¹⁶, в Чальском руднике около дер. Чальской¹⁷. В районе Мегозера в Лебедевой горе галенит образует включения в кварцевой жиле среди гранититов¹⁸, у дер. Кой-

¹ Коллекция Московского университета. Ср. *Ауэрбах*, 1871, с. 38.

² Коллекция Академии наук.

³ Впервые открыты в конце XVIII столетия Ильиным. В литературе впервые указан *Ковалевским* (1872, № 2 и № 7). См. *Я. Самойлов*, 1906, с. 96 и сл. Ср. *Ковалевский*, 1829, с. 300 и сл.

⁴ См. указания для *Мариупольского у.*, около Волновахи, в кварце. *Иваницкий*, 1833, с. 62. Определение требует проверки.

⁵ Коллекция Московского университета. Ср. *Ауэрбах*, 1871.

⁶ По указанию *Я. Самойлова*, 1904 г. Ср. *Я. Самойлов*, 1906, с. 110.

⁷ *Сырохватов*, 1828, с. 17. *Мейендорф*, 1849, с. 182.

⁸ Коллекция Академии наук – Коллекция Фааса, 1907.

⁹ Горн. журнал, 1828, с. 3 и сл. (донесения Осипова и Эллерса). Анализы и другие месторождения см. Горн. журнал, 1855, с. 506. (Закljučают следы и знаки *серебра*). *Зек*, 1857, с. 33 и сл. (Феллинский у.). *Ф. Шмидт*, 1902, с. 320. *Вансович*, 1827, с. 47. Ср. *J. Fischer*, 1778, с. 343.

¹⁰ *J. Fischer*, 1784, с. 180–181; 1778, с. 342.

¹¹ См. сноску 4.

¹² *Георги*, 1798, с. 418.

¹³ Обзор полезных ископаемых. СПб., 1882, с. 162. *Севергин* (1807, с. 322) указывает нахождение галенита около оз. Сундавы.

¹⁴ *Миклухо-Маклай*, 1897, с. 239.

¹⁵ *Комаров*, 1842, с. 204.

¹⁶ С халькопиритом, пиритом и т.д. в кварце – *Ренованц*, 1787, с. 147.

¹⁷ *Севергин*, 1809, с. 29.

¹⁸ *Борисов*, 1910, с. 77.

кары он встречен с халькопиритом (см.)¹. В Тихвиноборской волости у устья р. Ньюгамки (впадает в р. Пашу), в Мядусельгской волости².

В *Подольской губ.*, в *Ушицком у.*, на Днестре и по р. Ушице – в верхнесилурийских слоях внутри конкреций фосфорита (например, около с. Михалкова)³. В валовой пробе фосфорита по анализу Гельма⁴ содержится 0,2% Рb. Галенит выделяется здесь нередко в прекрасных друзах в центре лучистых конкреций фосфорита. Он находится также в кварцитовых песчаниках около Могилева Подольского.

Многочисленны месторождения галенита в *Польше*⁵. Здесь были значительные его разработки, начиная с XII или XIII столетия. В середине XVII столетия эти разработки стали падать и в начале XIX вновь начались в тесной связи с разработкой цинковых руд – галмея, который раньше отбрасывался рудокопами и шел в отвалы. Здесь галенит находится в тесной связи с цинковыми рудами. Галенит дает неправильные жилы и включения в триасовых слоях (раковистом известняке) и является продолжением силезских месторождений. В *Келецкой губ.* он находится на Оловянке (около Медзянки), в Заводе, Болеховице и Радковице около Хенцин⁶, в Корчувке и Дальней Гуре, Горне⁷ около Келец, Коневки около Невохлува, около Хелмце, Яворусна⁸ и т.д. Жилы чрезвычайно изменчивы по мощности и размерам, имеют брекчиевидный характер, заполняя обломки разрушенной окружающей породы. Главные его месторождения находятся около Олькуша⁹; прежде разрабатывался главным образом PbS: Славкова (Козья Гора), рудники Леонид, Анна, Болеслава¹⁰. Здесь – в связи с цинковой обманкой. Находится в Медзяной Гуре¹¹. В Стрыжовице – в каменном угле¹². Галенит разрабатывался в руднике Екатерина, между Замбковом и Трубнетовицами, около Бендзин и т.д. Около с. Кронжек¹³ встречается редко (шахта Гаспар, рудник Улисс). Почти везде здесь галенит является более поздним образованием, чем ZnCO₃, и, вероятно, вторичным продуктом (по К.И. Богдановичу, странным образом, из PbSO₄). Обогащение галенитом является, по мнению К.И. Богдановича, результатом цементации⁸. Можно сказать, что условия его нахождения неясны.

В *Таврической губ.* (Крым) есть указания на нахождение его следов¹⁴. Указан в Бердянском у.¹⁵

¹ Борисов, 1910, с. 77–78 – по коллекции Губернск. ест.-ист. музея в Петрозаводске. (Каталог составлен Шелюковым).

² См. *Борисак*, 1862. *Alih*, 1868. *Мельников*, 1884, с. 207.

³ *O. Helm*, 1885, с. 242. Гельм считает эти фосфориты волынскими.

⁴ Московский университет. Доставлен А.В. Поггенполем (1904 г.) – имение Карпова.

⁵ О них см. *Carosi*, 1781, с. 21, 38, 67 и др. *Staszic*, 1805, с. 59 и сл. К у н, 1829, с. 225. (Медзяная Гора). *Bloedde*, 1830. *Дмитриев*, 1831, с. 48–49 и сл. *Pusch*, 1831, 1836. *Tschermak*. 1900, с. 380, 660 и сл.

⁶ *Carosi*, 1781, с. 67.

⁷ *Carosi*, 1871, с. 38 – изменяется в «черную свинцовую землю», с гипсом.

⁸ *Carosi*, 1781, с. 68.

⁹ *Carosi*, 1781, с. 196. *К. Богданович*, 1907, с. 66.

¹⁰ *Богданович*, 1907, с. 62 и сл.

¹¹ *Carosi*, 1781, с. 21 – переходит в церуссит.

¹² *Loretz*, 1863, с. 674.

¹³ *Богданович*, 1907, с. 60–61; 80 и сл.

¹⁴ *Георги*, 1797, с. 418 – во многих местах, со слов Гильденштедта. *Севергин* (1807) указывает галенит «в Таврийских горах».

¹⁵ *В. Соколов*, 1911 (1), с. 5. (Месторождение не указано).

В Харьковской губ., в Изюмском у., у Царевоборисовки на Осколе – конкреции и прослойки (иногда плохо выраженные кристаллы) в сильно песчаном мергеле¹.

В Херсонской губ., около Ольвиополя, на берегу Буга – прожилки в разрушенной породе².

В Эстляндской губ., около Удриас, Нарвекого у. – включения мелких пластинчатых кристаллов галенита в доломитовых конкрециях в силурийских слоях³.

186. На Урале (ср. также сфалерит, § 221) – главным образом на среднем и северном – галенит наблюдается во многих местах, но нигде не образует значительных скоплений. Очень редко наблюдался он в количествах, заслуживающих разработки.

Главная масса его находится в кварцевых жилах, главным образом с медными рудами, иногда с золотом. В Среднем Урале, в Чердынском у. по Вишере (см. золото, т. I, § 153)⁴; в южной части Богословского окр. (Приозерные разведки)⁵.

В Верхотурском у., в Алапаевском окр. галенит известен в Николаевском руднике и был встречен в старинной разведке на медь около Кушвинского завода⁶.

В Нижне-Тагильском окр. кварцевые жилы с галенитом в тальковом и хлоритовом сланце⁷ наблюдались по Тагилу: рудники – Павловский (бедный, с золотом), Анатолевский (скопления до 1,3 т с золотом, со сфалеритом, халькопиритом и др.), Уткинский на р. Утке (со сфалеритом, золотом и др.)⁸, на Вертовой горе на р. Тагиле (со сфалеритом) и т.д.⁹

В Верх-Исетском окр., в Верхнетагильской даче – в контактовых кварцевых жилах, связанных с березитами, на горах Дедюхиной, Березовой, Якушиной¹⁰, «Sawlina» около Исети¹¹.

В Екатеринбургском, окр. – в золотоносных кварцевых жилах контактового характера с золотом около Березовска и в его окрестностях (т. I, § 153)¹². Аналогичное месторождение находится на Мурзинской площадке в Благодатных рудниках. Он всюду здесь встречается с медными соединениями (блеклой рудой, халькопиритом и т.д.)¹³. В начале XVIII столетия (при Де Геннине)

¹ А. Карпинский (1881) указывает, что галенит залегает здесь в известняках. Странным образом А.А. Борисяк в описании обнажений совершенно об этом не упоминает (Борисяк, 1905, с. 206).

² Московский университет. Доставлены в 1900 г. Е.Д. Ревуцкой.

³ Московский университет. Доставлены в 1897 г. В.И. Вернадским.

⁴ [§ 186 в первом издании].

⁵ Данилов, 1866, с. 87.

⁶ Гмелин, 1752 (2), с. 431.

⁷ Колтовской, 1839, с. 428 и сл.

⁸ Бутенев, 1834, с. 441 и сл.; богат Ag.

⁹ Rose, 1837, с. 321–322.

¹⁰ А. Зайцев, 1887, с. 138. В. Никитин, 1907, с. 153–154.

¹¹ И. Герман, 1789 (1), с. 362.

¹² [§ 186 в первом издании]. Rose, 1837, с. 203. Ср. Чупин, 1862, с. 103.

¹³ А. Карпинский, 1881, с. 21 и сл. Окладных, 1868, с. 379. Он очень богат серебром и золотом (до 0,00038% Ag + Au, причем Ag ⁴/₅ всего количества); см. Авдеев, 1858. В. Никитин, 1907, с. 225 и сл.

его одно время добывали для серебра около дер. Подволошной, в 75 км от Екатеринбурга¹.

В старинном Смолинском руднике² на Нижней Исети, близ Старо-Мостовского прииска³, близ ст. Уфалея в верховьях Суховязя⁴, на горе Осиновой в *Уфалейском окр.*⁵, близ Баевки у р. Багаряка – с вольфрамитом, флюоритом и т.д., богатый серебром⁶, в Соймоновском медном руднике в *Кыштымском окр.*⁷.

В Южном Урале в *Оренбургской губ.*, в *Троицком у.*, в заброшенном старинном Кукишинском руднике, около истоков р. Уя (с блеклой рудой и окисленными медными рудами)⁸; в *Миасском окр.* в Царево-Александровской дистанции, во Владимирском золотом месторождении – в кварцевых жилах⁹, также на р. Уе около дер. Тунгатаровой¹⁰. По течению р. Урала в Майльпурских рудниках – в роговиках¹¹. В руднике Карагаш-Тюбе около оз. Ургуна. Около Спасского золотого прииска по Санарке и Еленинского по Каменке¹². В *Верхнеуральском у.*, около Балбука, в золотых жилах Кумачинских гор¹³. В хребте Булыт-Тау¹⁴. В различных местах северо-восточной части Качкарской золотоносной системы вблизи р. Черной – в рудниках Поляковском, Преображенском и т.д.¹⁵ В *Омском у.* в Антоновском прииске около Кваркенской станицы – в кварцевых жилах с золотом¹⁶. Около дер. Мамбетовой – богатый серебром, в баритовой жиле. В Мрясовском руднике – с халькопиритом¹⁷. В Преображенском руднике найдены следы старинных работ на медь¹⁸; указан в Таналыкском прииске¹⁹.

Несколько в стороне должны быть поставлены месторождения галенита в медных месторождениях Богословского горного окр., где галенит тесно связан с цинковой обманкой; он встречается как в жилах, так и в трещинах авгито-гранатовых пород, в незначительных количествах. Он, может быть, произошел здесь в связи с последними стадиями застывания магм, как продукт подземных фумарольных процессов²⁰.

¹ *Де Геннин*, 1828 (1), с. 124 («свинцовая руда» с серебром в кварце).

² *И. Герман*, 1789 (1), с. 189.

³ *Окладных*, 1868, с. 381.

⁴ *Морозевич*, 1897, с. 116.

⁵ *Малахов*, 1879.

⁶ *Данилов*, 1866, с. 87.

⁷ *Малахов*, 1879.

⁸ *Паллас*, 1773, с. 107–110. *Лепехин*, 1802, с. 168. *Редикорцев*, 1868, с. 373.

⁹ *К. Кулибин*, 1887, с. 198.

¹⁰ *Еремеев*, 1887, с. 273.

¹¹ *Лепехин*, 1802, с. 161; 164.

¹² *Барбот де Марни*, 1857, с. 520.

¹³ *И. Мушкетов*, 1877, с. 314.

¹⁴ *Лепехин*, 1802, с. 170.

¹⁵ *И. Мушкетов*, 1878 (2), с. 217 и сл. Ср. *Еремеев*, 1887, с. 273. *Н. Высоцкий*, 1900, с. 64 (богат Аг). Ср. еще указания у *А. Карпинского*, 1881, с. 23.

¹⁶ Доставлен В.В. Аршиновым в 1905 г.

¹⁷ Ср. еще указания у *А. Карпинского*, 1881, с. 17.

¹⁸ *Меглицкий и Антипов*, 1858, с. 134 и сл.

¹⁹ *Штукенберг*, 1898 (2), с. 5.

²⁰ *Федоров и Никитин*, 1901 (2), с. 40. Ср. о галените оттуда – *Бегер*, 1826, с. 55.

Гораздо реже он наблюдается на Урале в связи с вторичными процессами, идущими в осадочных породах; таковы его вкрапления в известняках около Саткинского рудника (недалеко от Кувашей)¹. В девонских кварцевых известняках близ Порошной по р. Вильве, притоку р. Чусовой². В каменноугольной системе в желваках сферосидерита в Каменской даче, по р. Пышме около с. Сухоложского [формы (100) · (111)]³, с цинковой обманкой в Егоршинском каменноугольном месторождении³. Может быть, в связи с марганцовыми рудами Сопальского рудника около Нижнего Тагила⁴. Гнезда и прожилки в известняке около Старого Санарского рудника на Теплом ключе⁵. Здесь галенит с медью и малахитом был встречен в верхних разрезах глинисто-железистой породы⁶. В связи с осадочными процессами может быть нахождение его гнезд в месторождениях лимонита Южного Урала (в Златоустовском окр. Уфимской губ.)⁷. Тяжелый и Верхне-Буланский рудники на горе Иркускан⁸, Ивановский рудник⁹, около дер. Кувашей¹⁰. Наконец, он нередок в россыпях, например – по рекам Каменке и Санарке в Южном Урале¹¹.

187. Многочисленные и важные месторождения *свинцового блеска* наблюдаются на *Кавказе*¹². Кроме указанных раньше, в § 179, месторождений *Терской* и *Кубанской обл.*¹³, можно отметить:

В *Батумской обл.*¹⁴, в *Артвинском окр.*¹⁵, близ Артвина на горе Куапт наблюдается галенит вместе со сфалеритом и пиритом в кварцевой жиле в вулканических туфах¹⁶. Тонкая жила кварца с галенитом, сфалеритом и халькопиритом известна по р. Бадзгирети (правого притока Имерхеви)¹⁷. Близ вершины горы Пугнар, вблизи сел. Дзансуль наблюдается жила галенита¹⁸. В *Батумском окр.*¹⁹ около сел. Эни-Маала наблюдаются вкрапленники галенита в песчаниках²⁰.

В *Кубанской обл.*, сверх раньше указанного Карачаевского месторождения *Баталпашинского отдела*²¹, галенит еще наблюдался в *Майкопском отделе*,

¹ Версилов, 1837, с. 198.

² Гельм, 1820, с. 71 и сл. *Краснопольский*, 1889 (2), с. 251.

³ Гебауер, 1889, с. 355. *Гебауер* и *Брусницын*, 1908, с. 208.

⁴ Доставлен в Московский университет экскурсией моей, В. Соколова и А. Шклярковского в 1896 г.

⁵ *Барбот де Марни*, 1857, с. 520.

⁶ *И. Герман*, 1789 (1), с. 113. *Паллас*, 1786, с. 138 и сл.

⁷ *И. Мушкетов*, 1878 (2), с. 209.

⁸ *П. Антипов*, 1860, с. 38.

⁹ *Редикорцев*, 1868, с. 378. *И. Мушкетов*, 1878 (2), с. 188–189.

¹⁰ *Паллас*, 1786, с. 91.

¹¹ *Романовский*, 1868 (3), с. 287.

¹² Перечисление месторождений см. у *Меллера* и *Денисова*, 1900, с. 1–35.

¹³ О других месторождениях *Баталпашинского отдела* см. *Меллер* и *Денисов*, 1900, с. 2–3. Кварцевые жилы нередко переходят в баритовые с галенинитом.

¹⁴ *Г. Смирнов*, 1905, с. 211.

¹⁵ Другие указания у *Меллера* и *Денисова*, 1900, с. 16–17.

¹⁶ *Н. Лебедев*, 1898, с. 108.

¹⁷ *Бацевич*, 1887, с. 120.

¹⁸ *Бацевич*, 1887, с. 103.

¹⁹ Ср. *Меллер* и *Денисов*, 1900, с. 17–20 (жила у с. Верхнего Марадиди).

²⁰ Ср. *Меллер* и *Денисов*, 1900, с. 18 (указание Покорского-Журавко).

²¹ О других месторождениях *Баталпашинского отдела* см. *Меллер* и *Денисов*, 1900, с. 2–3; кварцевые жилы нередко переходят в баритовые с галенинитом.

также на границе с *Черноморской губ.* около истоков Малой Лабы, у перевала Аишхо, в трещинах диабазов с кварцем, пиритом, цинковой обманкой, халькопиритом и т.д.¹ В *Терской обл.*, в *Нальчикском окр.* по р. Гижгит (притоку р. Баксан) – гнезда в юрских песчаниках и сланцах и на соприкасающихся с ними сланцах, тальковых и серицитовых²; по р. Мушт (притоку р. Хасаут) в баритовых жилах, в кристаллических сланцах³, по р. Тызылсу и др. В кварцевых жилах – в гранитах и кристаллических сланцах, со сфалеритом, халькопиритом, пиритом⁴, в *Сунженском отделе*⁵, в *Грозненском окр.* (кварцевые жилы)⁶. Многочисленны и довольно разнообразны его месторождения во *Владикавказском окр.* Здесь известно до 100 различных месторождений галенита, большей частью в связи с цинковой обманкой, пиритом, пирротином и пр.⁷ Свинцовый блеск здесь находится в кварцевых жилах в глинистом сланце, банатите (например, около Згиды) и т.д. Кое-где наблюдаются прямые включения его и цинковой обманки в хлоритовых банатитах (около Нузала и др.), вероятно, вторичного происхождения. Руды наблюдались в ущельях: Даргавском⁸, Куртатинском⁹, Ардонском⁸, Урухском и его отрогах. Мощность жил колеблется. Падение крутое, простирание СВ–ЮЗ (т.е. перпендикулярно протяжению Кавказского хр.). Серебра 4–14 г (иногда до 34 г на горе Донисар). Кристаллы редки – формы (100) · (111) (Донисар)⁸. Благонадежность этого гранитного поля не может считаться выясненной.

В *Дагестанской обл.* В *Андиийском, Самурском, Кюринском*¹⁰ окр. (жилы).

В *Черноморской губ.* В *Сочинском отделе*¹⁰.

В *Кутаисской губ.*¹¹ в *Сухумском окр.*, гора Дзышра – гнезда галенита в юрских известняках со сфалеритом, пиритом, горной смолой¹², горы Ахызда-Акара (Ахызда-Куара) и Хицмыаху – кальцитовые жилы в диабазе с медными рудами¹³ в юрских туфах вблизи известняков по р. Окуму¹⁴. В *Лечхумском у.* по р. Ингуру кварцевые жилы, около 0,26% Ag, и баритовые жилы¹⁵; в *Кутаисском у.* В сел. Дзумциси гнезда в юрском песчанике с халькопиритом¹⁶, в *Озургетском у.* галенит в андезите известен около сел. Вакис-Джвари. В *Рачинском у.* гнезда галенита в юрских песчаниках¹⁶; в *Шаропанском у.* жилы

¹ М. Сергеев, 1902, с. 149.

² По указанию Ф. Унгерн-Штернберга; см. Меллер и Денисов, 1900, с. 4.

³ По указанию А. Карпинского. Там же.

⁴ Абих, 1874 (1), с. 327.

⁵ Эйхфельд, 1827, с. 50.

⁶ Перечисление месторождений у Меллера и Денисова, 1900, с. 11 и сл. Ср. Богданович, 1902, с. 102. М. Сергеев, 1901, № 2.

⁷ Их перечисление см. Меллер и Денисов, 1900, с. 5 и сл. И. Стрижов, 1902 (1), с. 158 и сл. О породах – Ф. Левинсон-Лессинг, 1904, стр. 6 и сл.

⁸ И. Стрижов, 1902 (1), с. 166 и сл.

⁹ И. Стрижов, 1902 (2), с. 107.

¹⁰ Перечисление месторождений у Меллера и Денисова, с. 11 и сл. Богданович, 1902, с. 102. М. Сергеев, 1901.

¹¹ Г. Смирнов, 1905, с. 196. Шостак, 1903, с. 37.

¹² Эйхфельд, 1827, с. 53 и Акты Кавк. археогр. ком., 1878, VI, 1, с. 1491. Давыдов, 1888, № 7.

¹³ Меллер и Денисов, 1900, с. 14 – по указанию Чулукидзе. С. Сорокин, 1877, с. 82–83.

¹⁴ Константинов, 1917 (1), с. 89.

¹⁵ Меллер и Денисов, 1900, с. 20. Ср. Воскобойников, 1826, с. 58–59. Симонович, 1877, с. 42.

¹⁶ По сообщению Симоновича – Меллер и Денисов, 190, с. 21.

в граните у сел. Марелиси, прожилки и включения в юрских песчаниках в Чальской даче¹.

В *Тифлисской губ.* В *Горийском у.* около сел. Дзагина на р. Ожорис-Цхали – гнезда галенита в мелафире², в высотах Ксилиси – гнезда в эоценовых брекчиях и песчаниках³; в *Душетском у.* около Курос-Цвери⁴ – кварцевые жилы в глинистых и аспидных сланцах по р. Шатильскому Аргуноу и в Панкисском ущелье⁵. Плохие кристаллы наблюдались в верховьях Аргуна, близ дер. Шунды.

В *Телавском у.* галенит и цинковая обманка встречаются иногда в кварцевых жилах среди сланцев с халькопиритом и пиритом в Пшавельской даче около Дида-Сахади и т.д.⁶ Также по р. Стори – в кварцевых и кальцитовых жилах с пиритом и медными рудами⁷; в *Борчалинском у.* около урочища Дамблуд⁸ – в кварцевых прожилках с медными рудами в связи с диоритовым порфиритом⁹. В *Шулаверском у.* – в кварцевых прожилках в слюдяном сланце по р. Пиназауру (притоку р. Машавери)¹⁰.

В *Закатальском окр.* галенит наблюдается около сел. Белокан – в кварцевых жилах с халькопиритом и пиритом, по р. Мухах-Чаю около Адамтахты – вкрапления в песчаниках с пиритом и арсенопиритом¹¹.

В *Елисаветпольской губ.* В *Казахском*¹², *Зангезурском уу.* (около Кюрдыкента и др.) – кварцевые жилы с галенитом¹³. В небольшом количестве по Охчи-Чаю в Катар-Кавартском месторождении халькопирита. Вблизи сел. Аткиз в месторождении халькопирита (в кварцевой жиле в полевошпатовых породах) галенит встречен кусками до 6 кг.¹⁴ Указан также в *Шушинском, Джеванширском и Нухинском у.*¹⁵ В *Елисаветпольском у.* в Кедабекском руднике галенит встречался в баритовых жилах с халькопиритом¹⁶.

В *Карсской обл., в Карсском окр.* – в актинолите и кварце в кристаллических сланцах около сел. Мечетли по р. Кёклик¹⁷.

В *Эриванской губ.* галенит известен в уу. *Новобаязетском, Нахичеванском.* В *Шаруро-Даралагезском у.* он известен около сел. Яйджи в баритовой жиле в палеозойских известняках¹⁸, около сел. Гюмюшхана – с желтой цин-

¹ Сорокин и Симонович, 1879–1882. Симонович, 1900, с. 6.

² Симонович, 1892, с. 380–381.

³ По сообщению Симоновича – Меллер и Денисов, 1900, с. 23.

⁴ Эйхфельд, 1827, с. 49.

⁵ Воскобойников, 1827, с. 88 и Акты Кавк. археогр. ком., 1878, т. VI, с. 158, т. VII, с. 70. Гаврилов, Симонович, 1895, сер. II, кн. 5. Меллер и Денисов, 1900, с. 24.

⁶ Марголюс, 1905, с. 136 и сл.

⁷ Гаврилов и Симонович, 1895, сер. II, кн. 9.

⁸ Литевский, 1873, с. 75–76. Меллер и Денисов, 1900, с. 27–28.

⁹ Другие месторождения уезда у Меллера и Денисова, 1900, с. 27–29, 62.

¹⁰ Цулукидзе, 1887, с. 46.

¹¹ Симонович, 1896, сер. II, кн. 10.

¹² Г. Смирнов, 1905, с. 222.

¹³ Меллер и Денисов, 1900, с. 30–33.

¹⁴ Константинов, 1917 (1), с. 89.

¹⁵ Меллер и Денисов, 1900, с. 30–33.

¹⁶ А. Варенцов, 1887, с. 400.

¹⁷ Меллер и Денисов, 1900, с. 34–35 (по сообщению Н. Барбот де Марни); 33–34.

¹⁸ Абиш, 1858, с. 82.

ковой обманкой в кварцевой жиле в фельзитовом порфире¹. В местности Гюмушлуг, около сел. Яйджи, в 15 км от ст. Нурашен (по Арпачаю), в баритовых и кальцитовых жилах наблюдаются кристаллы и большие включения галенита². Других сернистых соединений нет. Жилы лежат в палеозойских и мезозойских известняках. Когда-то разрабатывались³.

188. Сибирь (особенно *Забайкалье* и *Алтай*) – является довольно богатой галенитом, но, кроме Забайкалья и Алтая, эти месторождения мало изучены и слабо отмечены в литературе.

В *Амурской обл.*, в бассейне р. Селемджи, галенит встречен по р. Эльге в кварцевых жилах с золотом (см. т. I, § 166)⁴. В золотоносных кварцевых жилах на склонах Джалиндинского Гольца⁵.

В *Томской губ.*, в *Томском у.*, в *Нарымском крае* в отрогах хр. Холзун между реками Березовками и Солоновкой, в южной части, в кварцевых жилах галенит богат Ag.⁶ В *Мариинском окр.* В кварцевых золотоносных жилах по р. Кундустуюлю, около Пикетовой горы⁷, в бассейне р. Кии (Дмитриевский рудник)⁸, Малого Берикуля (Гавриловский рудник).

Главные месторождения находятся, однако, в Алтайском хребте⁹. Здесь известно более 3000 серебро-свинцовых месторождений, из которых серьезно разрабатывались едва 30. В старинных разработках галенит встречался относительно часто, например в Старом Воскресенском руднике, давшем впервые серебро в начале XVIII столетия¹⁰. В Змеевой горе, около Змеиногорска, он наблюдался в верхних частях месторождений отдельными выделениями в трещинах и жилах, ниже – главным образом в барите. Галенит наблюдался и в других рудниках – Черепановском, Локтевском (в кварце), Пихтовском (со светлой цинковой обманкой), Клеопинском, Чагырском (со значительным количеством мышьяка)¹¹, Риддерском¹², Крюковском, Заводинском, Зыряновском, Сокольном, Таловском, Юркинском¹³, Петровском¹⁴, нередко в Верхне-Лазурском, Николаевском и т.д. В Чудацком руднике селенистый галенит¹⁵. Нигде здесь галенит почти не наблюдался в кристаллах¹⁶, всегда зернистый, иногда только в форме плотного свинчака (Семеновский рудник)¹⁷; нередко в тесной смеси со сфалеритом (Таловский и Зыряновский рудники)¹⁸. Он сильно

¹ *Воскобойников*, 1830, с. 332–333.

² *Абих*, 1858, с. 82.

³ *Г. Смирнов*, 1910, с. 219. По указанию Устиновича.

⁴ [§ 199 в первом издании].

⁵ *М. Иванов*, 1904, с. 114.

⁶ *Порецкий*, 1847, с. 78.

⁷ *Гудовищков*, 1895, с. 198.

⁸ *А. Зайцев*, 1893 (1), с. 149; 170.

⁹ *Ренованц*, 1788, с. 89 и сл., 237 и сл. *И. Герман*, 1801. *Rose*, 1837, с. 541. *Cotta*, 1872, с. 263.

Щуровский, 1846, с. 184. *Реутовский*, 1905 (1), с. 188 и сл. – содержит Ag и Au.

¹⁰ *Георги*, 1798, с. 419 в «Kolophonienblende».

¹¹ *Ренованц*, 1788, с. 255.

¹² Только для Риддерского *Шангин* (1808, с. 70) указывает форму (100).

¹³ *Бояршинов*, 1845, с. 28.

¹⁴ *Шангин*, 1808, с. 28; 37; 60.

¹⁵ *Пилипенко*, 1906, с. 12.

¹⁶ Только для Риддерского *Шангин* (1808, с. 70) указывает форму (100).

¹⁷ *Севергин*, 1807, с. 323. *Ренованц*, 1788, с. 206.

¹⁸ По указанию П. Пилипенко – в нижних горизонтах. *Богданов* (1882, с. 396 и сл.) не упоминает.

изменен и дал начало разнообразным свинцовым минералам (главным образом церусситу) и частью самородному серебру. Он находится в тесной связи с медными рудами. В других местах Алтайского окр. галенит наблюдался также нередко при разведках, например в кварцевых жилах (иногда с баритом) в Тигерецких белках, в Смолинском и Диковском приисках¹. Известен в разных местах Салаирского хребта, в *Кузнецком у.* В руднике Салаирском², Успенском на р. Ирто³, Толсточихинском, около Гурьевского завода⁴, а также в системе р. Кондомы⁴. В области Ануйского Белка – бедные кварцевые жилы в гранитах (рр. Щепетыи Холостух)⁵. В кварцевых жилах по р. Безымянке (притоку р. Большого Кызаса)⁶.

Гораздо важнее выделение галенита в *Забайкальской обл.*, в восточной части *Нерчинского горного округа*⁷, где известно больше 500 его месторождений, которые можно свести к 40–50 группам⁸. Русские разработки начались еще в начале XVIII столетия при Петре I, но руды эти разрабатывались много раньше неизвестным народом (может быть, ольхонскими тюрками?) и о бывших там разработках забыли в середине XVII столетия⁹. Из русских рудников в окрестностях Нерчинского завода галенит добывался и разрабатывался¹⁰ в рудниках: Зерентуйском, Кадаинском*¹¹, Смирновском*, Алгачинском*, Акаатуевском*, Мальцевском*, Арбуканском*, Кличкинском¹², Зоргоконском, Покровском, Явленном, Ивановском, Крестовоздвиженском, Ильдиканском, Тайнинском, Култуминском (иногда покрыт кристаллами азурита)¹³, Базановском, Грищево-Коперском; в Петропавловском (содержит Со)¹⁴, Кильчинском (кубы)¹⁵ и т.д.

Здесь галенит, нередко в тесной связи со сфалеритом, наблюдался в весьма различных парагенетических условиях. 1) В порфирите, или в тесной связи с ним, в прорезающих его кварцевых и кальцитовых жилах около Александр-

¹ *Влангали*, 1849, II, с. 280. Ср. также *Горн. журн.*, 1838, II, с. 165 и сл. *Богданов*, 1882, ст. 380 и сл.

² *Шангин*, 1808, с. 79.

³ *В. Реутовский*, 1905 (1), с. 218–219.

⁴ В линзах кварца в порфире см. *А. Зайцев*, 1903, с. 93.

⁵ *Горн. журн.*, 1844, III, с. 264.

⁶ *Ячевский*, 1909, с. 26.

⁷ См. общий обзор: *А. Озерский*, 1867, с. 19 и сл. *Aperçu des explor. geol. et min. le long de Transsibérien*, 1900, с. 162. *Реутовский*, 1905 (1), с. 223 и сл. Старинные описания (*Карамышев*), 1783, с. 223, 245 и сл. *Георги*, 1775, с. 256 и сл. *А. Злобин*, 1823 (3), № 7, с. 8 и сл.

⁸ *А. Озерский*, 1867, с. 25 и сл. Обзор месторождений – см. *Реутовский*, 1905 (1), с. 223 и сл. См. любопытную карту связи свинцовых месторождений Забайкалья с оловянно-вольфрамовыми в Матер, общ. и прикл. геол., 32, 1918, с. 105. Аналогично Корнваллису – один магматический источник.

⁹ См. старинные указания и предания у *Геннина*, 1828 (2), с. 91 и сл. В руднике Погодаевском в 1722 г. были найдены две медные гири с надписями на китайском, на манчжурском и на монгольском языках (там же, с. 100).

¹⁰ Звездочкой помечены рудники, работавшие в 1900 г. *Aperçu des explor. geol. et min. etc.*, 1900, с. 163–164.

¹¹ Форма (110). *А. Злобин*, 1823 (2), с. 66.

¹² *Павлуцкий*, 1861, с. 260 и сл.

¹³ *А. Злобин*, 1823 (4), с. 100.

¹⁴ *Мелехин*, 1829, с. 329. Здесь и другие рудники – Газимуро-Воскресенский и т.д., с. 338.

¹⁵ *Neue Nord. Beitrage*, 1783, с. 231, 246.

ровского завода, дер. Мулиной, в урочище Савво-Борзинском, около станицы Красноярова. 2) В трещинах кварцевого порфира в связи с выходами андезита (Газимуро-Базановский рудник и др. на Меркульевской горе, Катаевский прииск с пиритом) или риолита (Зорголконский рудник). 3) На контакте известняка и кварцевого порфира (Зерентуйский, Смирновский, Явленный рудники) или гранита (Кадаинский, Савинский, Мелентьевский, по р. Бырке¹). При этом в трещинах и пустотах известняка идет выпадение галенита и других сернистых металлов в связи с лимонитом, иногда гематитом, кварцем² Кое-где галенит образует конкреции (почки) внутри FeS + PbS, PbS, свинчак, PbCO₃ и снаружи свинцовая охра (Преображенский рудник)³. 4) Жила в известняке, частью заполненная кварцевым порфиром (дайка?) (Акагуевский рудник⁴). 5) В связи с диабазами (около станка Доно). 6) В осадочных породах в связи с пропилитами (Алгачинский рудник). Иногда он при этом образует совершенно правильные гнезда – «мешки» (Степано-Петровское месторождение)⁵. Почти нигде галенит не дает хорошо образованных кристаллов, а представляет главным образом скопление зернистых масс⁶. В долине Ишагинской по р. Аргуни встречен в кварцевых жилах в гнейсе, иногда форма (100)⁷. В западной части Нерчинского окр. месторождения его менее часты, например старинный Мангутский рудник на р. Мангуте, – в фельзите и фельзитовом порфире в системе р. Нарына⁸. Галенит наблюдался в старинном Шилкинском руднике по р. Шилке в известняках (генезис неясен?), в связи с гранитом? В бассейне р. Дарасуна встречен в падах около Узур-Малахая⁹.

В *Нерчинско-Заводском у.*, кроме ранее указанных, по р. Солкокону жила в граните; форма (100) галенита в золотоносной россыпи¹⁰. В *Акишинском у.* по р. Хонгороку – в кварцевых жилах с золотом (т. I, § 165)¹¹.

В *Баргузинском у.* в кварцевых жилах по р. Бумбуйко – среди известняков с кальцитом и пиритом¹². В *Читинском у.*, в Ачинской степи, в Ачинском медном прииске – с халькопиритом, церусситом и т.д.¹³. Как редкость наблюдался в Адун-Челоне¹⁴.

Гораздо менее богаты и менее изучены другие месторождения галенита в Сибири.

В *Енисейской губ.* значительных скоплений его нет. Он наблюдается в *Минусинском и Ачинском окр.* В долине р. Ирбы на горе Свинцовой – на кон-

¹ Реутовский, 1905 (1), с. 239. Ср. Рик, 1829, с. 319–320.

² Геол. исслед. Сибирской ж. д., XVIII, с. 148.

³ Филев, 1835, с. 264.

⁴ Галенит в форме (111) – см. Мелехин, 1829, с. 141.

⁵ А. Озерский, 1867, с. 19. Реутовский, 1905 (1), с. 231.

⁶ Кристаллы в Тайнинском, Ильдиканском и Благодатном рудниках. А. Озерский, 1867, с. 78. Форма (100) в Кильчинском руднике (Neue Nord. Beiträge, 1783, с. 246).

⁷ А. Кулибин, 1829 (1), с. 144.

⁸ Реутовский, 1905 (1), с. 223.

⁹ Вознесенский, 1912, с. 151–152.

¹⁰ Кокшаров, 1850, с. 264.

¹¹ [§ 198 в первом издании].

¹² И. Лопатин, 1895, с. 253.

¹³ А. Злобин, 1823 (4), с. 102.

¹⁴ Bindheim, 1792, с. 43.

такте известняка и фельзита в жиле с баритом и флюоритом¹. Большой частью в кварцевых жилах в Минусинском окр. – среди глинистых сланцев по р. Б. Сейбе², в золотоносных кварцевых жилах Ачинской, Мариинской, Минусинской тайги по р. Тибику (Думный Рудник³), в Андреевском руднике по Саралы-Юсу⁴, в Александровском прииске и т.д. В Южно-Енисейском окр. по рекам Мамону⁵, Енисею в Маклаковской волости – в кварцевых жилах с медными соединениями, сфалеритом в области сланцев⁶ и т.д.⁷.

Далее па севере, в Северной Енисейской тайге, на левом притоке Енашимо (бассейн Подкаменной Тунгуски), по Селивановскому ключу в Александро-Владимирском прииске – в кварцевых жилах с золотом, халькопиритом, пиритом⁸. Еще севернее по *Нижней* Тунгуске, у Острой. Вершины – в кальцитово-железистой жиле со сфалеритом и пиритом⁹. Попадается во многих россыпях¹⁰ по р. Мамону на Спасском прииске, по р. Большой Муromожной на Константино-Еленинском прииске¹¹.

В *Иркутской губ.* известен в немногих местах. На берегу Байкала при Улуктуке¹². В нескольких километрах от Ооска по р. Куде (притоку р. Ангары) в XVIII столетии разрабатывались конкреционные выделения галенита в песчаниках. Галенит содержал 0,03–0,1% Ag.¹³ В разных местах по р. Лене и ее притокам – неясные, большей частью старинные указания¹⁴. Например, около Усть-Орлинска разрабатывался в начале XVIII столетия¹⁵.

В *Якутской обл.*¹⁶ у устья р. Нёра, притока р. Келя (притока Алдана)¹⁷ – кварцевая жила (четковая) в сланцах с пиритом по р. Энгажимо (притоку р. Витима), около р. Илигирь¹⁸. В золотоносных кварцевых жилах бассейна р. Бодайбо¹⁹. В Верхоянском хребте на р. Малый Эндыбах (приток р. Дуролгалака) – в кварцевых жилах с пиритом и гематитом в глинистом сланце, в тесной зависимости от выходов кварцевого порфира²⁰. В кварцевых жилах среди сланцев по р. Кадаликану²¹. На Лене, километров 65 ниже Ботомеи²², против

¹ Яворовский, 1894, с. 277.

² Aperçu des explor. geol. et min. etc. 1900, с. 92. Яворовский, 1894. стр. 277.

³ А. Зайцев, 1901, с. 24.

⁴ А. Зайцев, 1904, с. 5.

⁵ Сев. Почта, 1845, № 221. Версилов, 1851, IV. К. Кулибин, 1865, IV.

⁶ Мевус, 1844, с. 5 и сл.

⁷ Мейстер, 1904, с. 109.

⁸ Ячевский, 1900, с. 15.

⁹ Чекановский, 1896, с. 96–97.

¹⁰ Бремеев, 1887, с. 284.

¹¹ Латкин, 1869, с. 72.

¹² Черский, 1895, с. 160. Реутовский, 1905 (1), с. 220.

¹³ Георги, 1775, с. 39–40.

¹⁴ Реутовский, 1905 (1), с. 220.

¹⁵ Озерский, 1844, с. 82.

¹⁶ Драверт, 1910, с. 6–8.

¹⁷ М. Злобин, 1831, с. 38.

¹⁸ А. Герасимов, 1903, с. 70.

¹⁹ Обручев, 1903, с. 13.

²⁰ Меглицкий, 1851 (1), с. 195; 1850–1851 (2), с. 144. В. Райский. 1863, VI, с. 36.

²¹ А. Герасимов, 1901, с. 15; 1904, с. 127.

²² Врангель, 1841, с. 160.

устья Большой Ботомы, в урочище Кемисхой – гнезда в лимоните¹. Указан галенит и по притокам р. Яны– рекам Мангидея, Яндывыл². Между Анабаром и Оленеком.

В *Приморской обл.*, в *Чукотско-Анадырском крае* известны указания на серебро-свинцовые руды (галенит): к западу от сел. Утын, к северо-западу от сел. Нуукан, к западу от устья р. Мамы, к северу от сел. Паутын, в окрестностях сел. Яккан³. Среди метаморфических известняково- кремнистых сланцев и кристаллических известняков у мыса Сердце- Камень шток пирита, цинковой обманки и серебристого галенита⁴.

В *Южно-Уссурийском крае* галенит разрабатывался на свинец и серебро еще китайцами. Здесь по р. Ванчину (или Ванчин, в *Авакумовском окр.*) гнезда галенита и цинковой обманки встречаются в лимонитах, образующих неправильные «штокверки» и жилы в сиените. Лимонит произошел путем изменения пирита, *когда сохранившегося* и проникающего сиенит. На морском берегу у мыса Столбового у бухты Преображения⁵. На р. Тетюхе, северо-западнее Владимира – с халькопиритом и цинковой обманкой. Серебристый галенит находится в глинистых жилах в гнездах известняка. Разрабатывался на серебро китайцами⁶. По-видимому, есть еще ряд ближе не исследованных и точно не проверенных указаний⁷.

189. В *Степной и Средне-Азиатской России*, в *Киргизской степи* и прилегающих местностях Западной Сибири, многочисленные месторождения сосредоточены в *Семипалатинской обл.* Месторождения эти нигде не дают очень больших скоплений галенита.

В *Тургайской обл.* почки и жилы в слюдяном сланце свинцового блеска и «свинчака» по р. Кара-Тургаю, в отрогах гор Улу, названных Свинцовыми (Кургат-Тау)⁸. В *Актюбинской обл.* есть выходы на границе с Семипалатинской, например в *Кокчетавском у.* около Имантау⁹. Но главные месторождения сосредоточены в *Семипалатинской обл.*, в *уу. Павлодарском* и *Каркаралинском*. В *Павлодарском у.* галенит наблюдался в связи с выходами медных руд; таков Александровский рудник. Галенит в значительной мере окислен¹⁰ (также около Баян-Аула–Ак-Ада). В *Каркаралинском у.*, в Акчетавской волости ряд рудников и заявок в окрестностях Кызыл-Эспе¹¹ – в известняке, небольшие скопления. Иногда галенит встречается в более правильных жилах с пиритом (Крещенское), почти всегда со сфалеритом (например, Гулышад около Балха-

¹ М. Злобин, 1831, с. 29–30.

² Анализ в Иркутской лаборатории. Горн. журн., 1886, IV, с. 273–274. *Боголюбский*, 1876, с. 28.

³ *Оводенко*, 1913, с. 127.

⁴ *И. Иванов*, 1904, с. 114.

⁵ См. *Aperçu des explor. geol. et min. etc.*, 1900, с. 200. *Реутовский*, 1905 (1), с. 251. Тождествен с рудником Тетюхе. О галените там см. *Лопатин*, 1865, с. 124. Анализ см. *Савицкий и Шамарин*, 1883, с. 469.

⁶ *Bordeaux*, 1902, с. 546.

⁷ *Реутовский*, 1905 (1), с. 251–252. Рудник Уан-чан и Ванчин, по-видимому, одно и то же.

⁸ *Левшин*, 1832, с. 174. *Р. Герман*, 1829, с. 319 и сл.

⁹ См. *Aperçu des explor. géol. et min. etc.*, 1900, с. 48.

¹⁰ О них – *Реутовский*, 1905 (1), с. 160–162.

¹¹ Горн. журн., 1892, I, с. 327. *Реутовский*, 1905 (1), с. 163–167 – здесь перечисление отдельных рудников и заявок этой группы.

ша). Другим центром разведок и рудников уезда является Кузю-Адыр¹. Здесь известно несколько месторождений, где галенит находится вместе с халькопиритом, сфалеритом и пиритом (например Михайловское)²; кое-где сернистые тела находятся в самой породе. Наверху они окислены. Аналогичные месторождения известны и в других окрестных местах, например – в 15 км в Джаксы-Джалпак-Нуриной волости (Константиновское месторождение)³ и т.д. Аналогична и Беркаринская волость⁴: кварцевые гнезда и прожилки в фельзитовом порфире с медными и железными соединениями – месторождение Кень-Чоку, Беркара и т.д. В первых разработках встречались с церусситом и охрой, и лишь книзу шла очень тесная и тонкая смесь галенита, сфалерита, кварца (рудник Богословский или Беркаринский)⁵. Кроме того, много заявок и аналогичных мелких рудников сосредоточено в Кентской волости⁶. Все это в общем месторождения того же типа, некоторые, как Ак-Чеку, с гематитом⁷. В Алабуге, Кизылтавской волости – в известняке в нижних слоях. В северо-восточной части хр. Конур-Кульджа в 50 км от Каркаралов – с баритом⁸.

В *Закаспийской обл.*, в Каракалинском приставстве, в горах Кунузун-Даг (урочище Тамкала) – в барите кубы галенита⁹. В *Мангышлакском у.* в горах на восток от Тюб-Карагана¹⁰. В урочище Джаман-Булак на Мангышлаке¹¹.

В *Самаркандской обл.*, в *Самаркандском у.*¹², галенит со следами старых разработок наблюдается в 12 км к юго-западу от с. Гурбек¹³ в известняке на юго-юго-восток от с. Дарай-Магиан¹². В *Ходжентском у.* есть указания на свинцовые руды в волости Уральской¹⁴. В долине Кянд-Сай, около ст. Мурза-Рабат, в горах Карамазар – кварцевые жилы с галенитом, халькопиритом в известняках¹⁵; то же в горе Дарбаза на контакте известняков с диоритом¹⁶. На горе Могол-Тау, в 28 км к северо-востоку от Ходжента – в сиенитах кварцево-баритовая жила галенита, флюорита и т.д.¹⁷

В *Сыр-Дарьинской обл.* известны выходы разнообразных жил галенитов, практическое значение коих неясно¹⁸. В *Ташкентском у.* галенит обычно наблюдается совместно с медными соединениями гнездами в известняках, например – в Таласском Алатау, около Брич-Муллы жилы галенита в известня-

¹ Сводка у *Реутовского*, 1905 (1), с. 167 и сл. *И. Антипов*, 1892, с. 308 и сл.

² *И. Антипов*, 1892, с. 309.

³ *И. Антипов*, 1892, с. 317. О кристаллах из Бостека – *П. Еремеев*, 1896, с. 39.

⁴ Сводка у *Реутовского*, 1905 (1), с. 177 и сл. *И. Антипов*, 1892, с. 319 и сл.

⁵ Горн. журн., 1844, с. 214.

⁶ *Реутовский*, 1905 (1), с. 183 и сл.

⁷ *И. Антипов*, 1892, с. 322; 333.

⁸ *Ковригин*, 1856, с. 220.

⁹ *Маевский*, 1897, с. 89.

¹⁰ *Гмелин*, 1784.

¹¹ *В. Чирвинский*, 1909, с. 179.

¹² *Андреев*, 1912, с. 44.

¹³ *Вебер*, 1913, с. 131.

¹⁴ См. *Андреев*, 1912, с. 40.

¹⁵ *Романовский*, 1875, с. 14–15. С церусситом – см. *Татаринов*, 1867, с. 76. Ср. *И. Мушкетов*, 1906, с. 191, 279. *Томили*, 1912.

¹⁶ *И. Мушкетов*, 1886 (1), с. 349; 1906, с. 282–284. *Романовский*, 1875, с. 14.

¹⁷ *И. Мушкетов*, 1886 (1), с. 350; 1906, с. 282.

¹⁸ Перечисление заявок в уу. Чимкентском, Ташкентском см. *Андреев*, 1912, с. 38.

ках, на р. Кок-Су, притоке р. Чирчика¹, по р. Чакмаку (притоку р. Чаткал)², в 7 км от дороги по Чаткалу, около с. Пскем, около Ходжакента³. В *Чимкентском у.* галенит находится в известняках в верховьях р. Арыси, в горах Койко-Бань-Тау – на юг от с. Корниловки и с. Тулку-Бас⁴. Гнезда галенита известны в известняке в Турлапском проходе, в верховьях р. Темерджи вместе с церусситом. Есть кристаллы галенита⁵.

В *Семиреченской обл.*⁶ известны многочисленные месторождения галенита. Так, известны его находения в *Джаркентском у.* на р. Кумыре (приток р. Кегени) в отрогах гор Темерлик в трещинах офитового порфира, заполненных кальцитом, кварцем, галенитом, халькопиритом⁷. Особый тип представляют его месторождения, тесно связанные с массивными породами. Такие наблюдаются, например, в *Пишпекском у.*; здесь в долине Джумгары на р. Отуре наблюдается галенит в кристаллах (100) · (110) в своеобразной пегматитовой жиле, богатой кварцем, в красном сиените, отчасти в самом сиените. По-видимому, большое месторождение⁸. Известны и жильные месторождения, например около ст. Курдай, в баритовых жилах (Кендык-Тау)⁹, среди метаморфических сланцев¹⁰. По р. Чу и ее притокам есть ряд указаний на свинцовые руды и свинцовый блеск¹¹. В *Верненском у.* в горах Анракой, в урочище Сулу-Чеку – тонкие жилки халькопирита с галенитом. В *Пржевальском у.* есть ближе не изученные месторождения свинцовых руд, среди которых, очевидно, часто наблюдается галенит¹². Около Арсалана, на левом берегу р. Коксалы галенит в кварцевых жилах с флюоритом в глинистых сланцах. Здесь он попадает изредка и в кварцевых жилах халькопирита¹³, богат серебром¹⁴. В *Копальском у.* около Алтын-Эмель и Калкана кварцевые жилы частью в сиенитах (Калкан), частью в сланцах (Алтын-Эмель)¹⁵. Особняком стоит контактовая жила с порфиром в горах Аркарлы¹⁶. В *Лепсинском у.* по р. Аягузу кварцевые жилы в граните с халькопиритом, пиритом и т.д.¹⁷

В *Ферганской обл.*¹⁸ известны малоизученные месторождения галенита, разрабатывавшиеся временами в эпоху Кокандского ханства, например около

¹ Вебер, 1913, с. 77–78.

² Вебер, 1909, II – по указанию А.И. Новикова.

³ Тейх, 1897, с. 133.

⁴ Ковалев, 1905, № 189; 1906, № 46.

⁵ Татаринов, 1867, с. 76. Севрцов, 1873, с. 69. Романовский, 1875, с. 14. Ср. Вебер, 1913, с. 59–60.

⁶ Перечисление заявок в уу. Пишпекском, Джебзакском, Копальском, Верненском, Пржевальском, Лепсинском см. Андреев, 1912, с. 42 и сл.

⁷ И. Мушкетов, 1906, с. 89, 276; 1875, с. 96. Разрабатывались китайцами.

⁸ И. Мушкетов, 1876, с. 95; 1878 (1), с. 6; 1906, с. 278.

⁹ И. Мушкетов, 1906, с. 286. Вебер, 1913, с. 168.

¹⁰ Реутовский, 1905, с. 188. П. Преображенский, 1910, с. 324.

¹¹ Вебер, 1913, с. 168; 174 – по указанию Преображенского.

¹² Вебер, 1913, с. 179. Со слов К. Аргентова.

¹³ Татаринов, 1852, с. 74.

¹⁴ По Н. Барабашкину, кварц с галенитом содержит 14,2 г серебра на тонну (1912, с. 160).

¹⁵ И. Мушкетов, 1906, с. 95–96, 104; 1878 (1), с. 6.

¹⁶ Горн. журн., 1854, с. 379.

¹⁷ Татаринов, 1852, с. 61.

¹⁸ Исчисление заявок см. Андреев, 1912, с. 40 (уу. Наманганский, Кокандский, Маргеланский, Скобелевский и Ошский).

Андижана¹. В *Наманганском у.* вблизи с. Наукат, в 30 км к северу от Намангана, известны прожилки серебристого свинцового блеска вблизи контакта известняка с диоритом². В *Маргеланском у.* по р. Пум (притоку р. Испайрана, бассейн Сыр-Дарьи) известны прожилки галенита в известняках³. В осыпях южного склона горы Сандаль известен кальцит с прожилками галенита⁴. На водоразделе между реками Сурметаш и Каинды указана железная охра с кальцитом, галенитом, сфалеритом. На контакте серпентинов с известняками – вкрапленники галенита на горе Джуль-Барс⁵. По берегам р. Муксу и на перевале Терс-Агар – галенит в хлоритовых и диабазовых сланцах⁶. В *Кокандском у.* – тонкие жилы (до 4 см и больше?) галенита в конгломератах и кремнистые сланцы около впадения р. Янги-Даван (бассейн Сыр-Дарьи)⁷. В *Ошском у.* признаки свинцового блеска наблюдаются в связи с признаками медной зелени в жилах кварца или среди палеозойских кремне-глинистых сланцев в присутствии диабазов и туфов во многих местах к югу от Оша (по ущельям Турука, Малого Алая и т.д.)⁸.

190. В *Финляндии* галенит известен во многих местах, но нигде не образует значительных скоплений. В *Абоской губ.*, в окр. Финстрем, около Грельсби⁹, в окр. Ускеала около Ингерис – крупнозернистый¹⁰. В *Выборгской губ.*, в окр. Люумяки, около Люоталы, жила и включения в раппакиви разрабатывались в XVIII столетии при Екатерине II¹¹; в окр. Суистамо, около Ялонвары (Елонвары) – небольшие гнезда в кварцевых линзах¹², около Малой Сарги – в кварце в граните¹³; около Илясарги – в пирите в зеленокаменной породе¹⁴. В окр. Импилакс, в Питкаранте¹⁵ и окрестностях¹⁶, на окружающих островах, на п-ве Лапониеми¹⁷ галенит не редок. Обычно в Питкаранте он встречается в скальне; в руднике Герберц встречены изуродованные кристаллы; в Люпикко – метасоматические продукты по гранату¹⁸.

В. М. Севергин¹⁹ указывает ряд месторождений в окрестностях Сердоболя. Так, на о. Ворыче, вблизи дер. Лядьиной, в 8 км от Кидея наблюдается сплошной галенит в кварцевой жиле, затем в 4 км от Сердоболя при дер. Гелюле²⁰, в 8 км от Шуйстама, в заливе Ладожского озера, в 7 км от Сердоболя,

¹ Вельяминов-Зернов, 1856, с. 124.

² И. Мушкетов, 1906, с. 284.

³ Вебер, 1913, с. 105 – по указанию П. Фосса.

⁴ См. сноску 1.

⁵ Вебер, 1910, с. 646.

⁶ И. Мушкетов, 1906, с. 291.

⁷ Вебер, 1913, с. 121.

⁸ Д. Мушкетов, 1911, с. 842.

⁹ Holmberg, 1857 (2), с. 35.

¹⁰ Wiik, 1887, с. 9.

¹¹ Севергин, 1805, с. 90. *A. Nordenskiöld*, 1863 (1), с. 9.

¹² Фурман, 1812, с. 74; 1828, с. 27 – с пиритом, Разрабатывался Сахаровым.

¹³ Фурман, 1812, с. 76 и 1828, с. 28.

¹⁴ Соболевский, 1839, с. 37.

¹⁵ Небольшие кубы – *A. Nordenskiöld*, 1863 (1), с. 9.

¹⁶ Севергин, 1805, с. 53. Фурман, 1828, с. 24.

¹⁷ Горн. журн., 1855, III, с. 506 (неполный анализ). *Holmberg*, 1857, (1) с. 17.

¹⁸ *Trüstedt*, 1907, с. 323.

¹⁹ Севергин, 1805, с. 58, 61.

²⁰ Кварцевая почка в граните. Фурман, 1812, с. 71.

в самом Сердоболе на берегу Ладоги. Одно время существовал свинцовый рудник близ дер. Мурзолы (или Леддежи) на берегу Ладожского озера. Здесь галенит (в незначительном количестве) с пиритом, халькопиритом и пирротинном находился в актинолите и кварце в слюдяном сланце¹. На границе Олонечкой губ. – в валунах черного известняка с халькопиритом, пиритом и т.д. Коренное месторождение неизвестно².

В *Нюландской губ.* В окр. Гельсингэ, рудник Гольвик (Дегере)³ и Стансвик⁴, в окр. Киркслетт на о. Сальмен около Поркалы, в окр. Киско рудник Ориерви (кубы и плотный) и Иилиярви⁵; около Перно в руднике Форсби⁶. В окр. Лойо в Каргуниеми – с пироксеном⁷. В *Тавастгусской губ.* в окр. Таммела в Торро.

191. Штейнманнит в России. Разности свинцового блеска – *гуасколит*, *паракобеллит*, *дэжонстонит* в России не указаны.

Штейнманнит, по-видимому, наблюдался в виде плотных разностей часто, но выделялся от галенита только старыми минералогами. На *Урале* к нему, должно быть, относится плотный сурьмянистый галенит старинного Первоблагодатного рудника⁸. Сюда же надо отнести «блейшвейф», примешанный к галениту старинного Кукишинского рудника на Уе⁹.

Еще более распространен он в *Сибири* – на *Алтае*. К нему должна быть отнесена большая часть плотных «свинчаков». Г. Ренованц¹⁰ указывает для Алтая «блейшвейф», В.М. Севергин¹¹ упоминает о сурьмянистом галените из Локтевского рудника.

Такие же *штейнманниты* встречались и в Забайкалье, в Нерчинском окр., где отделение их иногда затруднительно, вследствие нахождения там сульфосурьмянистых солей свинца. Так, он указан в Михайловском руднике¹², Алгачинском, Акатуевском, Трехсвятительском, Кадаинском¹³, Тайнинском, «свинчаки» – в Петропавловском и Преображенском¹⁴.

В *Средне-Азиатской России* в *Семиреченской обл.*, в *Пржевальском у.* около Нарынска – плотный штейнманнит¹⁵.

Купропломбит, очень отличного от других состава, указан в *Семипалатинской обл.*, *Каркаралинском у.* около Кызыл-Эспе, рудник Поповых¹⁶.

192. Изменение галенита. Галенит является самым распространенным соединением свинца на земной поверхности, и с небольшими оговорками

¹ Фурман, 1812, с. 48 и сл.

² Севергин, 1805, с. 58, 61.

³ Holmberg, 1857 (2), с. 10.

⁴ A. Nordenskiöld, 1863, с. 9.

⁵ Holmberg, 1857 (2), с. 15.

⁶ Kutorga, 1850–1851, с. 328. Holmberg, 1857 (2), с. 21.

⁷ Wiik, 1887, с. 9.

⁸ Л. Соколовский, 1837, с. 171.

⁹ Лепехин, 1802, с. 168.

¹⁰ Ренованц, 1788.

¹¹ Севергин, 1807, с. 323. Ср. также Щеглов, 1824, с. 58–59.

¹² Л. Соколовский, 1836, с. 621; 611; 609; 620.

¹³ Георги, 1775, с. 364. Neue Nord. Beiträge, 4, 1783, с. 245.

¹⁴ Севергин, 1809, с. 133. Почки в известняке. Л. Соколовский, 1836, с. 613.

¹⁵ Московский университет. Доставлен в 1900 г. Н. Верещагиным, в барите.

¹⁶ И. Антипов, 1891 (2), с. 527; 1891 (1), с. 467.

можно сказать, что из него образуется огромное большинство других свинцовых минералов. Изменение его на земной поверхности под влиянием углекислоты, кислорода воздуха, текучих вод идет очень энергично, и обыкновенно на значительную глубину галенит покрыт продуктами изменений. Эти продукты, может быть, более разнообразны, чем все изменения прочих сернистых тел, ибо на земной поверхности свинец легко дает малорастворимые, хорошо кристаллизующиеся соли; при этом, благодаря разному цвету свинцовых солей, получают разноцветные свинцовые руды; так, например, галенит переходит в церуссит (*белая и черная свинцовые руды*) – $PbCO_3$, англезит – $PbSO_4$ (*белая свинцовая руда*), крокоит – $PbCrO_4$ (*красная свинцовая руда*), пироморфит – $3Pb_3P_2O_8 \cdot PbCl_2$ (*зеленая свинцовая руда*), ванадинит, миметезит, фосгенит, вульфенит – $PbMoO_4$ (*желтая свинцовая руда*), свинцовые силикаты, сурик¹ и т.д. Все эти вторичные соединения путем обратных реакций уже на земной поверхности довольно легко переходят обратно в PbS (например, встречаются псевдоморфозы галенита по пироморфиту, англезиту, бурнониту и т.д.), и это изменение особенно легко идет в глубоких частях земной коры, например в глубоких слоях жил, где кислородные соединения свинца всегда отсутствуют и заменены галенитом или сульфосолями. Благодаря постоянным движениям земной коры, в связи с тектоническими процессами, постоянно части жил и других месторождений свинца перемещаются, и галенит соответственно переходит в кислородные свинцовые соли (на поверхности) или, наоборот, из кислородных солей идет новообразование свинцового блеска (в более глубоких слоях). Таким образом, для свинцового блеска мы имеем ясный циклический процесс, причем в общем начальным и конечным продуктом *всех соединений свинца на земном шаре* является свинцовый блеск. При разрушении свинцового блеска иногда выделяется S, может быть в связи с генезисом джонстонита.

193. Труд человека. Галенит является главной рудой на свинец и отчасти на серебро. По крайней мере, почти все серебро, добываемое на Европейском континенте, всегда получалось и теперь получается главным образом из галенита. Он редко когда добывался и употреблялся как таковой, как сернистое соединение², и главным образом идет в качестве руды, для добычи свинца и серебра.

Разработка свинцового блеска, насколько можно проследить по данным археологии и языкознания, вначале сосредоточивалась в двух областях – в Испании и, может быть, в Турецкой Армении³. Здесь долгие века добывалось серебро, которое стало известным в Европе позже железа и после выделения различных индоевропейских языков. Совершенно независимым центром ознакомления с серебром были, по-видимому, области распространения языков финских и тюрко-алтайских. Алтай и, может быть, Забайкалье были древними центрами старинной добычи серебра из свинцового блеска. Очень возможно, что вначале серебро разрабатывалось из самородного серебра и аргентита верхних шапок месторождений, но вскоре вслед начали разраба-

¹ Pelloux, 1904, с. 34.

² Например, как дешевый суррогат антимонита в косметике – как в древнем Египте, так и до сих пор на Востоке. См. Hagemann, 1904, с. 217.

³ Ср. Schrader, 1906, с. 48 (для Ag).

тываться и нижележащие выделения серебристого галенита. Месторождения из Средиземноморской обл. как морским путем (через финикиян), так и сухопутным (через малоазиатские племена и Иран), захватили огромные круги населения. В греческом, латинском, германском языках имя свинца так или иначе может быть сведено на кельтские и баскоиберийские языки¹, т.е. первоначальным центром добычи свинца являлась Испания, может быть Англия и теперешняя Германия².

Металлический свинец добывался из галенита уже за 2000–3000 лет до нашей эры³. Судя по египетским датам, он еще в XIII веке до н.э. имел ограниченное употребление. Египет (и Африка) получали его из Малой Азии, главным образом от финикиян, привозивших его сперва, должно быть, из Испании и, может быть, из Британии. Позже роль посредника получил Карфаген. Финикийские и карфагенские рудники в Испании могут быть замечены и теперь, например – около Линареса (вначале, может быть, добывался церуссит). В Испании разработку начали туземцы, населявшие Турдетанию, достигшие значительной степени цивилизации, еще до сношений с финикиянами, причем добывались серебро и свинец. Начатое финикиянами дело было сильно расширено римлянами и в эпоху Империи занимало десятки тысяч рабочих⁴. Древние туземные разработки известны и в Англии⁵ – очень может быть, находившейся в обмене с финикиянами, которые вызвали разработки и в других, более близких и доступных им местах (например в Сардинии). Так, незадолго до Персидских войн получили значение серебряные рудники Аттики (Лаврион), добыча свинца и серебра в которых продолжалась до I века н. э.⁶

Но и на континенте Европы есть ясные указания на разработку свинцовых месторождений еще в доримскую эпоху. В Альпах (Гайтльталь) добыча свинца шла еще в I-м тысячелетии до н.э. – такой свинец находится в могилах галльштадского типа⁷. Очень вероятно, эта добыча должна быть поставлена в связь с значением древней кельтской цивилизации, на что указывают данные языка. К этому времени относятся и некоторые разработки около Рейна, которые были продолжены римлянами⁸, а также Франции, где среди древних кельтов свинец имел широкое распространение⁹.

В римскую эпоху добыча свинцового блеска расширилась и главная его масса шла из Испании, Франции, Англии, Сардинии, Прирейнской Германии. В Англии во многих местах имеются ясные остатки римских разработок, достигавших значительных размеров. При этом, очевидно, туземцы еще до при-

¹ *Schrader*, 1906, с. 95.

² В Ригведе свинец неизвестен. *Hofmann*, 1885, с. 7.

³ См. историю свинца у *Neumann*, 1904, с. 120 и сл.

⁴ *Blümner*, 1887, с. 35 и сл. *Oppert*, 1903, с. 56 и сл.

⁵ *Hofmann*, 1885, с. 11 (древние бритты).

⁶ На контакте между мрамором и сланцем – галенит и цинковая обманка (сверху окисленные). Парагенезис см. *Rath*, 1887, с. 78 и сл. Историю см. *Hofman* п.. 1885, с. 11 и сл.

⁷ *Much*, 1902.

⁸ Ср. *Freise*, 1907.

⁹ См. о свинцово-серебряных рудниках до римлян у *Daubrée*, 1868, с. 4. О распространении свинца среди кельтов – *Dottin*, 1906, с. 155.

хода римлян имели рудокопный навык¹. Но все же Испания и в эту эпоху сохраняла свое преобладающее значение.

Не говоря уже о большей, чем теперь, стоимости серебра, и значение свинца в это время было очень велико – например, огромное количество его шло для труб, в качестве писчего материала (тессеры); одно время он употреблялся в виде подмеси в монетах (до V века н.э.); очень часто применялся и в военном деле (для метания)².

В эпоху распада Римской империи в западной ее части эти рудники более или менее быстро забрасывались, хотя для некоторых мест есть указания на то, что добыча никогда не прекращалась (например в Линаресе?). В других она была восстановлена очень рано; например, около Маркирха в 635 г. был расцвет добычи³. В Восточной империи разработка никогда не прекращалась, но в отдельных местностях, под влиянием сложных исторических условий, то замирала, то развивалась. Она шла и в круге государств, захваченных культурой Византии; так, может быть, в средние века шла добыча галенита в Осетии (должно быть в Садоне)⁴.

В XIII–XV веках на первое место выступили сербские государства Балканского полуострова, снабжавшие серебром – через города Адриатического побережья – Западную Европу. В конце XIV века главным центром добычи серебра был здесь город Сребрница, переходивший в руки то сербских, то боснийских князей. Около Рудника (Езера) – на контакте известняков с трахитовыми породами и т.д. находились многочисленные свинцовые рудники⁵.

В средние века добыча галенита в Западной Европе сосредоточилась в германских и славянских государствах. Здесь сперва с VII по XIII век начали вновь разрабатываться заброшенные римские рудники (в 635 г. около Маркирха в Эльзасе, в XIII веке около Мекерниха и т.д.). В конце X века началась добыча свинцового блеска на Гарце, длившаяся века; в VIII веке (753 г.) – около Пршибрама, в конце XII века – в Рудных горах Саксонии около Фрейберга, в XIII веке – в Силезии. В начале XIV в. Олькушанские рудники в Польше уже находились в расцвете добычи⁶.

¹ *Gates*, 1858, с. 4, 8 и др.

² *Hofmann*, 1885, с. 23.

³ *Freise*, 1907, с. 3.

⁴ Разработки галенита в Садоне, несомненно, происходили очень давно, но время их определить чрезвычайно трудно. В позднейшие века шла кустарная, случайная разработка. По традициям, повторяемым русскими авторами (см., например, *Кольчевский*, 1861, с. 2 и сл., *Семянников*, 1888, с. 62 и т.д.), добычу свинца относят к V веку, к легендарно-летописной эпохе грузинского царя Вахтанга I. Эти сведения, очевидно, неверны, так как Вахтанг не имел никаких отношений к этим отдельным местностям Северного Кавказа и летописный его облик не отвечает исторической действительности (ср. *Миллер*, 1887, с. 16–17). Однако это не исключает возможности старинных разработок в этой местности, в эпоху господства хозар или осетинских владельцев. Осетины явились на Кавказ со словами для свинца и серебра, заимствованными от урало-алтайских языков, и, по мнению Миллера (с. 12), ознакомились с этими металлами где-нибудь вблизи Уральских гор, т.е. принесли знакомство со свинцом из восточного центра. В то же время и из изучения металлургической культуры древних жителей Кавказа ясно, что они явились владеющими металлургической техникой (бронзой), уже приобретенной ими раньше (ср. *Wilcke*, 1904, с. 101). При этих условиях мыслима здесь древняя добыча.

⁵ *Jiriček*, 1879.

⁶ История рудного дела в Польше имеет большую литературу при очень малом количестве исследований. Ср. *Labecki*, 1841; *Хорошевский*, 1874, с. 116 и сл. Эти работы замерли в XVII в. Потом возобновились на добычу галмея.

В Европейском культурном мире долгое время, в течение всех средних веков, центром рудного дела были Германия, Англия, отчасти Испания. К началу нового времени – XVI–XVII века – значительно изменились центры добычи. Османская империя, запретив вывоз серебра, постепенно уничтожила добычу серебра сербских земель. На сцену выступили американские колонии¹ и через Московскую Русь – Монгольская Азия². Все это время в культурных странах Востока существовали свои независимые центры – с середины VIII века началась добыча свинца в Японии.

В это время для добычи свинца из свинцового блеска приходилось употреблять гораздо большее количество руды, чем теперь, так как до 25% свинца оставалось в шлаках³.

194. До начала XIX века Германия (Австрия) и Англия оставались главными странами добычи свинца; благодаря общему падению государственного строя, Испания мало-помалу отошла на далекий план, и ее свинцовые рудники заглохли. Усиление применения свинца, главным образом в сплавах, развитие капиталистического государственного хозяйства и расширение мировых рынков вызвали расцвет добычи свинцового блеска. Мировая его добыча достигала к 1820 г. около 30 000 т в год, между тем к 1900 г. она достигла свыше 800 000 т в год. На первое место выступили Соединенные Штаты и Испания, затем Англия, Мексика, Новый Южный Уэльс, Италия, Греция, Германия⁴. Производительность всех свинцовых рудников России была совершенно ничтожна, не составляла в начале XX века и 0,01%.

Свинцовая промышленность Северной Америки развивалась последовательно; с 1810 г. начала развиваться богатая промышленность в Миссисипи, в 1869 г. – в Неваде (Эврека), в 1880-х годах в Колорадо (сперва церуссит). В конце 1870-х годов начала развиваться добыча свинцового блеска в Мексике, в 1890-х годах – в Новом Южном Уэльсе, а в первой четверти XIX века (1824 г.) – в Испании⁵.

195. Диагноз. Стальносерый, металлический блеск. Твердость 2,5. Превосходная спайность по (100), иногда по (111)⁶, может быть это отдельность.

Удельный вес сильно меняется для разности галенита:

галенит	7,4–7,6	гуасколит	7,4–4,7?
купропльомбит	5,4–6,4	дзонстонит	5,3
штейнманнит	7,2–6,8	паракобеллит	7,4–7,5.

¹ Jiriček, 1879.

² С середины XVI в. Раньше серебро в Московской Руси получалось через Ганзу. См. Хмыров, 1875, с. 124. Вопрос о «Закамском серебре» неясен. Багалей (1914, с. 421) указывает, что с половины XIII до половины XV в. серебро добывалось в Новгородских владениях, в стране Югры.

³ Neumann, 1904, с. 130–131.

⁴ См. цифры у Neumann, 1904, с. 148 и сл.

⁵ В 1880 г. добыто свинца около 400 тыс. т, в 1890 г. – 539,5 тыс. т, в 1900 г. – 787,8 тыс. т, в 1901 г. – 953,7 тыс. т, главным образом из свинцового блеска (см. Krahnmann, 1903, с. 287). Из 953,7 тыс. т на долю Северо-Американских Штатов приходилось 245,6 тыс. т, Испании – 225,1 тыс. т и Австралии – 170,2 тыс. т, всего – больше 67%. В России в 1900 г. было добыто всего 229 т! Цифры Annales des Mines иные: для 1901 г. – 839,6 тыс. т для всего мира (Ann. Mines, 1903, с. 393).

⁶ Ср. V.M. Goldschmidt, 1911, с. 248.

Перед паяльной трубкой плавится, раньше растрескиваясь [разности, обладающие совершенной спайностью по (100)]. Джонстонит горит. При плавлении выделяется SO_2 и на угле дает вблизи пробы желтый налет (PbO), вдали белый (PbCO_3). С содой – королек свинца. Гуасколит дает реакцию на Zn . Штейнманнит – дым сурьмы. Купронлюмбит – реакцию на Cu .

Легко растворим в концентрированной HNO_3 с выпадением PbSC_4 , в HCl дает белый осадок PbCl_2 , растворимый в горячей воде.

Сернистые соединения серебра и меди

Аргентит (серебряный блеск). Серебряная чернь. Штрмейерит.
Халькозин (медный блеск). Дигенит

196. Химический состав и физические свойства. Сернистые соединения серебра и меди нередко и в природе встречаются вместе и дают как изоморфные смеси, так и двойные соли. Поэтому соединение всех этих тел в одну группу вполне возможно.

С точки зрения химического состава этих минералов наиболее резко бросается в глаза их полиморфность, причем минералы с большим содержанием Cu_2S наичаще кристаллизуются в *ромбической системе*, тогда как те, в которых преобладает Ag_2S , выпадают в *правильной системе*. На этом основании, в зависимости от состава, различают следующие главные относящиеся сюда минералы:

% Ag_2S	Правильная с.		Ромбическая с.	
	Аргентит	Ялпант	Штрмейерит	Халькозин
	100–99,9	71,73	57–60	1–0

Химический характер совместного нахождения Cu_2S и Ag_2S далеко не может считаться точно установленным; для редкого ялпайта анализы, несомненно, приводят к двойному соединению $3\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{Cu}_2\text{S}$, тогда как для штрмейерита некоторые числа дают формулу $\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{Cu}_2\text{S}$; но другие резко от нее отличаются, так что нельзя с уверенностью утверждать, что мы имеем здесь изоморфную смесь Cu_2S и Ag_2S , а не механическую или изоморфную подмесь Cu_2S и Ag_2S к $\text{Cu}_2\text{Ag}_2\text{S}_2$. Количество серебра в халькозинах очень невелико, обычно менее 0,1%¹.

197. Для химического состава *аргентита* характерна его почти химическая чистота (может быть, в зависимости от условий его генезиса)², тогда как и в *штрмейерите* и в *халькозине* очень обычна примесь *железа*, которая указывается почти во всех анализах³. Однако характер этой примеси нам совсем неясен, так как, если не ошибаюсь, *все* анализы халькозина произведены только над плотными разностями, однородность которых возбуждает сомнения. И в то же время чрезвычайно легко халькозин переходит в халькопирит и борнит или, наоборот, образуется из этих соединений. Вероятнее всего, мы имеем здесь дело с тончайшими механическими смесями халькозина с раз-

¹ В Телемаркенском 0,03–0,05% Ag (*Vogt*, 1884, с. 81).

² Спектроскопически Fe и Zn – *Gzumont*, 1895, с. 239. Также Sn , Mg , Ca – он же, 1908, с. 233 (из Пьерфита в Пиренеях).

³ Ср. *Hintze*, I, с. 537–538.

личными сульфожелезными солями меди, на что указывает и характер этих последних солей¹.

Эта способность давать тонкие смеси весьма характерна для медного блеска и отнюдь не должна считаться случайной, так как она связана с различными явлениями адсорбции, роль которых в химических реакциях земной коры не может быть оставлена без внимания². Она вызывает образование некоторых минералов, наблюдаемых в определенных условиях, тесно связанных с их парагенезисом. Эти механические смеси в некоторых разностях являются для наших обычных методов исследования однородными, тогда как иногда их неоднородность ясно и определенно может быть доказана. Нередко они подходят даже к довольно определенным химическим формулам, так как обычно являются результатом *химических реакций равновесия*. Таков *дигенит*, близкий по формуле к $\text{Cu}_2\text{S} \cdot 3\text{CuS}$ (27–30% S, 70–73% Cu)³, который образуется в связи с наблюдаемым в природе переходом Cu_2S в CuS и обратно.

Состав дигенита может получить и другое объяснение. При искусственном получении известно, что Cu_2S , растворяя CuS и оставаясь вполне однородным, может заключать до 17% CuS . Анализы халькозина дают небольшое количество CuS только в двух пробах из Аляски: 7,8–9,4% CuS , но образцы недостаточно однородные⁴.

Вопрос о дигените требует внимательного пересмотра, так как Cu_2S , содержащая более, чем 8% CuS , кристаллизуется в правильной системе.

Такого же характера тончайшая механическая смесь *серебра и сернистого серебра*; возможно, имеется другая полиморфная (?) разность аргента – *серебряная чернь*, которая образуется при очень определенных условиях, имеет состав $p\text{Ag} + q\text{Ag}_2\text{S}$ и является результатом реакции окисления: $\text{Ag}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{Ag}$.⁵

198. Кристаллическая структура далеко не всех относящихся сюда соединений известна с точностью; очевидно о таких сложных системах, каковыми являются *серебряная чернь* или *дигенит*, едва ли возможно говорить о кристаллической структуре. Как раз для серебряной черни мы не можем с точностью судить о том, к какой системе относится входящий в ее состав Ag_2S , и, весьма вероятно, мы имеем в ее составе так называемую «аморфную» Ag_2S . С точностью констатированы для этих тел *две системы* – *правильная и ромбическая*, хотя далеко нельзя утверждать, что нет разностей, принадлежащих

¹ Это смешение должно быть очень тонко, так как иногда и при 17,53% Fe, т.е. при количестве, очень близком к той формуле, которую придавали борниту (т.е. Ca_3FeS_5), по внешним признакам нельзя было отличить этот халькозин от обычного и заметить примесь халькопирита или борнита; см. *Häge*, 1888, с. 38. Такой смесью, богатой железом (до 30%), является так называемый *дектоунит* (*ducktownit*). Спектроскопически открывается Fe всегда в халькозине, также и в аргентите; см. *Gramont*, 1895, с. 244, 299.

² Об этом см. *F. Köhler*, 1903, с. 49 и сл.

³ О нем *Breithaupt*, 1844, с. 673; 1866, с. 112. Ср. *Dana*, 1892, с. 55, 58.

⁴ *Posnjak, Allen* и *Merwin*, 1916, с. 95.

⁵ Точно так же и так называемое *серое серебро* – *сельбит* – является неоднородным телом. Оно было найдено впервые в Мексике и ему придавали формулу Ag_2CO_3 . Более детальные исследования заставляют, однако, считать, что сельбит является кальцитом, пропитанным тонкой смесью серебра и серебряной черни. Он образуется в том же горизонте сажистых руд, где находится и серебряная чернь. Кроме Мексики, он находится, по-видимому, и в Аргентине (в Фаматине); см. *Bodellbender*, 1899, с. 90.

к другим системам¹. Ибо точно так же, как и химический состав, физические свойства этого обычного вещества исследованы крайне недостаточно.

Для *аргентита* (и *ялпюита*) несомненна правильная система², хотя вполне возможно, что для Ag_2S в природе встречаются еще разности других систем, ближе не изученные³. Кристаллографическое изучение искусственного Ag_2S слишком недостаточно, чтобы разрешить вопрос о системе другой его разности. Существование этой второй разности определяется, однако, с несомненностью тем, что при 90 и 175° для Ag_2S существуют две точки перехода, при которых он из обычной α -разности правильной системы переходит в новые β - и γ -разности неизвестной пока системы (для α - γ с поглощением 3,843 калорий⁴). Очень вероятно, что существуют и другие разности Ag_2S . Таково, например, «аморфное» сернистое серебро, которое при нагревании выше 65° переходит в α - Ag_2S ⁵ и к которому, по-видимому, частью относится серебряная чернь. Взаимные отношения этих разностей неясны, но «аморфная» Ag_2S , судя по опытам Мёнха, не совпадает ни с α - ни с β -, ни с γ - Ag_2S .

Аргентит обычно наблюдается в кристаллических и плотных массах, реже в кристаллических сростках (скелетах и дендритах) и отдельных многогранниках. Преобладают (100) и (111). Ребра и углы полиэдров оплавлены, вследствие его ковкости. Количество форм невелико, если не считать более сложные многогранники, характерные для акантита, рассматриваемого как изуродованные полиэдры аргентита⁶. *Серебряная чернь* наблюдается исключительно в порошковатых и землистых массах.

199. Для *сернистой меди* полиморфизм значительно более ясен. И здесь наблюдается точка перехода около 103,91° С (с теплотой перехода в 5,63 калорий⁷) из *ромбической* системы в другую. Предполагают, что эта другая сис-

¹ Так, порошок «аморфного» осажденного Ag_2S (входящего в серебряную чернь) становится при нагревании кристаллическим (т.е. при этом процессе выделяется теплота) и, должно быть, представляет какую-нибудь особую полиморфную разность. В то же время для сернистой меди Брейтгаупт [см. Hintze, I, с. 524; подлинная работа Брейтгаупта (Breithaupt, 1863, с. 35) мне была недоступна; ср. Kennigott, 1868] под именем *купреина* выделил гексагональную разность. Хотя работа Брейтгаупта вызвала сомнение (ср. Hintze, I; Dana, 1892, с. 55, 58), но возможно, что он прав.

² Брейтгаупт (Breithaupt, 1832, с. 266) указывает, что спайность аргентита идет по 4 плоскостям (100) более легко, чем по остальным двум. Это противоречит правильной системе.

³ Таковы два минерала: 1) *акантит* 2) *далеминцит*. Акантит был установлен Кеннготтом (1855, с. 238) и отнесен к ромбической системе. Однако кристаллографические данные, как это показано Креннером (Krenner, 1888, с. 388), недостаточны для отнесения этого сернистого серебра к ромбической системе, и, может быть, мы имеем здесь дело с правильной обычной разностью Ag_2S . Уд. вес – в пределах ошибок наблюдения – почти идентичен. Ср. литературу и сводку об акантите у Hintze, I, с. 437–440. Далеминцит был определен впервые Брейтгауптом (Breithaupt, 1862, 1863) и отнесен к ромбической системе. По указанию Френцеля (Frenzel, 1874, с. 76), не исключена возможность, что он представляет псевдоморфозу аргентита по стефаниту. Мне кажется, этому противоречит вес далеминцита, значительно меньший, чем аргентита (7,0 вместо 7,2–7,4).

⁴ Hittorf, 1851, с. 25. Bellati e Lussana, 1889, с. 1051. β - Ag_2S установлена наблюдениями Мёнха (Mönch, 1905, с. 398 и сл.) над нагреванием и электропроводностью при разных температурах α - Ag_2S . Ее видно и в числах Гитторфа. О ней не упоминает Егер (Jaeger, 1911, с. 497; температура перехода – 179°).

⁵ Mönch, 1905, с. 399.

⁶ Krenner, 1888, с. 388.

⁷ Bellati e Lussana, 1889; Schneiderhöhn, 1919.

тема есть *правильная*, так как при высоких температурах Cu_2S , несомненно, выпадает в сетке правильной системы. Кристаллы правильной системы были получены сплавлением серы с медью Митчерлихом, и вскоре же Розе доказал, что расплавленный ромбический халькозин при застывании выпадает в октаэдрах правильной системы¹. Эта разность правильной системы в природе не встречается².

Черные кристаллы *халькозина* ромбической системы, должно быть голоэдрич³, имеют ясно выраженное псевдогексагональное строение с отношением осей $0,5822 : 1 : 0,9701$ ⁴. Количество простых форм очень невелико; чрезвычайно характерно полное отсутствие плоскостей, параллельных оси Y ; кроме (001) и (100)⁵, обычно развиваются зоны $(110 \cdot (001))$ и $(001) \cdot (011)$. Многогранники обыкновенно пластинчатые по (001), и ось Z обладает резко выраженным характером псевдосимметрической оси 6-го порядка. Двойники чрезвычайно обычны и еще более приближаются к гексагональной системе; из двойниковых сростаний наиболее часты по (110), затем по (130) и др. Многогранники относительно редки, и халькозин встречается главным образом в зернистых, землистых, плотных массах, нередко в конкрециях.

Резко выраженный псевдогексагональный характер халькозина делает весьма вероятным существование гексагональной разности сернистой меди, так называемого *купреина* (§ 198), хотя, к сожалению, до сих пор вопрос этот не выяснен.

Гораздо менее известна кристаллическая решетка *штромейерита*. Кристаллы его крайне редки и, несомненно, принадлежат к ромбической системе, по углам близки к халькозину; дают нередко двойники по (110), но по наружному виду резко отличны – они вытянуты по оси Z и развит в них не (001), а (010). Большой частью вещество это встречается в плотных металлических массах с характерным раковистым изломом⁶.

Дигенит наблюдался только в зернистых и плотных массах.

200. Нахождение аргентита и серебряной черни в земной коре. *Серебряный блеск и серебряная чернь*, сколько мы знаем, являются характерными поверхностными минералами. Аргентит наблюдается в месторождениях, напоминающих месторождения галенита: 1) в прямой связи с массивными породами⁷, 2) в жилах и 3) в осадочных породах.

¹ Rose, 1833, с. 157; Posnjak, Allen a. Merwin, 1916, с. 95.

² При 150° существует еще новая разность $\gamma\text{-Cu}_2\text{S}$. Mönch, 1905, с. 388–389.

³ Голоэдриа не может считаться доказанной.

⁴ W. Phillips, 1852, с. 159.

⁵ (201) встречается исключительно в виде внутренней двойниковой плоскости и то чрезвычайно редко. Это явление выражено так резко, что отсутствует даже (101), хотя для (Ox1) и (hhl) обычны многие формы с более сложным индексом, например (012), (023), (113), и т.д. О двойниках по (201) из Леванта в Корнваллисе см. Hintze, I, с. 530 (наблюдения Зелигмана и Мильха).

⁶ Во всех главных компендиях (Dana, 1892, Hintze, I, с. 539, Groth 1904, с. 25) дается решетка штромейерита, идентичная с халькозином. Она является результатом предположения, а не наблюдения. Единственные измерения сделаны Розе (Rose, 1833, с. 428), но для отношений осей $a : b$ у него измерений нет и он принял числа, имеющиеся для халькозина. Так что весьма вероятно, что идентичности между решеткой халькозина и штромейерита не существует.

⁷ Таков, например, аргентит из Bell Rewari Mine в Тасмании; см. Petterd, 1896, с. 4.

В некоторых *жильных полях* серебряный блеск является главной серебряной рудой. Таковы, например, издавна известные жилы Рудных гор Саксонии. Здесь, главным образом около Бранда и Фрейберга (рудники Гиммельфорт, Гиммельфюрст и т.д.), известно до 181 жилы, образующих так называемую благородную формацию, богатую серебряными соединениями, среди которых преобладает *серебряный блеск*, служивший в течение веков для добычи серебра. Вместе с ним, в теснейшей смеси находятся: самородное серебро, красная серебряная руда, стефанит, полибазит, хлоантит, халькопирит, галенит, бурый шпат, кальцит, барит, кварц. Иногда аргентит образует теснейшую смесь с бурым кристаллическим шпатом, образуя так называемую *Tigererz*. В меньшем количестве он наблюдается в других жильных месторождениях Фрейбергского района – в жилах, богатых галенитом. В этом районе серебряный блеск, несомненно, двоякого происхождения; частью он выделился в плотной мелкокристаллической массе с другими сернистыми соединениями как первичный минерал жил¹, а частью образовался путем распада галенита, содержащего серебро, и сульфосолей серебра и т.д. При дальнейшем переотложении он переходит в раствор и нередко выделяется в превосходных кристаллах, которые от времени до времени открывались в пустотах жил². По-видимому, выделение серебряных соединений связано с выходами гранитных и порфириновых магм в пермо-карбоновую эпоху³. Местами попадались куски аргентита в несколько десятков килограммов весом (около Бранда)⁴. Аргентит в этих жилах постоянно растворяется и в определенных горизонтах, где собираются почвенные и рудничные воды, выпадает в виде *серебряной черни*; воды, вытекающие из рудников, выделяют сернистое серебро очень легко, давая так называемый серебряный налет (*Silberbeschlag*), по которому саксонские рудокопы издревле отыскивали серебряные руды⁵.

Аналогичные жилы, богатые аргентитом, известны и в других местностях; например, аргентит явился главной серебряной рудой в Новом Южном Валлисе, где он сверху весь был превращен в кераргирит⁶, в некоторых жильных рудниках в Чили (*Tres Puntas*)⁷. Значительны скопления аргентита (вместе с красной серебряной рудой) в различных жилах Мексики⁸; например, вместе с галенитом и халькопиритом он является главной рудой в Пахуна⁹, со стефанитом – в Неваде. В Неваде¹⁰, в Топопа аргентит является первичной рудой¹¹, в Комстоке наблюдались его большие «бананцы». Он обычен во многих рудниках Северной Америки¹².

¹ Но, может быть, выделился под влиянием циркуляции вод в жилах; ср. штрмейерит (§ 199).

² Об этом месторождении см. Fuchs et De Launay, 1893, с. 586 и сл. (литература); R. Beck, 1901; Frenzel, 1874, с. 21; H. Müller, 1894; 1901.

³ Dalmer, 1896, с. 1 и сл.

⁴ H. Müller, 1901, с. 159.

⁵ H. Müller, 1894, с. 91–92.

⁶ J. Phillips, 1896, с. 653.

⁷ Domeuko, 1879, с. 367.

⁸ Landeiro, 1888, с. 39.

⁹ Ordonez, 1902, с. 238.

¹⁰ Из других более важных месторождений серебряного блеска этого типа можно упомянуть Яхимов в Чехии, Шемниц в Венгрии.

¹¹ Spurr, 1905, с. 92, 94.

¹² W. Emmons, 1913, с. 120–121.

Наконец, третий тип месторождений представляет нахождение аргентита в осадочных месторождениях, аналогичных месторождениям халькозина. Таковы флечи песчаников, пропитанных аргентитом и кераргиритом в штате Юта до 3–5 м мощностью; здесь из такой смешанной руды было в 1877–1878 гг. добыто 62 т серебра¹. При легкой растворимости Ag_2S такое образование не представляет ничего удивительного.

Эта легкая растворимость Ag_2S вызывает выпадение его в форме *серебряной черни* (§ 197), которая известна из очень многих местностей: Брокен-Хилл в Австралии, Первоблагодатного рудника на Урале, а также из Саксонии, из Южной Америки² и т.д.

201. Серебряный блеск довольно легко изменяется, переходя в самородное серебро. Однако эти изменения, как было указано (§ 197), являются обратимым процессом и только при особых условиях идут до конца.

Другим процессом изменения серебряного блеска является переход его в галоидные соединения серебра, главным образом в *эмболит*. Этот процесс идет на земной поверхности в области действия текучих вод всюду, и совершенно постепенно улавливаются следы хлора, которые находятся в этих водах. Обыкновенно аргентит почти во всяком руднике частью перешел в *эмболит*.

Однако на этом процесс не кончается. Очевидно, есть обратные переходы, ибо в глубоких частях жил аргентит не наблюдается и заменяется главным образом сульфосолями серебра. Характер этого процесса нам неизвестен.

202. Аргентит и серебряная чернь в России. В России аргентит и серебряная чернь принадлежат к редким минералам и в кристаллах, кажется, не наблюдались. В Архангельской губ. аргентит в виде так называемой «стекловатой лосковой серебряной руды» (Glaserz) наблюдался на [р. Умбе у Кандалакшской губы]³.

В *Области Войска Донского* серебряная чернь встречалась около с. Нагольного⁴.

На *Урале* аргентит известен как большая редкость в старинном Первоблагодатном руднике (главным образом в виде серебряной черни)⁵.

На *Кавказе*, в *Тифлисской губ.*, в *Борчалинском у.* указываются «таблички» (sic) серебряного блеска в медном месторождении около сел. Ахтала⁶.

В *Сибири* старинные минералоги указывали серебряную чернь «в Красноярских горах»; несомненно, наблюдается в *Томской губ.*, на *Алтае* и в горах *Ала-Тау*. Серебряный блеск встречался в разнообразных рудниках, большей частью в небольших массах, как вторичное образование – в Змеиногорском⁷,

¹ Stelzner, 1894, с. 580.

² Domeyko, 1879, с. 375.

³ Севергин, 1807, с. 380; очень мягкий. Георги, 1798, с. 369.

⁴ Носов, 1865, с. 115.

⁵ Эрдман, 1826, с. 125. *Окладных*, 1868, с. 380. Севергин (1807, с. 390) указывает серебряную чернь на р. Белой в «Чудских шурфах», Лепехин (1802, с. 168) упоминает о «блестящей чистотой лосковой серебряной руде» в старинном руднике около дер. Казаковой на р. Синаре (около Багаряка).

⁶ Н. Лебедев, 1902, с. 131.

⁷ И. Герман (1802, с. 289) говорит: «Dans le shiste noire onctueux on l'a trouvée il y a quelque temps, cristallisée en petits octaèdres entassés l'un sur l'autre de manière qu'en résulte une espèce de ramification dendritique». (Перевод: В черном мажущемся сланце находили его

Черепановском¹, Зырянском², Петровском³. В Змеиногорском, как большая редкость, наблюдались кристаллы (111)⁴. Гораздо большее значение имела *серебряная чернь*, которая разрабатывалась в значительном количестве для добычи серебра. Она наблюдалась массами в Салаирских рудниках в Салаирском кряже, где встречалась рассеянной в виде пыли в барите⁵ в пластовых жилах, мощностью от 6 до 50 м, проходящих в тальковых сланцах. Книзу жильные пласты обогащаются кварцем и серебряная чернь исчезает. В общем здесь наблюдалось огромное количество серебряной черни (с самородным серебром); главные разработки были в конце XVIII (с 1781) и начале XIX века, но еще в 1840-х годах добывалось до 165 тыс. т руды в год⁶. Совершенно аналогичное строение представляли «прииски» Чечулинский и Пестеревский в том же районе. Серебряная чернь встречалась в меньшем количестве и в других Алтайских рудниках, например в Заводинском⁷, Крюковском⁸, Семеновском⁹, Черепановском¹⁰, и одно время в Змеиногорском¹¹, Зырянском¹², Николаевском, Березовском¹³, Сокольном и др.

В *Забайкальской обл.* аргентит наблюдался в незначительном количестве в кварце с желтой свинцовой охрой в рудниках Благодатском, Даурском¹⁴; в Петропавловском, Лургиканском и Шилкинском¹⁵ рудниках – с галенитом и кварцем. *Серебряная чернь* встречалась в Кличкинском¹⁶, Зерентуйском, Ильдижанском, Воздвиженском рудниках¹⁷; на Куде, притоке Ангары¹⁸, около Иркутска, в Карасаргайском руднике Нерчинского окр. Во многих местах верхней Лены.

В небольшом количестве серебряная чернь встречалась в верхних частях свинцовых месторождений в Киргизской степи, в *Семипалатинской обл.*, например – в старинном Елисаветинском прииске на р. Джамчи (впадает в

[серебряный блеск] иногда в виде мелких октаэдрических кристаллов, сидящих кучками друг на друге таким образом, что они напоминали разветвления у дерева). Ренованц (1788) под именем аргентита описывал штроейерит. Ср. также *Шангин*, 1808, с. 13; *Rose*, 1837, с. 537.

¹ *Щуровский*, 1846, с. 84. *Бояршинов*, 1845, с. 22.

² В теснейшей смеси с галенитом и колчеданами, по исследованию проф. Фритче–Gotta, 1871, с. 237. Еще раньше указывал *Щуровский*, 1846, с. 312. Ср. «серебряная чернь» ниже.

³ *Шангин*, 1808, с. 27.

⁴ *Вагнер*, 1818, с. 104.

⁵ В первое время (в верхних слоях) находимы были куски барита, заключающие на 1 кг породы до 25 г Ag. Позже в среднем около 3 г – *Щуровский*, 1846, с. 223. По *Севергину* (1798, с. 298) – до 225 г на 1 кг.

⁶ Ср. *Щуровский*, 1846, 220 и сл.; 226 и сл.

⁷ *Миклашевский*, 1871, с. 203.

⁸ *Гривнак*, 1873, с. 253 и сл.

⁹ *Щуровский*, 1846, с. 358, Уже указана *Севергиньм*, (1807, с. 390).

¹⁰ *Бояршинов*, 1845, с. 22; 1835, с.552. Тонко рассеян в кварце – *Л. Соколовский*, 1836 (2), с. 411.

¹¹ В начале разработок: см. *Соколовский*, 1835, с. 308.

¹² *Шангин*, 1808, с. 52; 63.

¹³ *Гривнак*, 1873, с. 226; 253 и сл.

¹⁴ *Георги*, 1798, с. 369.

¹⁵ *Филев*, 1835, с. 238.

¹⁶ *Павлуцкий*, 1861, с. 261, 287.

¹⁷ *Севергин*, 1807, с. 390.

¹⁸ *Георги*, 1798, с. 35 (*Silbermulm*). Тут неясные другие указания.

оз. Балхаш)¹, в *Каркаралинском у.* в месторождении Сергиевском около Кузю-Адыр², Беркаринском в Беркаринской волости³. Аргентит наблюдался в Свято-Макарьевском месторождении около Джелтавского поста в том же уезде⁴.

203. Нахождение халькозина и дигенита в земной коре. Медный блеск, в общем, встречается чаще аргентита и способы его образования разнообразнее. Есть месторождения халькозина, в которых он выпадает из магматических выделений. Так, вместе с халькопиритом, борнитом, самородной медью он встречается в габбро в третичных слоях северных Апеннин. Здесь он выпал в глубинных частях массивов основных пород, большей частью в штокверках и шаровых выделениях, но преимущественно сосредоточен в продуктах разрушения габбро, являясь вторичным телом. Главную массу составляют другие соединения меди⁵. Аналогично выделение халькозина в гранитах в последней пневматолитической стадии их застывания в Naesmark в Телемаркене в Норвегии⁶, в норит-диорите графства Плюмас в Калифорнии, где халькозин частью даже замещает алюмосиликаты⁷.

Значительно более распространен тип метаморфических месторождений халькозина. Так, он вместе с прочими сернистыми соединениями встречается в массе метаморфических пород, например – в кристаллических сланцах Швеции⁸. Гораздо важнее нахождение его с метаморфическими *железными рудами*, частью сидеритом, главным образом гематитом и магнетитом.

Здесь он, должно быть, является продуктом разложения сульфожелезных солей меди; таково его нахождение местами в гематитовом месторождении Зигена в Вестфалии. Значительные количества его наблюдаются в *жилных месторождениях*. Однако он в жилах менее характерен, чем халькопирит. Здесь он выделился из водных растворов, частью как первичное, явно кристаллическое образование, выпадая из поднимающихся горячих водных растворов, частью явно вторичное, выпадая на границе подпочвенных вод или благодаря химическим реакциям, связанным с растворами, проникающими из поверхностных частей земной коры. Иногда при реакциях последнего рода он дает черные порошковатые массы, тесно смешанные с сульфожелезными солями меди (борнитом), так называемые *polverilla* южно-американских рудокопов или *black-ores* Теннесси⁹, во многом напоминающие серебряную чернь¹⁰ (особенно в Чили).

Выпадение халькозина из водных растворов не происходит при обычных условиях, так как при обычных условиях выпадает серная медь CuS, в которую на поверхности переходит и халькозин. Образование халькозина связано иногда с реакциями двойных разложений и идет при взаимодействии

¹ *Левшин*, 1832, с. 169.

² *И. Антипов*, 1892, с. 319.

³ *И. Антипов*, 1892, с. 326.

⁴ *Реутовский*, 1905 (1), с. 184 (по указанию Л. Граумана).

⁵ *Lotti*, 1903 (1), с. 39.

⁶ *Vogt*, 1884, с. 95, 109.

⁷ *A. Rogers*, 1913, с. 783.

⁸ См. *Hintze*, I, с. 531–532.

⁹ О них см. главным образом для Дектоуна – *S. Emmons*, 1901, с. 198.

¹⁰ О *polverilla* см. *Domeyko*, 1879, с. 375.

с железными соединениями, главным образом пиритом, действующими как восстановители¹. Нередки случаи, когда при этом происходит в конце концов замещение пирита халькозином². Так, например, главная часть медных руд (халькозина) в Моренси в Аризоне обязана своим происхождением этому процессу³. Эммонс⁴ приходит к заключению, что примеры подобного процесса могут наблюдаться в каждом значительном месторождении сернистых медных руд в Соединенных Штатах. Нередко процесс не идет до конца и получаются *смеси* пирита и халькозина. Процесс связан с движением водных растворов сернистой меди, должно быть в водах, содержащих сернистые щелочи. Этим путем образуется первичный халькозин жил. Несомненно, и здесь, как во всех почти случаях образования сернистых жильных минералов, механизм процесса нам неизвестен.

204. Из жильных месторождений халькозина, должно быть, наибольшие его скопления наблюдались в некоторых американских рудниках, среди которых за последнее время выделились рудники в графстве Бьютт в Монтане⁵. Здесь до 75% всей руды состояли из халькозина, а из этих рудников с 1880 по 1902 г. добыто 1250 тыс. т меди, т.е. за это время выбрано не менее 1180 тыс. т халькозина и ежегодно вырабатывается около 110 тыс. т. Рудники Бьютт лежат в очень резко выраженном жильном поле, причем первоначально осадились в трещинах из растворов кварц, пирит, халькопирит и энаргит. С поверхности до глубины 60–120 м руды окислены, медь большей частью унесена, и эти наружные части обогащены серебром. Ниже идут скопления богатых медью руд – халькозина и борнита, в которых в значительной степени и собралась медь с поверхности. Халькозин иногда образует скопления до 5 м мощности и идет, уменьшаясь в количестве, до глубины 500 м. Он выделился здесь, вероятно, различным образом. Часть (и может быть главная?) плотного халькозина – первичная, часть же образовалась, несомненно, путем просачивания поверхностных вод, в тесной связи с распадением медного купороса. Аналогичного происхождения халькозины Аризоны, около Клифтона, в Маллских горах (Mull M^{ts}). Здесь из одного рудника (Коппер-Куин-Майн) с 1877 по 1902 г. добыто около 1 млн 350 тыс. т меди, главным образом из халькозина. Халькозин образовался здесь распадением CuSO_4 под влиянием FeS_2 ; первоначальным минералом был пирит, содержащий медь. Рудные массы лежат в сильно метаморфизованном палеозойском известняке и отчасти представляют его метасоматическое изменение. В процессе участвовали изверженные массы кварцевого порфира конца каменноугольного периода⁶. Халькозин (ромбической системы) в параморфозах по $\alpha\text{-Cu}_2\text{S}$ (правильной

¹ По мнению Винчелла (*Winchell*, 1903, с. 272) – под действием растворов CuSO_4 на пирит и другие сернистые металлы.

² *Lindgren a. Hillebrand*, 1904, с. 451.

³ *Lindgren*, 1905, с. 114.

⁴ *W. Emmons*, 1913, с. 105.

⁵ См. о них *S. Emmons*, 1901, с. 185. *Winchell*, 1903, с. 269. *Kemp*, 1895, с. 202. *Weed*, 1912. *A. Rogers*, 1913, с. 788 и сл. *Kirk*, 1912, с. 35. *Sales*, 1910, с. 681; 1913, с. 1523. *Graton a. Murdoch*, 1913, с. 741.

⁶ *Lindgren a. Hillebrand* 1904, с. 451. *Ransome*, 1904.

системы), известный из рудника Тсумб в Африке, указывал на температуру образования¹ рудного выполнения.

В меньших количествах халькозин наблюдается и в других жильных месторождениях, в верхних горизонтах, например около Фрейберга в Саксонии (богат серебром, является рудой на Ag и Cu), около Людвигсдорфа близ Герлица – жилы в силурийских песчаниках (главная руда на медь); нередко прекрасно кристаллизованный в рудном поле среди гранитов и сланцев, например – около Сент-Джеста в Корнваллисе (отсюда так называемые редрутиты, прекрасные кристаллы из Редрута, Сент-Ив и т.д.)², во многих рудниках Чили³, Телемаркена в Норвегии⁴, хорошие кристаллы из Бристоля в Коннектикуте⁵ и т.д. Но гораздо чаще, чем большие его скопления в жилах, наблюдаются для него выделения в небольшом количестве в немногих местах, как результат вторичных местных реакций. Так, он находится в большинстве жил, содержащих сернистые соединения меди. Образуется из халькопирита, борнита, самородной меди, блеклых руд и т.д.

205. Может быть, еще более значительны скопления халькозина в: *осадочных слоях*, генезис которых иногда возбуждает сомнения. Здесь халькозин столь же характерен для меди, как для жильных месторождений характерен халькопирит⁶. Для этих месторождений он является первичным соединением, тогда как окисленные тела – куприт, карбонат меди или самородная медь (т. 1, § 198)⁷ – являются в значительной мере, особенно кислородные тела, – вторичными.

По-видимому, мы имеем здесь окончательную форму выделения той меди, которая собирается в живом веществе, хотя иногда эти месторождения толкуют иначе, считая их эпигенетическими в узком смысле этого слова, т.е. предполагая, что медь приносится водными растворами снизу или образуется за счет механически раздробленных частиц медных минералов, образовавшихся при разрушении тех частей суши, которые дали начало обломочному материалу осадочных пород.

Не отрицая возможности этих обоих источников образования халькозина, необходимо отметить, однако, следующее. Во-первых, принимая такое объяснение для медных месторождений этого типа, мы допускаем полное исчезновение меди, в огромном количестве находящейся в живом веществе и при его гниении и изменении не могущей давать только кислородные соединения. Куда девается медь, во многих миллионах тонн заключающаяся в рыбах, раках, насекомых, зеленых растениях. Не может же она все время только обращаться в пределах живого вещества. С другой стороны, нахождения детрита из медных соединений на месте образования медных руд никогда не наблюдалось. Мы знаем, что даже в россыпях медь быстро исчезает, легко переходит в растворимые соединения, а тем более это верно по отношению к осадкам, так или иначе перетираемым при своем образовании, в присутствии воды.

¹ *Schneiderhöhn*, 1919.

² *Rudler*, 1905, с. 37.

³ *Domeyko*, 1879.

⁴ *T. Scheerer*, 1845, с. 290.

⁵ *Hintze*, I, с. 535.

⁶ *Lindgren*, 1913, с. 375.

⁷ [§ 229 в первом издании].

Может быть, в исключительных случаях и возможны явления переосаждения меди, но они не могут объяснить общего геологического явления, каким, несомненно, является этот тип месторождений халькозина. Для месторождений халькозина этого типа характерны следующие условия, указывающие на определенное термодинамическое поле его образования и нахождения.

Это руды, которые находятся в наземных или мелководных осадках. Физико-географические условия местности указывают на довольно жаркий и сухой климат, быстро концентрировавший растворы. Отлагался халькозин, вероятно, при относительно низкой температуре, ниже 100°C , и несколько ниже кислородной поверхности. Мы имеем здесь вместе скопления V, Cu, Pb, отчасти Fe, заключающие небольшие количества Ag, Ni, Co, Mo и Se, иногда Au, Zn. Встречаются бариты, гипс, кальцит. Скопления не имеют характера осадка, нет определенного слоя. Они очень часты в тех местах, где сконцентрированы органические вещества и растительные остатки, или в местах, где слои взломаны. Однако никаких указаний на связь с термами нет. Халькозин, с поверхности нередко окисленный на большую глубину, очень часто концентрируется в стволах деревьев. В некоторых случаях, например в триасовых отложениях Новой Мексики, главная масса халькозина встречена (как руда) в виде псевдоморфоз по дереву. Встречен здесь целый ствол в 18 м длины и 0,75 м толщины, нацело превращенный в халькозин¹. Эти отложения, образующиеся, очевидно, в тесной связи с физико-географическими условиями, известны в верхнекаменноугольной, пермской, триасовой и юрской формациях.

В этих месторождениях они известны в различных странах². Из них в европейских месторождениях, по-видимому в немногих случаях, на первое место выступает халькозин. Такими, по-видимому, являются месторождения Екатеринославской губ., в Бахмуто-Славянской и Кальмиусо-Торецкой котловинах северо-западного угла Донецкого бассейна, в пермо-карбоновых песчаниках, где руды в значительной мере окислены³. В этих рудах очень обычны скопления халькозина в виде окаменелостей, частью растений, например в Мансфельде (*Ulmannia Bronni* и т.д.), рыб (*Palaeonisens Freieslebeni* и т.д.) пермского возраста⁴. Иногда в Мансфельде можно наблюдать, что халькозин замещает раньше бывший пирит⁵; но Мансфельд характерен относительным богатством железа, так как для него главным медным соединением является не халькозин, а халькопирит.

Халькозиновые скопления этого типа, по-видимому, гораздо более распространены в Северной Америке, например в пермских отложениях Оклахомы⁶. В темных углистых сланцах верхнекаменноугольной эпохи в Ред Галч, в графстве Фремонт в Колорадо обычны конкреции халькозина с баритом. Халькозин здесь заменяет нередко и углистое вещество⁷. Богаты халькози-

¹ F. Schrader, 1910, с. 141.

² См. Гроддек, 1889. Stelzner u. Bergeat, 1904, с. 388. Lindgren, 1913, с. 368.

³ Об этих рудах – Яковлев, 1917, с. 52. В русских работах большей частью минералогические определения руд отсутствуют.

⁴ Ср. Fuchs et De Launay, 1893, с. 329 и сл.

⁵ G. Köhler, 1905.

⁶ Tarr, 1910, с. 223.

⁷ Lindgren, 1913, с. 372.

ном, нередко в связи с растительными осадками, триасовые песчанистые отложения Новой Мексики¹. В меньших количествах халькозин наблюдается в очень многих месторождениях этого типа².

Отдельно должны быть поставлены россыпи, например элювиальные россыпи халькозина около рудника Бонанца, в отложениях Медной реки на Аляске³.

206. Халькозин и дигенит, как видно из сказанного ранее, являются характерными поверхностными минералами. Но и здесь они представляют промежуточный продукт, который подвергается дальнейшим изменениям, частью переходит в самородную медь (§ 205), а большей частью в различные кислородные соли меди – малахит, азурит, хризоколлу, куприт, атакамит. В то же самое время исчезновение халькозина по мере углубления ясно указывает на обратный процесс: на переход его в сульфожелезные соли меди – борнит и, главным образом, в халькопирит, который является главным соединением, меди в глубоких слоях литосферы.

207. Халькозин и дигенит в Европейской России. В России медный блеск встречается в *Архангельской губ.* на островах Белого моря⁴, в *Онежском у.* в Воицком руднике, в *Печорском у.* по р. Цыльме в верхнедевонских глинах. Руда состоит главным образом из халькозина, пропитывающего превращенные в каменный уголь растительные остатки. Эти руды разрабатывались в XV столетии⁵.

В *Области Войска Донского*, в Нагольном кряже встречены небольшие включения халькозина в жилах Семеновского бугра⁶.

В *Екатеринославской губ.*, в *Бахмутском у.* халькозин встречен в пермских песчаниках в урочище Картамыш, образует вкрапления в окаменяющее вещество растений в пермских конгломератах и глинах в Клиновых хуторах, около дер. Воздвиженки, на р. Клиновой⁷.

На *Новой Земле* халькозин наблюдался в кальцитовых прожилках среди диабазов с халькопиритом около Пропащей губы⁸.

В *Олонецкой губ.*, в *Повенецком у.* халькозин наблюдался в кварцевых жилах около Унатовозера в диоритах⁹. Халькозин встречен около Снятново-лока¹⁰, около Муезера¹¹ (кварцевая жила в диорите с халькопиритом, борнитом). В Шунгской волости между Путкозером и заливом Святухой известен во многих жилах (с борнитом) на контакте диоритов и глинистых сланцев. Медный блеск проникает эпидотовую породу в диоритах у дер. Матвеевой Горы, в 7 км от Пергубы. В ледниковых отложениях около Лишмозера – в ва-

¹ Lindgren, Graton a. Gordon, 1910, с. 76

² Дигенит находится при аналогичных условиях. Он наблюдается как в осадочных месторождениях, например в Мансфельде, так и в жильных, например около Рудольфштадта в Силезии – ср. Traube, 1888.

³ Moffita. Capps, 1911, с. 89.

⁴ Севергин, 1807, с. 127.

⁵ А. Антипов, 1858 (2), с. 27. Чернышев, 1891, с. 136.

⁶ Я. Самойлов, 1906, с. 110.

⁷ Носов, 1868, с. 268, 279. Кондратович, 1882, с. 158. Чуриков, 1881, с. 141; 1882, с. 5.

⁸ Voit, 1913, с. 46.

⁹ Комаров, 1842, с. 200.

¹⁰ Севергин, 1807, с. 127.

¹¹ Борисов, 1910, с. 70 и сл.

лунах¹. На оз. Сегозере, на о. Сокан (или Шукан-Саари), Каличьи острова – вкрапленность изредка халькозина (и халькопирита)². На Овечьей горе, близ Карельской Масельги, на юго-восточном берегу Сегозера выделения халькозина в кварцевых жилах в диорите. В 3,5–4 км от Пергубы в Вороновском (Воронов бор) руднике медный блеск вместе с пиритом, халькопиритом, борнитом вкраплен в кварците, залегающем на контакте с измененной диабазовой (диоритовой) породой³.

В *Петрозаводском у.* – в руднике Перт-Наволока около Пертозера⁴, в диоритах около Кончезера⁵ и в урочище Лопшаки близ Мунозера⁶. В *Олонецком у.* медный блеск составляет главную медную руду в жилах (с кварцем и цинковой обманкой) в граните в Туломозерской лесной даче у дер. Соны и дер. Колатсельги. Снаружи халькозин перешел в малахит⁷.

В Олонецкой же губ. в Карельском или Александровском руднике – с халцедоном⁸.

В *Псковской губ.*, в *Холмском у.*, по р. Ловати – следы⁹.

В *Петербургской губ.*, в *Новоладожском у.* – по р. Волхову (около Дубовиков, Вельси и т. д.) в ортоцератитовом известняке¹⁰.

В *Польше*, в *Келецкой губ.* в небольшом количестве около Медзяной Гуры¹¹. В Медзянке, около Хенцин, старинные и новые разработки в жилах и триасовом кристаллическом известняке. Жилы содержат барит, вверху заключают карбонаты меди¹².

В *Предуралье*, в пределах *Пермской, Уфимской, Оренбургской губ.* и *Тургайской обл.* и на запад в *Вятской, Казанской, Самарской губ.* тянется полоса песчаников, конгломератов и мергелей пермского возраста¹³, содержащих местами значительные скопления медных руд, далеко не выработанные и частью не затронутые¹⁴. Их разрабатывали в XVIII и XIX веках при экономических условиях крепостного хозяйства. Геологический горизонт их нахождения точно не фиксируется и отчасти колеблется. Наиболее выдержанным является уфимский ярус (P₁). Эти руды входят в тот тип мирового значения, который тесно связан с переотложением меди живых организмов.

Нередко халькозин скопляется вместе с растительными остатками, пропитывает их, главным образом стволы деревьев¹⁵ – каламиты и т.д. Главную

¹ Гельмерсен, 1882, с. 221.

² В. Соколов, 1917, с. 47.

³ Гельмерсен, 1882, с. 210. Борисов, 1910, с. 65. В Соколов, 1917, с. 48.

⁴ Энгельгардт, 1838, с. 234.

⁵ Комаров, 1842, с. 204.

⁶ Комаров, 1842, с. 204. Борисов, 1910, с. 73.

⁷ Н. Кулибин, 1873, с. 204. Борисов, 1910, с. 74.

⁸ Баварский музей. Содержит Fe, Pb, Ag.

⁹ А. Карпинский, 1876, с. 179.

¹⁰ Бок, 1869, с. 113, 144. Не «медная ли чернь», как указано Еремеевым (1855, с. 313) и Гельмерсеном (1842, с. 216).

¹¹ Кун, 1829, с. 224.

¹² Гривнак, 1906, с. 388.

¹³ Для Каргалинска два горизонта выше пехштейна – см. Нечаев, 1902, с. 297 и сл.

¹⁴ Об этих отложениях см. Murchison, 1845, с. 144, 169 и сл. Ферстер, 1868, с. 176 и сл. (Каргалинск). Arghmanns, 1861, II, VII. Замятин, 1917, с. 41.

¹⁵ Например, в Каргалинске – Ферстер, 1868, с. 179.

массу медных соединений составляют кислородные соединения меди – медная синь, зелень, чернь, куприт и лишь около 10% их составляет халькозин (отчасти халькопирит). Халькозин или наблюдается в форме небольших конкреций, или пропитывает всю массу песчаника, легко окисляющегося на воздухе¹. Халькозин наблюдался в Пермской губ. в рудниках: Воскресенском², Ключевском³, Александровском⁴, по р. Режу в Режевском⁵, Святотроицком⁶ (Юговской дистанции), Сантагуловском (Юговской дистанции), Гурино-Саринском⁷ (Юговской дистанции), Межевском (Юговской дистанции), Новобершадском⁸ (Юговской дистанции), Блиновском⁹ (Мотовиловской дистанции), Крестовом¹⁰ (Мотовиловской дистанции), Ивано-Лысенковском (Мотовиловской дистанции), Предтеченском¹¹ (Мотовиловской дистанции).

Дигенит в *Оренбургской губ.* в Каргалинских рудниках (40 км от Оренбурга)¹². Можно заметить для Каргалинска, что сернистые медные отложения (главным образом халькозин и борнит) замещаются кислородными (малахит, азурит и т.д.) в мергелях или вблизи мергелей. Это указывает на генезис медных минералов из растворов медного купороса: там, где присутствовали карбонаты, получались кислородные соединения, где органические вещества – сернистые¹³.

208. Собственно на *Урале* медный блеск, как вторичный минерал, наблюдался во многих месторождениях, редко когда являясь в значительных скоплениях. Около Верхотурья он встречен с асбестом¹⁴. При начале разработок он был очень част в Турьинских рудниках, в *Богословском окр. Пермской губ.*¹⁵ Здесь он разрабатывался как руда¹⁶ и встречался кое-где в ясных кристаллах (Воздвиженская шахта Васильевского рудника¹⁷, Михаило-Архангельский¹⁸ и другие рудники)¹⁹. Отсюда, из Васильевского рудника – купреин (Московский университет); наблюдался также в роговообманковой породе по р. Талой в *Николае-Павдинском окр.*²⁰ В Нижне-Тагильском окр. в Меднорудянском

¹ Так называемый «голубник» – на воздухе они синеют и зеленеют. *А. Антипов*, 1860, с. 290. *Гофман*, 1865, с. 388. *Бояршинов*, 1846 (1), с. 112. *Краснопольский*, 1889, с. 451. «Голубник», по некоторым указаниям, состоит из медной черни. *А. Самойлов*, 1831, с. 360.

² *Бояршинов*, 1846 (1), с. 112.

³ *Малахов*, 1879, с. 5.

⁴ *Гофман*, 1865, с. 402.

⁵ *Шуман*, 1833, с. 167. *Гофман*, 1865; с. 393. *А. Самойлов*, 1831, с. 360 и сл.

⁶ *А. Самойлов*, 1831, с. 359–360.

⁷ *Шуман*, 1833, с. 170.

⁸ *Бояршинов*, 1846 (1), с. 112.

⁹ *Гофман*, 1865, с. 396.

¹⁰ *Я. Нестеровский*, 1857, с. 107; 1856, с. 205.

¹¹ Коллекция Московского университета (Румянцевское собрание).

¹² *Vlit*, 1879. Nachtr. IV.

¹³ *Ферстер*, 1868, с. 182.

¹⁴ *Севергин*, 1807, с. 217.

¹⁵ *Севергин*, 1807, ср. *И. Герман*, 1789 (2), с. 87; *Н. Попов*, 1811, с. 19 и сл.

¹⁶ *Н. Попов*, 1811, с. 283.

¹⁷ *Барбот де Марни*, 1857, с. 411.

¹⁸ *Лисенко*, 1835.

¹⁹ *Еремеев*, 1888, с. 25.

²⁰ *М. Карпинский*, 1833, с. 180.

руднике¹ вторичный халькозин в выемках с магнетитом наблюдался в Авроринской шахте. В *Екатеринбургском окр.*, редко в Березовском руднике (коллекция Московского университета)², в Первоблагодатном³, Гумешевском⁴. В *Уфалейском окр.* – редко небольшие зерна в кварцевой жиле на южном склоне горы Березовой⁵ В Каменской даче у дер. Байковой на р. Исети – в порфирите⁶. В *Кыштымском окр.* в Каслинской даче в старинном руднике против Петровского прииска⁷. В Соймоновской долине прожилки куприта и халькозина в змеевиках⁸. Таково же Быньговское месторождение в Невьянской даче. В *Верх-Исетском окр.*, в Обще-Верхне-Нейвинской даче – халькозин с купритом и пиритом в выветрелых глинистых массах между известняками и разрушенными диоритовыми порфиритами в Ежевском руднике⁹, Алексеевской (больше пирита) и т.д.

В *Верхнеуральском у. Оренбургской губ.*, на *Южном Урале*, в одном из рудников, Никольском, около дер. Тунгатаровой – халькозин в кварцевой жиле являлся главной медной рудой¹⁰. В зеленокаменных породах Кулембетовского медного прииска известны прожилки халькозина¹¹. Указывается халькозин в золотоносных россыпях Санарки¹²; большие кристаллы встречались изредка в Киребинском руднике¹³, в руднике на Санарке около Крестовоздвиженска¹⁴. Выделения халькозина наблюдаются в медных рудах, связанных с серпентинами и магнетитом около ст. Рысаевой (вблизи оз. Ургун) и станицы Петропавловской¹⁵.

209. На *Кавказе* и в *Закавказье* халькозин указан в немногих местах., однако едва ли можно сомневаться, что его распространение несравненно более значительно, чем это нам теперь представляется. Нигде он не образует больших скоплений.

В *Батумской обл.* халькозин указан в бассейне Чороха, по р. Тальгом-Су¹⁶. В *Артвинском окр.* – около Арвина по Чороху в кварцевых жилах с пиритом¹⁷.

В *Елисаветпольской губ.*, в *Джэваниширском у.*, в местности Гюлентег около Гасанриз наблюдается известняк, проникнутый медной синью и зеленью

¹ *Rose*, 1837, с. 313. *Мейер*, 1876. *Гладкий*, 1888, с. 111. *Федоров*, 1900, №4. *Трушков*, 1905, с. 77.

² *Арцуни* (1885, с. 680–693) не указывает халькозина для Березовска.

³ *Л. Соколовский*, 1837, с. 171.

⁴ *Севергин*, 1809, с. 85.

⁵ Материалы для геологии России, 13, 1889, с. 93.

⁶ *Гebaуер*, 1889, с. 360.

⁷ *Сущинский*, 1904, с. 233.

⁸ *Богданович*, 1917 (1), с. 8.

⁹ *В. Никитин*, 1907, с. 157.

¹⁰ *Редикорцев*, 1868, с. 372. *Менге*, 1830, с. 258.

¹¹ *Арцуни*, 1886, с. 1212. *Стрижов*, 1835, с. 395.

¹² См. сноску 6.

¹³ *Эйхвальд*, 1844, с. 122.

¹⁴ *Лисенко*, 1835.

¹⁵ *Гривнак*, 1874, с. 282 и сл.

¹⁶ *Черник*, 1895, с. 493.

¹⁷ *Н. Лебедев*, 1898, с. 105. [По современному политическому делению, эти районы входят в состав Турции (примеч. ред.)]

(с небольшим количеством халькопирита и борнита)¹ недалеко от контакта с мелафирами. Халькозин гнездами. В *Елисаветпольском у.* халькозин указан около с. Джагир², в *Зангезурском у.* в медном руднике, недалеко от с. Герюсы³. Халькозин (и борнит) указан⁴ в месторождении пирита в овраге Чирагидзор в 38 км от Елисаветполя между р. Кюрак-чай и горой Пант.

В *Казахском у.* указывается по рч. Ял-Кюмери-Джюр в Кошидегермане в 45–50 км от ст. Тауз⁵.

В *Тифлисской губ.*, в *Борчалинском у.* халькозин известен в урочище Джирайора по р. Джан-Бахча⁶.

В *Эриванской губ.*, в *Новобаязетском у.*, по р. Мармар-Чай, к юго-западу от с. Ново-Михайловки, в пределах Мисханской дачи, среди других медных руд наблюдаются выделения халькозина⁷.

210. В *Сибири*, в *Томской губ.*, на *Алтае* халькозин наблюдался во многих старинных рудниках, нигде, однако, не скопляясь в значительных количествах; так, в виде землистых и плотных масс он встречался в Змеиногорском руднике⁸, отдельными выделениями – в Зырянском⁹, Чагырском (Московский университет), Чудацком¹⁰, Локтевском¹¹, Риддерском, Николаевском (в кристаллах)¹², Белоусовском¹³, в Салаирских рудниках¹⁴, Верхне-Лазурском¹⁵, Таловском¹⁶. Но он встречался и в других месторождениях Алтая и Томской губ. вообще; так, псевдоморфозы халькозина по халькопириту были описаны из Егорьевского золотого прииска около р. Суенги¹⁷. Указан в кварцевых жилах близ дер. Камень на Оби, около Сузунского завода¹⁸.

В *Енисейской губ.*, в *Минусинском у.*, в старинном Маинском руднике на Енисее около р. Большого Кара-Кулака разрабатывался с халькопиритом¹⁹. Разрабатывалась верхняя железная шляпа, по мнению Келла – внутривалькозинная залежь. На контакте девонских пород с диабазами в магнетите в руднике Терезии, Ожиданном, Терскове (около Старого Нарымского рудника)²⁰.

¹ Отчет Кавказского горного управления, 1907, с. 10 (по указанию горного инженера Корницкого). *Константинов*, 1917 (1), с. 99.

² *Меллер и Денисов*, 1900, с. 68.

³ Доставлен в 1896 г. Н.Н. Соболевым.

⁴ Генезис неясен. Об этом месторождении см. *Богданович*, 1912, с. 315, по указанию А. Бекзадова.

⁵ *Константинов*, 1917 (1), с. 71.

⁶ *Литевский*, 1873, с. 75–79.

⁷ Отчет Кавказского горного управления за 1907 г., с. 71 – по Корницкому.

⁸ *Шангин*, 1808, с. 13. По Шангину, очень редко в мелких кристаллах по Розе (*Rose*, 1837, с. 539), в его время только землистая.

⁹ *Rose*, 1837, с. 592.

¹⁰ *Пранг*, 1866, с. 70.

¹¹ *Соколовский*, 1833, с. 127 – в довольно большом количестве.

¹² *Севергин*, 1807, с. 217. По Г. Ренованцу.

¹³ *Щуровский*, 1846, с. 284. *А. Кулибин*, 1836, с. 158. *А. Соколовский*, 1836, с. 409.

¹⁴ *Шангин*, 1808, с. 79 – редко.

¹⁵ *Шангин*, 1808, с. 37.

¹⁶ Горн. журн., 1836, III, с. 170.

¹⁷ *Еремеев*, 1897, с. XXXVII.

¹⁸ *Ренованц*, 1788, с. 204–206.

¹⁹ *Паллас*, 1788, с. 482–532. *Эдельштейн*, 1917 (1), с. 149.

²⁰ *Тульчинский*, 1903, с. 25–34.

В Глафириновском руднике с халькопиритом, может быть частью произошли из медистых пиритов в верхних горизонтах руд¹. В восточных отрогах Кузнецкого Ала-Тау в урочище Хазах-Туразы находится Базинское медное месторождение, в 9 км от Ононова улуса; в нем халькозин находится в порфирите, в кальцитовых и кварцевых жилах, содержащих аплитовую породу². Халькозин, по-видимому, находится в довольно большом количестве в целом ряде рудных месторождений Минусинского у. Так, он – вместе с окисленными рудами – играл и играет роль в Сырских рудниках, по р. Малому Сыру, в окрестностях улуса Малый Сыр.¹⁶ Халькозин связан с досреднедевонскими основными вулканическими породами; так, он находится вкраплениями в миндалинах мелафиров у улуса Малый Сыр. По-видимому, медные соединения сосредоточены в породах в связи с трещинами, причем халькозин встречается в прожилках пренита с кварцем, эпидотом, кальцитом, самородной медью и т. п. Он встречается и дальше от Малого Сыра по Тустуджулу, в окрестностях улуса Богданова и т. д. На правой стороне Енисея, в 1 км от дер. Большая Иржа блестящие халькозина наблюдаются в порфире. В 13 км от с. Божьеозерское по логу, впадающему в р. Печище (приток Черного Юса), находится Печищенское медное месторождение, где халькозин наблюдался среди окисленных медных руд в песчаниках (моложе девона), богатых баритом. Я.С. Эдельштейн связывает оруденение с базальтовыми породами³. В *Ачинском у.* около Каялых-Узенья (в 10 км от оз. Широ) небольшие выделения *купреина*⁴.

В *Забайкальской обл.* в *Нерчинском окр.* добывался в Ачинских приисках на берегу Онона, около дер. Шаронабской⁵; есть в породах около Оловянного рудника⁶. В старинном Казанском руднике (Нерчинский окр., около Зерентуйского рудника) – в белом «каменном жире» (галлуазите?)⁷.

В *Иркутской губ.*, в бассейне р. Оки по Билюте в кварцевых жилах наблюдается халькозин в связи с пиритом и халькопиритом. Содержание медного блеска бедное⁸. В *Уссурийском крае* в районе Тетюхе в Охабинском месторождении проходит среди разрушенного известняка жила аплита, содержащего вкрапления халькозина⁹.

211. Имеется много указаний о нахождении халькозина в *Степной и Средне-Азиатской России*. В *Акмолинской обл.*, в *Акмолинском у.* значительные выделения халькозина наблюдаются в Успенском руднике. Сведения о его строении и минералогическом составе чрезвычайно разноречивы¹⁰. По Уолкеру, на горизонте около 100 м встречена сплошная жила халькозина мощностью 0,3 м, залегающая на границе соприкосновения глинистых сланцев и

¹ Эдельштейн, 1917 (1), с. 133, 136.

² Эдельштейн, 1917 (1), с. 152–153; 153 и сл.; 156–157; 158 и сл.

³ Эдельштейн, 1917(1), стр. 152–153; 153 и сл.; 156–157; 158 и сл.

⁴ По указанию П.К. Алексата, 1905 г.

⁵ А. Озерский, 1867, с. 69.

⁶ Федоров, 1902, с. 235.

⁷ Partin, 1791, с. 239: «Kupferglas», заключающий Ag.

⁸ П. Преображенский, 1917, с. 172–173.

⁹ Анерт и Полевой, 1917, с. 176.

¹⁰ См. чрезвычайно запутанное описание у Краснопольского, 1917, с. 111–114, дающего сводку всех более ранних данных.

песчаников¹. В *Кокчетавском у.* вместе с галенитом (см.) – в рудниках около Кызыл-Эспе. Около гор Имантау – в связи с медными свинцовыми соединениями в глинистом сланце². На горе Алтын-Тюбе – в связи с диоптазом³. В *Семипалатинской обл.*, в *Павлодарском у.*, в Крещенском руднике – штокверки в андезинофирах на границе с альбитофирами. Роговая обманка замещена халькозином. Аналогичное месторождение около сопки Эке-Тюбе (Царице-Александровское месторождение)⁴. Около Малого Джамбулды – в связи с массивными породами⁵. В *Баян-Аульском у.* в рудниках Степановском и Прокопьевском⁶. В *Каркаралинском у.* в Коктас-Джартас около сопки Джиланды, сверху окисленные, в кварцитах в связи с порфирами⁷. В горах Чет-Чеку, в 220 км на юго-запад от Каркаралы в кварцево-баритовых жилах в порфире⁸.

Среди медных окисленных руд, связанных с древними песчаниками (пермскими?), очень широко здесь распространены⁹, попадаетея и халькозин.

В *Сыр-Дарьинской обл.*, в *Аму-Дарьинском отд.*, в Султан-Уиз-Даре, около могильника к северу от Султан-Баба – небольшие включения халькозина в жиле роговика в роговообманковых породах¹⁰. В *Аулие-Атинском у.* по Асу-Саю в жиле в диабазе – вкрапления халькозина¹¹. В *Ташкентском у.*¹² – вкрапления халькозина в жилах кальцита в известняках по р. Угаму (правый приток Чирчика) в 22 км выше с. Хумсан¹³. В 16 км от с. Пскем в вершине р. Каньш-Сай (левого притока р. Пскем) наблюдаются многочисленные выходы жил халькозина, иногда довольно значительные¹⁴. Тонкие прожилки халькозина в известняке известны в 2 км от с. Ходжикента. Медный блеск известен в вершине р. Нурек-Ата (правого притока Аксагата, впадающего в Чирчик). Вблизи (7–8 км) от впадения р. Танау-Ашах в Нурек-Ату в порфирах наблюдаются жилы халькозина, которые пробовали разрабатывать. Это вкрапленности в порфирах вблизи кварцевых жил с халькопиритом¹⁵. Халькозин указан еще по Сыр-Дарье в вершине ручья Карабаша¹⁶. Жилы лимонита с халькозином известны в руднике Джур-Джурак по р. Кок-Су (между Брич-Мулла и Ахшарантау). Халькозин переходит в куприт и самородную медь.

¹ *E. Walker*, 1905, с. 1202.

² Горн. журн., 1833, IV, с. 189 и сл. *Краснопольский*, 1900, с. 87, 285; 1896, с. 24. Вероятно, это то месторождение, которое указывается, как старинный Аннинский прииск около оз. Иманкуль. См. о нем *Левшин*, 1832, с. 171 (по Шангину?)

³ *Шангин*, 1830, с. 398.

⁴ *Реутовский*, 1905 (1), с. 104–105. По указанию П.С. Кудрявцева. *Фигнер*, 1901, с. 14, Федоров, 1901.

⁵ *Реутовский*, 1905 (1), с. 106.

⁶ *Реутовский*, 1905 (1), с. 109. *Белоусов*, 1884, с. 345.

⁷ *Реутовский*, 1905 (1), с. 115. По указанию Иванова.

⁸ *Ковригин*, 1856, с. 225.

⁹ *Краснопольский*, 1917, с. 107 и сл.

¹⁰ *Вознесенский и Преображенский*, 1914, с. 399–426.

¹¹ *Вебер*, 1917 (2), с. 55.

¹² Указания заявок см. у *Андреева*, 1912, с. 56 и сл. для уу. Аулие-Атинского, Ташкентского.

¹³ *Вебер*, 1909; 1913, с. 72.

¹⁴ *Вебер*, 1909. По указанию А.И. Новикова.

¹⁵ *Вебер*, 1909.

¹⁶ *Вебер*, 1913, с. 74, 75; 1917 (1), с. 25.

Жила граната с халькозином выходит на контакте известняков с гранитовыми породами в горе Ахшарантау, выше устья Кок-Су¹.

В Семиреченской обл., в Верненском у. халькозин на берегу р. Джей-Су известен на контакте мелафира и кремнистого сланца². В Джаркентском у. по р. Или на правом притоке Кумыр известна кварцевая жила с медным блеском в порфире³. По правому притоку р. Или, Чалкоды-Су, на южном склоне хр. Кетмень по р. Чулак – с самородной медью в пустотах и миндалинах порфира⁴.

В Пржевальском у. в горах Тегерек, в 9 км от р. Семиз-Бель (левого притока Улахола), – в кварцевых и карбонатных жилах, проходящих через палеозой и гранит⁵.

В Ферганской обл., на северных склонах Тарбагатай в верховье р. Базара, в 10 км от перевала Алет-Асу – халькозин и малахит в заполненных кварцем трещинах в сильно измененных туфах⁶. Тонкая кварцевая жила с халькопиритом и халькозином на горе Долан (самая высокая вершина гор Долан-Кара).

212. В Финляндии халькозин наблюдался в Выборгской губ., в окр. Импилакс, в Питкаранте. Здесь он встречен в разных рудниках; в руднике Шварца он наблюдался частью плотным с гематитом, частью в виде мелких призматических кристаллов в пустотах магнетита и трещинах серного колчедана⁷.

В Улеборгской губ. халькозин известен в Верхне-Торнеоском окр. на горе Лохиваара.

213. Нахождение штромейерита в земной коре. Особняком стоит характерный жильный минерал – *штромейерит*, одно время считавшийся редким, но в действительности довольно распространенный. Значительные массы его встречались на Алтае, где в Змеиногорске одно время это была самая главная серебряная руда и откуда он впервые был описан, как особый минеральный вид, Г. Ренованцом⁸. Здесь штромейерит образовывал тонкие прожилки в барите и в роговике. Руды были известны «Чуди», на них обратили внимание в 1736 г., но присутствия серебра не было замечено и лишь в 1744 г. было найдено в нем, наряду с медью, значительное количество серебра⁹. С 1744 по 1835 г. Змеиногорский рудник дал около 600 т серебра, причем большая часть его добыта из штромейерита, т.е. выработано около 1000 т штромейерита¹⁰. Может быть, не меньшие его количества сосредоточены в американских жильных месторождениях (тоже с баритом), одновременно богатых серебром и медью; таковы различные рудники около Коквимбо (Santa Rosa de Arqueros) и Копиапо¹¹, рудник Ойада (Hoyada) в Катамарке в Аргентине¹², а

¹ Вебер, 1913, с. 75; 1917 (1), с. 25.

² И. Мушкетов, 1878 (1), с. 7–8.

³ И. Мушкетов, 1876, с. 96; 1906, с. 89, 276. Вебер, 1917 (1), с. 71, по Кассину и Вознесенскому.

⁴ Вебер, 1917 (1), с. 72, по указ. Кассина.

⁵ Кассин, 1915, с. 147.

⁶ Богданович и Вебер, 1917, с. 127, по указ. Васильевского.

⁷ Nordenskiöld, 1863, с. 8. Trüstedt, 1907, с. 326.

⁸ Ренованц, 1782, с. 402; 1788, с. 137.

⁹ Щуровский, 1846, с. 20 и сл. Историю см. у А. Кулибина, 1836, с. 158.

¹⁰ О Змеиногорске – Ренованц, 1788, с. 89 и сл. Rose, 1837.

¹¹ Domeyko, 1879, с. 367.

¹² Stelzner, 1873, с. 251.

также некоторые рудники Восточной Калифорнии¹, Сильвертон в Колорадо² и т.д. В некоторых случаях удается объяснить образование штромейерита, как результат вторичного выщелачивания сернистых соединений, содержащих Cu и Ag в определенных горизонтах, связанных с циркуляцией вод в жилах. Это наблюдалось, например, в руднике Янки Герл в Красных горах в Колорадо. Здесь в верхних слоях встречались пирит и галенит (до глубины 90 м), ниже находились скопления штромейерита, халькозина, богатых серебром и не заключающих свинца. На глубине 180–210 м появились бедные пиритовые руды. Горизонт жилы, богатый Ag и заключающий штромейерит, приходится рассматривать как новообразование под влиянием переработки бедной пиритовой массы жилы³. Очень возможно, что таково и всюду образование штромейерита, как вторичного жильного продукта. На это указывает и гораздо менее резко выраженная изменчивость штромейерита, хотя в Змеиногорске он, по-видимому, распадается на аргентит и халькозин.

В России, кроме Змеиногорска, штромейерит наблюдался еще в Петровском руднике на Алтае⁴ и в Листвяжной горе близ р. Хопхары в Алтайском горн. окр.⁵. Может быть к штромейериту должен быть отнесен так называемый «ковкий» медный блеск старинных минералов, наблюдавшийся в Суходойском руднике, в Богословских заводах⁶.

214. История минералов этой группы. Все эти тела в некоторых случаях являлись важными рудами на серебро и медь. Находясь нередко в верхних частях жил, легко восстанавливаясь в металлы, они часто играли большую роль в технике малокультурных народов. Составляя верхние, более богатые части жил, они и теперь имеют временами большое практическое значение.

Уже Диодор Сицилийский, описывая добычу серебра в Испании, указывает на получение его из руд, благодаря разведенным кострам. Лор указывает на аналогичные приемы для добычи серебра из сернистых руд (главным образом аргентита) туземцами Гондураса; так же добывают серебро туземцы Африки⁷.

Эта легкая восстанавливаемость аргентита (и халькозина) играла видную роль в истории рудного дела в Саксонских и Чешских Рудных горах, в обработке *polvegilla* в Южной Америке. Поэтому и *штромейерит* явился важной серебряной рудой Алтая, и Змеиногорский рудник долгое время был главным и наиболее богатым рудником края. Местами же он являлся главной серебряной рудой в Южной и Северной Америке.

Наибольшее значение среди всех этих минералов имели, однако, не серебряные, а медные руды. Столь обычный халькозин, особенно в верхних частях руд, при начале разработки очень часто является главной рудой на медь и добывается в огромном количестве. По расчетам Грейтона, в 1906 г. около половины (47%) всей меди, добываемой в Соединенных Штатах Се-

¹ Fairbanks, 1896, с. 151.

² Rausome, 1901, с. 79.

³ S. Emmons, 1901, с. 196. Аналогичный штромейерит в Брокен-Хилл ib., с. 204.

⁴ Бояршинов, 1846 (2), с. 400–401.

⁵ Влангали, 1849, с. 282.

⁶ О нем см. Севергин, 1807, с. 127.

⁷ Petigand et Ronna, 1864, с. VIII.

верной Америки, получалось из медного блеска¹. Одни рудники в Бьютте давали и дают его огромные количества.

Если подсчитать количество относящихся сюда руд, добытых человеком в историческое время, мы получим колоссальные цифры и, несомненно, из них добыта и добывается заметная часть серебра и меди, исчисляемая десятками процентов.

215. Диагноз. Аргентит: кристаллические массы и кристаллы. Черный, сероватый. Вполне ковкий. Слабый металлический блеск. Твердость около 2. Уд. вес 7,2–7,4. На угле перед паяльной трубкой плавится, выделяет SO_2 и королек серебра. В HNO_3 растворим, в HCl осадок AgCl , растворимый в $\text{NH}_4(\text{OH})$. *Серебряная чернь* – исключительно в порошке, ясной ковкости не заметно, черного цвета.

Штрюмейерит. Большей частью очень плотные массы (кристаллы очень редки). Раковистый излом. Твердость 2–3. Уд. вес 6,2–6,3. Темно-серого цвета. *Ялпаит* – темно-серый. Твердость ниже 3. Уд. вес 6,9. Ясная прерывистая спайность по (100). Перед паяльной трубкой с KCu оба легко дают Ag , содержащее Cu . В HNO_3 растворимы и дают с $\text{NH}_4(\text{OH})$ белый осадок серебра и синий раствор. Легкоплавки.

Халькозин. Кристаллы большей частью гексагонального вида. Металлический блеск. Черновато-серого цвета, обыкновенно со слабой побежалостью. *Очень неясная спайность* по (110). Раковистый излом. Твердость 2–3. Уд. вес 5,5–5,8. Перед паяльной трубкой плавится в хрупкий шарик, с Na_2CO_3 легко дает Cu . В HNO_3 легко растворим, с выделением S , от $\text{NH}_4(\text{OH})$ – синий цвет.

Купреин – те же реакции перед паяльной трубкой. Ясная спайность по (0001). Сильный металлический блеск; цвет – серый с синеватым отливом. Уд. вес 5,5–5,6.

Сернистые соединения ртути

Киноварь. Метациннабарит

216. Химический состав и физические свойства. Небольшая группа сернистых соединений ртути имеет значение, главным образом благодаря тому, что киноварь является главной рудой на ртуть, и, несомненно, представляет наиболее обычное соединение ртути в земной коре. Киноварь, по составу обычно химически чистая, хотя часто даже в кристаллах она включает² небольшие количества органических веществ, по-видимому углеводов. Весьма вероятно, что эти органические вещества частью растворены в HgS ,³ но большей частью они образуют с киноварью тесную механическую смесь, которая уже давно обратила на себя внимание наблюдателей и получила название *ртутной печеночной руды* (Lebererz Идрии). В этих случаях киноварь оказывалась довольно грубо смешанной, частью с углистыми веществами, частью с углеводородами⁴ (идриалином, напалитом и т.д.). Кроме органичес-

¹ Graton, 1907, с. 410.

² Christy, 1879, с. 455.

³ Ramsay a. Travers, 1896, с. 443.

⁴ A. Schrötter, 1829, 3, с. 245; 4, с. 5; Dumas, 1830, с. 193, 360.

ких соединений, другие примеси в киновари редки, может быть вследствие того, что она часто является продуктом изменения метациннабарита и при этом изменении как бы очищается.

Анализы *метациннабарита* дают постоянные указания на присутствие Fe (до 0,5%), иногда Zn, Mn и т.д.

217. Для HgS известно несколько полиморфных разновидностей – черного и красного цвета. Черная HgS, которая получается при обычном осаждении разведенных ртутных солей действием H_2S или растворов сернистых металлов, по-видимому¹, соответствует метациннабариту. Насколько можно судить, при реакциях образования выше $45^\circ C$ образуется киноварь, ниже – черная сернистая ртуть²; при охлаждении киновари образуется черная HgS,³ при трении и нагревании черная HgS и метациннабарит переходят в киноварь⁴. При сублимации получается красная HgS, которая, однако, не отвечает киновари, так как переход красной «аморфной» HgS в кристаллическую, α -HgS сопровождается поглощением тепла, и, по-видимому, мы имеем по крайней мере три полиморфные разновидности HgS: 1) черную искусственную, 2) красную аморфную с уд. весом 8,0 и 3) киноварь α -HgS.⁵ К этим трем разновидностям должна быть прибавлена еще одна – гексагональная, с уд. весом 7,2, которая получается при действии серноватистоокислого натрия на концентрированные растворы ртутных солей⁶. Если считать метациннабарит отличным от черной искусственной HgS, то мы имеем 5 полиморфных разновидностей. Из них при обыкновенном давлении и температуре устойчива только киноварь.

218. Киноварь – α -HgS – наиболее устойчивая при обычных термодинамических условиях форма кристаллизуется в гексагональной системе, в классе $\lambda^3 3L^2$, причем $a : c = 1 : 1,14526$ ⁷. Кристаллы⁸ этого вещества изучены из немногих месторождений⁹, но богаты формами и дают ряд совершенно различных типов.

Можно различить: 1) ромбоэдрический тип, причем господствуют большей частью положительные ромбоэдры (главным образом $R(10\bar{1}1)$, а также $n(20\bar{2}1)$, $h(20\bar{2}3)$, $(30\bar{3}4)$ и т.д. – в Авале, Альмадене, Ландсберге и пр.; гораздо реже господствуют отрицательные ромбоэдры, причем $\Delta(01\bar{1}1)$ никогда не был встречен господствующим, – таким наблюдался $h'(02\bar{2}3)$ в Нью-Идриа; 2) пинакоидальный тип, с господствующим $c(0001)$ и ромбоэдрами или призмой $m(10\bar{1}0)$. Развитие ромбоэдров в разных местностях указывает на довольно резко выраженный характер поверхностной энергии киновари. На то же самое ука-

¹ Ср. *Weinschenck*, 1890, с. 498.

² *Brunner*, 1829, с. 593; *Schrauf*, 1891, с. 399.

³ *J. Fuehs*, 1834, с. 581.

⁴ *Schrauf*, 1891, с. 358; *Allen a. Crenshaw*, 1912.

⁵ *Varet*, 1895, с. 1114.

⁶ *Allen a. Crenshaw*, 1912.

⁷ *Schabus*, 1851, с. 65, 69, 80.

⁸ *Traube*, 1888, с. 565. *Lévy*, 1837 (1), с. 380. *D'Acchiardi*, 1873. *Mügge*, 1882, с. 32. *Al. Schmidt*, 1887–1888, с. 433. *Zimanyi*, 1906, с. 442 и сл.

⁹ Альмаден в Испании, Авала в Сербии, Квейчоу в Китае, Нью-Идриа в Калифорнии, Рипа в Тоскане (здесь впервые доказано строение $\lambda^3 3L^2$, д'Аккиарди).

зывает сложность индексов ее простых форм¹ и то, что в некоторых случаях господствующей формой являются даже тригональные трапецеэдры (например $D(31\bar{2}7)$ в Авале). То же самое подтверждает характер ее *двойников*, хотя двойники в собственном смысле очень редки². Чрезвычайно любопытен энантиоморфный характер этого вещества. Обычно мы имеем развитие правых и левых форм, причем правые формы, по-видимому, дают больше комбинаций; так, например, для таких простых форм, как $(30\bar{3}5)$, $(30\bar{3}2)$, $(1\bar{1}23)$, $(22\bar{4}1)$, нет совершенно соответствующих левых энантиоморфных фигур. В то же время, по наблюдениям Деклазо³, в отдельных кристаллах преобладает левовращающая киноварь. Таким образом, мы имеем здесь явно выраженную неравнозначность обеих модификаций⁴. В то же время чрезвычайно часты сростки обеих модификаций, причем $\lambda^3 = Z$ является осью сростания с углом поворота в 60° (таковы кристаллы киновари из разных рудников Юньнани (Мейонг-Ривер и др.), Квейчоу в Китае или меньшие по размерам из Зайцева (Никитовка) в Екатеринославской губ.

Гораздо чаще, чем кристаллы, встречается киноварь в сплошных массах очень разнообразного строения, стоящего в тесной связи с ее генезисом. Она бывает иногда чистой кристаллически зернистой; временами эти зерна принимают характер тонких игл, и киноварь дает сплошные массы из игл (Аламеда, Калифорния)⁵. В других случаях она дает конкреции или землистые массы в тесной смеси с глиной и органическими веществами (идриалином) – печеночная ртутная руда, с фосфатами и органическими веществами (паразит) и т.п.

Несравненно реже кристаллы *метациннабарита*, обычно наблюдаемого в землистом и конкреционном состоянии. Его кристаллы строения $3\lambda^2 4L^3 6P$ дают главным образом комбинации (111) , $(\bar{1}\bar{1}1)$ или (110) , другие формы редки. Киноварь обладает очень резко выраженной способностью вращать плоскость поляризации света⁶; эта способность уменьшается при понижении температуры⁷.

219. Нахождение в земной коре. Киноварь и метациннабарит являются характерными *близповерхностными* минералами, образуясь почти всегда из горячих водных растворов. Сернистая ртуть легко растворяется в воде, содержащей сернистые щелочи, или H_2S и карбонаты, причем эти растворы очень легко разлагаются с выпадением частью метациннабарита, частью киновари. Присутствие органических веществ (углеводородов) содействует этому распадению⁸. Но хотя киноварь и выделяется из водных растворов,

¹ См. *Hintze*, I, с. 665–666.

² Гинтце указывает, что двойники часты, но он называет двойниками закономерные сростки правых и левых кристаллов.

³ *DesCloiseaux*, 1857 (1), с. 44; 1857 (2). Ср. также *Вырубов*, 1886, с. 8.

⁴ Отличать правые и левые формы очень трудно. *Zimanyi*, 1906, с. 442 и сл.

⁵ Римский музей (1907).

⁶ *Zimanyi*, 1906, с. 454.

⁷ *Becquerel*, 1908, с. 1281.

⁸ Ср. *Villarello*, 1903, с. 100. Некоторые исследователи полагают, что киноварь выпадает из водных растворов, содержащих *сернистую ртуть* – см. *Lotti*, 1903 (2), с. 423. Никаких данных, которые бы указывали на возможность образования кислородных соединений ртути в природе, мы, однако, не имеем.

она, как показал уже Беккер¹, распределяется на земной поверхности в тесной зависимости от дислоцированных областей; вдоль дислокационных линий в таких наиболее взломанных участках земной коры сосредоточиваются все мало-мальски значительные скопления киновари. Это зависит: 1) от более легкого проникновения в такие участки из земных глубин вод, содержащих в растворе сернистую ртуть, и 2) от выхода на земную поверхность или вблизи земной поверхности массивных пород, с которыми генетически связана киноварь. Так или иначе ртуть принесена на земную поверхность из земных глубин, и нахождение киновари главным образом в дислоцированных областях земной поверхности служит ясным проявлением этого обстоятельства. По-видимому, при этом она сосредоточена главным образом в новейших типичных складчатых областях².

Связь с массивными породами, хотя и является довольно заметной, не вполне установлена, так как растворы киновари довольно подвижны, и она проникает в осадочные породы довольно далеко от очагов своего первоначального выделения. Этим объясняется и то, что, в отличие от других металлов, киноварь нередко является одна, не сопровождается никакими другими металлическими веществами³. С другой стороны, мы совершенно не знаем той формы, в виде которой ртуть находится в осадочных породах. По-видимому, она собирается там первоначально в виде сульфосолей и, должно быть, сульфосурьмянистых. На это указывает чрезвычайно частое *совместное* нахождение сурьмяного блеска и киновари (Зайцево, Екатеринославской губ., Калифорния, Рейнский Пфальц, Шлайнинг в Венгрии, Гуитцуко в Мексике, Корсика, Алжир⁴ и т.д.) и нахождение многочисленных псевдоморфоз и новообразований киновари по швациту (блеклой ртутной руде) (например, Ландсберг в Рейнском Пфальце, Шлайнинг в Венгрии и т.д.).

Характер изверженных пород, связанных с киноварными залежами, далеко не вполне выяснен. По-видимому, ртуть связана с кислой магмой: например, киноварные месторождения Северной Америки связаны с гранитами и сиенитами. В случаях, где эта связь могла быть прослежена, массивные породы оказывались чрезвычайно измененными. Изредка киноварь наблюдалась и непосредственно в продуктах вулканов, например в Поццуоли (?)⁵, около оз. Омапере в Новой Зеландии и т.д.

220. Месторождения киновари далеко не всегда представляют правильные *жилы*. Киноварь выделялась из водных растворов, циркулировавших по глубокой дислокационной трещине, но породы возле этой трещины или системы трещин оказываются измененными на значительное расстояние. Киноварь, благодаря своей подвижности, проникает довольно далеко вглубь породы и в то же время сами породы изменены горячими водами до неузнаваемости. При этом образуются характерные метасоматические жилы или штокверки. Обычно киноварь выделялась из водных растворов одновременно с кварцем, карбонатами и органическими веществами. Ее месторождения

¹ *Becker*, 1888 (2), с. 51 и сл. Ср. карту Беккера.

² Ср. *De Launay*, 1905, с. 623–624.

³ На это обратил внимание еще А. де Жюссье в 1717 г. См. *Kuess*, 1887, с. 75.

⁴ См. *Lacroix*, 1897 (1), с. 550. *Hollande*, 1876, с. 31.

⁵ *Becker*, 1888 (2), с. 52.

имеют нередко неправильную форму разрушения вдоль трещин участков горных пород, пропитанных киноварью, образующих не то жилу, не то брекчию трения. Таково, например, месторождение киновари около Авалы в Сербии¹, где она с кварцем, карбонатами, баритом, авалитом пропитывает сильно разрушенный и раздробленный серпентин на контакте с меловыми мергелистыми известняками. Кое-где киноварь, представляющая нередко последнюю генерацию, образует как бы гнезда. Киноварь выделилась в трещинах кварцевых метасоматических жил серпентина после их образования. К тому же типу принадлежит Идриа в Австрии², где киноварь находится в глинистом битуминозном сланце в теснейшей связи с дислокационными трещинами, проникая различные породы вблизи них². Аналогичны Валетта в Италии³, Овиедо в Астурии, Гуанкавелика в Перу⁴ и т.д. В общем того же характера и наиболее богатые ртутью месторождения Испании и Америки. В Альмадене в Испании⁵ киноварь добывалась еще со времен карфагенян и финикийцев; здесь она пронизывает три вертикальных мощных (в общем до 12 м) пласта палеозойских кварцитов, сопровождаемых диабазовым туфом, заполняя их пустоты или химически замещая SiO_2 . Эти пласты минерализованы на протяжении 180–200 м и лежат среди сланцев и кварцитов. Местами это месторождение имеет характер кварцевых жил, содержащих киноварь; иногда это брекчии, сцементированные киноварью, доломитом, баритом. Но позднейшее проникновение киновари снизу в виде водных растворов чрезвычайно вероятно, так как книзу месторождение становится богаче киноварью. В общем того же характера и американские месторождения⁶, где горячие воды, богатые киноварью, имели, по-видимому, исходным пунктом выщелачивание гранитных массивов. Здесь киноварь иногда скопляется в огромных количествах (Нью-Идриа, Нью-Альмаден); иногда она и метациннабарит находятся в довольно правильных жилах, например около Ноквилла в руднике Редингтон, где метациннабарит и отчасти киноварь дали огромное количество ртути и выделились в трещинах с кварцем, опалом, карбонатами, проникая в окружающие осадочные породы и серпентины. Гораздо реже наблюдаются другие типы ее выделений, которые в общем все характеризуют выпадение ее из водных растворов, – например случаи, где она проникает органические остатки рыб в битуминозных мергелистых сланцах Баварии⁷, различные моллюски около Нидервизена в Гессене⁸. Сюда же должно быть отнесено и ныне наблюдаемое выделение ее из горячих источников с опалом, серным колчеданом и т.д., например – в Сульфур-Бэнк в Калифорнии⁹.

¹ *Borne*, 1894 (1); 1894 (2), с. 467. *Groddeck*, 1885, с. 112; 1886, с. 426. *Antoula*, 1900, с. 39. *H. Fischer*, 1906, с. 251.

² *Lipold*, 1874, с. 425; 1881. *Schrauf*, 1891, с. 349. *Rossmat*, 1899, с. 259; 1911, с. 339.

³ *Rath*, 1864, с. 128.

⁴ *Becker*, 1888 (2), с. 65.

⁵ *Kuess*, 1887, с. 136 и сл. *Tenne u. Calderon*, 1902, с. 57 и сл. *Prado de*, 1855, с. 13. *Becker*, 1894, с. 14. *Navarro*, 1894, с. 59, 226, 246. *Becker*, 1888 (2), с. 29, 31, 54.

⁶ *Becker*, 1888 (2), с. 354, 365, 385, 469 и сл.

⁷ *Blum*, 1847, с. 212.

⁸ *Greim*, 1895, с. 8.

⁹ *Pošepny*, 1895 (1), с. 42 и сл. Некоторые исследователи сомневаются в современном отложении HgS в осадках Сульфур-Бэнк и рассматривают этот процесс как законченный [*Pošepny*, 1895 (1), с. 48]. В Стимбот-Спрингс присутствие Hg было доказано анализами, в воде она открыта в осадках. Ср. *Becker*, 1887, с. 200.

Несколько в стороне стоит ее выделение в парах, например в Поццуоли, где она была наблюдаема с реальгаром, как большая редкость¹.

Есть вторичная киноварь, образовавшаяся при разложении ртути-содержащих блеклых руд (см. ее псевдоморфозы по швациту). Такая киноварь наблюдалась во многих рудниках северо-восточного Орегона, около Семптера².

Киноварь из разных своих месторождений попадает нередко в россыпи. Кое-где этим путем получают такие ее скопления, что можно говорить о *россыпях киновари*. Такие россыпи разрабатывались в Италии около Аббадиа-Сан-Сальваторе, в Сатурния около Монте-Алиата и т.д. Во многих реках находятся значительные скопления киновари в песке (Рейн, По, Мозель, Дора-Бальтс, Сезия и т.д.)³.

Киноварь, распадаясь, дает Hg; она образуется нередко из сульфосолей (швацит, ливингстонит и т.д.) и, должно быть, переходит в них в глубоких слоях литосферы.

221. Киноварь в России. В России⁴ киноварь не пользуется большой распространенностью и месторождения ее мало изучены⁵. Мы имеем во многих местах указания на существование ее отложений, ближе нам не известных, так как она найдена в россыпях Урала и Алтая, а коренные месторождения оставались не известны. В пределах Европейской России самое важное месторождение находится в *Екатеринославской губ., в Бахмутском у.* около Зайцева (ст. Никитовка)⁶, в трещинах и импрегнациях каменноугольного песчаника с антимонитом, кварцем, каолином и т.д. Здесь находится самая большая добыча ртути в России. Небольшие следы киновари наблюдались в *Области войска Донского, в Таганрогском окр.,* в Семеновском бугре, около Нагольной⁷.

На *Урале* киноварь весьма часто наблюдалась в золотоносных россыпях, но коренные ее месторождения открыты недавно⁸. На самом севере, в *Пермской губ., в Верхотурском у.,* в Лялинской даче в золотоносных россыпях бассейна р. Ляли⁹. Наиболее богатые киноварью россыпи наблюдались в Богословском окр. в россыпях Магдалиновской, Логовой, Петропавловской¹⁰ и особенно в Олене-Травинской россыпи, где встречаются ее куски до 600 г весом¹¹ (иногда с золотом – коллекция Московского университета).

¹ Шанкуртуа см. *Rolland*, 1878, с. 98.

² *Lindgren*, 1913, с. 469.

³ *Lotti*, 1903 (1), с. 119 и сл.

⁴ Ср. *Белюсов*, 1895, с. 50.

⁵ [В настоящее время в СССР известны и изучены многочисленные новые месторождения киновари в Западной Сибири, в Киргизской ССР и др. – *Ред.*].

⁶ *Домгер*, 1879, с. 206 (найден А. Миненковым); 1880, с. 271 и сл. *Миненков*, 1881, с. 114 и сл. *Чернышев и Лутугин*, 1897. О кристаллах см. *Федоров*, 1909, с. 323.

⁷ По сообщению Я.В. Самойлова (1905).

⁸ *Михеев*, 1912.

⁹ *Носилов*, 1883, с. 291.

¹⁰ *М. Карпинский*, 1840 (1), с. 229–230.

¹¹ Горн. журн., 1839, II, с. 205. *М. Карпинский*, 1840 (1), с. 230 (в кварце). Она вообще обычна в Богословских россыпях (по р. Мостовой). *Романовский*, 1868 (1), с. 516. Ср. Горн. журн., 1892, с. 169–170, частью в виде пыли.

Она наблюдалась в Верхотурском у. по р. Ису¹ в Заозерской даче Всеволожских (коллекция Московского университета), в *Екатеринбургском окр.* в россыпях Калиновской², Шабровской, Обезьяновской³ и многих других⁴; в *Гороблагодатском окр.* В Веденьевской россыпи⁵, в золотоносных россыпях *Сысертского окр.*⁶ С платиной в *Верхнетагильском окр.*⁷ В Южном Урале в *Миасском окр.* В россыпях (по р. Ую?) Второ-Павловской⁸, Царево-Александровской, Царево-Николаевской, Каскиновской, Марье-Афанасьевской; по Ую в Анненском прииске (вблизи пос. Кидыша)⁹, по Каменке в Качкарских золотоносных россыпях¹⁰. В *Уфалейском окр.* – мелкие зерна в россыпях по Малому Каркадину¹¹.

Коренные ее месторождения были открыты значительно позже и до сих пор имеют исключительно минералогический интерес. Такое месторождение известно в Пермской губ. в Екатеринбургском у., в Верх-Исетской даче, в Аятской даче на левом берегу р. Малой Талицы (правый приток р. Режа). Киноварь встречена в кварцевой жиле, содержащей золото и антимонит. Киноварь переходит и в разрушенную изверженную, сильно измененную породу¹².

222. На *Кавказе* есть указания на нахождение киновари в *Кубанской обл.* (гора Фишт Майкопского отд.) и в *Терской обл.*¹³, около Нальчика¹⁴ *Владикавказского окр.*, но наиболее точно установленные коренные ее месторождения наблюдались в *Дагестанской обл.*, в *Кюринском окр.*¹⁵ В Сюльхендаге около с. Гепце и в верховьях притоков р. Гюльгары-Чай: конкреции в юрских мергелях и песчаниках.

223. Мало изучены месторождения, но известны указания на киноварь во многих местах *Азиатской России*.

В *Западной Сибири*, в *Томской губ.* в *Мариинском окр.* киноварь известна в некоторых россыпях, например – в долине р. Кундата в Ново-Никольском прииске¹⁶, также в бассейне р. Томи (Московский университет). В кварцевых прожилках с галенитом около золотых россыпей (и в россыпях) по р. Бердовке, в системе Кийского Шалтыра¹⁷. На *Алтае* в *Салаирских горах*, около Егорьевского промысла по ключу Прокудину (бассейн р. Суенги) в золотоносных россыпях, в гальках глинистого сланца¹⁸, по р. Осиповой, у Салаирских

¹ С. Глинка, 1886, с. 330. В коллекции Академии наук галька киновари с кальцитом.

² Чайковский, 1830, с. 302.

³ М. Карпинский, 1840 (1), с. 229–230.

⁴ По указанию Гельма – Rose, 1837, с. 148.

⁵ Горн. журн., 1839, II, с. 469.

⁶ Малахов, 1876, с. 13.

⁷ Гельм, 1842, с. 83.

⁸ По указанию Поросова – Rose, 1842, с. 30, 39.

⁹ Коллекция К.А. Шишковского, 1907.

¹⁰ Музей Уральского общ. естеств. В Екатеринбурге.

¹¹ Богданович, 1902, с. 46.

¹² Кондыкин, 1912, с. 2 и сл., открыта П. Рюминым.

¹³ Меллер и Денисов, 1900, с. 93–94.

¹⁴ Матер. геол. России, 1889, 13, с. 93.

¹⁵ Богданович, 1902, с. 46.

¹⁶ А. Зайцев, 1894, с. 11; 1893 (2), с. 466.

¹⁷ Реутовский, 1905 (1), с. 95.

¹⁸ Горн. журн., 1844, II, с. 223.

рудников¹ и т.д., около Пезасского промысла по ключу Прокопьевскому (бассейн Нижней Терси² в золотоносных россыпях по р. Уксунаю (Салаирские горы)³. Здесь коренные месторождения не были найдены. Но, судя по старинным образцам Московского университета, она встречалась в виде кристаллов в каких-то жилах с псевдоморфозами смитсонита (?).

В *Енисейской губ.* в небольшом количестве найдена в песках р. Черной и Алгиака (притоки Систикема), по р. Усе и т.д.⁴ В *Минусинском у.* указана вблизи с. Означенного⁵.

По-видимому, более важны месторождения киновари в *Забайкальской обл.* Здесь в *Нерчинском горн. окр. уже* в XVIII веке при Екатерине II разрабатывался одно время Серный Ильдиканский рудник на правом берегу Серного Ильдикана, притока Нижней Борзи, где киноварь образует плотные вкрапления и скопления в брекчиевидной доломитовой жиле в доломите вблизи выходов гранита (кварцевого порфира?)⁶. Она наблюдалась еще в порошкообразном виде и в виде пыли на богатой свинцовыми соединениями глине и в нижних горизонтах Покровского рудника (в 1780 г.). Киноварь очень обычна в золотоносных россыпях Забайкалья. В бассейнах рек Унды, Апрельковой, Ильдикана, Хорогочи, Кары едва ли есть золотоносная россыпь, где бы не была находима киноварь⁷. Так, в *Нерчинском у.* она найдена в россыпях Карийской⁸, Шахтаминской⁹, Богоджио-Ключевской¹⁰, Ксениевской (по р. Горбице, притоку р. Шилки¹¹, Лунжанкинской¹² и др. в *Нерчинско-Заводском у.* по р. Солкокону (притоку Борзи, бассейн Аргуни)¹³, в Кудеинских россыпях по р. Кудее и Боровой¹⁴. В *Верхнеудинском у.* в Бальджинской свите россыпью по р. Чикою.

В *Якутской обл.* киноварь указана по р. Анге, притоку р. Алдана¹⁵.

В *Амурской обл.* в Малом Хингане, в золотоносных приисках Любавинском и Казинском находились большие неокатанные куски киновари¹⁶.

В *Приморской обл.*, в верховьях р. Анадыря; у Пенжинского залива; в Тайгоносской косе, в 75 км от *Гижигинска*, в небольшой бухте у р. Тополевки. Здесь она кристаллическая и плотная, попадает на берегу Охотского моря и издавна употреблялась коряками для окраски стрел. Коренное место-

¹ Н. Нестеровский, 1896, с. 327.

² Горн. журн. 1844, II, с. 223.

³ Мамонтов, 1913, с. 32.

⁴ Георги, 1797, с. 411, по указанию Барбот де Марни; ср. Nene Nord. Beitrage, IV, 1783, с. 246.

⁵ Пестов, 1833. Костров, 1852.

⁶ Открыт Сибиряковым в 1759 г. См. А. Озерский, 1867, с. 70; Гедройц, 1898, 1899; Корвацкий, 1907, с. 347 и сл. Еще до 1775 г. киноварь считалась за пустую породу: из 1 кг получалось 0,5 кг руты; в 1783 г. уже выработана. См. Neue Nord. Beitrage, IV, 1783, с. 232.

⁷ По указанию С.Д. Кузнецова.

⁸ Меглицкий, 1851 (1), с. 278.

⁹ А. Озерский, 1867, с. 71. Еремеев, 1895, с. 38.

¹⁰ М. Герасимов, 1865, с. 122.

¹¹ Нестеров, 1904, с. 130.

¹² Боголюбский, 1869, с. 363.

¹³ Кокшаров, 1850, с. 264.

¹⁴ Боголюбский, 1869, с. 376; 356.

¹⁵ Фояжков, 1893.

¹⁶ См. Aperçu des explor. géol. etc., 1900, с. 189.

рождение ее неизвестно, но находится поблизости – может быть, в черных сланцеватых породах¹.

224. В *Средне-Азиатской России* нахождение киновари есть неясные и до сих пор не вполне точные указания; так, например, есть заявки на нее в *Ферганской обл.*²., в *Кокандском у.*, в *Лейлянской волости*³ и в *Отеком у.* на Памире⁴.

225. История киновари. Труд человека. Киноварь является главной ртутной рудой и начала разрабатываться уже в глубокой древности. В Европе первые разработки ее относятся еще к неолитическому периоду, например – старинные разработки около Авалы в Сербии⁵. Она употреблялась первое время главным образом как краска, в связи с религиозными обрядами и церемониями и медициной. Как лекарственное средство киноварь в Индии была уже в употреблении в первые века нашей эры, и центр добычи ее находился в Дардистане в Кашмире, откуда произошло и санскритское название ртути – Darada⁶. В Европе еще за несколько столетий до н.э. ее добывали в различных местах⁷. Вероятно, она добывалась в это время и в других местах. Отсюда она стекалась в большом количестве в центры тогдашней культуры – в Грецию и потом в Рим⁸. Уже греки в V столетии до нашей эры получили ее из Альмадена в Испании, и Каллиас около этого же времени (в 415 г. до н. э.) нашел способ добычи ее из россыпей⁹. Центром добычи киновари и ртути в это время уже были Альмаден и окрестные места в Испании, откуда поступала ртуть и в римскую эпоху. Ежегодно направлялось в Рим до 4 тыс. кг ртути из Альмадена¹⁰. Она употреблялась главным образом в медицине, в алхимических опытах и в технике для золочения серебра и меди. Одновременно с этим европейским центром добычи киновари все время она разрабатывалась в Азии, где имела большое применение как краска и в медицине. Кроме Кашгара, центром ее добычи были южные провинции современного Китая. В провинции Квей-чоу были многочисленные месторождения киновари, издревле разрабатываемые¹¹. Отсюда киноварь шла как в Китай, так и в Индию и в государства Индокитая.

Уже в римскую эпоху было открыто ее применение для амальгамизации руд и для добычи золота¹², хотя это ее свойство, по-видимому, было открыто независимо в разных местах; так, в XII столетии ее употребляли для этой

¹ Паллас, 1793, с. 271. Лаксман, 1793, с. 311. Ср. Дитмар, 1901, с. 447.

² Ртуть по указанию Маидиси (X век) добывалась в Фергане около Сока – Бартольд, 1900, с. 164.

³ Андреев, 1912, с. 102.

⁴ Вебер, 1913, с. 101; 1917 (1).

⁵ Aperçu des explor. géol. etc., 1900, с. 189.

⁶ Ray Chandra, 1902, с. 43. Об употреблении в индийской медицине см. Bloch, 1901, с. 145.

⁷ Hofmann u. Szombaty, 1886.

⁸ За XV столетий до нашей эры? См. Pharmac. Ztg., 1890, с. 630.

⁹ Так надо понимать текст Теофраста (Theophraste). Нейман (Neumann, 1904, с. 259) неверно говорит о том, что Каллиас нашел способ «приготовлять» (aufbereiten) киноварь. Это не был синтез, а лишь обогащение песков.

¹⁰ Neumann, 1904, с. 259. Ср. Plinius. Hist. Nat., lib. 33, с. 40.

¹¹ Leclère, 1902, с. 139.

¹² Beckmann, 1784, с. 44. Blümner, 1887, с. 133.

цели негры в Африке¹. Однако это чрезвычайно важное применение ртути получило значительное развитие лишь с конца XVI века, когда В. де Медина (1557) применил этот способ к добыче серебра из мексиканских руд. Уже в 1571–1585 гг. ежегодно в Мексике употреблялось с этой целью до 75 т ртути. В Мексике туземцы употребляли киноварь как краску еще до прихода испанцев². Главным центром добычи были Альмаден³ и Перу (см. ниже).

К этому времени на сцену выступил другой центр добычи киновари – Идриа в Крайне, где киноварь была открыта в последние годы XV столетия и где в 1535–1571 гг. добывалось ежегодно около 56 т ртути⁴. Несколько раньше открыта киноварь в Рейнском Пфальце; расцвет добычи совпал тоже со второй половиной XVI столетия и постепенно замер к 1850 г.

Отдельные добычи ртути из киновари в Германии, Италии, Франции имели местное и случайное значение, пополняя потребности в этом металле, постепенно возраставшие. С XVII – XVIII столетия она получила все большее применение в физических приборах (например, в термометрах) и технике и, наконец, в химической практике и в изготовлении взрывчатых веществ. Все это чрезвычайно увеличило потребности в жидком металле. Были найдены новые центры ее добычи – в Америке. Здесь в Перу⁵ киноварь добывалась и употреблялась как краска еще инками; в 1567 г. Гарсес признал в ней ртутную руду и в 1570-х годах началась добыча из рудника Санта-Барбара в Гуанкавелике, давшего с 1570 по 1713 г. 38 907 т ртути, для чего потребовалось по крайней мере 45 500 т киновари. В 1790 г. Санта-Барбара заглохла.

Лишь в середине XIX века на мировую сцену выступили новые центры добычи – Мексика (в 1840 г. открыта киноварь в Гуадалькаказаре) и особенно Северная Америка, главным образом Калифорния (1846 г. – Нью-Альмаден, 1858 г. – Нью-Идриа; 1862 г. – Реддингтон; 1874 г. – Сульфур-Бэнк).

226. Количество киновари, которое добыто и переработано человеком, громадно. Так, один Альмаден⁶ с 1564 по 1901 г. дал больше 161 тыс. т, т.е. переработал больше 187 тыс. т киновари. Вся мировая добыча ртути, почти исключительно из киновари, достигала в год⁷:

Годы	Тонны	Годы	Тонны
1781–1785	703,3	1871–1875	2791,7
1801–1805	879,5	1896–1900	3944,9
1851–1855	1829,6	1904	3980,0 ⁸

¹ *Humboldt*, 1847, с. 415, по Эдризи.

² *Humboldt*, 1827, с. 118.

³ С 1562 по 1624 г. около 140 т ежегодно, с 1624 по 1645 г. 184 т в год. Ежегодно добыча в Альмадене колебалась. С 1499 по 1512 г. около 23 т ежегодно. О добыче в Альмадене см. *Kuess*, 1878, с. 147–150.

⁴ В конце XVIII столетия около 650 т ежегодно, в 1813–1850 гг. около 150 т, теперь около 550 т.

⁵ *Neumann*, 1904, с. 267. *Karsten*, 1830.

⁶ *Kuess*, 1878. *Neumann*, 1904, с. 277 и сл.

⁷ *Neumann*, 1904, с. 281.

⁸ *Zschr. prakt. Geol.*, 13, 1905, с. 384.

Таким образом, мы видим постоянное повышение этого производства, и это повышение видно еще лучше из следующих чисел Беккера для главных рудников (Альмадена, Идрии, Гуанкавелика в Перу, Калифорнии)¹

Годы	Тонны
1525–1700	68 079
1700–1800	81 899
1800–1850	48 875
1850–1900	147 040

Колоссальное количество самородной ртути, добытой почти исключительно из киновари, с 1781 по 1901 г. достигает 234 873 т, т.е. на ее добычу пошло почти 272,5 тыс. т. киновари².

Колоссальная работа человеческого труда привела к превращению киновари в состояние самородной ртути, которая мало-помалу была рассеяна в природе и, должно быть, в конце концов вновь в значительной мере вернулась в прежнее осерненное состояние.

Сернистые соединения цинка, железа, марганца, кадмия, никеля, меди

**Сфалерит (цинковая обманка). Клейофан. Марматит. Вюрцит-Гриноцит. Алабандин.
Миллерит. Пентландит. Пирротин (магнитный колчедан).
Ковеллин. Никелистый пирротин. Аморфная цинковая обманка**

227. Химический состав группы. Большая группа этих соединений является по своему химическому характеру довольно резко выраженным примером соединений изоморфного ряда цинка. Она вполне аналогична тому типичному примеру изоморфизма, который представляют сульфаты, и если этот изоморфизм далеко не столь бросается в глаза и не является столь общепризнанным, то причина этого – лишь малая изученность некоторых членов этого ряда, трудность их синтеза и, может быть, еще более резко выраженный полиморфизм некоторых из их представителей³.

Благодаря этому, некоторые из этих минералов обычно относятся к совершенно другой группе минерального царства – например, ковеллин обычно ставится рядом с киноварью⁴ или совсем отдельно⁵. Точно так же нередко

¹ *Becker*, 1888 (2).

² Цифры эти довольно приблизительны. В основу мною приняты числа Нейманна. Числа Краманна (*Die Fortschr. d. prakt. Geol.*, 1^o. L., 1903, с. 362–363) отличаются; так, например:

Нейманн	Краманн	Ann. d. Mines
1901 г. 3437 т	3424 т	3014 т
1900 г. 3487 т	3522 т	3203 т

(*Annales des Mines*, 4, P., 1903, с. 396), но возможно, что здесь не принята во внимание Южная Америка.

³ [В настоящее время, после детального изучения кристаллохимии и структур многих из названных здесь соединений, минералы, объединенные в этой главе, не могут рассматриваться как изоморфный ряд. – *Ред.*].

⁴ *Groth*, 1904, с. 26.

⁵ Однако уже в 1854 г. Кеннготт (*Kenngott*, 1854, с. 24) считал его изоморфным с пирротинном, которому он придавал формулу FeS.

отдельно помещаются пирротин и петландит, которые, действительно, и в химическом составе представляют некоторые особенности.

Преобладающая масса этих соединений может быть сведена к изоморфным смесям различных кристаллических классов: ZnS, FeS, NiS, CdS, MnS, CuS, CoS, InS, причем растворителями никогда не являются CoS или InS, а MnS или CdS, если преобладают, то встречаются почти в чистом состоянии, т.е. тоже мало способны растворять другие аналогичные соединения. Главными растворителями и наиболее характерными членами ряда являются в природе FeS и ZnS, значительно менее резко выражена эта способность у NiS и CuS.

228. Из этих примесей чрезвычайно характерна и любопытна примесь InS. Она всегда наблюдается в цинковых обманках в ничтожных следах – в лучшем случае в них находится 0,12% In,¹ обычное его количество не превышает 0,01–0,04%.² Исключением является одна из цинковых обманок из Палакаго в Бразилии, где Юрбен и Обедов нашли 0,5% In.³

Характер нахождения индия в цинковых обманках не вполне ясен. Индий дает в природе два типа твердых растворов: с одной стороны, в соединениях изоморфного ряда цинка, с другой стороны – алюминия. Преобладают в огромном большинстве случаев растворы первого типа, и к ним приходится относить его нахождения в цинковых обманках⁴.

Индий был найден в цинковых обманках самых разнообразных местностей земной коры, главным образом в жильных цинковых обманках первичного происхождения⁵. Юрбен и его ученики из 63 полученных ими цинковых обманок нашли его в 41, причем замечено, что цинковые обманки, богатые Ge, бедны In.⁶

При распространенности индия в цинковых обманках не удивительно широкое его распространение и в цинковых обманках России. Он найден в цинковых обманках Алтая⁷, Забайкальской обл., Урала, Елисаветпольской губ., Финляндии, Нагольного кряжа⁸.

229. Наряду с индием есть еще два-три элемента, чрезвычайно обычных в цинковых обманках, которые, однако, мы никак не можем свести к типу $\overset{\text{II}}{\text{RS}}$, если станем рассматривать их нахождение как изоморфную смесь.

Очень возможно, что эти тела находятся не в виде своих сернистых соединений, а в виде каких-то сульфосолей, структура которых нам ближе не известна. Это будут *галлий*, *германий* и, может быть, *таллий* (§ 235).

¹ В цинковой обманке из Riu Planu Castangias в Сардинии см. *Rimatori*, 1904, с. 283; 1905, с. 688. Количественное определение требует проверки.

² *Reich* и *Richter*, 1863, с. 175; 1864, с. 485. Более ранние, менее точные определения давали 0,1%.

³ *Urbain*, 1914, с. 166.

⁴ *Вернадский*, 1911, с. 189 [Избр. соч., т. I, 1954, с. 446].

⁵ Этим, очевидно, обуславливается богатство индием геологически более древних цинковых обманок. *De Launay et Urbain*, 1910, с. 111–112.

⁶ *Urbain et del Campo y Clair Scal*, 1909, с. 49 и сл. *Urbain*, 1909, с. 603.

⁷ *Cotta*, 1871, с. 273 (наблюдение Фритче). *Вернадский*, 1910, 1910 (1), с. 1136. [Избр. соч., т. I, 1954, с. 435].

⁸ *Вернадский*, 1910 (1), с. 1136; 1911, с. 189 и сл. [Избр. соч., т. I, 1954, с. 435, 446].

По-видимому, галлий более распространен, чем индий¹. Из многих изученных Гартлеем и Рамаджем цинковых обманок галлий не был найден только в двух¹. Обыкновенно он находится в ничтожных количествах. В наиболее богатой галлием цинковой обманке из Бенсберга на 1000 кг заключается до 2 кг Ga.²

Для галлия нам совершенно неизвестны сернистые соединения, но способность его захватываться при осаждении сернистых тел³ указывает, может быть, на то, что мы здесь имеем нестойкие сульфогаллиевые соединения.

Аналогично примесь сульфогерманиевых тел приходится допустить для констатированного в последнее время частого нахождения германия в цинковых обманках⁴.

230. Но в химическом составе этих веществ есть еще одна загадка, которая до сих пор не может считаться вполне разрешенной. Дело в том, что некоторые минералы, сюда относящиеся, не отвечают простой формуле типа $\overset{\text{II}}{\text{R}}\text{S}$, а отношение между $\overset{\text{II}}{\text{R}}$ и S выражается более сложно и обычно не может быть выражено простым числом, причем сильно колеблется в минералах разных местностей. Это относится к пирротину, никелистому пирротину, инверариту и отчасти к пентландиту, т.е. *ко всем тем случаям, когда растворителем является FeS*. При этом бросаются в глаза следующие обстоятельства.

1. Отклонения от состава FeS тем больше и резче, чем больше FeS в данном минерале, т.е. наименее значительны они в пентландите, затем в инверарите и, наконец, максимальны в пирротине и никелистом пирротине.

2. Есть случаи, когда и пирротины – и особенно никелистые пирротины – дают формулы, вполне отвечающие (Fe, Ni)S, причем ни в физических свойствах, ни в кристаллической структуре они не отличаются от тех их разновидностей, формула которых соответствует (Fe, Ni) $_{m,n}$ S $_{m,n}$. При этом такую формулу очень часто дают пирротины метеоритов, т.е. образовавшиеся при условиях, весьма отличных от тех, которые господствуют на земной поверхности, и лишь в единичных, исключительных случаях дают эту формулу земные пирротины⁵.

3. В пределах одного и того же месторождения наблюдаются колебания в составе пирротинов, превышающие ошибки анализов и обычные для изоморфных или физических смесей. Так, в пирротинах из Боденмайса⁶ 38,15–39,71% S, 60,50–61,59% Fe.

4. Несмотря, однако, на эти колебания, между Fe и S существуют некоторые правильные соотношения, позволявшие даже придавать этим телам определенные химические формулы – Fe₇S₈,⁷ Fe₈S₉,⁸ Fe₅S₆,⁹ Fe₁₁Si₁₂.¹⁰ В общем,

¹ Hartley a. Ramage, 1897, с. 545.

² Lecoq de Boisbaudran et Jungfleisch, 1878, с. 475, 577.

³ Chabrié в кн. H. Moissan, 1905, с. 133.

⁴ См. Urbain et del Campo y Clair Scal, 1909, с. 57.

⁵ Для метеоритных пирротинов (троилитов) – см. Cohen, 1894–1905. Пирротин из Тавеча дал точно формулу FeS (анализ Гуткнехта – см. Kennigott, 1880, с. 164), точно так же никелистый пирротин из Уифака (Овифака) в Гренландии см. Nauckhoff, 1874, с. 122.

⁶ 14 анализов, см. Hintze, I, с. 653. Ср. Münzichsdorfer, 1908 (2).

⁷ Berzelius, 1815, с. 301; 1818, с. 290. Rose, 1849, с. 295.

⁸ Lindström, 1875, с. 25. Rammelsberg, 1864, с. 360.

⁹ Blomstrand, 1870, с. 24.

¹⁰ Bodewig, 1882–1883, с. 180.

мы имеем для разных местностей пирротины, формула которых может быть выражена $Fe_n S_{n+1}$, причем n колеблется от 5 до 16.¹ Чрезвычайно характерно, что пирротины из разных местностей приближаются в пределах ошибок к одной и той же сложной формуле, например 39,2–39,5% S и 60,5–61,0% Fe (resp. Ni) дают пирротины из Гарцбурга, Бернкастела, Боденмайса, Маунт-Тимбертона, Нью-Йорка.

5. Анализы искусственных пирротинов, идентичных по своим свойствам с естественными, дают формулу FeS .²

231. Сопоставляя все эти данные, приходится допустить, что отклонения от формулы $(Fe, Ni) S$ для этих минералов являются результатом или вторичного изменения господствующего в них соединения, FeS , или образования при земных условиях сложного тела, в котором FeS является только растворителем, господствующим соединением.

Вопрос этот по сие время не может считаться выясненным, мы только начинаем подходить к его разрешению. При изучении состава этих тел надо отставить в стороне попытки объяснить эти колебания вторичным изменением FeS в новое тело на земной поверхности, например в FeS_2 . Такие переходы, действительно, наблюдаются, но колебания состава относятся к однородным кристаллам, не показывающим и следа изменений.

Попытки выяснить состав пирротинов путем толкования химических анализов кончились явной неудачей. Думали о тонкой смеси (растворе) FeS_2 в FeS ,³ но этому противоречит уменьшение удельного веса тел $Fe_n S_{n+1}$, тогда как удельный вес FeS_2 (пирита и марказита) выше FeS (троилита)⁴. Мыслима примесь других тел, например – сульфосолей железа, производных $Fe_2 S_3$ или даже FeS_2 .⁵ Возможно, что эта примесь более богатых серой соединений железа имеет характер раствора⁶.

Однако такие гипотетические данные очень мало выясняют вопрос. Мы начинаем подходить к этим явлениям с другой стороны, благодаря опытным исследованиям.

С одной стороны, выясняется возможность существования здесь тел, аналогичных сложным сульфобазам, т.е. определенных соединений типа $pFeS \cdot qFe_2 S_3$. Дело в том, что за последние годы начала выясняться структура аналогичных кислородных соединений⁷: в этих соединениях Fe^{II} и Fe^{III} , как известно, могут быть точно определены количественно. Для кислородных тел мы имеем несомненные сложные сульфобазы: $4FeO \cdot Fe_2 O_3$ и $6FeO \cdot Fe_2 O_3$, т.е. $Fe_6 O_7$ и $Fe_8 O_9$, и, может быть, $Fe_8 O_9$. Эти тела способны давать соли. По аналогии станут совершенно понятны $Fe_7 S_8$ или $Fe_8 S_9$.

Однако такое объяснение структуры магнитного колчедана, может быть, окажется недостаточным, так как есть еще другое относящееся сюда явление,

¹ Habermehl, 1879, с. 83.

² Weinschenk, 1890, с. 499. Lorenz, 1891, с. 1501.

³ Stromeyer, 1814, с. 183, 209.

⁴ Это возражение не вполне точно, так как в случае изоморфной подмеси можно опускать гипотетическую гексагональную разность FeS_2 с новым удельным весом.

⁵ Rammelsberg, 1875.

⁶ См. Arbeiter, 1913.

⁷ О них. см. Haber, 1900, с. 723. Hauser, 1905, с. 2707 и сл.

которое должно быть принято во внимание. Дело в том, что при сплавлении FeS и Fe получаются совершенно закономерные явления, указывающие на ряд возможных и в природе физических смесей¹. При сплавлении Fe + FeS получается ряд разнообразных эвтектических смесей и закономерных сростаний, в зависимости от возможности существования в сплаве (и выделении при его застывании) α -, β - и γ -Fe и α - и β -FeS. Сверх того, кислород окружающей среды не остается инертным и вступает в реакцию со сплавом, давая этим путем возможность новых физических образований². При этом оказалось, что жидкие Fe и FeS смешиваются друг с другом не во всех отношениях. К сожалению, сплавы FeS–S не изучены, но при изучении сплавов Fe–FeS нельзя было заметить никаких указаний на существование тел химического состава $Fe_n S_m$, где $n > m$. Очевидно, пока этот вывод не может быть с полной достоверностью перенесен на соединения (как раз природные), где в большинстве случаев $n < m$.³ Однако вполне возможна примесь α - γ -Fe к таким пирротинам, которые выделяются из расплавленной магмы и бедны Ni. Возможны выделения таких тел и тогда, когда анализы дают больше S, чем полагается по формуле, ибо присутствие, возможное, кислорода при вычислении анализов во внимание не принято.

Возможно растворение S (см. для цинковой обманки – § 235). В общем, таким образом приходится допустить, что формула растворителя для пирротина, никелистого пирротина, инверарита и пентландита – FeS и в нем растворены NiS и $Fe_n S_m$, где $m > n$, или NiS и α - γ -Fe.⁴

Другую область явлений, сильно усложняющих наши представления о химическом составе этих тел, представляют тонкие механические сростания разных минералов этой группы. Явление это резко выражено в некоторых случаях для полиморфных разностей, например, для ZnS, но и для других случаев это не менее ясно. Таково, например, сростание пентландита с пирротинном или никелистым пирротинном, обычное для пирротиновых руд Сёдбери (§ 262). Путем электромагнита удастся даже разделить в порошке эти две части и выделить мало магнитный, богатый Ni пентландит и бедный никелем пирротин⁵. И здесь, кроме химического состава, различается и класс, в котором кристаллизуется минерал.

232. Полиморфизм группы. Все эти сернистые тела отличаются резко выраженным *полиморфизмом*. Насколько можно судить, они способны

¹ Об этих явлениях: *Le Chatelier et Ziegler*, 1902, с. 368. *Treitschke u. Tammann*, 1906, с. 320 и сл.

² Существование кислородного соединения, доказанное Ле Шателье и Циглером, подтверждено Трейчке и Тамманом. Последние (1906, с. 322) придают ему форму Fe_3O_4 , на что нет никаких оснований.

³ Для пентландитов из Сёдбери отношение, однако, как раз обратное. Для них формула $(Fe, Ni)_{11}S_{10}$ – см. *C. Dickson*, 1904, с. 22.

⁴ Едва ли надобно останавливаться на другой теории, рассматривающей пирротин, как сульфосоли. Она была впервые дана Берцелиусом (*Berzelius*, 1815, с. 301, 1818, с. 290). Он считал, что $Fe_7S_8 = 6FeS \cdot FeS_2$ или $5FeS \cdot Fe_2S_3$. Ср. структурные формулы этого типа: *Poni*, 1900, с. 10.

⁵ *Dickson*, 1904, с. 16 и сл.

выкристаллизовываться в следующих кристаллических классах:¹

Правильная система	}	1. $3\lambda^2 4L^3 6P$ – ZnS, FeS, MnS, CdS, CuS, PbS (?).
		2. Голоэдриа (?) FeS, NiS, ChS, CoS.
Гексагональная система ¹	}	3. $\lambda^6 6P$ (?) – ZnS, CdS, FeS, CuS, PbS (?).
		4. $\lambda^3 3L^2 c 3P$? – NiS, FeS, CoS, CuS.
		5. $\lambda^6 6L^2 c \pi 6P$? – FeS, NiS, MnS, CuS.

Нельзя сказать, чтобы эти различия были все точно констатированы и строение некоторых из них возбуждает еще большие сомнения. Подчеркнуты тела, которые господствуют, т.е. являются растворителями природных изоморфных смесей.

233. Нельзя не отметить здесь двух явлений, которые несколько усложняют наше представление о химическом составе минералов этого ряда. Во-первых, вещества разных кристаллических классов могут образовывать очень тонкие физические смеси; так, правильные и гексагональные смеси ZnS дают сростания, которые мы можем различать лишь под микроскопом². Это явление может быть понято лишь при предположении о различии в *химическом составе* обеих разновидностей ZnS и это различие может заключаться лишь в большем или меньшем количестве CdS, который всегда примешан к гексагональной ZnS. Очень вероятно, что весь CdS, находимый в тетраэдрических ZnS, должен быть всецело относим на счет примеси к ней гексагональной ZnS, богатой CdS, и тогда анализы состава цинковых обманок (тетраэдрическая ZnS) дают нам неверные данные, а тетраэдрическая CdS в природе не существует. Решить этот вопрос мы теперь не можем³.

Другой неясностью является присутствие Pb и отчасти следов Ag. Их характер неясен, но очень возможно, что PbS может быть изоморфной составной частью в растворах с преобладанием CuS или ZnS (ср. купроплюмбит и гуасколит).

234. Сравнительная характеристика по составу минералов группы. Сводя все относящиеся сюда минералы, мы имеем следующее (табл. 1 и 2).

235. По отношению к этим анализам⁴ надо заметить следующее. Между некоторыми членами ряда наблюдаются полные переходы, так что на пер-

¹ Может быть, все принадлежат к строению $\lambda^3 3P$, и тогда вопрос о полиморфизме упрощается.

² О них: *Nölting*, 1887, с. 9, 20, 24. *Bertrand*, 1882, с. 3. *Laspeyres*, 1884, с. 189. *Weber*, 1908, с. 222 и сл. (причина неясна).

³ О количестве кадмия в цинковой обманке см. *Jensch*, 1898, с. 201–210. В плотных сфалеритах 0,3–0,4% Cd.

⁴ Анализы взяты из Гинтце, но отброшены все заключающие в среднем менее 99,0% или более 101,5%, т.е. все, богатые ясными примесями. Сверх того приняты во внимание пропущенные или более новые числа: *Ненадкевич*, 1902 (клеюфан); *Walcott*, 1901 (сфалерит – анализ Кларка); *Rimatori*, 1903, с. 263 (сфалерит, марматит); *Heddle*, 1901, с. 23 (инверарит); *И. Антунув*, 1891 (1), с. 466 (цинковая обманка); *Sullivan et O'Reilly*, 1863, стр.102 (клеюфан); *Zeleny*, 1904, с. 413 (пирротин); *Rimatori*, 1904, с. 277 (клеюфан, сфалерит); 1905, с. 687 (сфалерит, марматит); *Schumacher*, 1911, с. 22 (марматит, анализ *Schwenkel*); *Stevanovič*, 1908, с. 353 (ковеллин); *Weber*, 1908, с. 228 (клеюфан, вюртцит); *Dickson*, 1904, с. 14 (пирротин); с. 21 (4 анализа пентландита); *Serra*, 1907, с. 347 (4 анализа пирротина); *Schwenkel*, 1912, с. 204 (пирротин); *Thornton*, 1910, с. 358 (ковеллин); *Sharwood*, 1911, с. 729 (пирротин); *Arbeiter*, 1913 (пирротин).

Таблица 1

		Zn	Fe	Cd	Cu	Mn	Co	Pb	S	
Строение 3λ ² 4L ³ 6P	{ Клейофан { Сфалерит ² { Марматит ³ Алабандин	ZnS	Сл.-0,6	0-1,5	0-0,3	0-0,4	0-0,4	0-0,8	32,1-34,2	
		(Zn, Fe)S	53,4-65,7	1,2-9,3	0-1,2	0-1,3	0-1,6	-	0-1,2	32,1-36,8
		(Zn, Fe)S	47,5-55,9	10,0-18,1	сл.-3,2 ⁴	0-1,5	0-4,6 ⁵	-	0-1, (Bi - сл.)	32,6-33,9
		MnS	-	0-сл.	-	-	62,1-63,0	-	-	36,8-37,9
Строение λ ⁶ 6P?		(Zn, Fe, Cd)	1,6-10,3	1,7-3,6	0-0,1	-	-	0-0,1 ⁶	31,5-33,1	
		(Zn, Mn)S	-	-	-	-	-	-	-	
		CdS	-	-	77,3-77,9	-	-	-	-	22,1-22,6
Вюртцит										
Эритроцинкит ⁷										
Гринокиит										

¹ Содержание In колеблется в цинковых обманках от 0 до 0,1% (§228).

² Может быть, сюда же должны быть отнесены богатые кадмием разновидности так называемых *тибратитов* (до 6,5% CdS), а также *ратиты* (Rhatit), богатые медью. Их однородность подвергается сомнению; см. о них: *Shepard*, 1866, с. 209; *Dana*, 1892; *Domeyko*, 1879, с. 285-288.

³ Может быть, должен быть выделен *христофит* (Zn, Fe, Mn)S; см. § 235.

⁴ Один анализ Гинтце (*Hintze*, I, LXXX) дает 0,1-1,5% Cd, что, вероятно, более правильно.

⁵ Один анализ Гинтце (*Hintze*, I, XXXIX) дает 0-1,4% Mn; *Rimatori* (1905) - 5,8% Mn.

⁶ Может быть, должен отдельно стоять богатый свинцом горцит из Оруро: 2,7% Pb и 8,0% Fe (*Friedel*, 1861, с. 983).

⁷ Строение точно не известно. Есть только качественный анализ.

Таблица 2

	Fe	Cu	Mn	Ni	Co	Pb	S
<i>Строение</i> $3\lambda^6 4L^3 6L^2 c 9P?$							
Пентландит	25,8–43,7	0–1,8	–	18,4–39,8	0–0,9	–	33,7–38,0
Инверарит ¹	49,5–50,9	Сл.	–	10,0–13,6	Сл.–1,0	–	33,5–38,0
<i>Строение</i> $\lambda^6 L^2 c 6P?$							
Пирротин	58,3–62,3	0–0,6	0–0,3	0–0,8 ²	0–0,6	–	35,8–42,0
Никелистый пирротин	55,8–58,3	0–0,5	–	2,2–5,6 ³	0–0,5	–	37,5–40,5
Ковеллин	0–1,1	64,6–70,8	–	–	–	0–1,0	28,7–33,9
<i>Строение</i> $\lambda^3 L^2 c 3P?$							
Миллерит ⁴	Сл.–4,1	0–1,0	–	58,2–64,8	0–2,0	–	35,0–37,0

¹ Кристаллическая форма инверарита точно неизвестна; о нем см. *Heddle*, 1901, с. 23.

² Может быть, эти цифры велики вследствие примеси никелистого пирротина, или пентландита (ср. § 241, прим.).

³ См. прим. 2.

⁴ Может быть, сюда же должен быть отнесен *джайтурит* – CoS, если его нахождение подтвердится; о нем см. *Hintze*, I, с. 614. Спектроскопически Co (и Fe) открываются в миллерите – см. *Gramont*, 1895, с. 269.

вый раз получается впечатление, точно мы здесь не имеем совершенно определенных минералов, например в группе цинковой обманки. Но нельзя не заметить, что в значительной степени это явление кажущееся, являющееся результатом недостаточной чистоты продуктов химических анализов, частью вследствие срастания полиморфных разновидностей, частью вследствие того, что анализируются зернистые массы, физическая однородность которых нередко возбуждает сомнения, так как, например, марматиты и сфалериты очень часто образуют физические смеси.

В частности, надо отметить, что нами в *цинковой обманке* выделяются следующие разности: заключающие > 10 % Fe–Mn – *марматит*; >0,6% – *сфалерит*; более бедные железом и марганцем – *клеюфан*¹. Разница между членами ряда станет очень резкой, если отбросить все анализы, которые сделаны не над однородными кристаллами; это явление указывает, по-видимому, на то, что промежутки заполнены анализами смесей (в зернистых массах).

Марганец главным образом скапливается в марматитах; при этом есть, по-видимому, очень богатые марганцем разности, которые можно было бы выделить в особый минерал – *христофит* (Zn, Fe, Mn)S.² Однако в *клеюфанах* опять появляются заметные количества MnS, которые, по-видимому, отсутствуют в сфалеритах.

В *сфалеритах* наблюдаются и другие химические элементы: Ag,³ Au,⁴ Sn, Hg,⁵ Sb,⁶ Bi,⁷ Cu, Pb, Te, Mo.⁸ Характер этих примесей неясен. Спектроскопически Гартлей и Рамадж находили Ag, Cu, Pb во всех цинковых обманках⁹. Нахождение Sb не может быть объяснено случайностью. То же самое надо сказать и о *таллии* (§229). Судя по условиям распространения таллия в земной коре¹⁰, надо думать, что таллий в цинковых обманках будет являться спутником наблюдаемых в них Ag и Pb и давать в них аналогичные неизвестным соединениям этих элементов тела¹¹. Таллий весьма распростра-

¹ Есть разности *клеюфанов*, которые не содержат Fe, открываемого при чувствительных спектроскопических пробах, например *клеюфан* из Пикос-де-Эйропа. См. *Urbain et del Campo y Clair Seal*, 1909, с. 56

² Так назвал Брейтгаупт богатую (Fe, Mn) S разность цинковой обманки из Саксонии (*Breithaupt*, 1863, с. 27). В пей 33% (Fe, Mn) S. Такая богатая MnS цинковая обманка известна в Идо (рудник Saimubōji) в Японии. См. *Jimbo*, 1899, с. 220.

³ Цинковая обманка (зернистая) – марматит – благородной кварцевой формации Фрейберга содержит 0,3–1,3% серебра (*H. Müller*, 1901, с. 81); цинковая обманка, бедная FeS, Нагольного кряжа содержит 0,004% Ag – сл. (*Я. Самойлов*, 1906, с. 122). Марматит Садона – 0,01% Ag (Семянников, 1888, с. 65). Прозрачные кристаллы *клеюфана* из Пикос-де-Эйропа в Сантандере дают в спектроскопе линии серебра (*Gramont*, 1898, с. 128).

⁴ Домейко (*Domeyko*, 1879, с. 280) указывает на связь с золотом марматитов Чили. Цинковая обманка Нагольного кряжа содержит 0,0003% Au (*Я. Самойлов*, 1906).

⁵ *Hairs*, 1888, бюллетень 114.

⁶ *Hampe*, 1893, с. 66. *Rammelsberg*, 1895, с. 63. *Schmidt*, 1886, с. 2228. *Sipöcz*, 1886, с. 285. *Böcke*, 1893, с. 278.

⁷ *Rimatori*, 1905, с. 688.

⁸ *Freda*, 1883, с. 292.

⁹ *Hartley a. Ramage*, 1897, с. 545.

¹⁰ *Вернадский*, 1909, с. 826 и сл. [Избр. соч., т. I, 1954, с. 422].

¹¹ *Вернадский*, 1910 (1), с. 1136. [Избр. соч., т. I, 1954, с. 435].

нен в цинковых обманках¹ и встречен в русских цинковых обманках из Благовещенского рудника и в Питкаранте².

Состав этих соединений должен быть еще более сложен и, по-видимому, они заключают примеси Cu, Mg, Ba, т.е. других элементов все той же изоморфной группы. По анализам Джоя³ и затем Селливана и О'Рейлли, в прозрачных клейофанах из Андорры и Трезвизо заключается: 0,12–0,36% Cu, 0,11–0,05% Mg, 0,034% Ba.⁴ К сожалению, у нас не имеется других анализов подобного характера, но существование этих примесей для цинковых обманок вторичного происхождения весьма вероятно, и, может быть, этим объясняется тот запах H₂S, который получается иногда при измельчении некоторых цинковых обманок⁵.

Нельзя еще не отметить нахождение избытка серы в некоторых цинковых обманках, хотя эти анализы возбуждают некоторое сомнение, так как не определялись все элементы. По мнению Вебера⁶, эта сера находится в тонкой механической смеси.

В цинковых обманках наблюдались еще включения жидкостей и газов. Характер этих жидкостей и газов неясен, по-видимому, жидкости заключают SO₃ и Cl.⁷ В числе газов находятся органические соединения⁸.

236. Для *пирротин*ов, *пентландит*ов очень характерна подмесь NiS. Как мы видели, по-видимому, мы имеем здесь изоморфную смесь, связанную с промежутками и усложненную полиморфизмом. Как ясно из ранее изложенного, положение богатых Ni разностей – инверарита – неясно.

Но, помимо примеси NiS, есть иногда примесь CoS, и в некоторых пирротинах Co > Ni. Так, например, пирротин из Нордграбена в Норвегии заключает 0,56% Ni + Co, причем главную массу этой примеси составляет кобальт⁹.

Наконец, пирротины содержат ничтожные примеси Zn, Cu, Ag,¹⁰ An,¹¹ In,¹² Pt.¹³

237. Благодаря полиморфизму этих тел, мы имеем для каждого из относящихся сюда соединений (§ 234) несколько различных кристаллических структур. Как видно из § 232, для:

ZnS	вероятны	2 класса,	CdS	вероятны	2 класса,
FeS	»	5 классов,	CuS	»	5 классов,
MnS	»	2 класса.	NiS	»	2 класса.

¹ Crookes, 1864, с. 115. Wleugel, 1879, с. 334. Hairs, 1888, бюлл. 114. Hartley а. Ramage, 1897, с. 545. Вернадский, 1909, с. 826; 1910 (1), с. 1136. [Избр. соч., т. I, 1954, с. 422, 435]

² Вернадский, 1910 (1), с. 1136 [Избр. соч., т. I, 1954, с. 435].

³ Joy, 1865, с. 248 и сл.

⁴ Sullivan а. O'Reilly, 1863. Кальций в них найден и спектроскопически. – Gramont, 1898, с. 128.

⁵ Нельзя не отметить, что в шлаках получается искусственное соединение (Ca, Mn, Zn)S – см. Vogt, 1903, с. 98.

⁶ Weber, 1908, с. 223 и сл.

⁷ Sandberger, 1889, с. 255–259.

⁸ Ad. Schmidt, 1880 или 1883.

⁹ Vogt, 1884, с. 12.

¹⁰ Thiele, 1891, с. 5.

¹¹ Münzichsdorfer, 1908 (1).

¹² Вернадский, 1910 (1), с. 1136. [Избр. соч., т. 1, 1954, с. 435].

¹³ Wleugel, 1879, с. 336.

Таким образом, наиболее резко полиморфными являются FeS и CuS, но, к сожалению, характер полиморфизма этих тел мало изучен.

Мы имеем в этом смысле данные только для ZnS. ZnS при обычных условиях выкристаллизовывается в строении $3\lambda^2 4L^3 6P$ *правильной системы*; лишь в присутствии в растворе (§ 234) не менее 2,2% CdS он является устойчивым при обыкновенной температуре в классе $\lambda^6 6P$ *гексагональной системы*.

Явления полиморфизма ZnS начинают выясняться работами института Карнеги. Уже давно было известно, что сфалерит, нагретый до красного каления, переходит в вюртцит и после охлаждения некоторое время остается в этом состоянии¹. Точно так же и синтетически цинковая обманка выкристаллизовывается, вообще говоря, при более низкой температуре, а вюртцит при более высокой². Работы Аллена и Креншоу³ показали, что β -ZnS (цинковая обманка) устойчива до температуры 1020°, при которой она переходит в α -ZnS – вюртцит. Точка перехода понижается *при* содержании FeS. Из водных растворов при температуре ниже 200° образуется аморфная ZnS, 200–400° – α - и β -ZnS. Из щелочных растворов выпадает только β -ZnS.

Для FeS мы имеем две разности с точкой перехода при $128^\circ \pm 5$ (138°)⁴ α -FeS и β -FeS. Кристаллический класс β -FeS неизвестен⁵.

Еще менее известны нам отношения между другими разностями этих сернистых металлов. Ни наблюдения в природе, ни синтезы не дают ясных указаний. Можно, пожалуй, заметить, что NiS кристаллизуется в правильной системе $\lambda^6 6L^2 c 6P$ при более высокой температуре, чем образуется миллерит (ср. для CdS § 243, прим.).

238. Физические свойства цинковой обманки. Цинковая обманка во всех ее разностях – сфалерите, клейофане и марматите – наблюдается в зернистых массах, в отдельных кристаллах и их друзьях, в конкрециях, землистых стяжениях. Отдельные, нередко прекрасно выраженные многогранники весьма часты. Иногда они достигают огромных размеров, например для Нагольного кряжа (Донской обл.) 12 см × 12 см – (110).⁶ Разделить по форме эти разности едва ли возможно, поэтому проще описать их все вместе. Для ZnS известно 66 (61, по Я. Самойлову) простых форм с 978 плоскостями⁷, при этом наблюдается резкое преобладание форм с отрицательным октантом ($X\bar{Y}Z$). Так, например, формы (2 $\bar{2}$ 1), (3 $\bar{2}$ 1), (3 $\bar{2}$ 2) наблюдаются довольно часто, тогда как (221) (*Sadebeck*, 1869?), (321) (*Groth*, 1878), (322) никогда не наблюдались. Для ($X\bar{Y}Z$) известно 37 (34, по Я. Самойлову) форм, а для ($X\bar{Y}Z$) –

¹ *Hautefeuille*, 1881, с. 774, 824. *Mallard*, 1882, с. 235. *Weber*, 1908, с. 219 и сл. Возражения Браунса (*Brauns*, 1891, с. 170). Однако изучение явлений электропроводности приводит к тому же результату; так, цинковая обманка не проводит электричества, вюртцит проводит. См. *Beijerinck*, 1898, с. 432.

² См. сводку у *Hintze*, I, с. 589, 598; *W. Roth*, 1905, с. 31–32. О попытке объяснить полимерию правильной системой (ZnS), а гексагональной (ZnS)² – см. *Vogt*, 1903, с. 44.

³ *Allen* а. *Crenchaw*, 1912, с. 341.

⁴ *Le Chatelier* et *Ziegler*, 1902. *Treitschke* u. *Tammann*, 1906, с. 332. По-видимому, только для FeS, содержащего в растворе S или Fe. См. *Rinne* u. *Böcke*, 1907 (2), с. 338; 1907 (1), с. 245 и сл.

⁵ Может быть, к β -FeS относится черное с металлическим блеском сернистое железо осадочных пород.

⁶ *Я. Самойлов*, 1906, с. 113.

⁷ По *Hintze*, I, с. 550; добавления см. *A. Rogers*, 1900, с. 135. *Mühlhauer*, 1901, с. 84. *Solly*, 1905, с. 81. *Colomba*, 1905, с. 636. *A. Rogers*, 1904, с. 445. *Hochschild*, 1908, с. 151.

всего 17. Эта разница станет еще резче для форм с малыми индексами¹. В наружной форме наиболее обычных кристаллов этого вещества ясно выражена полярность его векторов. Так, в комбинациях плоскости (111) бывают гладки и блестящи, тогда как (1 $\bar{1}$ 1) закруглены и обычно в этих октантах замещены (3 $\bar{3}$ 1) или другими дельтоэдрами². Такое различие комбинаций ясно указывает на резкую полярность L^3 , причем в направлении октанта ($X\bar{Y}Z$) вектор обладает значительно большей кристаллообразовательной силой, чем в направлении (XYZ); здесь появляются более сложные производные плоскости, которые отсутствуют для октанта (XYZ)³. В полиэдрах цинковой обманки преобладают (110), частью (110) · (311), реже (100), (1 $\bar{1}$ 1), (111).⁴

Полиэдры цинковой обманки ограничены плоскостями, которые характерны своей скульптурой, очень часто отнюдь не связанной со вторичным разведением. Наблюдаются и закругленные формы, например – в кристаллах цинковой обманки из Картервилла в графстве Джоппин в Миссури.

Характер поверхностной энергии в кристаллах цинковой обманки очень резко выражен, и можно было бы ждать поэтому редкого проявления двойников. Однако в действительности мы наблюдаем обратное явление: *двойники в цинковой обманке часты*. Однако двойники здесь носят очень своеобразный характер и, по-видимому, связаны с большой полярностью векторов цинковой обманки. Двойниковой осью является L^3 , угол поворота 60°, плоскость срастания всегда (111), так что *положительные октанты* одного кристалла соприкасаются (resp. совпадают) с *отрицательными октантами* другого. При повторных срастаниях получается компенсация полярности векторов. Плоскостью срастания таких двойников является плоскость (111), а плоскостью симметрии (211). Нередко такие двойники или же отдельные индивиды срастаются по (211), которая в таком случае является и двойниковой поверхностью. Другой особенностью двойников цинковой обманки является различная комбинация неделимых, входящих в состав двойника. Такой характер срастания полиэдров цинковой обманки выделяет эти срастания из обычных двойников и заслуживает серьезного изучения⁵.

Цинковая обманка встречается, однако, не только в полиэдрах. Она находится в зернистых кристаллических массах – в тонкой смеси с другими сернистыми металлами (пиритом, галенитом, халькопиритом и т.д.). Очень характерны – особенно для клейофана – ее конкреционные образования, натечные массы. Особенно эти последние характерны для вюртцитов. Отдельно должны быть поставлены порошковатые массы клейофанов, очевидно принадлежащих к другой разности сернистого цинка – аморфной или коллоидальной цинковой обманке. Существование аморфной ZnS доказано опытами лаборатории Карнеги (§ 237). Обычно встречается такая цинковая обманка в виде порошка и еще чаще белой грязи, смешанной с тем кислым раствором,

¹ Ср. Я. Самойлов, 1906, с. 115–116.

² Ср. возражения и литературу – *Hochschild*, 1908, с. 205.

³ См. *Вернадский*, 1903 (1), с. 44 и сл.

⁴ В марматитах (111) или (111) (?) преобладают чаще, чем в сфалеритах?

⁵ О двойниках см. *Sadebeck*, 1872, с. 181, 183. *Becker*; 1883, с. 513. *Hochschild*, 1908, с. 197 и сл.

из которого она выпала. Такие тела известны из разных рудников (например, рудник Молл), в Галена, в Канзасе¹, в Болеславе в Польше.

239. Другие физические свойства кристаллов этого вещества довольно своеобразны. Цинковая обманка обладает совершенной спайностью по (110) и на этих плоскостях очень резким различием в *твердости*, причем максимум твердости направляется по большой диагонали ромба (110), а минимум – по малой².

Оптические ее свойства характеризуются очень большой преломляемостью – по опытам Рамзая³: $n_{Li} = 2,3416$; $n_{Na} = 2,3692$; $n_{Ti} = 2,4007$. Уже очень давно⁴ известны оптические аномалии этого вещества, по-видимому, связанные с переходом его в разность класса $\lambda^6 P$ (вюртцит) или вследствие срастаний с вюртцитом; однако здесь вероятны и диффракционные явления.

Пироэлектрические свойства выражены ясно, причем L^3 являются полярными осями⁵. Обладает ясно выраженной *триболюминесценцией*⁶.

Явления вытравления резко подчеркивают полярные свойства тела⁷. При действии HCl (или HNO₃) на (111) фигуры вытравлений, соответствующие симметрии $4\lambda^3 3L^2 6P$, получаются только на плоскостях положительных октантов, тогда как на (111) [для HCl на (110)] получаются разъедания для площадок ограничений. Благодаря этому (111) остаются блестящими, тогда как плоскости (111) становятся матовыми, шелковистыми. Все плоскости вытравления соответствуют *положительным октантам* или лежат вблизи них. Их положение меняется в зависимости от примеси FeS к цинковой обманке, а равно и от состава растворителя, концентрации кислоты. Особенно резко различие между кислотой и щелочью. Опыты Хохшильда с шарами указали, что фигура растворения резко меняется с составом растворителя; для HCl она близка к (111), с комбинацией (111) и (100), причем появляются промежуточные плоскости в зонах; для KNO близка к (100)⁸.

Нельзя не отметить еще одного свойства цинковой обманки, может быть играющего крупную роль в ее истории. Это тело *не плавкое* и в то же время *летучее*. Она летит при температуре 1182° в инертной газовой среде, не плавясь⁹.

240. Физические свойства других минералов этой группы. В отличие от цинковой обманки, физические и кристаллические свойства других минералов этого отдела изучены весьма мало и не являются очень для них характерными. Так, для других тел *правильной* системы мы имеем:

Алабандин почти исключительно находится в плотных и зернистых скоплениях. Кристаллы его очень редки; наблюдалось всего 4 формы (для ± 1 –

¹ Robertson, 1890, с. 160. Iles a. Hawkins, 1890, с. 499.

² О твердости см. Frankenheim, 1829. Exner, 1873, с. 33. Pfaff, 1886, с. 180. Cesaro, 1888, с. 204.

³ Ramsay, 1886, с. 209 и сл.

⁴ Литературу см. Brauns, 1891, с. 164. Nölting, 1887.

⁵ Friedel, 1879, с. 31. Friedel et J. Curie, 1883, с. 191. J. et P. Curie, 1880, 1881.

⁶ Триболюминесценция ее известна уже более 150 лет назад. См. Лунденер 1910, с. 1002.

⁷ См. Becker, 1883, с. 457; 1888, с. 14. Hochschild, 1908, с. 172 и сл. В естественной цинковой обманке из Нагольного кряжа Самойлов наблюдал как фигуру вытравления (410); см. Я. Самойлов, 1906, с. 120–121.

⁸ Hochschild, 1908, с. 185 и сл.

⁹ Biltz, 1908, с. 277–278. Нашел это свойство Дрельц (Dreltz, 1906, с. 442).

100%) – 38 плоскостей; обыкновенно (100) или (111)·(1 $\bar{1}$ 1); двойники по (111)¹.

Для *пентландита* отдельные многогранники совсем не известны, и их форма определена по многогранникам спайности [совершенная по (111)].

241. Многогранники *пирротина* и *никелистого пирротина* не так уже редки (первого чаще), но необычайно просты по форме. Преобладают пластинки по (0001) – с (1 $\bar{0}$ 10). Известны для этого тела с несомненностью 8 простых форм с 74 плоскостями². Кристаллический класс, к которому принадлежит пирротин, не может считаться точно установленным; из явлений вытравления как будто вытекает нахождение в нем L^6 ;³ надо думать, кристаллы этого вещества должны обладать полярными векторами, на что указывают, быть может, и его магнитные свойства, причем характер их говорит против нахождения λ^6 и указывает скорее на строение с λ^3 .

Магнитные свойства являются наиболее обычным и характерным признаком этого тела. Вещество в зернистых агрегатах чрезвычайно колеблется в силу магнитных свойств, почему уже издавна указывается на необходимость его исследования в *порошке*, который всегда ясно магнитен⁴. Это является следствием чрезвычайно резко выраженной *векториальности* в свойствах пирротина.

Как кристаллы, так и куски пирротина иногда не только магнитны, но и полярны⁵. Опыты Штрэнга⁶ указали, что полярность наблюдается только в направлении \perp оси Z ; так, например, при намагничивании магнитом пластинки (по 0001) на ней получаются два полюса, причем полюс одинаковый с полюсом намагничивающего магнита получается на месте его приложения, а разноименный – на месте его снятия, тогда как при намагничивании параллельно оси Z полярного магнетизма не получается. Точно так же и между полюсами электромагнита полярный магнетизм проявляется в направлениях, параллельных оси Z .⁷ Дальнейшие работы⁸ указали на другое своеобразное явление – на чрезвычайное развитие магнитности по разным векторам, причем перпендикулярно Z магнитность чрезвычайно слабая, чем, может быть, и объясняется нередко наблюдаемое отсутствие магнитности в зернистых (resp. пластинчатых) разностях пирротина. На основании работ Вейса, Кайзер пытается установить принадлежность пирротина к ромбической системе⁹; сам Вейс, по своим наблюдениям, причислял его к моноклинной системе. Данные эти требуют новой тщательной проверки; едва ли возможно существование

¹ Строение $3\lambda^2 4L^3 6P$ определено Петерсом (*Peters*, 1861, с. 665). Фигуры вытравления не изучены.

² См. *Hintze*, I, с. 627; принимая во внимание сомнительные, получим 13 простых форм с 134 плоскостями.

³ Это с несомненностью доказывают фигуры вытравления; формы (*hho* $\bar{1}$) на (0001) при действии HCl см. *Streng*, 1882, с. 185, 206.

⁴ Ср. *Heddle*, 1901.

⁵ *K. Leonhard*, 1821, с. 331. *Найю*, 1822, с. 65.

⁶ *Streng*, 1882, с. 197.

⁷ Эти свойства решительно противоречат толкованию оси Z как L^6 .

⁸ *Weiss*, 1935 (1), с. 537; 1915 (2), с. 213. *Weiss et Kunz*, 1905, с. 62. Раньше ряд статей Вейса в *Gomptes Rendus*.

⁹ *Kaiser*, 1906, с. 204.

полярных осей на (0001) при этом строении; скорее всего они приведут к строению с λ^3 .

242. Еще менее известны свойства и кристаллическая структура *никелистого пирротина и ковеллина*. Отличия никелистого пирротина от пирротина едва ли могут быть замечены в кристаллической структуре; по-видимому, однако, магнитность уменьшается с увеличением примеси NiS.¹ Никелистый пирротин главным образом наблюдается в сплошных и зернистых массах.

Ковеллин в природе также почти исключительно наблюдается в плотных массах, очень часто в тонких пленках. Его многогранники – пластинки по пинакоиду – встречаются чрезвычайно редко². Долгое время их относили к гексагональной системе, но более тщательные исследования Стефановича над материалом из Бора в Сербии заставляют относить его к двуслойной группе, к моноклинной или тригональной системе³. Кристаллы обычно являются сложными двойниковыми сростками и имеют вид гексагональных пластинок.

Несколько лучше известна структура *миллерита* благодаря находкам последних лет⁴. Строение его не определено с большой точностью; несомненно, в нем нет L^6 , и выбор может быть между $\lambda^3 3L^2 c 3P$ и $\lambda^3 3P$.⁵ Отношение осей 1,3274.⁶

Известно⁷ 13 простых форме 158 плоскостями, причем в строении этих форм довольно резко выражается поверхностная энергия кристалла. Так, для характеристики ± 1 мы имеем всего 50% возможных форм, и не наблюдались такие простые формы, как (0111), (10 $\bar{1}2$), (1121) и т.п. То же самое явление сказывается в довольно резком различии комбинаций миллерита из разных местностей – обычны длинные тонкие волосоподобные кристаллы, в которых господствуют призмы, но головки этих полиэдров развиты различно, и, например, из 13 простых форм 4 [и в том числе такие обычные, как (02 $\bar{2}1$), (21 $\bar{3}1$)] встречались всего в одном месторождении. Кристаллы сильно иштрихованы параллельно оси Z на призме, что также указывает на влияние поверхностных сил кристалла. Двойники в природных кристаллах очень редки – с точностью наблюдались лишь для бейрихита⁸ – по (0001). Явления скольжения выражены резко, почти как в кальците; плоскость скольжения – (01 $\bar{1}2$)⁹; такие деформированные кристаллы («двойники») изредка наблюдались и в природе¹⁰.

¹ Haw, 1877, с. 124.

² Kenngott, 1854, с. 22. Buchrucker, 1891, с. 136.

³ Stevanovič, 1908, с. 350. Если принимать моноклинную систему, то $a:b:c = 0,5745: 1:0,6168$, $\beta = 90^\circ 46'$. Известна 31 простая форма (при допущении $\lambda^2 c$). Много брахидом.

⁴ См. Palache a. Wood, 1904, с. 343 и сл.

⁵ На последнее указывает чрезвычайно частое развитие (10 $\bar{1}0$) в форме тригональной призмы; см. Palache a. Wood, 1904, с. 351.

⁶ Palache a. Wood, 1904, с. 349. Laspeyres (Laspeyres, 1892, с. 535) дает 1,3277, так что сетка определена точно.

⁷ Принимая $\lambda^3 3L^2 c 3P$ и выбрасывая сомнительные формы. Последних, по Палечу и Буду, известно еще 11. Эти авторы считают сомнительными еще i (4150) и t (0331), которые, однако, наблюдались и раньше Миллером и Ласпейресом.

⁸ Laspeyres, 1892, с. 549.

⁹ Palache a. Wood, 1904, с. 347. Ср. Weiss, 1884, с. 183.

¹⁰ Несколько сомнительна структура *бейрихита*. Ласпейрес (1892) указал на его идентичность с миллеритом и думал, что миллерит есть параморфоза по бейрихиту. Бейрихит по анализу

243. Гринокит и вюртцит, хорошо выраженные в многогранниках, представляют минералогическую редкость. Гринокит встречается главным образом в порошковатом виде, в форме тонких пленок и налетов, небольших землистых скоплений, никогда не собираясь в значительные массы. Вюртцит большей частью образует конкреционные, натечные скопления, радиально-лучистые агрегаты¹.

Кристаллическая форма гринокита известна довольно точно². Кристаллы имеют ясно выраженный характер гемиморфных пирамид, причем на одном конце развиваются различные пирамиды, а на нижнем (0001). В настоящее время для CdS известны 26 простых форм и 152 плоскости³. Векториальный характер выражен очень резко, скаленоэдры не встречаются, преобладают формы ($h\bar{0}h\bar{l}$) или ($h\bar{0}h\bar{l}$) (20 из 26), причем ось Z имеет резко выраженный полярный характер, так что для ($20\bar{2}3$), ($10\bar{1}5$) нет соответственных (2023) или (1015); точно так же для таких простых форм, как ($30\bar{3}1$), ($30\bar{3}4$), ($11\bar{2}1$), нет соответствующих нижних пирамид⁴. Значительное количество форм с довольно сложными характеристиками указывает на большую поверхностную энергию вещества, к тому же приводит исчерченность многогранников, отсутствие двойников.

Полиэдры *вюртцита* не менее редки, чем полиэдры гринокита. Их кристаллическая форма установлена на искусственных кристаллах. С несомненностью известны 11 простых форм с 54 плоскостями, причем и здесь мы имеем в общем повторение картины, даваемой гринокитом: сложность индексов, отсутствие скаленоэдрических площадок, штриховка плоскостей, отсутствие двойников. Немногочисленные природные кристаллы вюртцита дают в общем ту же картину⁵.

244. Нахождение цинковой обманки в земной коре. Цинковая обманка и ее разности – марматит, сфалерит, клейофан – являются наиболее распространенным соединением цинка на земном шаре. Огромное большинство цинковых минералов генетически с ней связано, и она является для них первичной формой выделения цинка. Только некоторые шпинели, силикаты из группы пироксенов, может быть блеклые руды, содержат Zn вне всякой связи с процессами распада цинковой обманки. Понятно поэтому значение этой минеральной группы в химии цинка на земной поверхности.

В общем, месторождения цинковой обманки повторяют месторождения свинцового блеска. Как для галенита, так и для цинковой обманки месторождения, непосредственно связанные с магматическими породами, меньше

(Ni,Co)S имеет уд. вес резко *ниже* уд. веса миллерита; цвет другой. По-видимому, есть две близкие полиморфные разности.

¹ [Как показало структурное изучение, по большей части эти агрегаты представляют собою параморфозы сфалерита по вюртциту.— *Прим. ред.*].

² По-видимому, есть несколько разностей CdS. См. о природной изотропной разности-β-гриноките у Лакруа (*Lacroix*, 1884, с. 463); об искусственной – *W. Roth*, 1906, с. 123. Корню (*Cornu*, 1909, (2), с. 83), отделяя совершенно правильно β-гринокит от α-гринокита, считает его обезвоженным гелем сернистого кадмия. Он сомневается в отсутствии в нем воды. Искусственно удалось получить только гринокит и аморфный CdS. См. *Allen a. Crenshaw*, 1912, с. 341.

³ Из Бишопстаун в Шотландии (см. *Hedde*, 1901) и искусственный – см. *Schüller*, 1853, с. 41.

⁴ *Friedel*, 1861, с. 983. *Förstner*, 1881, с. 363. *Hautefeuille*, 1881, с. 824.

⁵ О них см. *Flink*, 1908, с. 11.

изучены, так как редко цинковая обманка скопляется в них в значительном количестве и служит рудой. А между тем эти массивные породы являются первоисточником цинковой обманки на земной поверхности. Подобно галениту, цинковая обманка едва ли выпадает в них из расплавленного состояния; вероятно, этот процесс может наблюдаться лишь в интрузивных породах, в связи с влиянием высокого давления. Температура перехода цинковой обманки в вюртцит (§ 237) также ставит предел этому образованию. Однако она, несомненно, выделяется в связи с магматическими процессами, может быть путем возгонки при застывании расплавленных силикатовых масс; так, она, например, выпадает в шлаках¹. В некоторых массивных породах сфалерит выделяется в самой магме, например в диоритах около Аюдага в Крыму², в теснейшей связи с изверженными породами около Ронгштока в Чехии, около Родны в Трансильвании и т.д. В гранитах Исполинских гор наблюдается первичная цинковая обманка, почти бесцветная (уд. вес 3,9–4,0), иногда в ортоклазе³.

Подобно тому, что мы наблюдаем для галенита (§ 177–180), и здесь невозможно провести резкой границы между выпадением цинковой обманки из магм и ее выделением из горячих водных растворов (или паров), сопровождающих застывание силикатных магм. В некоторых случаях этим путем выходит из магмы весь ZnS, а между тем связь его с магматическими явлениями несомненна. Только так можно объяснить два других типа месторождений цинковой обманки: выделение ее в силикатовых метаморфических породах и в некоторых жилах (жильных полях).

245. Цинковая обманка в кристаллических сланцах и гнейсах может быть еще более обычна и скопляется большими массами, чем галенит. Таково, например, мощное выделение марматита в Швеции, около Веттернского озера, в Аммсберге⁴; здесь мощная линза (до 25 м мощности) почти чистого марматита лежит в гранито-гнейсе и гранулите; она заключает некоторое количество галенита. Гораздо чаще встречаются здесь фальбаиды, или выделения отдельных включений или скоплений цинковой обманки, в кристаллических сланцах. Таковы, например, фальбанды около Конгсберга⁵; некоторые из них очень мощны (Oberberget – фальбанды до 300 м). В этих фальбандах преобладают обычно пирит и пирротин и лишь иногда цинковая обманка, которая, впрочем, всегда в них присутствует. Гораздо более важное и распространенное образование представляют *жильные выделения цинковой обманки*. В очень многих случаях генетическая связь этих жильных месторождений с массивными породами не оставляет никаких сомнений. Так, например, цинковая обманка выделяется в кварцевых прожилках, пустотах и т.д., в верхних частях вулканических пород – с золотом, баритом, сульфосолями и другими сернистыми соединениями, например – в Капнике в Венгрии или около Нагиага и Оффенбании в Трансильвании (§ 246). Не менее ясна связь ее с массивными породами в тех случаях, когда цинковая обманка сопровождает в штокверках и жильных

¹ Vogt, 1892 (1), с. 258.

² С. Понов, 1898, протокол.

³ Rinmann, 1909, с. 771.

⁴ Braun, 1857, с. 555. Stapff, 1861, с. 252. Гроддек, пер. Эйхвальда, 1889, с. 104.

⁵ Münster, 1894, с. 31–35.

месторождениях касситерит, например – около Эренфридерсдорфа в Саксонии (марматит и христофит) или около Циннвальда в Чехии.

В жилах, однако, встречается цинковая обманка и другого происхождения, вторичного, в тесной связи с легкой подвижностью соединений цинка в природных условиях. Она попадает в них частью за счет переработанной водою цинковой обманки более древней генерации, частью приносится поверхностными и почвенными водами вследствие разложения и выщелачивания цинковых соединений (цинковой обманки и силикатов), окружающих трещины (resp. жилы) пород¹. Обычно эта цинковая обманка вторичного или новейшего характера представляет клейофаны или разности сфалерита, бедного FeS. Благодаря легкой подвижности цинковая обманка в жилах легко переносится с места на место и перекристаллизовывается.

246. В течение веков эти вторичные реакции переноса и разложения ZnS совершались в огромном масштабе и вызвали образование многочисленных залежей цинковой обманки в поверхностных осадочных слоях, которые ныне представляют самые богатые и важные ее скопления. Главная масса цинковой руды получается из таких отложений. В отличие от свинцового блеска (§ 181–182), образование залежей цинковой обманки химически понятно. При окислении цинковой обманки получается $ZnSO_4$, который *легко растворим* в воде, *легко переносится* с места на место и очень легко вновь восстанавливается в ZnS. При этом вторичном процессе значительная часть железа отходит и получаются более бедные FeS разности.

Месторождения этого типа отчасти получают цинк из вод, более или менее связанных с переработкой магматических и жильных выделений, содержавших ZnS, частью путем медленного выщелачивания детрита цинковых веществ, заключающегося в осадочных слоях (благодаря легкому окислению тонкой пыли ZnS). Можно объединить здесь все те месторождения, которые мы наблюдали для свинцового блеска; обычно они даже встречаются вместе, причем в очень многих местах преобладает цинковая обманка. Таковы месторождения около Райбля (§ 183), в Прирейнских областях, в Силезии и т.д. Огромные цинковые залежи этого типа наблюдаются в бассейне Миссисипи – главным образом в Висконсине, Миссури, Арканзасе, Айове, Иллинойсе². Здесь в палеозойских (от кембрия до нижнекаменноугольных) известняках, доломитах и роговиках находятся многочисленные выделения цинковой обманки, бедной железом (в Северном Арканзасе – клейофан³), и галенита. Кроме цинковой обманки, наблюдается «галмей» (кремнистый). Руды частью встречаются рассеянными среди породы в определенных слоях доломитов и роговиков и отложились, возможно, под влиянием органического вещества породы⁴; частью они выпадают в трещинах, жилах, брекчиях и т.п. В местах складок, сдвигов, сбросов, где породы превращены в своеобразную брекчию, сосредоточиваются ZnS, PbS. Руды выделялись из растворов, богатых кремнеземом, иногда барием, почему сопровождаются кварцем, «soapstone» и баритом. Наиболее древней ге-

¹ Ср. *Sandberger*, 1893, с. 211 и сл.

² *Branner*, 1902, с. 572 и сл. *Jenney*, 1894, с. 171–225, 642–646. *Ad. Schmidt*, 1875, с. 246; 1876. *Fuchs et De Launay*, 1893, с. 371. *Winslow*, 1894, с. 449.

³ Анализ Браннера (*Branner*, 1902, с. 599) дает для руды 0,15–0,62% Fe_2O_3 .

⁴ *Branner*, 1902, с. 575.

нерацией является цинковая обманка¹, образование которой продолжается до сих пор². Скопления чистой ZnS достигают иногда значительных размеров – наблюдаются массы до 320 кг весом³. Процессы, которые здесь совершаются, очень сложны и тесно связаны с геологической историей местности. Выделившись из водных растворов, цинковая обманка затем вновь переносится с места на место, в тесной связи с циркуляцией подземных вод, т.е. орографией местности и составом пород. В то же время характер процессов меняется в течение времени; так, отлагавшиеся в каменноугольную эпоху слои выделяли пирит. В позднейшее время его выветривание внесло резкое изменение в характер расположения и распределения цинковой обманки⁴. Цинковая обманка в таких месторождениях нередко шаг за шагом замещает другие соединения, главным образом карбонаты кальция и магния, образуя псевдоморфозы (ср. § 180); например, в Изерлоне в Вестфалии благодаря такому процессу происходит замещение CaCO₃ сернистым цинком, и кораллы превращены нацело в цинковую обманку⁵; точно так же в Вюртемберге, в лейасовых слоях (глина с *Amalthea*) в цинковую обманку частью превращены копролиты, а камеры аммонитов заполнены цинковой обманкой⁶; то же наблюдается в Баварии около Банца и Альтдорфа в камерах *Ammon. co status* (лейас)⁷. Цинковая обманка вообще довольно часто встречается в виде окаменяющего вещества ископаемых, в каменном угле⁸. Она образуется и в настоящее время: выделяется, например, на крепях цинковых рудников⁹.

Такое распространение цинковой обманки в седиментационных породах вызвано ее легкой подвижностью. Она поэтому также очень часто выпадает в форме сталактитов, натечных и конкреционных масс, корок, образуя так называемые *Schalenblende*, *Leberblende* и т.п. старинных рудокопов (Саксония, окрестности Аахена и т.д.). Однако из растворов она также нередко выпадает в прекрасно выраженных кристаллах. Таковы Нейдорф около Гарца, Оберланштейн в Нассау, окрестности Шемница и Капника в Венгрии, Родны и Нагиага в Трансильвании, Бинненталь в Швейцарии, Боттино в Италии, Лаффрэ во Франции, Сент-Агнесе в Корнваллисе, Альстон в Кумберленде, Нагольный кряж в области Войска Донского; клейофаны в каменноугольных доломитах в Пикос-де-Эйропа, в Сантандере в Испании и т.д.¹⁰.

247. Изменение цинковой обманки. Цинковая обманка подвергается в природе разнообразным процессам изменения. Наиболее резко выражен переход ее в *кислородные соединения*, причем, в отличие от свинца, сернокислый цинк (*госларит*) легко растворим в воде и потому легко уносится во-

¹ Процесс не совсем ясен. По-видимому, в некоторых местах (Миссури, Арканзас) первыми выделились «галмее», кремнистые цинковые руды, богатые ZnCO₃, так что ZnS является вторичным продуктом (*Hedbury*, 1902, с. 386 и сл.).

² В Грейнби орудия рудокопов, оставленные в 1860 г., покрылись кристаллами ZnS и PbS (*Hedbury*, 1902, с. 391).

³ *Winslow*, 1894, с. 449.

⁴ *Hedbury*, 1902, с. 388.

⁵ *Fuchs et De Launay*, 1893, с. 371.

⁶ *Werner*, 1869, с. 133. *Leuze*, 1889, с. 49.

⁷ *Blum*, 1847, с. 208.

⁸ *Loretz*, 1863, с. 675.

⁹ Ср., например, *Monheim*, 1849, с. 256.

¹⁰ См. сводку данных: *Calderon*, 1910, с. 107 и сл.

дами. Этим в значительной мере месторождения цинковой обманки, столь схожие, как мы видели, с месторождениями свинцового блеска, резко от них отличаются и дают начало новым явлениям. Воды, вытекающие из цинковых месторождений, всегда заключают растворы цинкового купороса, и в жарких странах, например в Алжире и даже в Миссури, получают довольно концентрированные его растворы¹.

Цинковый купорос очень легко входит в реакцию двойного обмена с другими солями и дает *нерастворимые цинковые соли*. В отличие от свинца, эти соли мало разнообразны. Получаются главным образом углекислые (*смитсонит*) и различные орто-кремнекислые (*виллемит*, *каламин*). Обычно обе эти реакции идут одновременно, и нередко получают смеси обеих цинковых солей (так называемые *галмеи*). Почти во всех месторождениях сфалерита верхние части их превращены в галмеи или каламины и смитсониты. При этом процесс этот идет для ZnS гораздо резче и сильнее, чем для галенита: цинковая обманка окисляется и переходит в кислородные соли раньше свинцового блеска. Поэтому в одних и тех же горизонтах, выше кислородного уровня, мы встречаем галмеи и смитсонит вместе с галенитом, ниже идут галенит и цинковая обманка. Обыкновенно при этом выпадают гидраты окиси железа (лимонит), образовавшиеся от изменения FeS, бывшего в растворе в цинковых обманках.

Цинковый купорос легко *раскисляется* и вновь переходит в цинковую обманку, но при этом образуется или *клеюфан* или сфалерит, очень бедный FeS. Это и понятно. Поэтому вторичная цинковая обманка жил (кристаллы) или цинковая обманка, перекристаллизовавшаяся путем вторичных процессов, имеет характер клеюфанов или близка к ним. Очень вероятно, что все клеюфаны вторичны. Железо, которое входило в состав цинковых обманок, выпадает при этом в виде *марказита* или *пирита*, часть же, должно быть, удаляется в форме кислородных солей.

Кислородные соединения цинка в более глубоких слоях неустойчивы и, должно быть, в глубинах земной коры переходят вновь в цинковую обманку, хотя, к сожалению, этот процесс выяснен слабо.

248. Цинковая обманка в России. Цинковая обманка в России довольно распространена, причем в общих чертах ее месторождения тесно связаны с месторождениями галенита. В *Архангельской губ.* цинковая обманка красная² (и клеюфан?) встречалась на Медвежьих о-вах, в кварце, иногда с халькопиритом, галенитом и кальцитом (желтая); иногда на кальците³ (ср. галенит, § 185), а также на о-ве Седловатом⁴. С асбестом, железистая – на Умбе. На Киберенском берегу Кандалакшской губы⁵ – в жилах кальцита в гнейсах с галенитом (клеюфан? – желто-бурая); на Кармакульских о-вах – около Новой Земли⁶. Она очень обычна на западном Мурмане – с галенитом, напри-

¹ Hillebrand, 1892, с. 419, 422.

² J. Schrotter, 1787, с. 180.

³ Георги, 1798, с. 572.

⁴ Нефедьев, 1871, с. 62–63. Ср. Федоров, 1904, с. 227.

⁵ Федоров, 1905, с. 122.

⁶ Мельников, 1893, с. 194.

мер – около Базарной губы, Долгой! губы¹ и т.д. Здесь есть жилы без галенита, только со сфалеритом, например – около Печенгского монастыря².

Значительные ее скопления в *Области Войска Донского, в Таганрогском отделе*, в Нагольном кряже; здесь наблюдается цинковая обманка главным образом в виде клейофана³, нередко прекрасно образованные кристаллы, в которых преобладают (110)⁴.

В *Лифляндской губ., в Венденском и Феллинском у.* почки и включения вместе с галенитом в известняке⁵.

В *Олонецкой губ., в Олонецком у.* довольно крупные включения цинковой обманки наблюдаются в Туломозерской даче в окрестностях дер. Соны и Колатсельи, с халькозином (см. § 207)⁶. В *Петрозаводском у.* цинковая обманка в кальците с пиритом, халькопиритом, аксинитом и т.д. находится в диорите у дер. Восточной Кончезерской против Кончезерского завода. В *Повенецком у.* медовожелтая цинковая обманка встречается с халькопиритом, пиритом, галенитом (см. § 185) в Лебедевой горе у Сегозера⁴. Свежая желтая указана в «траппе» около Святнаволока на Пергубе⁷.

В *Польше, в Келецкой губ.,* цинковая обманка наблюдается в галмейных рудах среди триасовых доломитов в Олькуше. Здесь она нередко является вторичным продуктом (*клейофан*). В более глубоких горизонтах галмей кое-где переходит в цинковую обманку, например около Славкова и Зембловиц⁸. Цинковая обманка наблюдается в Олькуше иногда в виде мелких кристаллов (рудники Анна, Улисс, Болеслав), иногда в виде сплошных мелких жилок в брекчиевидном доломите, кое-где в виде мелких почек (внутри нередко заключающих галенит). Цинковая обманка кое-где переходит здесь в галмей и, может быть, отчасти является первичной⁹. Цинковая обманка известна также в мелких кристаллах в сидеритовых конкрециях среди черных юрских глин около Лойхов (Каводжа), близ Ченстохова, *Петроковской губ.*¹⁰, в каменноугольных слоях около Домбровы (шахта Париж).

В *Таврической губ.* около Аюдага, в диорите в известковых прожилках¹¹.

В *Харьковской губ., в Изюмском у.* около Царевоборисовки¹².

В *Эстляндской губ.* около Ревеля¹³.

249. На *Урале* месторождения цинковой обманки не достигают значительных размеров и в общем цинковая обманка наблюдается как вторичный жильный минерал. Так, она указывается в *Чердынском у.* по Вишере – с золотом, в *Богословском окр.* Здесь она встречалась во Фроловском руднике, частью в

¹ Мельников, 1893, с. 194.

² Подгаецкий, 1891, с. 95. Киль, 1873.

³ Анализ К.А. Непадкевича, 1902 г.

⁴ Я. Самойлов, 1906, с. 111 и сл. Впервые цинковая обманка указана в литературе Ковалевским, 1827.

⁵ Горн. журн., 1828, № 9, с. 8 (по рапорту Осипова).

⁶ Борисов, 1910, с. 78.

⁷ Георги, 1798, с. 572.

⁸ Конткевич, 1902, с. 157. Богдановичем (1907) такие переходы не отмечены.

⁹ Rusch, 1831, с. 225–250. Лемницкий, 1892. Богданович, 1907, с. 56–85; 1912, с. 435 и сл.

¹⁰ Коллекция Московского университета; доставлен К.А. Непадкевичем.

¹¹ С. Попов, 1898, протоколы. Заключает Fe, не заключает Cu и Cd; 1908, с. 539.

¹² Коллекция Московского университета; доставлен А.О. Шклярским в 1899 г.

¹³ Коллекция Московского университета; доставлен А.П. Ивановым в 1899 г.

глинах с самородной медью, частью в пустотах в медном колчедане¹, в Серебряном руднике². В небольшом количестве в Богословском руднике (марматит)³, наконец, в Башмаковском руднике с кальцитом, галенитом, халькопиритом⁴. В Серноколчеданном руднике *Верхотурского у.* – с галенитом (клейофан)⁵. В *Нижне-Тагильском окр.* в Горно-Анатолевском руднике⁶. В *Гороблагодатском окр.*⁷ – в старинном медном Колпаковском руднике в 27 км от Кушвы⁸. В *Сысертской даче* в Благовещенском прииске (марматит)⁹. С кварцем – на горе Керкетау в Башкирском Урале (в 9 км от р. Белой)¹⁰, вблизи Керкетау – по р. Сюурклу и Кулары (близ дер. Нургузя)¹¹, около Урюль-Тау в верховьях р. Урала (не доезжая 4 км до Сакмары)¹², «струистая бленда» в старинных копиях около дер. Казаковой (на р. Синаре) В небольшом количестве сфалериты встречаются и в других жильных месторождениях, содержащих галенит.

В осадочных месторождениях Урала цинковая обманка известна в нескольких местностях. Так, она находится в известняке Ключевского рудника в *Николае-Паединской даче*¹³. В *Каменской даче* около Сухоложского на р. Пыжме и около Каменска она наблюдается нередко в кристаллах в цементе каменноугольных песчаников, в массе каменного угля в конкрециях сферосидерита¹⁴.

250. Гораздо более значительны и важны месторождения цинковой обманки на *Кавказе* и в *Закавказье*. Здесь цинковая обманка представляет вместе с галенитом (ср. § 187) и медными соединениями обычный жильный минерал. Ввиду этого я привожу здесь лишь главнейшие месторождения¹⁵.

В *Батумской обл.*¹⁶, в *Артвинском окр.* у с. Ходш-Елиа – две кварцевые жилы с цинковой обманкой, халькопиритом и пиритом, подчиненные диабазовым порфирам¹⁷. Встречается с халькопиритом около с. Бадзгирети. В *Батумском окр.* цинковая обманка известна около с. Фуадие-Малеси и др.¹⁸

В *Елисаветпольской губ.*, в *Джеваниширском у.* цинковая обманка известна в месторождении Мандзор; в *Елисаветпольском у.* – в Кедабекском рудни-

¹ Бегер, 1826, с. 23.

² М. Карпинский, 1840 (2), с. 216.

³ Федоров и Никитин, 1901 (1), с. 30.

⁴ ib. Ср. Гривнак, 1887, с. 14, 24.

⁵ По указанию П. Алексата, 1905 г.

⁶ Rose, 1842, с. 460.

⁷ А. Карпинский, 1881, с. 65.

⁸ «Крепкая, черная, кубиковатая бленда..., наполняющая скважины черного кварца». Лепехин, 1802, с. 130. Н. Попов, 1811, с. 28.

⁹ Коллекция Московского университета.

¹⁰ «Роговая бленда», Лепехин, 1802, с. 140.

¹¹ В кварце – Лепехин, 1802, с. 141. Пробы показали, что она содержит Fe и S. Лепехин из этих находок заключает: «паки рождается надежда к получению в Урале цинковых настоящих и других богатых руд».

¹² Лепехин, 1802, с. 130; 189.

¹³ А. Карпинский, 1881, с. 65.

¹⁴ Гебауер, 1889, с. 355 и сл.

¹⁵ Другие – см. галенит, § 187. Также Меллер и Денисов, 1900, с. 85 и сл.

¹⁶ Г. Смирнов, 1905, с. 211.

¹⁷ Бацевич, 1887, с. 140 и сл.; см. там же другие месторождения Артвинского окр. Меллер и Денисов, 1900, с. 86.

¹⁸ Меллер и Денисов, 1900, с. 87–88. Н. Лебедев, 1901, с. 122.

ке с халькопиритом; в *Зангезурском у.* – в Катар-Кавартском месторождении с халькопиритом, но не во всех жилах¹; в *Казахском у.* около Самхети, близ дер. Карпи – красная цинковая обманка²; в *Карягинском у.* в старинном Кавартском медном руднике на Охчи-Чае³.

В *Кутаисской губ.*⁴, в *Озургетском у.* светлая цинковая обманка находится около с. Вакис-Джвари.

В *Кубанской обл.*, в *Баталпаинском отделе* по р. Худес (притоку р. Кубани) – в кальцитовый жиле и в тальковом сланце⁵, у границы Черноморской губ. в истоках Малой Лабы – с галенитом (см. § 187).

В *Тифлисской губ.*, в *Тифлисском у.* около Белого ключа по р. Асланке – цементирует туфовую брекчию среди базальтовых пород с галенитом, пиритом, халькопиритом⁶. В *Борчалинском у.* в месторождениях халькопирита на горе Ляльвар около Алавердского и Шамблугского заводов – *марматит*⁷, то же около с. Ахталы⁸. В *Душетском у.* превосходные кристаллы. в Курос-Цвети, около ст. Казбек – с халькопиритом, кварцем, альбитом⁹. В *Телавском у.* в Пшавельской даче – с халькопиритом.

В *Терской обл.*, во *Владикавказском окр.* – значительные скопления коричневой цинковой обманки и марматита¹⁰ в рудном поле около Садона в кварцевых жилах с галенитом (см. § 187). Кое-где цинковая обманка преобладает над галенитом, например – близ с. Архон (в *Архонском ущелье* по р. Садон-Дону), около Дейкау, в Верхне-Унальском ущелье и т.д. Цинковая обманка содержит серебро, но его меньше, чем в галените (около 2,6 г на 1 т)¹¹.

В *Черноморской губ.*, в *Сочинском отделе* по течению р. Ариеше, притоку Мзымты¹².

В *Эриванской губ.* – см. галенит, § 187.

251. В *Сибири* цинковая обманка наблюдалась главным образом на *Алтае* и в *Забайкальской обл.*, местами достигая относительно значительных скоплений.

В *Томской губ.*, в *Мариинском окр.*, цинковая обманка встречается в кварцевых золотоносных жилах вместе с галенитом (см. § 188), в бассейнах Мало-го Берикюля, например в Гавриловском руднике¹³.

На *Алтае* она издавна встречалась в Змеиногорском руднике, частью черная (марматит) в роговике с серебром, частью более светлая в барите¹⁴, причем преимущественно наблюдалась в нижних горизонтах, изредка крас-

¹ Г. Смирнов, 1905, с. 222.

² Георги, 1798, с. 571 – по указанию Гюльденштедта.

³ Н. Лебедев, 1901, с. 128.

⁴ Г. Смирнов, 1905, с. 196.

⁵ Меллер и Денисов, 1900, с. 85; Кубано-Худесский рудник (коллекция Академии наук).

⁶ По Герману. Меллер и Денисов, 1900, с. 88.

⁷ Эйхфельд, 1827, с. 59–60; Н. Лебедев, 1902, с. 139.

⁸ Н. Лебедев, 1902, с. 131.

⁹ Коллекция Московского университета. Доставлен В.И. Вернадским и С.П. Поповым. Ср. о них у Я. Самойлова, 1906, с. 117.

¹⁰ В среднем 58% Zn, 10% Fe (Семянников, 1888, с. 65), Ср. Денисов., 1887, с. 219.

¹¹ И. Стрижов, 1902 (1), с. 162 и сл.

¹² Меллер и Денисов, 1900, с. 13.

¹³ А. Зайцев, 1893 (1), с. 170.

¹⁴ Rose, 1837, с. 539. Севергин, 1807, с. 572. И. Герман, 1802, с. 296 – редко тетраэдры.

ная¹. Богатая серебром (серая) сильно триболюминесцирует². В Петровском руднике – частью в роговике с серебряными рудами³; в Заводинском руднике – темная (марматит?) с 0,013% Ag, с теллуристыми соединениями, реже бурая⁴; в Крюковском руднике – в роговике с галенитом и пиритом⁵. В Риддерском⁶, Зыряновском⁷, Белоусовском⁸, Березовском, Чудацком⁹, Таловском, Сокольном¹⁰, Семеновском¹¹, Черепановском¹² рудниках. В Салаирском хребте, в старинном Салаирском руднике также встречалась цинковая обманка¹³.

Другим центром месторождений цинковой обманки в Сибири является *Забайкальская обл.* Здесь около Нерчинска она была известна уже с XVIII столетия. Она наблюдалась также в Чагирском¹⁴, Шилкинском, Ильди́канском¹⁵, Воздвиженском¹⁶, Кадаинском¹⁷ (светлая разность содержит In)¹⁸, Зерентуйском, Тайнинском¹⁹, Екатериноблагодатском²⁰, Богородском (с антимонитом)²¹, Чалбученском²², Ивановском, Базановском, Акагуевских, Газимуро-Коперском²³, Кличкинском²⁴ и других рудниках. Нигде и здесь цинковая обманка не образует значительных скоплений; марматит в значительных массах встречен (в доломите с галенитом) в Кадаинском руднике²⁵. Кое-где цинковая обманка образует здесь так называемую «бурундучную руду», может быть вюртцит – полосатые выделения в буром шпате²⁶.

В *Енисейской губ.* по р. Нижней Тунгуске, на Острой Вершине – с галенитом (см. § 188). В *Ачинском у.* – в кварцевых золотоносных жилах рудника

¹ Севергин, 1809, с. 114.

² Фальк, 1786, с. 85. Ср. Георги, 1798, с. 373, 572.

³ Шангин, 1808, с. 28.

⁴ Миклашевский, 1871, с. 199.

⁵ Щуровский, 1846, с. 127.

⁶ Горн. журн., 1835, II, с. 552.

⁷ Горя, журн., 1895, II, с. 557. По исследованию проф. Фритче, содержит индий, см. Gotta, 1871, с. 237. В Зыряновском руднике 10–26% всех колчеданных руд состоят из цинковой обманки. Реутовский, 1905 (1), с. 94.

⁸ Gotta, 1871, с. 264. В описании минералов отдельных рудников цинковая обманка не упомянута (с. 241). У Пранга и Ярославцева (1861, с. 317) не указана.

⁹ Георги, 1798, с. 572. Gotta, 1871, с. 264.

¹⁰ Кристаллы описаны П. Еремеевым (1883, с. 278).

¹¹ Ренованц, 1788, с. 206–217. Щуровский, 1846, с. 359.

¹² Горн. журн., 1835, II, с. 552.

¹³ Шангин, 1808, с. 79.

¹⁴ Севергин, 1807, с. 572.

¹⁵ Георги, 1798, с. 572 – schuppig. Шилкинский рудник около Шилкинского завода?

¹⁶ Георги, 1798, с. 572 – блестящая печеночная с плотным сидеритом (Eisenstein).

¹⁷ Красная – см. Patrin, 1791, с. 241.

¹⁸ Вернадский, 1911, с. 192. [Избр. соч., т. I, 1954, с. 447].

¹⁹ Д. Соколов, 1832, с. 964. А. Озерский, 1867, с. 23.

²⁰ [Седаков], 1842, с. GLIV, в статье Потта.

²¹ А. Озерский, 1867, с. 78.

²² Реутовский, 1905 (1), с. 233; 236–237.

²³ А. Зайцев, 1904, с. 5. Реутовский, 1905 (1), с. 244.

²⁴ Павлуцкий, 1861, с. 268 и сл. Очевидно, в связи с ней здесь каламин.

²⁵ Aperçu des explor. géol. etc., 1900, с. 164.

²⁶ К сожалению, не изучен. О нем см. Эйхвальд, 1844, с. 144; А. Озерский, 1867.

Андреевского¹, прииска Александровского² и т.д. В *Южно-Енисейском окр.* в Маклаковской волости³ по Енисею – с галенитом (см. § 188).

В *Приморской обл.* по р. Тутека – с галенитом в известняке. По р. Ванцину (Вангину) – с галенитом (§ 188) и пиритом. В *Чукотской земле* у Сердца-Камень – с галенитом (см. § 188). В других местностях Сибири ее месторождения не изучены, хотя, по-видимому, нигде не дают мощных скоплений.

252. В *Степном крае*, в *Семипалатинской обл.*, в *Каркаралинском у.*, в рудных скоплениях в группе около Кызыл-Эспе вместе с галенитом (см. § 189) она довольно обычна; кое-где (например, Гульшад около Балхаша) – в довольно больших скоплениях⁴. Анализ цинковой обманки из Кызыл-Эспе указывает, что она близка к марматитам (7,7% Fe)⁵. Точно так же она встречается в другой группе заявок и рудников на галенит (см.) – около Кузю-Адыра (Михайловское и др.), в Беркаринской волости, около Кень-Чоку и др. В *Тургайской обл.* по Кара-Тургаю в Свинцовой горе (с галенитом) (см. § 189)⁶.

В *Средне-Азиатской России* цинковая обманка отмечена в *Сыр-Дарьинской обл.*, в *Ташкентском у.*, в горах Кара-Мазар⁷.

В *Ферганской обл.*, в *Маргеланском у.* цинковая обманка указана в кальцитовых жилах с галенитом (см.) по р. Мын-Жилке на водоразделе между реками Сурметаш и Каинды⁸.

253. В *Финляндии* цинковая обманка разного рода известна в очень многих местностях, всегда в небольших количествах.

В *Выборгской губ.*, в окр. *Импилакс*, в Питкаранте она встречается в различных рудниках. Частью плотная с магнетитом (рудник в Кле), черные кристаллы, вросшие в серпентине (Ристаус, Люпикко). Реже встречается серно-желтая (Herberg) канифольнобурая или кровянокрасная (рудник Омелянова) цинковая обманка. В пегматитах наблюдалась в неясных кристаллах темно-бурая цинковая обманка в пустотах с кальцитом, кварцем и слюдой⁹. Встречена в Гопонсуо в известняке с пироксеном, флюоритом и т.д.¹⁰, в Люпикко – с флюоритом¹¹.

В *Нюландской губ.*, в окр. *Гельсингэ* в руднике Гольвик (Дегерё)¹², в окр. Киско в Ориерви (на кварце – *марматит*, по анализу Игельстрема)¹³, в окр. *Лойо* в известняке в Гермале¹⁴, в серебро-свинцовом руднике Стансвик¹⁵.

254. Вюртцит и гринокит в земной коре. В отличие от цинковой обманки, другая разность сернистого цинка – *вюртцит* (а равно и близкий к нему

¹ А. Зайцев, 1904, с. 5. *Реутовский*, 1905 (1), с. 244.

² А. Зайцев, с. 7.

³ Р. Герман, 1829, с. 323.

⁴ И. Антипов, 1891 (1), с. 463.

⁵ И. Антипов, 1891 (1), с. 466 (анализ).

⁶ Мевуус, 1844, с. 6.

⁷ И. Мушкетов, 1876, с. 113. *Романовский*, 1875, с. 14–15.

⁸ Вебер, 1913, с. 106. По указанию П. Фосса.

⁹ Trüstedt, 1907, с. 329. Wiik, 1865, с. 35.

¹⁰ Holmberg, 1857 (1), оттиск, с. 16.

¹¹ Wiik, 1887, с. 9.

¹² Holmberg, 1857 (1), с. 4.

¹³ Holmberg, 1857 (1), с. 14. А. Nordenskiöld, 1863, с. 10.

¹⁴ Holmberg, 1857 (1), с. 19.

¹⁵ Trüstedt, 1907, с. 329. Wiik, 1865, с. 35.

гринокит) пользуется несравненно меньшим распространением и, сколько можно судить, является большей частью *вторичным* продуктом, выпадает в особых условиях вблизи земной поверхности. Вюртцит выпадает из водных растворов в верхних частях жил; нигде не скопляется в значительных количествах. Из его месторождений можно отметить Пршибрам в Чехии. Есть немного месторождений вюртцита, которые, может быть, указывают на особые условия его происхождения, например – богатый свинцом вюртцит из Оруро в Боливии¹.

Гринокит почти всегда является вторичным продуктом при разрушении содержащих кадмий цинковых обманок. При их окислении – CdSO_4 – восстанавливается значительно легче, и здесь наблюдается тот же самый процесс отделения, какой наблюдается в природе при переходе марматита в клейофан. Среди месторождений гринокита оригинально его выпадение (в Шотландии в Олд-Килпатрик и Дембартоншире и около Глазго) в пренитах в связи с горячими растворами, сопровождавшими выделение долеритов и мелафиров. Генезис этих месторождений не выяснен².

В России вюртцит³ не может считаться точно доказанным. По-видимому, к нему должны быть отнесены старинные указания о «лучистых обманках» на Урале, по р. Санарке, притоку Уя (с металлическим блеском), Багаряке на Исети (желтая)⁴.

Гринокит (по-видимому, α -гринокит) в виде порошка известен на галмее в Польше, в *Келецкой губ.* в Болеславе (коллекция музея Академии наук).

Вюртцит переходит в цинковую обманку и при окислении растворяется. Процессы изменения гринокита не изучены.

255. Марганцовая обманка (алабандин) в земной коре. Марганцовая обманка имеет значительно большее значение в земной химии марганца, чем вюртцит и гринокит в химии цинка и кадмия. Это типичный *жильный минерал*, который, однако, образуется при довольно специальных условиях. Марганец в жилах очень обычен, но обыкновенно выпадает в них в форме углекислого марганца (родохрозита), иногда в виде силикатов; только при каких-то особых, ближе нам не известных обстоятельствах он выделяется в виде сернистого марганца⁵. Обыкновенно алабандин наблюдается в тесной смеси с другими сернистыми соединениями – цинковой обманкой, пиритом, блеклой рудой и т.д. Значительные его скопления встречались в Нагиаге и Оффенбании в Семиградье⁶, в Сан-Антонио в Нуэво-Потоси в Перу⁷, Томбстоне в Аризоне⁸, в руднике Пресиоса Сангре-де-Кристо около Тепеяхуалько в Мексике с блеклой рудой, галенитом и т.д. в известняке⁹.

¹ О нем *Friedel*, 1861, с. 983. *Stelzner*, 1893, с. 122.

² О них *Lacroix*, 1884, с. 463. *Hedde*, 1887, с. 133.

³ Может быть, к вюртцитам должен быть отнесен эритроцинкит, наблюдавшийся на р. Слюдянке, на Байкале.

⁴ *Георги*, 1798, с. 572.

⁵ Довольно част в растворе в марматитах – см. § 234.

⁶ *Zepharovich*, 1859, 1, с. 3. *Zepharovich u. Veske*, 1893, 3, с. 2.

⁷ *Raimondi*, 1878, с. 239.

⁸ *Moses*, 1894, с. 18.

⁹ *Burkart*, 1866, с. 409 – по работе дель Кастильо.

В России алабандин не отмечен. Характер изменения его обычен, сходен со всеми соединениями марганца – на поверхности он переходит в конце концов в пиролюзит.

256. Миллерит в земной коре. Миллерит, очень редко встречаясь в больших количествах, в то же время весьма распространен. Он нередко образуется путем распада никельсодержащих соединений – например пирротинов или пентландитов. Таковы, например, корки миллерита в руднике Гейп в Пенсильвании¹; аналогичен и миллерит из Дилленбурга в Прирейнской Пруссии, генетически связанный с пиритом и халькопиритом, содержащим никель², и т.д. Так или иначе происшедший миллерит выпадает из водных растворов в осадочных отложениях. Так, например, он очень распространен в небольшом количестве в сланцевых отложениях (Schiefergebirge) Рейнской Пруссии, Нассау и Вестфалии. Очень характерно нахождение его в каменноугольных отложениях; здесь, например около Дортмунда в Вестфалии или около Нейрода в Силезии, он находится в определенных каменноугольных горизонтах. Очень обычна его концентрация в шпатовых железняках, сопровождающих каменный уголь. Связь никеля и, в частности, миллерита с каменноугольными отложениями наблюдается и в других местах земной поверхности; например, он при тех же условиях находится в каменноугольных отложениях Южного Уэльса³. Причина такой связи и первичное при этом выпадающее никелистое тело неизвестны⁴. Во всех этих случаях миллерит является одной из последних генераций, результатом выветривания, и выпадает в пустотах из холодных водных растворов обычно в виде длинных игол и волосатых кристаллов. Жеоды кальцита, богатые таким миллеритом, наблюдаются, например, в месторождениях штата Айовы.

Иной тип представляют выделения миллерита в *жилах*. Здесь он выпадает также обычно в последних стадиях, но, может быть, представляет самостоятельное образование, в котором концентрируется никель, приносимый горячими водами. Таково его выделение в Поганнгеоргенштадте или Мариенберге в Саксонии⁵, Яхимове в Чехии⁶, в Германии около Виссена в жилах с каллилитом, висмутовым блеском, кварцем и т.д.⁷

Изредка он выпадает прямо в fumarолах, например Везувия⁸, что также говорит в пользу его первичного выделения в жилах.

Миллерит является очень непрочным соединением, легко разлагается на поверхности, и никель при этом уносится водами. Процесс иногда имеет характер реакции двойного обмена, например в Гейп в Пенсильвании, где миллерит (NiS) переходит в халькозин (Cu₂S). Как известно, никель концентрируется на поверхности земли, главным образом в форме силикатов.

¹ *Genth*, 1862, с. 195.

² *Laspeyres*, 1893, с. 145, 508.

³ *Rudler*, 1905, с. 120.

⁴ Любопытно нахождение Ni в подмосковных каменноугольных отложениях: содержащие Ni корки кальцитов известны в Подольске, Московской губ. (Московский университет).

⁵ *Breithaupt*, 1866.

⁶ *Zepharovich*, 1859, с. 276. *Zepharovich u. Becke*, 1893, с. 165.

⁷ Здесь он одно время даже разрабатывался. См. *Brauns*, 1903, с. 165.

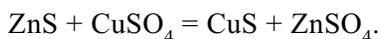
⁸ *Scacchi*, 1888, с. 136.

Миллерит в России. Миллерит, странным образом, до последнего времени не был известен в России¹.

На Кавказе, в Кубанской обл., в 12 км от Псеменевки указан в метаморфической породе в связи с месторождениями хромистого железняка. Наблюдался в кварцевой породе в виде радиальнолучистых агрегатов².

257. Распространение ковеллина. Ковеллин довольно распространен в жилах. По мере того как увеличивается внимание к минералогическим исследованиям, его находят, правда, в очень небольшом количестве, во всех рудниках, богатых медными соединениями. Наряду с этим спорадическим образованием, известен он и как руда; наблюдаются его значительные массы, например, на о. Каван в Новой Зеландии³, в некоторых рудниках Чили⁴(Токопилья и др.) и Перу⁵, в некоторых рудниках Масса Маритима в Тоскане – «game negro» в Боччеггиано⁶ в Сербии в руднике Бор⁷, в Бьютте в Монтане – вторичный в брекчии в огромных количествах, в руднике Ист-Грей-Рок⁸. В Бьютте он составляет 0,5% всей руды, здесь добываемой⁹.

Ковеллин выделяется здесь из водных растворов, причем первоначальным продуктом, откуда он образуется, часто являются разные сульфосоли – например, очень обычен энаргит (Бьютт, Бор, Рио-Гранде в Колорадо, Манкаян на Люцоне)¹⁰, иногда халькопирит. С другой стороны, он выпадает и из халькозина; любопытен генезис его в связи с действием модных растворов на цинковую обманку (известны его псевдоморфозы), по реакции:



Реакция эта была искусственно воспроизведена Роджерсом (при 150–160°)¹¹.

Условия образования ковеллина во многом, таким образом, аналогичны образованию халькозина¹².

Другим типом образования ковеллина является выделение его из сублимаций, в вулканах, например в Везувии, – очевидно, действием H₂S на полухлористые соединения меди¹³. Переходит в халькозин¹⁴; последний при разложении может давать иногда в качестве побочного продукта серу¹⁵.

258. Нахождение ковеллина в России. В России ковеллин наблюдался очень редко, должно быть вследствие общей малой изученности минерало-

¹ В музее Тейлера в Гаарлеме находится «прозрачный кварц, заключающий волосно-тонкие кристаллики сернистого цинка», из «Сибири» (*Winckler*, 1889, с. 85). Должно быть, это включения айкинита в кристаллах кварца, которые наблюдаются в Березовских рудниках. Айкинит долго назывался «серым никелем» и действительно, по-видимому, содержит никель.

² *Безбородько*, 1912, с. 795.

³ *Breithaupt*, 1866, с. 114.

⁴ *Domeyko*, 1879, с. 214.

⁵ *Raimondi*, 1878, с. 101.

⁶ *Stelzner u. Bergeat*, 1905, с. 547.

⁷ *Lasarević*, 1911, с. 323; 324.

⁸ *Kemp*, 1900, с. 202. *S. Emmons*, 1901, с. 187.

⁹ *Weed*, 1912, с. 72, 76.

¹⁰ *Lasarević*, 1912, с. 356.

¹¹ *A. Rogers*, 1911, с. 208.

¹² *Lasarević*, 1911, с. 324. *Foote*, 1910, с. 484. *A. Rogers*, 1911, с. 298.

¹³ Об этом – *Covelli*, 1839.

¹⁴ *Lasarević*, 1911, с. 324.

¹⁵ *Lasarević*, 1912, с. 360.

гии России. Он наблюдался как большая редкость в *Архангельской губ.*, в Воицком руднике¹, в *Области Войска Донского*, около дор. Нагольной, в *Келецкой губ.*, около Келец, с халькопиритом².

На *Урале* изредка в *Пермской губ.*, в *Богословском окр.*, в Турьинских рудниках³, в Михайло-Архангельском⁴. В *Нижне-Тагилском окр.* недалеко от Авроринской шахты встречаются на большом протяжении синие глины, богатые землистым синим колчеданом, по-видимому ковеллином. Это – вторичное образование⁵. В *Сысертском окр.*, в Полевской даче ковеллин встречен в Зюзельском месторождении пирита и халькопирита⁶.

В *Верх-Исетском окр.* налеты ковеллина с пиритом и халькопиритом в Калатинском руднике⁷, во Втором Благодатном руднике⁸. В Карпушинском месторождении довольно обычен ковеллин в поясе вторичного обогащения⁹. В *Верхотурском у.* в Спасоколчеданском руднике (в 25 км от Кушвы) – налеты.

259. На *Кавказе*, по-видимому, ковеллин очень нередок в небольшом количестве среди месторождений медных руд.

В *Батумской обл.*, в *Артвинском окр.*, в Бешаульской даче в Тамар Дедонали (Бешаули-Кварцханское месторождение) вторичный ковеллин наблюдается в трещинах и жилах¹⁰.

В *Елисаветпольской губ.*, в *Зангезурском у.*, ковеллин наблюдается как вторичная пленка, в Катар-Кавартском месторождении халькопирита¹¹.

В *Терской обл.*, в *Владикавказском окр.*, известен среди медных руд около Дейкау¹² (в Куртатинском ущелье)¹³, в Садонском руднике¹⁴.

В *Эриванской губ.*, *Александропольском у.*, наблюдался в пирите в Танзутском месторождении¹⁵.

260. В *Сибири*, в *Томской губ.* он указан в разных местах Алтая: в Зыряновском руднике¹⁶ и в Сугатовском руднике (Коллекция Московского университета). Он, несомненно, встречался одно время в толстых пластинках в Змеиногорском руднике¹⁷, а также в Лазурском¹⁸.

В *Урянхайском крае* ковеллин встречается в богатых медной зеленью известняках в верхнем течении Джедана (приток Кемчика) в 50–55 км от устья¹⁹.

¹ Тонкие пленки. Коллекция Академии наук. Указан уже Германом (*И. Герман*, 1807, с. 86).

² *Walchner*, 1829, с. 438.

³ *Лалетин*, 1849, с. 173. *Федоров* и *Никитин*, 1901 (1), его не встречали.

⁴ *Протасов*, 1842, с. 475.

⁵ *Гладкий*, 1888, с. 111–113.

⁶ Коллекция Академии наук. См. *Дюпарк* и *Сиг*, 1914.

⁷ По указанию П.К. Алексата, 1904 г.

⁸ *Зап. Минер. общ.*, 20, 1885, с. 186.

⁹ *В. Никитин*, 1907. *Богданович*, 1917 (1), с. 28.

¹⁰ *Г. Смирнов*, 1903, с. 211.

¹¹ *Эри*, 1910, с. 51.

¹² Доставлен *И.Н. Стрижовым* в 1898 г.

¹³ *И. Стрижов*, 1902 (4), с. 14. Ср. его же, 1902 (2), с. 108 и сл.

¹⁴ Доставлен В.Г. Орловским в 1898 г.

¹⁵ *Г. Смирнов*, 1905, с. 216.

¹⁶ Старинная коллекция Адамса начала XIX столетия; коллекция Московского университета.

¹⁷ *И. Герман*, 1802, с. 294.

¹⁸ *И. Герман*, 1807, с. 86.

¹⁹ *К. Иваницкий*, 1917, с. 168; 171.

На р. Юбур-Унгеш (впадает в оз. Убс с южного склона Таину-Ола) – кварцевые жилы халькопирита, богатые ковеллином.

В Семипалатинской обл., в Павлодарском у. около Дженгабула, в 85–90 км к западу от Экибастуза – небольшие гнезда в разрушенном порфирите, вблизи баритовых жил с медными соединениями. Были быстро выработаны¹.

261. Месторождения пирротина, никелистого пирротина и пентландита. Гораздо более важны месторождения последних трех минералов этого семейства – месторождения *пирротина, никелистого пирротина и пентландита*. В химии железа и особенно никеля в земной коре эти соединения занимают видное место. Они являются типичными представителями *глубинных* минералов и мало устойчивы на земной поверхности². Между пентландитом и пирротинном, по-видимому, нет никакой генетической разницы; они нередко встречаются вместе, и различие кристаллических классов вызывается химическим составом – большим или меньшим количеством никеля в магме или растворе³. При большем количестве никеля выпадает или прямо пентландит или никель сосредоточивается главным образом в пентландите, рассеянном в массе пирротина, иногда никелистого пирротина.

Месторождения этих минералов могут быть сведены к следующим типам: 1) выделения в массивных породах, 2) контактовые образования, 3) выпадения в жилах и 4) нахождение среди метаморфических пород. Эти последние случаи могут быть в огромном большинстве сведены к месторождениям 1-го типа – т.е. к измененным массивным породам.

В массивных породах пирротины и пентландит встречаются нередко в виде отдельных включений в базальтах⁴, иногда в диабазах, лабрадоритах, но в большом количестве они наблюдаются в *габбро* и *норитах*, близких к габбро породах и их метаморфических изменениях⁵. Характер образования пирротинов в этих массивных породах не вполне ясен. Очень многие обстоятельства указывают на выпадение его из горячих водных растворов в последних стадиях застывания магмы. Для некоторых месторождений это несомненно. Однако выделение его из расплавленной силикатовой массы наблюдалось непосредственно, и едва ли можно иначе объяснить его порфировидные включения в некоторых массивных породах⁶.

¹ Реутовский, 1905 (1), с. 105, по указанию П. Кудрявцева.

² Общий обзор этих месторождений см. Vogt, 1892 (1), с. 1–10; Stelzner u. Bergeat, 1904, с. 42 и сл. Может быть, месторождения пирротина, бедного или не содержащего никеля, – другого типа. Уже давно Берцелиус объяснял его присутствием (в смеси с FeS₂) самовозгорание угля. Это мнение Берцелиуса перешло как факт и в некоторые трактаты химии (ср., например, R. Metzner, Publ. par Moissan, 1905, с. 361). Оно пока чисто теоретическое. Ср., впрочем, § 265 (Сидоренко).

³ На это указывает и изучение сплошных руд этого типа. Пирротин, более богатый никелем, менее магнитен или даже не магнитен. При обработке никелевой руды из Сёдбери магнитом остающаяся менее магнитная часть оказывается обогащенной никелем (до 30–33% Ni вместо 3–4%, т.е. пентландитом. Dixon, 1902, с. 506; Stelzner u. Bergeat, 1904, с. 45.

⁴ Например, в Рейнских вулканах Пруссии – см. Heusler, 1897, с. 323; Zirkel, 1893, с. 429.

⁵ См. обзор: Stelzner u. Bergeat, 1904, с. 42 и сл.

⁶ Вейншенк (Weinschenk, 1907, с. 85) считает, что они попали в габбровые и тому подобные породы позже их застывания, под влиянием контакта с гранитами (аплитами). Источник никеля неясен. Ср. его же, 1906, с. 48.

Выделение его в габбро обыкновенно весьма характерно; он выпадает в значительных количествах в некоторых определенных участках, как будто бы в таких участках, которые претерпели разрушение, образуя как бы брекчию, в которую пирротин проникает позже и охватывает силикаты породы¹. Таково, например, месторождение в Миттель-Золанд в Верхней Луужиции, где в жильной габброидной породе (биотитовый протеробазит) выделились сперва магнетит и ильменит, позже пирротин и халькопирит. По-видимому, пирротин и халькопирит выделялись здесь из горячих водных растворов, позже выпадения силикатов². Наиболее важные месторождения этого типа сосредоточены в сильно измененных докембрийских габбровых породах в области *метаморфических пород*, среди гнейсов и кристаллических сланцев. Породы этого типа сильно изменены и далеко не всегда могут быть отнесены к габбро или норитам, а чаще представляют диориты, роговообманковые сланцы, диоритовые сланцы и т.п., образование которых из пород габбро-норитовой группы далеко не может считаться доказанным, так как помимо габбро магнетитный колчедан наблюдался в значительных скоплениях в диабазах, например, в Чехии около Швейдриха³, в Слётберге в Швеции⁴.

262. Эти габбровые и роговообманковые породы образуют линзы в окружающих их со всех сторон гнейсах или кристаллических сланцах, и руды встречаются обыкновенно на границе с гнейсами или сланцами⁵. Вместе с пирротинном и пентландитом встречаются обычно иприт и халькопирит, довольно часто – титанистый железняк. Месторождения этого типа довольно обычны, например – целый пояс небольших месторождений в Верхней Италии⁶, в Южном Шварцвальде, но самые значительные и важные скопления наблюдаются на Скандинавском полуострове и в Канаде. Наибольшего развития они достигли в Норвегии⁷, где связь их с габбровыми породами указана Даллем. Здесь известно до 40 месторождений габбро, заключающих пирротины и пентландиты; самое большое габбровое поле – Эртели – до 210 000 м²? Поля эти вытянуты от 58°30' с.ш. (около Арендаля) до 69°20' с.ш. (Senjen в окр. Тромсо). Габбровые породы представлены большей частью оливинными гиперстенитами или норитами, которые частью перешли в габбро-диориты и даже в амфиболиты и залегают в гнейсах. Колчеданы рассеяны в небольшом количестве в массе породы, но главным образом скопляются на перифериях массивов, на контакте со сланцами и поблизости (до 50 м от габбро) и в самих сланцах. Эти пояса, богатые металлом, обладают мощностью от 1 до 15 м. В сланцах вблизи выходов наблюдаются фальбанды, богатые пирротинном.

¹ Это наблюдается, например, в мало измененных габбро каменноугольного возраста в Гарцбурге на Гарце – см. Stelzner u. Bergeat, 1904, с. 42. В связи с этим Бекк (см. Beck, 1901, с. 40, 43) не считает эти магматические месторождения за выделения Fe, Ni из магмы, но за водные выделения во время регионального метаморфизма.

² См. Beck, 1903, с. 296 и сл. Ср. замечания Дизельдорфа (Dieseldorff, 1903, с. 43).

³ Foullon, 1893, с. 223.

⁴ Теперь одна из самых богатых никелем руд. Löfstrand, 1903, с. 103.

⁵ По мнению Вейншенка, руды всегда встречаются в области, пограничной между гранитом и основными или средними породами (см. Weinschenk, 1907, с. 75 и сл.).

⁶ Lotti, 1903 (1), с. 34. Stelzner u. Bergeat, 1904, с. 47.

⁷ Vogt, 1892 (2), с. 1–10; 1893, с. 125, 131, 357. Stelzner u. Bergeat, 1905, с. 49 и сл.

Еще более значительны скопления пирротинов и пентландитов в Канаде в Садбери, в Онтарио¹, которые являются и ныне наиболее важными рудами на никель в мире. Здесь богатый никелем пирротин выделился в габбро-гранодиоритовом лакколите (мощностью до 1,6 км, свыше 1000 км² сечения), па его периферии, около контакта с древними гранитами. Сам лакколит лежит среди докембрийских пород. К центру лакколит становится более кислым и количество никелевых руд уменьшается. Это уменьшение рудоносности от периферии к центру идет совершенно правильно. Руда иногда имеет характер как бы импрегнации (может быть, проникла позже в породу в расплавленном виде); контакты лакколита с гранитами совпадают с тектоническими линиями местности; здесь, вероятно, шла большая метаморфизация и дислокация пород. Кроме пирротина, здесь наблюдаются в меньшем количестве пентландит, халькопирит, пирит. Богатая руда содержит 6% Cu + Ni. Отсюда добыто в одном 1911 г. 5,5 млн т руды, а в 1912 г. – 22 421 т никеля. В тесной связи с такими выделениями находится выпадение магнитного колчедана и *троилита* в базальтовых породах в тесной связи с выпадением *самородного железа* (см.). Здесь FeS выпадает нередко в самом железе (например, в Санта-Катарина –т. I, § 46)², частью образует в нем оригинальные сростания с шрейберситом³.

263. Едва ли возможно, однако, относить все находения пирротина в *метаморфических* породах под только что описанный тип магматических выделений⁴. Так, он обычно встречается в колчеданистых месторождениях, связанных со сланцами, например – в Зильберберге около Боденмайса в Баварии, в Шнееберге в Тироле, в фальбандах Конгсберга⁵, Шладминга в Штирии⁶ и т.д. Генезис этих месторождений для нас неясен, но их нельзя считать за магматические выделения⁷.

В тесной связи с такими месторождениями находятся его выделения в кристаллических известняках, в мраморах. Он является здесь продуктом так называемого «регионального метаморфизма», или *контактным минералом*. Можно различить два типа⁸: 1) образование в связи с приносом железа и серы магмой или сопровождающими ее растворами; таковы его находения в кристаллических известняках Шотландии⁹, около Ауэрбаха в Гессепе¹⁰ и т.д.; 2) в других случаях он выделяется при распадении пирита; таковы, например, пирротины на контакте кульмовых сланцев и гранита в Геннберге около Вейтисберга. Опыты нагревания пирита в порошке сланца в присутствии серы легко производят такое превращение¹¹. Аналогично он образовался

¹ R. Bell, 1893, с. 51 и сл. T. Walker, 1897, с. 40 и сл. Barlow, 1905. Coleman, 1905. Dickson, 1904, с. 27 и сл. T. Walker, 1905. Coleman, 1913 (1); 1913 (2), с. 1 и сл. Howe, 1914, с. 505 и сл.

² [§ 79 в первом издании].

³ Daubrée, 1877, с. 483 и сл.

⁴ Пентландит в месторождениях этих типов не указан.

⁵ Münster, 1894, с. 35.

⁶ Fuchs et De Launay, 1893, с. 73.

⁷ Такие пирротины большей частью свободны от никеля. См. Thiele, 1891, с. 5.

⁸ V.M. Goldschmidt, 1911, с. 258 и сл.

⁹ Heddle, 1901, с. 28–29.

¹⁰ Greim, 1895, с. 5.

¹¹ Mügge, 1901, с. 368. Ср. Beck u. Luzi, 1891, с. 33.

из пирита на контакте квасцовых сланцев Норвегии с гранитом. Пирротин выделяется здесь тонкими прослойками параллельно слоистости¹.

Аналогичны, должно быть, те случаи, когда пирротин образуется в лавах. Здесь он выделяется вокруг посторонних включений, очевидно путем реакций, вполне аналогичных контактовому метаморфизму, например – в туфах Таволато в Лации², в блоках Монте-Соммы в Везувии и т.д.

Наконец, последним способом выделения этих тел являются *жильные* месторождения. Пирротин представляется одним из наиболее обычных и частых жильных минералов; он выпадает обыкновенно в числе самых первых жильных образований и затем более или менее быстро превращается в марказит и пирит. Поэтому в очень многих жильных местностях мы совсем не находим пирротина, а наблюдаем лишь следы его пребывания, в форме псевдоморфоз марказита и пирита по пирротину, например в Фрейберге³, в Лобене, в Хорутании⁴, в Понпеон во Франции⁵, в Меднорудянском руднике в Нижне-Тагильском окр. на Урале⁶ и т.д. В этих жильных местностях он встречается и в сплошных массах, нередко в довольно значительных количествах; например, в золотоносных кварцево-карбонатных жилах Моро-Вельо в Бразилии он составляет 28,5% массы жилы и является господствующей рудой⁷. Очень вероятно, что некоторые метаморфические месторождения в действительности являются метаморфизованными жильными месторождениями, например Дектоун в Теннесси⁸.

264. В жильных месторождениях пирротин подвергается перемещению и перекристаллизации, вероятно, из горячих водных растворов, и таковым же перемещением выделяются корки его кристаллов в некоторых месторождениях сидерита (например в Лобене). Из таких месторождений известны его лучшие кристаллы, например около Шнееберга в Тпроле (с брейнеритом, сфалеритом, кварцем, магнетитом), Моро-Вельо в Минас-Жераис (с кварцем, халькопиритом, сидеритом, кальцитом, альбитом, апатитом, шеелитом) и т.д. Перекристаллизация его происходит тогда и в других местах, например – из базальтов Циклоповых островов (в пустотах с цеолитами?), в кристаллических известняках и пр.

Совершенно в стороне стоят указания на образование *односернистого железа* в осадочных породах. Таково, например, FeS (без анализа), указываемое в третичных (миоценовых) глинах в участке Мельниковых, Новоузенского у. Самарской губ.⁹ Оно найдено в пробах газовой скважины и, вероятно, произошло из гидротроилита. По мнению Досса, оно выделилось при разложении растворов H₂S, образовавшихся в процессе гниения органических остатков. Этот β-пирротин требует исследования. По-видимому, тот же FeS

¹ Vogt, 1884, с. 12–13. Brogger, 1882.

² Strüver, 1877, с. 225.

³ H. Müller, 1901, с. 244.

⁴ Rumpff, 1870, с. 2. Хорутания – юго-восточная Каринтия.

⁵ Lacroix, 1897 (2), с. 564.

⁶ Еремеев, 1894, с. 398.

⁷ Stelzner u. Bergeat, 1905, с. 602.

⁸ Kemp, 1900, с. 192 и сл.

⁹ Досс, 1908 (1), с. 213. Черные глины (каспийские), легко выделяющие H₂S при действии HCl, найдены и в других местах Новоузенского у. См. Тихонович, 1908.

(гидрат-гидротроилит?) выпадает при жизнедеятельности организмов, например в студне и в стенках *Closterium*¹.

Пирротины и пентландиты легко изменяются, переходя в марказит и пирит и выделяя часть железа в форме железного купороса, который уносится водами²; в конце концов они превращаются в лимонит.

Несколько в стороне стоит изменение богатого никелем пирротина. Ni отделяется и дает иногда *миллерит* (§ 256). В некоторых местах Гренландии пирротин покрыт коркой карбоната Ni – заратита³.

265. Пирротин в России. В России пентландит и никелистый пирротин не отмечены, тогда как пирротин указан в нескольких местностях, хотя, несомненно, далеко не в соответствии с его действительным распространением.

В *Архангельской губ.* он очень обычен в жилах галенита (см.) и цинковой обманки в *Кольском у.* на западном Мурмане, например около Базарной губы⁴. В *Кемском у.* включения пирротина вместе с халькопиритом и т.д. наблюдаются в метаморфических гнейсовых породах, богатых цоизитом (мыс Карташ)⁵, в гранитовых криптопертитовых гнейсах (за мысом Шамбач) и т.д.

В *Волынской губ.* пирротин наблюдался в лабрадоритах, например, около Слипчиц (коллекция Московского университета).

В *Области Войска Донского* в антрацитах Грушевки присутствует очень редко, образуясь из пирита⁶.

В *Киевской губ.*, в знаменитых ломках лабрадора около Каменного Брода⁷ и около Городища, Черкасского у., в оливинном габбро-норите⁸.

В *Олонецкой губ.*, в *Повенецком у.* значительные скопления пирротина встречались в старинном медном руднике около Воронова Бора вблизи Пергубы⁹.

В *Таврической губ.* пирротин наблюдался в диоритах Аюдага¹⁰.

В *Херсонской губ.* он известен в дер. Высянки, около Ново-Миргорода (коллекция Московского университета).

266. На Урале пирротин известен в очень многих месторождениях. Так, в *Пермской губ.*, в *Богословском горн. окр.*¹¹, он встречается частью вкрапленным в диоритовом порфире на Лобве, около Лобвинского¹², иногда в диабазовом порфирите около Богословских рудников и в самих рудниках, например – в Богословском, в Башмаковском, где он в нижних слоях образует большие

¹ Klebs, 1886–1888, с. 333

² О легком образовании железного купороса см. Beck, 1903.

³ Vöggild, 1905, с. 176.

⁴ Подгаецкий, 1891, с. 93, 96.

⁵ Федоров, 1904, с. 119, 374.

⁶ Сидоренко, 1903, с. 25. Я. Самойлов, 1904.

⁷ Барбот де Марш, 1872, с. 53.

⁸ Лучицкий, 1912, с. 157.

⁹ Борисов, 1910, с. 65.

¹⁰ С. Попов, 1898, протоколы. Иногда кристаллы – (1010) · (0001), слабо магнитные, Ni нет; его же, 1908, с. 538–539.

¹¹ Магнитный колчедан отсюда не заключает ни Ni, ни Co – Федоров и Никитин, 1901 (1).

¹² Rose, 1837.

скопления¹. В *Гороблагодатском окр.* около горы Благодати² – с железной охрой и кварцем. В *Нижне-Тагильском окр.* в Меднорудянском руднике – в псевдоморфозах по куприту³. В *Верх-Исетском окр.* в *Обще-Верх-Нейвинской даче* в тесной смеси с пиритом в Рогатииской Яме⁴. В *Екатеринбургском окр.* около Березовска (коллекция Московского университета)⁵. В *Уфимской губ.* – в амфиболитах Уреньги (плохие кристаллы)⁶.

267. Очень многочисленны его месторождения на *Кавказе*, преимущественно в различных жильных местностях.

В *Елисаветпольской губ.* он известен в Кедабекском руднике⁷.

В *Терской обл.*, во *Владикавказском окр.* он довольно обычен в жильном поле галенита (см. § 187) около Садона; там он наблюдался в Куртатинском ущелье (урочище Назиком – главная рудная масса), около с. Харискина и др.⁸; в Садонском руднике иногда дендриты в кальците и кварце⁹; в Ардонском ущелье в диоритах Горной Осетии¹⁰, в жильных медных рудах около Цеси¹¹, Згида, Дей-Кау, В. Унала, Мизур¹² и др.; в Сангутидонском ущелье¹³ и его отрогах около Фаснала, Дунты, на горах Смени-Хох, Раду-Хох, Хоранта-Хох и др.; в Урухском ущелье около с. Гулар, в ущелье Танафи¹⁴ около Константы и т.д. Пирротин встречается здесь в плотном виде, в тесной смеси с другими сернистыми соединениями; слабо магнитен (смешан с пентландитом (?)). Пирротин наблюдался в урочище Бэрт-хэда, в ущелье р. Пач¹⁵.

Несколько в стороне стоят выделения пирротина с пиритом около горы Кум *Пятигорского отдела*, имеющие ясный контактовый генезис¹⁶.

В *Тифлисской губ.*, в Борчалинском у., около Алавердского завода пирротин наблюдался в дайках траппа, близких к оливиновому габбро¹⁷.

В *Эриванской губ.* в *Новобаязетском у.*¹⁸ около Мисханского (Дарчичанского) завода¹⁹. В *Нахичеванском у.* около с. Ордубада²⁰.

267-а. В *Сибири* пирротин указан в очень немногих местностях, может быть вследствие малой изученности этого края. Нельзя, впрочем, не отме-

¹ Федоров и Никитин, 1901 (1), с. 30–31. Гривнак, 1887, с. 15.

² Д. Соколов, 1832, с. 871. Нефедьев, 1871, с. 77. Малахов, 1879, с. 3.

³ Еремеев, 1894, с. 398.

⁴ В. Никитин, 1907, с. 168.

⁵ Щуровский, 1858. Превосходный образец с гематитом.

⁶ Rose, 1837.

⁷ Эрн, 1900, с. 13.

⁸ И. Стрижов, 1902 (2), с. 108 и сл.; 1902 (3), с. 12 и сл.

⁹ Коллекция Московского университета; доставлен в 1899 г. А.О. Шкляревским. Ср. Семяников, 1888, с. 65.

¹⁰ Белянкин, 1914, с. 91.

¹¹ И. Стрижов, 1898, кн. 2 и 3, протоколы.

¹² И. Стрижов, 1902 (1), с. 158 и сл.

¹³ И. Стрижов, 1899 (2), с. 119.

¹⁴ Левинсон-Лессинг, 1904, с. 16.

¹⁵ Коллекция Московского университета.

¹⁶ Коллекция Московского университета. Доставлен В.В. Аршиновым.

¹⁷ Танатар, 1911, с. 26.

¹⁸ Н. Лебедев, 1901, с. 91.

¹⁹ Воскобойников, 1830, с. 325.

²⁰ Н. Лебедев, 1901, с. 178.

тить, что он не указан в рудниках Алтая и Забайкалья, многократно подвергавшихся минералогическому исследованию.

В *Енисейской губ.*, в *Минусинском окр.* в массивной жильной породе с гранитом, в руднике «Юлия», в 40 км от оз. Широ¹; в *Канском у.* иногда в кристаллах (из чиполинов?) в шлихе золотоносных россыпей по р. Янге в Саянских горах близ верховьев р. Кань². В *Ачинском у.* в Богомдаро, ванном руднике гнездами и вкраплениями в кварцевой жиле и в окружающей породе. По К.А. Ненадкевичу, эти колчеданы содержат Au, Ag, Cu, Ni, Co, As, Sb³.

В некоторых забоях пирротин вместе с другими колчеданами (пирит, реже халькопирит) встречается в известняках и на контакте известняков с кварцевой золотоносной жилой⁴.

В *Забайкальской обл.* пирротин известен на р. Слюдянке с лазуридом (коллекция Московского университета). В *Баргузинском у.* пирротин в брекчии около Акимовского прииска на р. Сиво⁵.

В *Приморской обл.*, на *Чукотском полуострове* пирротин встречается на мысе Сердце-Камень, в граните по р. Малой Мареканке в 10 км от Охотска⁶ (коллекция Академии наук).

В *Томской губ.*, в *Мариинском у.* плотный пирротин встречен по р. Кундат⁷.

268. В *Степной России*, в *Тургайской обл.*, в бассейне Кара-Тургая пирротин указан на горе Мыс-Тау – с асбестом и серпентином⁸.

В *Туркестане*, в *Самаркандской обл.* пирротин в незначительном количестве в виде мелких блесков встречается в элеолитовых сиенитах по р. Тагобы-Собак в бассейне верхнего Зеравшана⁹.

В *Ферганской обл.*, в *Андижанском у.* указан пирротин, содержащий 0,11–0,32% Cu в местности Ак-Таш, около Шам-Шама¹⁰.

269. В *Финляндии* пирротин указан в *Абобьернборгской губ.* около Або на о-ве Лауринкари, в *окр. Паргас* на о-ве Оле в ломках Скреббеле и Эреби¹¹; в *окр. Тавасткиро* в руднике Гавери¹²; в *окр. Кимито*, каменоломня Брант¹³.

В *Выборгской губ.* на контакте в мраморе и жильной изверженной породе в Русколе (там же на Зеленой горе)¹⁴, в Люпкко с флюоритом и халькопиритом, иногда с цинковой обманкой. Кристаллы редки в серпентине или хлорите; около Мурзолы (Леддежи) с галенитом¹⁵, около Хацка-Сельги с пиритом¹⁶.

¹ По указанию П.К. Алексата, 1905.

² Павлинов, 1835, с. 79–81.

³ Эдельштейн, 1909, с. 84.

⁴ Гудков, 1910, с. 14.

⁵ Лопатин (обработ. Б. Поленовым), 1895, с. 111.

⁶ Ерман, 1848, с. 78.

⁷ Коллекция Академии наук.

⁸ Р. Герман, 1829, с. 342.

⁹ И. Мушкетов, 1894, с. 346. И. Преображенский, 1911, с. 315.

¹⁰ Вебер, 1913, с. 94, по указанию И. Антоновича.

¹¹ Holmberg, 1857 (1), с. 23–25, 9 и др.

¹² A. Nordenskiöld, 1863, с. 16.

¹³ Wiik, 1887, с. 10. Ср. Holmberg, 1857 (1), с. 27.

¹⁴ Соболевский, 1839, с. 9. Куторга, 1850–1851, с. 250.

¹⁵ Фурман, 1812, с. 49; 1828, с. 11.

¹⁶ Фурман, 1812, с. 64; 1828, с. 21.

Валуны около Пеннусниemi, должно быть с островов Ладожского озера¹, в окр. *Пелькиярви*, около дер. Анониemi¹. Встречается около Сердоболя². На о-ве Пузун с пироксеном в гнейсе³.

В *Куопиоской губ.*, около болота Юсун-Суо (Юсен-Суо), в окр. *Эно* – с халькопиритом⁴, в окр. *Тохмаярви* – с пиритом, в Хухталампи и т.д.⁵ и в окр. *Иломантс* в Герайоки⁶. ПоКуусярви – с халькопиритом.

В *Нюландской губ.*, в окр. *Киркслетт* в руднике Гонксби и Корпкулла, в окр. *Киско* в Орисрви нередко в крупнокристаллических скоплениях⁷, в руднике Иилпярви; в окр. *Лойо* в руднике Паавола; находится во многих местах около Гельсингфорса – в Агсльби, Баггбёле и т.д.⁸; в гнейсах на *Glasmoslänholmen* около Рёнскер⁹.

В *Тавастгусской губ.* в окр. *Таммела* близ дер. Торро.

270. История минералов этой группы. Труд человека. Из относящихся сюда минералов некоторые, как алабандин, миллерит, ковеллин, вюрцит, только случайно, вместе с другими соответствующими рудами, служили предметом добычи и разработки. Очень редко, в немногих исключительных случаях они образовывали в той или иной местности главную руду. В таком случае это месторождение быстро вырабатывалось, и минералы опять переставали играть роль руды. Так, алабандин разрабатывался на марганец в Перу (Сан-Антонио), ковеллин на медь в Бьютте (§ 257).

Только цинковая обманка во всех своих разновидностях, пирротин и пентландит являются довольно важными рудами – первые на Zn, вторые главным образом на никель. Из цинковой обманки добываются также кадмий, кадмиевые и индиевые соли.

Техническое значение цинковой обманки относится к новому времени¹⁰. Сплавы цинка с медью – так называемая латунь – были известны в глубокой древности, а начиная с XV столетия они приобрели широкое и важное значение в технике Западной Европы; однако для их изготовления употреблялся галмей и, может быть, лишь изредка, случайно попадавшая цинковая обманка могла давать начало цинку латуни.

Агрикола – крупный авторитет в металлургии и минералогии XVI столетия – знает цинковую обманку, но называет ее *galena inanis, fausse galene*¹¹, и в самом имени «обманка» сохранились искания древних рудокопов, которые подозревали по внешнему виду нахождение в ней металла, но все попытки его получения обычными приемами были тщетны. Лишь в 1735 г. Брандт доказал, что цинковая обманка есть руда цинка, а сам цинк был издавна получаем в Европе во время химических манипуляций и, кажется, впервые описан

¹ *Holmber*, 1857 (1), с. 10; 26.

² *Куторга*, 1850–1851, с. 329.

³ *Гадолин*, 1857–1858, с. 75.

⁴ *Фурман*, 1812, с. 83; 1828, с. 34.

⁵ *Wiik*, 1887, с. 10. Ср. *Holmberg*, 1857 (1), с. 27.

⁶ *Holmberg*, 1857 (2), с. 23–25, 9 и др.

⁷ *Куторга*, 1850–1851, с. 329. *Holmberg*, 1857 (2).

⁸ *Albrecht*, 1843, с. 222, 343.

⁹ *N. Nordenskiöld*, 1863, с. 12.

¹⁰ См. *Neumann*, 1904, с. 284 и сл.

¹¹ *Agricola*, 1546, с. 467; 1657, с. 705.

Парацельсом в самом начале XVI столетия¹. Цинк на Востоке был известен, однако, давно, и уже Казвини (630 г.) описывает изготовление цинка в Китае², а с начала XVII столетия его начали привозить из Ост-Индии в Европу. Из каких руд его готовили на Востоке, неясно, но, по-видимому, на изготовление цинка шла и цинковая обманка. Этот цинк до 1820-х годов не шел на изготовление латуни, которая по старине все время готовилась из галмея. Из галмея же с 1730-х годов началась добыча цинка и в Европе, и только в 1758 г. Д. Чемпион в Англии нашел способ получения цинка из цинковой обманки, а в 1766 г. в Бристоле Уотсон применил этот процесс для получения металла. Но лишь в 1830–1840-х годах окончательно была выработана техника добычи цинка из цинковой обманки. С тех пор добыча цинковой обманки получала все большее и большее значение, и долгое время выбрасываемый минерал получил огромное техническое значение. В настоящее время это главная руда на цинк, потребление и значение которого в культурной жизни человечества неизменно возрастает. Еще в начале XIX века³ добывалось ежегодно около 280 т цинка, но затем начался быстрый рост его добычи:

Годы	Тонны	Годы	Тонны
1821–1825	ежегодно около 6 666	1890	ежегодно около 347 433
1851–1855	» » 59 505	1895	» » 404 050
1871–1875	» » 150 031	1900	» » 471 735

В настоящее время значительно более $\frac{1}{2}$, около $\frac{2}{3}$ всего цинка добывается из цинковой обманки, так что к 1900 г. добывалось ежегодно не менее 600 000–700 000 т цинковой обманки для получения цинка, и это количество постоянно увеличивалось; на первом месте стояла в добыче цинковой обманки Германия (Гарц, Саксония), затем Италия, Испания, Соединенные Штаты Северной Америки.

271. Еще более новой отраслью промышленности, чем добыча цинковой обманки, является *разработка пирротинов и пентландита*. Пирротины в небольшом количестве разрабатывались в разных местностях земной коры, например в Баварии или Норвегии, издавна для приготовления серной кислоты или железного купороса; но эта добыча никогда не шла в большом масштабе и в общем не выходила за пределы мелкой промышленности, обычной для колчеданов. В 1838 г. Берцелиус впервые открыл присутствие никеля в пирротинах из Клефва в Смоланде в Швеции, которые начали разрабатываться для никеля сейчас же, но лишь к 1858 г. были выработаны удобные технические способы добычи⁴. Около 1850 г. началась разработка пирротинов в Норвегии (Эспедален), но со второй половины 1870-х годов она постепенно сошла на нет. Открытие силикатовых руд на никель в Новой Каледонии и связанное с этим понижение цены на никель нанесли удар добыче никеля в Европе. Вместе с тем, однако, увеличились приложения никеля в промышлен-

¹ Описание так называемого Василия Валентина несомненно позднее, так как мифический Василий Валентин появился в начале XVII столетия.

² Schweigger, 1821, с. 357.

³ Neumann, 1904, с. 316.

⁴ Neumann, 1904, с. 329.

ности. Значительные его количества стали идти в некоторые сплавы, затем для никелирования. Особенно с начала 1890-х годов, благодаря понижению цен на никель, начало увеличиваться его применение для изготовления *стали* (1–5% Ni) для брони, пушек и т.п. и, наконец, в 1903 г. стали делаться попытки приготовления из него рельсов и железнодорожной стали, открывающие никелю новое и широкое применение¹. В связи с этим вновь на первое место выступила добыча пирротина, как никелевой руды. В 1883 г. были открыты мощные залежи никелистых пирротинов и пентландитов в Онтарио (§ 262), и благодаря одновременному нахождению в них меди (в среднем около 3 % Ni и 3% Cu) их добыча получила мощное развитие, особенно с 1889 г., и уже в 1891 г. из 5000 т никеля добычи всего мира около 2000 т добывалось из пирротинов Сёдбери в Онтарио; для этого добывалось около 67 000 т пирротина. С тех пор добыча эта усилилась и в 1901 г. из 10 401 т никеля 4032 т добыто из пирротинов, т.е. переработано около 297 000 т пирротина в один год. Количество это все возрастает, причем добываются все более и более бедные никелем руды (в 1897 г.– 2,08%, 1901 г.– 1,64%)². Считая, что с 1888 по 1901 г. из канадских пирротинов добыто 26 282 т никеля и полагая его в среднем в 2%, получим, что для этой добычи выработано более 1 млн т руды, в действительности же должно быть больше.

272. Гораздо меньшее значение имеют побочные металлы, для которых являются рудами некоторые цинковые обманки.

Такую роль играют они для *кадмия* и *индия*. Для кадмия цинковая обманка является подсобной рудой, так как главная масса кадмия добывается из силезского галмея³, попутно при добыче цинка. Но одно время добывали кадмий из цинковой обманки в Бельгии (Engio) и в Рейнской Пруссии. Добыча кадмия началась в 1830-х годах, но была сперва ничтожна; с 1852 по 1900 г. добыто всего около 155 т металла, в 1902 г.– 12,8 т. Кадмий употребляется для легкоплавких сплавов – в виде амальгамы, CdS – в виде краски.

Открытый в 1863 г. индий добывается в виде различных солей из цинковых обманок и главным образом продуктов возгонок при добыче Zn из цинковых обманок. Добыча ничтожная.

Сернистые кальций, барий, стронций

Ольдгамит. Сернистый барий, сернистый стронций

273. Сернистый кальций в обычных земных природных условиях чрезвычайно неустойчив. Он быстро окисляется и переходит прямо на воздухе в сернокислые соли кальция. Поэтому трудно констатировать точно химическую формулу этого соединения, и очень может быть – мы имеем здесь дело не с CaS, а с кислой солью, например Ca₂H₂S или Ca(HS)₂, но в метеоритах констатировано нахождение CaS – *ольдгамита* – правильной системы.

В земных условиях на нахождение CaS указывает весьма часто наблюдаемое выделение H₂S при соприкосновении многих известняков и кальцитов с воздухом, заключающим пары воды. Особенно резко это выделение про-

¹ Classer, 1903, с. 508.

² Цифры у Glasser, 1903, с. 510, 532.

³ Neumann, 1904, с. 322 и сл.; 324.

исходит при ударе, трении и т.п.; таковы, например, мраморы из Синтры в Эстремадуре в Испании¹. Такой CaS обычно происходит при восстановлении $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ или CaSO_4 в присутствии органических веществ.

Этот процесс идет в значительных размерах в природе, однако CaS не остается, а в присутствии H_2O и CO_2 образуется $\text{CaCO}_2 \cdot \text{H}_2\text{S}$ (и в конце концов – S и H_2O). Иногда, выщелачивая такие разлагающиеся гипсы, удается доказать присутствие в воде CaS, например CaS примешан к желвакам серы, образовавшимся из гипса в делювиальных отложениях около Мертвого моря². В небольшом количестве такой происшедший из сульфатов CaS наблюдается в подпочве и образуется при сгорании торфа³ (ср. цинковая обманка – § 245).

274. При совершенно аналогичных условиях наблюдаются в природе *сернистый барий* и *сернистый стронций*.

В небольшом, ничтожном количестве они образуются всюду, где изменяются сульфаты этих двух элементов. А так как это наиболее обычные их соединения и они постоянно соприкасаются с органическими веществами – этими могучими восстановителями в поверхностной пленке Земли, то эти тела постоянно присутствуют на Земле. Они также быстро исчезают в соприкосновении с H_2O и CO_2 , давая H_2S и SrCO_3 или BaCO_3 .

Количество их кое-где значительно. В верхних частях целестиновых пород, заключающихся в силурийских слоях Нью-Йорка и Мичигана, целестин в значительной степени перешел в *сернистый стронций*, который медленно разлагается в H_2S и S^4 . Так как породы эти при действии HCl выделяют H_2S (вследствие разложения SrS), то можно определить его количество: они выделяют 0,02% H_2S , т.е. содержат 0,07% SrS.

В России сернистый стронций наблюдался в Хотинском у. Бессарабской губ.

Сернистые щелочи: Na_2S , K_2S , Am_2S

275. Нахождение сернистых щелочей в воздухе и в источниках. Существование этих тел в чистом виде констатировано с несомненностью только для *сернистого аммония*, наблюдаемого в воздухе⁵, иногда выпадающего в граде⁶. Однако присутствие сернистых щелочей – K, Na и, должно быть, Li является доказанным, только они находятся в *источниках* при довольно исключительных условиях и не могут сохраняться в свободном состоянии. Они быстро окисляются.

Нахождение их в источниках тесно связано с действием H_2S на карбонаты и, может быть, на силикаты⁷.

Тела эти легко переходят в сульфаты.

¹ Laar, 1882, с. 90.

² Blanckenhorn, 1896, с. 47.

³ Sprengel, 1828, с. 319.

⁴ Kiaus u. Hunt, 1906, с. 4–5.

⁵ Chevalier. Journ. Pharm., 20, с. 655.

⁶ Peltier, 1846, с. 1376.

⁷ См. описание и соображения Polacci, 1875, с. 796.

ДВОЙНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ СУЛЬФО- И СЕЛЕНОСНОВАНИЙ

Соединения серебра, меди и ртути

Агвиларит. Онофрит

276. Небольшая группа двойных соединений, сернистых и селенистых, является редкой формой для минералов, очевидно образовавшихся при совершенно особенных, исключительных условиях. При обычных условиях, как мы видели, селен совершенно не входит в состав сернистых оснований и соответственно сера совершенно не попадает при анализе селенистых тел, но в двух-трех местах земной поверхности, в жильных месторождениях существовали особые условия, способствовавшие выпадению таких веществ. С некоторой точностью констатировано двойное соединение $\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{Ag}_2\text{Se}$, *агвиларит*, правильной системы [главным образом скелеты, наблюдался только (110)]¹ и $\text{HgSe} \cdot 4\text{HgS}^2$, *онофрит*, кристаллическая форма которого неизвестна и который встречается обычно в сплошных массах.

Агвиларит наблюдался только в одном руднике около Гуанахуато в Мексике, с кварцем и кальцитом. Он очень быстро разлагается и переходит в серебро и *стефанит*, богатый сульфомедными солями. Наиболее характерно исчезновение селена, который переходит в ближе нам не известную форму соединений.

Онофрит наблюдался в нескольких местностях, частью вместе с киноварью и метациннабаритом, частью отдельно; обычно встречается в жилах, например – в С. Онофре в Мексике или около Мэрисвейла в Юта, где жила онофрита проходит в палеозойских известняках³.

В России эти минералы не наблюдались.

277. Диагноз. *Агвиларит*. Сильный металлический блеск. Черта черная. Режется ножом. Ковок. Спайности нет. Твердость 2–3. Уд. вес 7,6. В открытой трубке при нагревании оставляет металлическое серебро, слабый сублимат селена и белые шелковые иглы SeO_2 и SO_3 .

Онофрит. Серо-черного цвета. Металлический блеск. Твердость 2–3. Уд. вес 7,6–8,1. Перед паяльной трубкой почти весь летуч; реакции на Hg, S и серовато-черный сублимат. В открытой трубке пары SO_2 , сублимат Hg и серноселенистых соединений. На угле синее и дает сильный запах Se, покрывая уголь металлическим сублиматом. С бурой – реакция на Mn.

СЕЛЕНОСНОВАНИЯ

Селенистые соединения свинца и серебра

Клаусталит. Науманнит

278. Селенистые соединения свинца обычно соединяют с галенитом и считают с ним изоморфными. Однако такое соединение не оправдывается условиями парагенезиса этих тел и сомнительно с химической точки зрения,

¹ *Genth*, 1891, с. 401; 1892 с. 381.

² Числа анализа гораздо более сомнительны, чем для агвиларита. Обычно его пишут $\text{Hg}(\text{S}, \text{Se})$.

³ *Brush*, 1881, с. 312. *Penfield*, 1885, с. 453.

так как смеси Pb(S, Se) почти неизвестны¹; в свинцовых блесках Se очень редок, а в селенистых свинцовых минералах не встречается сера.

В природе селенистые и сернистые свинцовые соединения обычно встречаются раздельно², и даже в тех жильных месторождениях, где находятся галенит и селенистые минералы, они не встречаются вместе. Так, уже Цинкен³ указал, что на Гарце галенит никогда не встречается в одной жиле с клаусталитом.

Это различие резко выступает и с химической точки зрения, так как в состав природного PbSe входят в общем другие элементы, чем в состав PbS. Для PbS мы имеем как примеси Sb, Fe, Bi, Cu, Zn, Ag, между тем для PbSe характерны Co, Hg, Cu, Ag, значительно реже Fe и еще реже S.

На этом основании гораздо рациональнее не соединять PbSe с PbS в одну группу, так как такое соединение дает неправильное понятие об условиях его нахождения в природе.

279. [Из пяти относившихся сюда минералов – *клаусталита*, *цоргита*, *науманнита*, *тилькеродита* и *лербахита* – в настоящее время минеральные виды представляют: клаусталит PbSe и науманнит Ag₂Se; остальные являются смесями: цоргит – смесь клаусталита, умангита и тиманнита, тилькеродит – клаусталита с кобальтином и гематитом, лербахит – клаусталита с тиманнитом.] Они встречаются в природе главным образом в виде плотных зернистых масс.

Клаусталит кристаллизуется в правильной системе, формы – исключительно (100); обычны в тонкозернистых массах. Спайность не очень совершенная по (100). Спектроскопически определено содержание Ag⁴.

Наблюдался в жилах и трещинах диабазов (с кальцитом, бурым шпатом, селенистыми металлами) на Гарце около Лербаха, около Клаусталя (с пиритом), около Цорге (в кремнистых сланцах в связи с диабазами, с селенистыми металлами и халькопиритом) и т.д.⁵ В общем редок. В России клаусталит не наблюдался.

Диагноз. Перед паяльной трубкой растрескивается. На угле сильный запах Se и значительная часть (PbSe) улетучивается; при прокаливании в открытой трубке вблизи от пробы налет селена кошенильно-красного цвета и дальше белые простые и игольчатые кристаллы SeO₂, расплывающиеся на воздухе. Концентрированной H₂SO₄ окрашивается в зеленый цвет; от воды выпадает красный осадок Se. Твердость 2–3. Уд. вес около 8.

Науманнит кристаллизуется в правильной системе, по внешнему виду очень похож на клаусталит. Спайность плохо заметна. Ковок. Черта черно-серая. Цвет темный сине-серый, блеск металлический. Мягок. Разрабатывался

¹ Ср. в галените *селенистый галенит* (§ 175).

² О редкости жил, содержащих Se в некоторых рудных полях, богатых S, можно судить по истории прекрасно изученных Рудных гор. Здесь, по указанию Шертеля, только раз в Фрейбергском поле (в 1834 г.) в одной жиле был найден клаусталит и содержащий селен халькопирит и то в ничтожных количествах. В Шнееберге селен совсем не встречен. В камерной грязи купоросной фабрики в Фрейберге нет селена – см. *Vogt*, 1898, с. 228–229.

³ *Zinken*, 1825, с. 278.

⁴ Яркость линий заставляет думать, что количество Ag > 1% – см. *Gramont*, 1895, с. 340 и сл.

⁵ Ср. *Hintze*, I, с. 518.

как сернистое серебро¹. Химический состав: 75,98% Ag, 22,92% Se, 1,10% S. Сумма – 100% (анализ из рудника Де-ла-Мар, Айдахо).

Селенистые соединения серебра и меди

Эвкайрит

280. Из остальных селенистых соединений наибольшее значение имеет *эвкайрит*, который вообще является, должно быть, наиболее обычным соединением селена в природе. Химический состав этого соединения $(\text{Cu}, \text{Ag})_2\text{Se}$, весьма близкий к $\text{Cu}_2\text{Ag}_2\text{Se}_2$; так, мы имеем (в %):

	Теоретически	По наблюдениям
Se	31,58	30,0–32,3
Ag	43,09	39,8–44,2
Cu	25,33	23,8–28,0

Иногда заключает следы таллия и ванадия², кристаллизуется в правильной системе; наблюдались (111), но обычно встречается в сплошных массах. Находится в жилах, нередко с кальцитом. Кое-где скопляется в таких количествах, что служит рудой на серебро, например в Сиерра-де-Уманго – Ла-Риоха в Аргентине. Здесь он находится в жиле с кальцитом и умангитом; на глубине 14 м мощность жилы достигает 35 см, и она наполовину состоит из эвкайрита³. Аналогичные месторождения (без умангита) наблюдались и в Чили⁴. В России эвкайрит не наблюдался.

Диагноз. Металлический блеск. Светло-серый. Черта отсвечивающая. Неясная спайность. Слабо ковок. Твердость 2–3. Уд. вес 7,5–7,7. Перед пальчатой трубкой пары Se, на угле плавится в серый королек. Реакция на Ag и Cu. Растворяется в кипящей HNO_3 .

¹ *Shannon*, 1920, с. 390.

² Ванадий спектроскопически – см. *Gramont*, 1895, с. 345; он отмечает 5 линий, принадлежность которых к ванадию не вполне доказана?

³ *Klockmann*, 1891, с. 268.

⁴ *Domeyko*, 1879, с. 401.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА¹

Абих Г. Кавказ, 1846, № 7, с. 2.

[*Абих Г.*] *Abich H.* Bull. cl. phys.-math. Acad. Sci. SPb., 14, 1856, p. 64–243.

[*Абих Г.*] *Abich H.* Prodrromus Geol. Kauk. Land. SPb., 1858, p. 46–82.

[*Абих Г.*] *Abich H.* Mém. Acad. Sci. SPb., cl. math. et phys. (6) 7, 1859, p. 406, 407.

[*Абих Г.*] *Abich H.* Sur la structure et la géologie du Daghestan. SPb., 1862, p. 29.

[*Абих Г.*] *Abich H.* Mém. Acad. Sci. SPb., 6, № 5, 1863, p. 49–112.

[*Абих Г.*] *Abich H.* Beitr. geol. Kenntniss Thermalquellen in Kaukas. Länder, 1865, S. 3–58.

Абих Г. (1). Медицинский сборник, № 1, 1866, с. 80–85.

[*Абих Г.*] *Abich H.* (2). Melanges phys.-chim. Acad. Sci. SPb., 6, 1866, p. 656–667.

Абих Г. (1). Медицинский сборник, № 3, 1867, с. 48–56.

[*Абих Г.*] *Abich H.* (2). SPb., Bull. Acad. Sci. SPb., 9, 1867, p. 398.

[*Абих Г.*] *Abich H.* (3). Bull. Acad. Sci. SPb., 11, 1867, p. 400–405.

Абих Г. Отчет Ком., учрежденной для исслед. Тифлиских минер. ист., 1870.

Абих Г. Зап. Кавказского отд. Геогр. общ., 8, 1873, отд. II, с. 9, 10.

[*Абих Г.*] *Abich H.* (1). Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. исп. прир.), 1874, с. 327.

Абих Г. (2). Медицинский сборник, № 19, 1874, с. 25.

[*Абих Г.*] *Abich H.* Zschr. Deutsch. geol. Ges., 29, 1877, S. 820–828.

Абих Г. Кавк. календарь на 1883, с. 215.

[*Абих Г.*] *Abich H.* Geol. Forschungen in Kaukas. Länder., 2, 1892.

Абрамов Н. Вестн. Русск. геогр. общ., 23, 1858, с. 17.

Абрамов Н. Зап. Русск. геогр. общ., 1, 1869, с. 300.

Абрамович М. Нефтяное дело, Баку, 1912, № 11, с. 6.

Абрамович М. Изв. Геол. ком., 32, 1913, с. 568–597.

Абрюцкий. Горн. журн., 1852, II, с. 72.

Авдеев. Горн. журн., 1850, I, с. 84.

Аверкиев. Горн. журн., 1912, № 4–5.

Агафонов В. Материалы для оценки земель Полт. губ., под ред. В. Докучаева, 16, 1894, с. 97, 98.

Агеев В. Сборник сведений о Сев. Кавказе, III, 1909, № 9, с. 9.

Агров В. Вестн. Оренбургского учебн. окр., 1914, № 6–7, с. 270.

Агров В. Вестн. Оренбургского учебн. окр., 1915, № 1, отд. 3, с. 30–40.

Адиасевич А. Тр. Бакинский. отд. Русск. технич. общ., 29, 1915, с. 51.

Акты Кавказск. археогр. ком., изд. А. Берже, Тифлис, 1878, VI, с. 158; VII, с. 70–90.

Алексеев П. Зап. Киевского общ. естествоисп., 6, 1880, с. 152.

Алексеевский А. Вестн. общ. гигиены, 12, 1891, отд. 3, с. 109–113.

Алексеевский А. Кашинские минер. воды, СПб., 1895, с. 50.

Альмедингель. Журн. Русск. физ.-хим. общ., 13, 1881, с. 170.

Аляев Н. Владимирские губ. ведомости, 1853, с. 74.

Андреев А. Каталог полезных ископаемых Туркестана, 1912, с. 40–102.

Андрусов Н. Изв. Русск. геогр. общ., 26, 1890, с. 404.

Андрусов Н. (1). Изв. Русск. геогр. общ., 28, 1892, с. 371–387.

¹ С указанием страниц, на которые автор ссылается в тексте.

- Андрусов Н. (2). Mitt. geogr. Ges. in Wien, 1892.
- Андрусов Н. Геотектоника Керченского пол-ва, СПб., 1893, с. 75–202.
- Андрусов Н. Зап. Акад. наук, физ.-мат. отд. (8), 1, 1894, № 1.
- Андрусов Н. Сельское хоз. и лесоводство, 183, 1896, с. 452–479.
- Андрусов Н. (1). Учен. зап. Юрьевского унив., 1897, № 1.
- Андрусов Н. (2). Guide des excursions du VII Congrès geol. Intern., 1897, № 29, p. 6.
- Андрусов Н. Изв. Геол. ком., 21, 1902, с. 270–271.
- Андрусов Н. Тр. Арало-Каспийской эксп., 7, 1905, с. 87.
- Андрусов Н. Тр. Геол. ком., 40, 1909, с. 7.
- Андрусов Н. Изв. Геол. ком., 33, 1914, с. 861.
- Андрусов Н. Карабугаз и его пром. значение. Изд. 2, 1922, с. 9.
- Андрусов Н. и Зернов С. Черное море в кн.: «Путеводитель по Крыму», изд. Крымск. общ. ест., Симферополь, 1914.
- Анерт Э. Изв. Геол. ком., 34, 1915, с. 800.
- Анерт Э. Отчет Геол. ком. за 1916 г., Изв. Геол. ком., 1917, с. 309.
- Анерт Э. и Полевой П. Ест.-произв. силы России, 4, вып. 7, 1917, с. 176.
- Аникиевич К. Сеннинский уезд, Могилев, 1907, с. 15.
- Анисимов Л., Коссовский В. и Степанов Н. Славянские минеральные воды, 1898, с. 21.
- Аносов. Горн. журн., 1865, II, с. 68.
- Антипов А. Горн. журн., 1849, I, с. 383.
- Антипов А. (1). Вестн. Русск. геогр. общ., 23, 1858, с. 68.
- Антипов А. (2). Горн. журн., 1858, II, с. 27.
- Антипов А. Горн. журн., 1860, I, с. 38, 290.
- Антипов И. (1). Горн. журн., 1891, I, с. 463–467.
- Антипов И. (2). Зап. СПб. минер. общ., 1891, 28, с. 527.
- Антипов И. Горн. журн., 1892, I, с. 308–333.
- Апушкин А. Минеральные источники Костромской губ., 2-е изд., 1915, с. 19–27.
- Арандаренко. Естествознание и география, М., 1913, № 10, с. 41.
- Аргентов К. Поездка на гору Изых, Томск, 1906, с. 31.
- Аргентов К. Горн. журн., 1911, I, с. 60, 61.
- Аргентов К. Горн. журн., 1915, II, с. 15–39.
- Аргентов К. Горн. журн., 1916, II, оттиск, с. 15.
- Арнольдв. Тр. II Съезда железнодорож. врачей Средне-Азиатск. ж. д. в 1902 г., Ашх., 1903.
- Архангельский И. П. Сборник I, Архангельск, 1863, с. 279.
- Арцимович В. Тр. Харьковского общ. естествоисп., 44, 1911, с. 53.
- [Арцируни А.] *Arzruni A.* Zschr. Deutsch. geol. Ges., 37, 1885, S. 680–693.
- [Арцируни А.] *Arzruni A.* Sitzb. Preuss. Akad., 1886, S. 1212.
- [Арцируни А.] *Arzruni A.* Physikalische Chemie d. Krystalle, 1893, S. 106–110 (in Graham-Otto's Lehrbuch d. Chemie, 1, Abt. 1).
- Ауэрбах И. Зап. Русск. геогр. общ., 4, 1871, с. 38, 39.
- Афанасьев Д. Ковенская губ., СПб., 1861, с. 265.
- Бабе В.** Целебный Кавказ, Тифлис, 1915, с. 16.
- Багалей Д. Русская история, I, М., 1914, с. 421.
- Багаиов И. Минеральные источники Забайкалья, М., 1905, с. 45–129.
- Баженов В. Медицинский вестник, 1862, с. 237.
- Бакланов. Горные богатства Кубанской обл., II, Екатеринодар, 1912, с. 24.
- Балахонцев Е. Зап. Русск. бальнеологич. общ., 10, 1909, с. 246–263.
- Балмашев А. Русская медицина, 1888, с. 6.
- Балов А. Еженед. практической медицины, 5, 1898, с. 221.
- Баньщиков А. Рудный вестник, 1, 1916, с. 136.
- [Барабашкин]. Изв. Геол. ком., 31, 1912, с. 160.
- Барбот де Марни Н. Горн. журн., 1857, II, с. 411–520.
- Барбот де Марни Н. Горн. журн., 1862, I, с. 65–74.
- Барбот де Марни Н. Сборник, Изд. СПб. минер. общ., 1867, с. 589.
- Барбот де Марни Н. Зап. СПб. минер. общ., 3, 1868, с. 224.

- Барбот де Марни Н.* Зап. СПб. минер. общ., 7, 1872, с. 53–56.
- Барбот де Марни Н.* Материалы геол. Кавказа (2), 8, 1894, с. 382–404.
- Барбот де Марни Н.* Материалы геол. Кавказа (2), 9, 1895, с. 177.
- Барбот де Марни Н. и Симонович С.* Материалы геол. Кавказа (2), 5, 1891, с. 98–152.
- Барзиловский Я.* Зап. Киевского общ. естествоисп., 6, 1880, с. 213.
- Батальд В.* Туркестан в эпоху монголов, II, СПб., 1900, с. 164.
- Баталин Ф.* (1). Пятигорский край и Кавказские минеральные воды, 1, СПб., 1861, с. 9–142; (2) II, СПб., 1861, с. 39–123.
- Бацевич Л.* Материалы геол. Кавказа, 1878, с. 23.
- Бацевич Л.* Материалы геол. Кавказа (2), 1, 1887, с. 103–140.
- Бацевич Л.* Материалы для изучения Амурского края, СПб., 1894, с. 26–27.
- Бацевич Л.* Геол. исслед. по линии Сибирской ж. д., IV, СПб., 1897, с. 10.
- Бегер.* Горн. журн., 1826, № 7, с. 23, 55.
- [*Безбородько Н.*] *Bezborodko N. N.* Jb. Min., В-Bd. 34, 1912, S. 795.
- Бекетов Н. и Чернай Н.* Прот. физ. хим. секции общ. опытно. наук за 1873 г. Харьк., 1874, с. 11.
- Белицкий.* Зап. Крымского горн. клуба, Одесса, 1899, № 4, с. 23.
- Белов А.* Изв. Исслед. инст. Сибири, 1921, № 3, с. 43, 49.
- Белоусов М.* Горн. журн., 1884, IV, с. 324, 345.
- Белоусов М.* Вестн. золотопром., 1895, № 3, с. 50.
- Беляев Н.* Журн. Русск. физ.-хим. общ., 38, 1906, хим. отд., с. 1240.
- Белянкин Д.* Изв. СПб. Политехн. инст., 12, 1909, с. 158; 21, 1914, с. 91.
- Белянкин Д.* Сборник научных работ, посвященных Левинсон-Лессингу. Пг., 1915, с. 13.
- Берг Л.* (1). Землеведение, М., 1904, с. 25.
- Берг Л.* (2). Изв. Русск. геогр. общ., 40, 1904, с. 445.
- Берг Л.* Аральское море, СПб., 1908, с. 409.
- Берг Л., Игнатов П. и Елпатьевский В.* Изв. Русск. геогр. общ., 35, 1899, с. 182–193.
- Бернштейн Б.* О фосфоритах и минеральных родниках Ярославской губ., 1915, с. 18.
- Бертенсон Л.* Лечебные воды, 4 изд., СПб., 1901, с. 135–283.
- Бертенсон Л.* Радиоактивность в лечебных грязях и водах, СПб., 1914, с. 135, 138.
- Билевич С.* Вестн. Оренбургского учебн. окр., 1912, № 6, с. 220.
- Бобр В.* Поверхность и недра, 1916, с. 317–321.
- Богачев А.* Вестн. золотопром., 1899 (оттиск, с. 20).
- Богачев В.* (1). Донские ведом., 1903, № 5.
- Богачев В.* (2). Изв. Геол. ком., 22, 1903, с. 614–615; 27, 1908, с. 280.
- Богачев В.* Изв. Кавказского музея, 10, 1916, с. 38–40.
- Богданов Д.* Горн. журн., 1882, I, с. 390, 396.
- Богданович К.* Зап. СПб. минер. общ., 26, 1890, с. 22–54.
- Богданович К.* Горн. журн., 1895, IV, с. 386.
- Богданович К.* Тр. Геол. ком., 19, № 1, 1902, с. 17–149.
- [*Богданович К.*] *Bogdanowitch K.* Geogr. Mitth., 1904, S. 217.
- Богданович К.* Памяти И.В. Мушкетова. Сборник, СПб., 1905, с. 43–44.
- Богданович К.* Тр. Геол. ком. новая серия, 35, 1907, с. 56–85.
- Богданович К.* (1). Геол. исслед. Кубанского нефт. района, СПб., 1910, с. 21, 22.
- Богданович К.* (2). Изв. Геол. ком., 29, 1910, с. 224.
- Богданович К.* Рудные месторождения, I, СПб., 1912, с. 315–435.
- Богданович К.* Тр. Геол. ком., новая серия, 89, 1914, с. 60.
- Богданович К.* Горн. журн., 1915, III, оттиск, с. 11–12.
- Богданович К.* (1). Ест. произв. силы России, 4, вып. 7, 1917, с. 8–123; (2), вып. 16, 1917, с. 1–13.
- Богданович К. и Вебер В.* Ест. произв. силы России, 4, вып. 7, 1917, с. 127.
- Боголюбский И.* Горн. журн., 1869, III, с. 356–376.
- Боголюбский И.* Очерк Амурского края, СПб., 1876, с. 28.
- Боголюбский И.* Минусинский, Красноярский и Ачинский округа Енисейской губ., СПб., 1884, с. 16.
- Боголюбский И.* Изв. Вост.-Сибирского отд. Геогр. общ., 28, № 1, 1897, с. 84.

- Богомолец М.* Научные результаты Аральской экспед., 4, Ташк., 1903.
- Богородский.* Журн. Мин. внутр. дел, 1853, 2, отд. 3, с. 59.
- Богословский В.* Пятигорские и с ними смежные минер. воды, М., 1881, с. 24, 65.
- Бок И.* Материалы геол. России, I, 1869, с. 113, 144.
- Болховитинова М.* Изв. Общ. изучения Олонецкой губ., 1915, № 4.
- Бондаренко М.* Тр. I Съезда по климатологии, гидрологии и бальнеологии, I, СПб., 1899, с. 71.
- Борисов П.* Очерк полезных ископаемых Олонецкой губ., СПб., 1910, с. 65–78.
- Борисяк А.* Изв. Киевского унив., 1862.
- Борисяк А.* Тр. Геол. ком., 3, 1905, с. 206.
- Бородин А.* Моск. ведомости, 1859, с. 973.
- Бородин Н.* Изв. Русск. геогр. общ., 32, 1896, с. 283.
- Бородовский В.* Протоколы Общ. ест. Юрьевского унив., 14, 1906, с. 162–175.
- Бот Э.* Военно-медиц. журн., 108, 1870, отд. 6, с. 6.
- Боткин А.* Очерк работ по естеств. в кн. «Материалы для изуч. Обской губы и Енис. зал., собр. экспед. А. Вилькицкого», СПб., 1898, с. 28–30.
- Бояршинов.* Горн. журн., 1835, с. 552.
- Бояршинов.* Горн. журн., 1845, I, с. 22–28.
- Бояршинов (1).* Горн. журн., 1846, I, с. 112.
- Бояршинов (2).* Горн. журн., 1846, II, с. 400–401.
- Брусилковский Е.* Одесские лиманы. Изд. 3, 1914, с. 44.
- Бузик А. и Савельев В.* Изв. Донского политехн. инст., 5, 1916, с. 39–55.
- Булгаков А.* Тр. Бакинского отд. Русского техн. общ., 1893, № 11–12, с. 26.
- Булдаков.* Зап. Уральского общ. естествоисп., 12, вып. 2, 1890–1891, с. 50.
- Бурксер Е.* Тр. хим. и рад. лабор. Одесского техн. общ., № 5, 1912.
- Бурксер Е.* Зап. Одесского отд. Техн. общ., 1914, с. 64.
- Бурксер Е. (1).* Гидрохим. матер. 2, Пг., 1916, с. 26, 30.
- Бурксер Е. (2).* Ежегодн. Одесского отд. Общ. разв. русск. лечебн. местн. за 1915 г., 1916, с. 85–103.
- Бурксер Е. (3).* Тр. XIII Съезда русск. естествоисп., 6, 1916, с. 63–76.
- Бутенев К.* Горн. журн., 1834, I, с. 441.
- Буяльский В.* Тр. I Съезда по климатологии, гидрологии, бальнеологии, I, СПб., 1899, с. 106.
- [*Бэр К.*] *Baer K.*, Mélanges phys. chim. Acad. Sci. SPb., 2, 1856, p. 187.
- [*Бэр К.*] *Baer K.* Bull. CI. phys. mathem. Acad. Sci. SPb., 15, 1857, p. 72.
- [*Вагнер И.*] *Wagner J.* Notizen uber d. Mineraliensammlung v. A. Crichton, M., 1818, S. 104, 129.
- Валединский И.* Изв. Инст. исследования Сибири, 1921, № 3, с. 51–59.
- Вансович.* Горн. журн. 1827, № 8, с. 47.
- Варвинский и Чайковский.* Горн. журн., 1826, № 11, с. 27–46.
- Варвинский и Чайковский.* Памятная книжка Новгородской губ. на 1880 г., 1880, с. 43, 47.
- Варенцов А.* Горн. журн., 1887, IV, с. 400.
- Варенцов П.* Зап. Кавказского отд. Геогр. общ., 26, 1, 1907, с. 13–52.
- Варнаховский Н.* Рыболовство в бассейне р. Оби, II, СПб., 1902, с. 214, 219.
- Варсонофьева В. (1).* Зап. Геол. отд. Моск. общ. люб. ест., 1, 1915, с. 51–69.
- Варсонофьева В. (2).* Землеведение, 22, 1915, № 4, с. 42, 43.
- Вебер В.* Геол. исследования части Сухумского окр., СПб., 1903, с. 59.
- Вебер В.* Зап. СПб. минер. общ., 46, 1908, с. 228, 233.
- Вебер В.* Тр. Комис. по исслед. Турк.-Сибирской ж.д., II, СПб., 1909.
- Вебер В.* Изв. Геол. ком., 29, 1910, с. 646.
- Вебер В.* Полезные ископаемые Туркестана, СПб., 1913, с. 59–191.
- Вебер В.* Полезные ископаемые Туркестана. Доб. 1, Пг., 1917, с. 25–93.
- Вебер В. (2).* Изв. Геол. ком., 36, 1917 прот. 23/1–1917, прил. 1, с. 55.
- Вебер В. и Калицкий К.* Изв. Геол. ком., 28, 1909, с. 182.
- Вебер В. и Калицкий К.* Челекен. Тр. Геол. ком., новая серия, 63, 1911, с. 71–141.
- Вельяминов-Зернов В.* Вестн. Русск. геогр. общ., 18, 1856, с. 124.
- Верзейн И.* Военно-медиц. журн., 53, СПб., 1849, отд. 7, с. 1; 57, 1857, отд. 7, с. 6.

- Вериго А.* Отчеты Одесского бальнеол. общ. 1877–1881 г., 1881, с. 71–103.
- Вериго А.* Отчеты Одесского бальнеол. общ., 3, 1888, с. 21.
- Вериго А.* Труды I Съезда по климатологии, гидрологии, бальнеологии, 1, 1899, с. LIII и сл.
- Верлейн.* Друг здоровья, СПб., 1842, с. 114.
- Верлин Я.* Медицинский сборник, 1, Тифлис, 1866, № 2, с. 50; 18, 1874, с. 44.
- Вернадский В.И.* Явления скопления кристаллич. вещества. Учен. зап. Моск. унив., отд. ест.-ист., 13, 1897, с. 74, 96.
- Вернадский В.И.* Лекции описательной минералогии, I, М., 1899.
- Вернадский В.И.* (1). Основы кристаллографии, М., 1903.
- Вернадский В.И.* (2). Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. исп. прир.), 1903, с. 502.
- Вернадский В.И.* Изв. Акад. наук, 1909, с. 826.
- Вернадский В.И.* (1). Изв. Акад. наук, 1910, с. 1136.
- Вернадский В.И.* (2). Минералогия, I, Изд. 3, М., 1910, с. 23 и сл.
- Вернадский В.И.* Изв. Акад. наук, 1911, с. 189, 192.
- Вернадский В.И.* (1). Изв. Акад. наук, 1914, с. 1000.
- Вернадский В.И.* (2). Опыт описательной минералогии, I, Пг., 1914, с. 486 и сл., 769.
- Вернадский В.И.* Природа, 1915, № 7–8, с. 941–957.
- Вернадский В.И.* Изв. Акад. наук, 1917, с. 1379–1388.
- Версилов.* Горн. журн. 1837, III, с. 198.
- Версилов.* Горн. журн., 1851, IV.
- Вертепов Н.* Терский сборник, 3, ч. 2, Владикавказ, 1893.
- Вертепов Н.* Тр. Съезда по улучшению лечебных местностей, 5, 1915, с. 114–135.
- Весновский В.* Минеральные воды Пермской губ., Пермь, 1913, с. 7–25.
- Винда В.* Майкопские залежи нефти, Изд. 2, I, Ек., 1910–1912, с. 283.
- Винда В.* Нефтяные и водоносные горизонты Майкопского нефтяного р-на, 1911, с. 38.
- [Виноградский С.] Winogradsky S.* Botan. Ztg., 45., 1887, S. 492 и сл.
- [Виноградский С.] Winogradsky S.* Beiträge Morphol. u. Physiol. d. Bacterien, I, Leipz., 1888, с. 10 и сл.
- Вислоух С. и Хлопин Г.* Материалы по исследованию воды Невской губы в санитарном отношении, СПб., 1913, с. 48.
- Виттенбург П.* Изв. Геол. ком., 30, 1911, с. 466.
- Вихерский В.* Гидрогеологические исследования сев. части Иргизского у., СПб., 1913, с. 51.
- Влангали.* Горн. журн., 1849, II, с. 280, 282.
- Влангали.* Горн. журн., 1853, III, с. 81–181.
- Вознесенский В.* Гидрогеологические исследования в Александровском у., СПб., 1898, с. 114–236. Анализы В. Топорова – с. 319.
- Вознесенский В.* Тр. Геол. ком., 20, 1902, № 2.
- Вознесенский В.* Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири. Амурско-Приморск. р-н, 14, 1912, с. 151–152.
- Вознесенский В.* (1). Ест. произв. силы России, 4, вып. 16, 1917, с. 5.
- Вознесенский В.* (2). Отчет Геол. ком. за 1916 г., Изв. Геол. ком., 1917, с. 125.
- Вознесенский и Преображенский.* Изв. СПб. политехн. инст., 21. 1914, с. 399–426.
- Войслав С.* Вр. бюро исследования почвы, СПб., 1896, с. 38, 50.
- Войцеховский А.* Тр. I Съезда по климатологии, гидрологии, бальнеологии, 1, СПб., 1899, с. 385.
- Волькенштейн С.* Минеральные воды Семиреченской обл., Каз., 1910, с. 10.
- Воскобойников.* Горн. журн., 1826, № 11, с. 55–59; 1827, III, с. 19.
- Воскобойников* (1). Горн. журн., 1827, III, с. 19.
- Воскобойников* (2). Горн. журн., 1827, III, с. 88.
- Воскобойников.* Горн. журн., 1830, I, с. 325–337.
- Воскресенский А.* Город Ст. Руса и его соляно-минеральные источники, СПб., 1839, с. 109–110.
- Врангель Ф.* Путешествие по северным берегам Сибири, I, СПб., 1841, с. 160.
- Врангель.* Изв. Русск. геогр. общ., 26, 1890.
- [Всеволожский Н.] Vsevolojesky N.* Mem. Soc. Nat. Moscou, (Зап. Моск. общ. испыт. природы), 2, 1809, с. 277.

- [Вырубов Г.] *Wyrouboff G.* Ann. chim, et phys., 1886, p. 8.
 Высоцкий Г. Почвоведение, 1900, с. 115.
 Высоцкий Н. Изв. Геол. ком., 13, 1894, с. 114.
 Высоцкий Н. Геологические исследования в Киргизской степи, СПб., 1896, с. 28.
 Высоцкий Н. Тр. Геол. ком., 13, 1900, № 3, с. 37, 50.
- Гаврилов Ф. и Симонович С. Материалы геол. Кавказа (2), 9, 1895, с. 64, 93.
 [Гадолин А.] *Gadolin A.* Verhandl. miner. Ges. SPb. (Тр. Минер. общ.), 1857–1858, с. 75–77.
 Гаркема В. Горн. журн., 1884, II, с. 369, 390.
 Гаркема В. Очерк месторождений соли и добычи ее в Астраханской губ., 1890, с. 1–48.
 Гартштейн М. Тр. 9-го русск. водопроводного Съезда в 1909 г., СПб., 1910, с. 196–197.
 Гассгаген Х. Результаты химического исследования вод и грязей Новороссийского края, 1852, с. 10–53.
 Гебауер Ф. Горн. журн., 1889, I, с. 355, 360.
 Гебауер Ф. и Брусницын Ф. Изв. Геол. ком., 28, 1908, с. 208.
 [Гёбель А.Ф.] *Goebel A.* Arch. Naturk. Liv., Esth.-v. Kurl., 1, 1854, S. 113–170.
 [Гёбель Ф.] *Goebel F.* Das Inland, I, D., 1836, S. 506.
 [Гёбель Ф.] *Goebel F.* (1). Reise in die Steppen d. südl. Russlands, I, Dorpat, 1838, S. 269; (2), II, 1838, S. 33.
 Гедеонов. Сборник географических и т.п. материалов по Азии, 15, СПб., 1885, с. 94–100.
 Гедройц А. Материалы геол. Россия, 17, 1895, с. 161.
 Гедройц А. Геол. исслед. по линии Сибирской ж.д., СПб., 10, 1898, с. 167; 18, 1899, с. 146.
 [Гельм Ф.] *Helm F.* Russische Sammlung Naturw., her v. Crichton, Rehmann u. Burgach., I, Riga u. Leipz., 1816, S. 413–414.
 [Гельм Ф.] *Helm F.* Nord. Ann. Chem., 5, SPb., 1820, с. 70, 71.
 Гельм Ф. Тр. СПб. минер. общ., 2, 1842, с. 83.
 Гельмерсен [Г.] Горн. журн., 1842, IV, с. 216.
 [Гельмерсен Г.] *Helmersen H.* Beitrage z. wiss. Kenntniss Russ. Reiches (2), 5, 1882, S. 210, 221.
 Гемилиан В. Варшавские унив. изв., 1885, № 9, с. 27.
 Геннин Де (1). Горн. журн., 1828, № 7, с. 124.
 Геннин Де (2). Горн. журн., 1828, № 11, с. 91 и сл., 100.
 [Георги И.] *Georgi J.* Bemerkungen einer Reise in Russischen Reich im Jahre 1772, I, 1775, S. 39–364.
 [Георги И.] *Georgi J.* Geographisch-physikalische u. naturhistorische Beschreibung d. Russischen Reichs, III, 1, 3, 1798, S. 35–82, 369–582.
 Герасимов А.П. Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Ленский р-н, вып. 1, СПб., 1901, с. 15; 2, 1903, с. 70.
 Герасимов А.П. Геологическая карта Ленского золотоносного района, Лист II–6, СПб., 1904, с. 127.
 Герасимов А. Матер. к позн. геол. строения Российск. имп., 3, 1911, с. 15.
 Герасимов А. Изв. Геол. ком., 33, 1914, прот., с. 213.
 Герасимов А. (1). Изв. Геол. ком., 34, 1915, прот., с. 475.
 Герасимов А. (2). Отчет Геол. ком. за 1914 г. Изв. Геол. ком., 1915, с. 97.
 Герасимов А. (1). Ест.-произв. силы России, 4, вып. 15, 1917, с. 20 и сл.; (2), вып. 16, 1917, с. 7–9; (3), вып. 40, 1917, с. 29–90.
 Герасимов М. Горн. журн., 1865, III, с. 122.
 [Герман И.Ф.] *Hermann J.* Beiträge Phys. Oekon u. Min., 3, 1783, S. 75.
 [Герман И.Ф.] *Hermann J.* (1). Versuch einer mineral. Beschreibung d. Ural. Erzgebirges. I, 2, В., 1789, S. 64–362; (2), II, 1789, S. 87, 326.
 [Герман И.Ф.] *Hermann J.* Miner. Reisen in Sibirien, III, SPb., 1801.
 [Герман И.Ф.] (*Hermann J.*) Nova Acta Acad Petrop., 13, 1802, p. 289–296.
 [Герман И.Ф.] *Hermann J.* Über allgem. Eigenschaften d. Kupfers, 2 te Aufl., Lpz., 1807, S. 86.
 Герман Р. Горн. журн., 1829, I, с. 319–342.
 [Герман Р.] *Hermann R.* (1). Ann. Phys., 20, 1831, S. 377.
 [Герман Р.] *Hermann R.* (2). Ann. Phys., 22, 1831, S. 355–383.
 [Герман Р.] *Hermann R.* Nouv. mémoires de la Soc. Nat. d. Moscou, 2, 1832, p. 400, 416.

- Гермидор Я. и Завьялов В. Проток. и тр. Общ. врачей Кавказских минер. вод (1913), 1914, с. 135, 137.
- Гилев. Горн. журн., 1860, I, с. 431.
- Гильденштедт А. Акад. Изв., 5, СПб., 1780, с. 390.
- Гильзен К. Научные результаты Аральской эксп., 10, 1911, с. 17.
- Гильзен К. Изв. Акад. наук, 1918, с. 2233, карта – с. 2235.
- Гладкий П. Горн. журн., 1888, I, с. 111–113.
- Глинка К. Предвар. отчет Псковскому губ. земству о работе 1898 г., 1898, с. 5.
- Глинка К. Псковская губ., Сводка оценочных данных, 8, 1912, с. 11.
- Глинка К. и Федоровский С. Геол. строение почвы Валдайского у., Предв. отчет (Новг. губ. земство), с. 2.
- Глинка С. Зап. СПб. минер. общ., 22, 1886, с. 330.
- Глушков И. Артезианские колодцы юга России, СПб., 1914, с. 7.
- [Гмелин И.] *Gmelin J.* (1). Reise durch Sibirien, II, Gott., 1752, S. 305, 306; (2), IV, 1752, S. 431.
- [Гмелин И.] *Gmelin J.* Reise durch Russland, IV, 1784.
- Головкинский Н. Материалы геол. России, 1, 1869, с. 253.
- Головкинский Н. (1). Новороссийский календарь на 1891 г., 1890, с. 143.
- Головкинский Н. (2). Отчет гидрогеолога за 1889 г., Одесса, 1890, с. 16–39.
- Головкинский Н. (3). Артезианские колодцы Таврической губ., Одесса, 1890, с. 9–35.
- Головкинский Н. Отчет гидрогеолога за 1895 г., 1896, с. 9.
- Голубев А. Зап. Русск. геогр. общ., 1, 1869, с. 355.
- Голубев П. Алтай, Томск, 1890, с. 230.
- Голубятников Д. Изв. Геол. ком., 20, 1901, с. 389.
- Голубятников Д. Изв. Геол. ком., 21, 1902, с. 747.
- Голубятников Д. Материалы геол. Кавказа, 6, 1905, с. 164.
- Голубятников Д. Изв. Геол. ком., 25, 1906, с. 375–392.
- Голубятников Д. (1). Изв. Геол. ком., 27, 1908, с. 208.
- Голубятников Д. (2). Тр. Геол. ком., новая серия, 28, 1908, с. 19, 27.
- [Голубятников Д.] *Golubjatnikow D.*, в кн.: Engler C. u. Höfer H., Das Erdöl., II, Lpz., 1909, S. 429.
- Голубятников Д. Тр. Геол. ком., новая серия, 106, 1914, с. 35.
- Голубятников Д. Тр. Геол. ком., новая серия, 141, 1916, с. 57–185.
- Горбунов А. Забайк. област. ведом., Чита, 1899, № 75.
- Гордеев К. Физико-химическое и медицинское описание Славянских соляных озер, Харьк., 1837.
- Гордеев Е. Военно-медиц. журн., 55, 1850, отд. 5, с. 11; 60, 1852, 1, отд. 5, с. 2, 17.
- Гордеев Е. Химическое исследование Перекопской серной воды, Одесса, 1861, с. 17.
- Гордягин А. Тр. Казанского общ. естествоисп., 34, 3, 1900, с. 30.
- Гофман. Горн. журн., 1865, IV, с. 388–402.
- Гофман Э. Изв. Кавказского отд. Геогр. общ., 21, 1912, с. 107–108.
- [Гофман Э. и Гельмерсен Г.] *Hofmann E. u. Helmersen G.* Geogn. Unters. d. Süd-Ural. Gebirges, Berl., 1831, S. 2, 18.
- Грамматчиков. Горн. журн., 1850, II, с. 7.
- [Гревинг К.] *Grewingk C.* (1). Archiv Naturk. Liv., Esth. u. Kurl., 2, 1861, S. 737, 748.
- [Гревинг К.] *Grewingk C.* (2). Geologiev. Livland u. Kurland, Dorpat, 1861, S. 48–274.
- [Гревинг К.] *Grewingk C.* Sitzb. nat. Ges. Dorpat, 3, 1874, S. 259.
- [Гревинг К.] *Grewingk C.* Korrespondenzbl. naturf. Ges. zu Riga, 26, 1883, S. 66.
- Грегори В. Друскеники, СПб., 1883, с. 22.
- Гривнак К. Горн. журн. 1873, II, с. 226, 253; 1874, I, с. 282 и сл.
- Гривнак К. Горн. журн. 1887, II, с. 14–24.
- Гривнак К. Горн. журн., 1906, I, с. 388.
- Григорьев А. и Штокман А. Врач, 19, СПб., 1898, с. 426.
- Гроддек. Руководство к изучению рудных месторождений (пер. Эйхвальда), СПб., 1889, с. 104.
- Грум К. Подробное описание минеральных вод Российской имп., СПб., 1855, с. 86–369.
- Губкин И. Тр. Геол. ком., 78, 1912, с. 24, 86.

- Губкин И. (1). Изв. Геол. ком., 32, 1913, с. 814–849.
- Губкин И. (2). Тр. Геол. ком., новая серия, 88, 1913, с. 8.
- Губкин И. Тр. Геол. ком., новая серия, 115, 1915, с. 17–179.
- Гудков П. Изв. Томского техн. инст., 20, 1910, № 4, с. 14.
- Гудовицков М. Вест. золотопром., 1895, с. 198.
- Гуковский К.П. Памятная книжка Ковенской губ. на 1896 г., 1895, с. 140.
- Гуковский К.П. Памятная книжка Ковенской губ. на 1898 г., 1897, с. 104–107.
- Гуляев С. Изв. Русск. геогр. общ., 3, 1867, с. 184.
- Гуров А. Геологическое описание Полтавской губ., Харьк., 1888, с. 168, 583.
- Гуров А. Гидрогеологическое описание Бахмутского и Павлоградского у.у., Харьк., 1893, с. 313, 470, табл. V, VIII.
- Гурьев и Дмитриев. Горн. журн., 1828, № 10, с. 7.
- Гусев И. Материалы к вопросу о загрязнении Петербургской почвы, СПб., 1912, с. 10, 40.
- Давыдов П. Горнозаводский листок, Харьков, 1888, № 7, с. 84.
- Даневский Р. Тр. Съезда по улучшению лечебных местностей, 6, 1916, с. 180.
- Данилов. Горн. журн., 1866, № 4, с. 87.
- Даниэльбек. Тр. Русского общ. охраны народного здоровья, 8, СПб., 1886, с. 103.
- Дарвин Ч. Путешествие вокруг света на корабле Бигль, гл. XIV, Собр. соч., т. I, Изд. 2, СПб., 1898, с. 189–190.
- Дашков В. Описание Олонецкой губ., СПб., 1842, с. 94.
- Двойченко П. Гидрогеологический очерк населенных пунктов Перекопского у., I, Симф., 1911, с. 7–172.
- Двойченко П. Минералы Крыма, под ред. А. Ферсмана, II, 1914, с. 47–50.
- Дембицкий И. (сост.), Научные и литературные труды о Цехоцинке, Варшава, 1911, с. 103.
- Денисов М. Горн. журн., 1887, IV, с. 218, 219.
- Державин А., в кн.: П. Шмидт, Камчатская эксп. Ф. Рябушинского, зоолог. отд., 1, М., 1916, с. 284–317.
- Дерюгин К. Фауна Кольского залива, Пг., 1915, с. 696 (Зап. Акад. наук).
- Джегангир М. Изв. Кавказского отд. Геогр. общ., 1, 1872–1873, с. 198.
- Джисвилегов А. Торговля на Западе в средние века, СПб., 1904, с. 78.
- Дзен А. Вестник водолеч., 1, 1881, СПб., с. 497.
- Динник Н. Зап. Кавказского отд. Геогр. общ., 13, 1884, с. 51.
- Динник Н. Зап. Кавказского отд. Геогр. общ., 14, 1, 1890, с. 115.
- Дитмар К. Поездка и пребывание на Камчатке, пер. с нем., I, СПб., 1901, с. 81–644.
- Дмитриев. Горн. журн., 1831, I, с. 48–49 и сл.
- Добровольский А. Чокракское грязелечебное заведение, Херс., 1889.
- Доброхотов В. Врач, 11, СПб., 1890, с. 543.
- Доброхотов В. Тр. I Съезда по климатологии, гидрологии, бальнеологии, 1899, с. 615.
- Додонов Г. Зап. Уральского общ. естествоисп., 35, 1915, с. 115.
- Домбровский Б. Рудный вестник, 1, 1916, с. 181–182.
- Домгер В. Горн. журн., 1876, II, с. 298.
- Домгер В. Зап. СПб. Минер. общ., 15, 1879, с. 206.
- Домгер В. Горн. журн., 1880, IV, с. 271 и сл.
- [Досс Б.] Doss B. Korrespondenzblatt d. Naturf. Ges. Riga, 40, 1898, S. 193.
- [Досс Б.] Doss B. Korrespondenzblatt d. Natutrf. Ges. Riga, 43, 1900, S. 223, 227.
- Досс Б. (1). Ежегодн. минер. и геол. России, 10, 1908, с. 213.
- [Досс Б.] Doss B. (2). Korrespondenzblatt naturf. Ges. Riga., 51, 1908, S. 59.
- [Досс Б.] Doss B. Beitrage z. Geophys., 10, 1909, S. 54–71.
- [Досс Б.] Doss B. (1). N. Jb. Min., B-Bd. 33, 1912, S. 691–694.
- [Досс Б.] Doss B. (2). Zschr. prakt. geol., 15, 1912, S. 453.
- Драверт П. Экспедиция в Сунгарский соленосный район, Якутск, 1908, с. 22–33.
- Драверт П. Список минералов Якутской обл., Казань, 1910, с. 6–8.
- Драверт П. Протоколы Казанского общ. естествоисп., № 278, 1912, прилож., с. 17–25.
- Дрейер А. Зап. Русск. бальнеологич. общ., 7, 1904, с. 113.
- Дризо Е. Тр. химич. и радиол. лабор. Одесского техн. общ., № 6, 1913.

- Дубиневич В. Изв. Варшавского унив., 1887, № 1, 6, с. 1.
 Дубицкий. Московская медиц. газета, 1860, с. 152, 154.
 Дубовицкий. Военно-медиц. журн., 57, СПб., 1851, № 4, с. 37.
 Дубровский Н. Тр. Владимирского общ. любит. естествозн., 1, 1903, с. 16–111.
 Дубровский Н. Отчет временной комиссии по изысканию мер к охране водоемов Московского
 промысл. р-на за 1912 г., 1913, с. 109.
 Дубянский В.В. Зап. Кавказского отд. Геогр. общ., 25, 1906, с. 21.
 Дубянский В.В. Изв. Варшавского политехн. инст., 1913, вып. 3, оттиск, с. 5.
 Дубянский В.В. К петрографии Эльбруса. Варш., 1914, с. 41.
 Дунин-Горкавич А. Тобольский Север. I, 1904, с. 176.
 [Дыбовский В.] *Dubowski V.* Mém. Acad. Sci., SPb., 32, № 18, 1885, p. 1–8.
 Дюпарк Л. и Сигг Г. Тр. Геол. ком., новая серия, 101, 1914.
 Дьяконов М. Горн. журн., 1902, I, с. 36.
- Европин А.* Военно-медиц. журн., 179, № 1, отд. 2, СПб., 1894, с. 1.
Егоров Г. Тр. Съезда по улучшению лечебных местностей, 6, 1916, с. 36.
Егунов М. Архив биолог. наук, 3, 1895, с. 378.
Егунов М. (1). Ежегодн. минер. и геол. России, 1, 1896, с. 5, 6.
Егунов М. (2). Cbl. Bacter. 2, 2te Abth., 1896, S. 20.
Егунов М. Ежегодн. минер. и геол. России, 2, 1897, с. 157; 4, 1900, с. 61.
Едемский М. Зап. СПб. минер. общ., 51, 1915, с. 133.
Еланцев П. Тр. I Съезда по климатологии, гидрологии, бальнеологии, 1, СПб., 1899, с. 660.
Еремеев П. Горн. журн., 1855, I, с. 313.
Еремеев П. Горн. журн., 1867, I, с. 337–483.
Еремеев П. (1). Горн. журн., 1871, IV, с. 470.
Еремеев П. (2). Материалы геол. России, 3, 1871, с. 35–36.
Еремеев П. Зап. СПб. минер. общ., 18, 1883, с. 278.
Еремеев П. Зап. СПб. минер. общ., 22, 1886, с. 350; 23, 1887, с. 273–292; 24, 1888, с. 25.
Еремеев П. Зап. СПб. минер. общ., 29, 1892, с. 204; 31, 1894, с. 398; 33, 1895, с. 38; 34, 1896,
 с. 39, протоколы.
Еремеев П. Изв. Акад. наук, 1897, 6, № 5, с. XXXVII.
Ермолин А. Запорожские минеральные источники, Славянск, 1915, с. 14.
Ермолов А. Материалы по общей и прикладной геологии, № 22, 1916, с. 9–22.
Ерофеев В. Горн. журн., 1878, II, с. 60–69.
Ефремов Н.Н. Материалы Комис. по изуч. естеств.-произв. сил России, № 28, Пг., 1919.
- Жерве Ф.* Горн. журн., 1897, III, с. 69.
Жерве Ф. Горн. журн., 1913, II, с. 95.
Жилинский И. Очерк гидротехнических работ в районе Сибирской ж.д., 1907, с. 161–610.
Журавский А. Изв. Русск. геогр. общ., 45, 1909, с. 213.
- Забалуев В.* Водоснабжение в Саратовской губ. в санитарном отношении, 3, 1913, с. 11.
Завалишин Н. Описание Западной Сибири, I, М., 1861, с. 2, 30.
Завалишин Н. Описание Западной Сибири, III, М., 1867, с. 108.
 [Завьялов В.] *Zawjaloff W.* Cbl. Bacteriol., 2 Abt., 39, 1913, S. 440.
Зайцев А. Геологическое описание Ревдинского и Верх-Исетского окр., СПб., 1887, с. 138.
Зайцев А. (1). Вестн. золотопром., 1893, с. 149, 170.
Зайцев А. (2). Горн. журн., 1893, I, с. 466.
Зайцев А. О золотоносных россыпях Мариинского окр. Томской губ., Томск, 1894, с. 11.
Зайцев А. В Ачинско-Минусинской тайге, 1901, с. 24 (из Вестн. золотопром.).
Зайцев А. Сборник в память Э.Г. Салищева, Томск, 1903, с. 93.
Зайцев А. По золоторудному району, Томск, 1904, с. 5–7.
Зайцев И. Журн. Русск. физ.-хим. общ., 22, 1890, с. 519.
Залеский С.И. Озеро Ингол, Томск, 1892, с. 14, 56.
Залеский С.И. Опреснение Славянских минеральных озер, СПб., 1897.
Залеский С.И. (1). Врач, 19, 1898, с. 1466, 1470.

- Залеский С.И.* (2). Дневник X Съезда русск. естествоисп. в Киеве, 1898, с. 151–396.
- Залеский С.И.* Врач, 21, 1900, с. 1269 и сл.
- Залесский М.* Изв. Геол. ком., 33, 1914, с. 498.
- Залуговский.* Военно-медиц. журн., 63, 1853, с. 23.
- Замятин А.* Изв. Геол. ком., 30, 1911, с. 562, 694.
- Замятин А.* Тр. Геол. ком., № 84, 1913, с. 151, 156.
- Замятин А.* (1). Изв. Геол. ком., 33, 1914, с. 696.
- Замятин А.* (2). По Уральской области, СПб., 1914, с. 54.
- Замятин А.* (1). Изв. Геол. ком., 35, 1916, с. 311.
- Замятин А.* (2). Поверхность и недра, 2, 1916, с. 271–357.
- Замятин А.* Ест.-произв. силы России, 4, вып. 7, Пг., 1917, с. 41.
- Защук А.* Бессарабская область, СПб., 1862, с. 66, 67.
- Зееланд.* Военно-медиц. журн., 144, 1882, с. 164.
- Зек.* Горн. журн., 1857, III, с. 33 и сл.
- Зеленецкий В.* Зап. СПб. минер, общ., 23, 1887, с. 304.
- Зеленский И.* Минская губерния, I, СПб., 1864, с. 273.
- Зелинский Н.* Журн. Русск. физ.-хим. общ., 25, 1893, с. 298, 302.
- Зелинский Н.* и *Брусиловский Е.* Южнорусская медиц. газета, 2, 1893, с. 230, 248.
- Зелинский Н.* и *Брусиловский Е.* Отчет о деятельности Одесского бальнеологич. общ., 5, 1898, с. 47.
- Земятченский П.* Пады, СПб., 1894, с. 9.
- Земятченский П.* Тр. СПб. общ. естествоисп., протоколы, 1895, № 1, с. 2–7.
- Земятченский П.* Старобельский уезд, СПб., 1900, с. 98.
- [*Зернов С.*] *Zernow S.* Intern. Revue Hydrobiol., 2, 1909, p. 115.
- Зильбер Я.* Журн. Общ. охраны народного здоровья, 16, 1906, с. 437, 442.
- Зильбер Я.* (1). Харьковский медиц. журн., 16, 1913, с. 409–410.
- Зильбер Я.* (2). Тр. Общ. физ.-хим. наук при Харьковском унив., 16, 1913.
- Зильбер Я.* Результаты химич. исслед. Харьковской водопр. воды в 1913 г., 1915, с. 8.
- Зильбер Я.* Материалы по исслед. Харьковского водопровода, Оттиск из свед. о деят. санитар. организ. Харькова в 1916 г., 1917, с. 19.
- Зильберберг Л.* Зап. Новороссийского общ. естествоисп., 23, 1, 1899, с. 119 и сл.
- Зильберминц В.* Тр. Геол. муз. Акад. наук, 1916, с. 228.
- Зинин Н.* Военно-медиц. журн., 62, СПб., 1853, № 2, с. 1–14.
- Зиновьев Д.* Технол. журн. 11, СПб., 1814, с. 90.
- Злобин А.* (1). Сибирский вестник, 1823, № 1, с. 13; (2), № 6, с. 66, 69; (3), № 7, с. 8; (4), № 8, с. 100, 102.
- Злобин М.* Горн. журн., 1831, IV, с. 22–38.
- Знаменский И.* Проток. и тр., Общ. архангельских врачей, I, 1887, с. 65.
- Знаменский И.* Изв. Вост.-Сибирского отд. Геогр. общ., 43, 1914, с. 27.
- Знаменский И.* Минеральные источники Пермской губ. (Прил. к докл. Гидротехн. ком. Пермск. губ. земск. собр.), 1916, с. 16–30.
- Золотницкий Н.* Вятские губ. ведомости, 1860, с. 268.
- Иваницкий.* Горн. журн., 1833, IV, с. 62–75.
- Иваницкий К.* Ест.-произв. силы России, 4, вып. 7, 1917, с. 168, 171.
- Иванов.* Горн. журн., 1840, II, с. 399.
- Иванов А.* Нефтяное дело, 8, 1906, с. 190.
- Иванов А.* Изв. Акад. наук, 1909, с. 183–184.
- Иванов Д.* Материалы для статист., эконом. и ест. ист. обслед. Калмыцкой степи Астраханской губ., I, 1910, с. 222.
- Иванов М.* Геологические исследования в золотоносных областях Сибири, Амурско-Приморский р-н, 5, 1904, с. 114.
- Иванов Ф.* Горн. журн., 1868, III, с. 90.
- Иванов Ф.* Горн. журн., 1876, III, с. 194.
- Ивановский А.* Землеведение, 1897, оттиск, с. 33.
- Ивсен К.* Краткое описание Столыпинских минеральных вод и грязей, Саратов, 1880.

- Игнатов П.* Изв. Русск. геогр. общ., 36, 1900, с. 440, 441.
- Илиш.* Журн. Мин. внутр. дел, 1854, 4, отд. 2, с. 20.
- Иностранцев А.* Изучение Друскеникских минеральных источников, СПб., 1882, с. 38–79.
- Иогансон А.* Протоколы Медич. общ. Вятской губ. в 1901–1903 гг., 1904, с. 67 и сл.
- Иосса.* Горн. журн., 1834, IV, с. 158.
- Исаченко Б.* Изв. СПб. ботанич. сада, 12, 1912, с. 134, 141.
- Исаченко Б.* Исследования над бактериями Сев. Ледов. океана. Пг., 1914, с. 79, 160–244.
- Исаченко Б.* Тр. Съезда по улучшению лечебных местностей, 5, Пг., 1915, с. 291, 294.
- [*Исаченко Б.*] *Issatschenko B.* C. R. Acad. Sci. Paris, 178, 1924, p. 2205.
- Искюль В.* Отчеты Комис. по изуч. ест.-произв. сил., 2, 1917.
- Исполатов Е.* Естествознание и география, 1911, № 9, с. 26.
- Казанский.* Журн. Мин. внутр. дел, 21, 1836, с. 187.
- Казбек Г.* Зап. Кавказского отд. Геогр. общ., 10, 1876, с. 51–140.
- Калицкий К.* Тр. Геол. ком., новая серия, 24, 1906.
- Калицкий К.* Изв. Геол. ком., 32, 1913, с. 317–326.
- Калицкий К.* (1). Изв. Геол. ком., 3, 1914, с. 207–795.
- Калицкий К.* (2). Тр. Геол. ком., новая серия, 95, 1914, с. 40.
- Калицкий К.* Тр. Геол. ком., новая серия, 133, 1915, с. 20, 25.
- Камнев М.* Псекупские минеральные воды. Ек., 1883.
- Кандидов П.* Тр. I Съезда по климатологии, гидрологии, бальнеологии, 1, 1899, с. 747.
- Каракаш Н.* Тр. СПб. общ. естествоисп. 21, 1, 1891, с. 19.
- Каракаш Н.* в кн.: *А. Иностранцев.* Через Главный Кавказский хребет, 1896, с. 9, 12.
- Каракаш Н.* Тр. Геол. музея Акад. наук, 7 (1913), 1914, с. 132, 162.
- [*Карамышев А.*] *Neue Nord. Beiträge*, 4, 1783, с. 223–245.
- Карелин С.* Зап. Русск. геогр. общ., 10, 1883, с. 29, 400.
- Карпинский А.* Зап. СПб. минер. общ., 9, 1874, с. 251.
- Карпинский А.* Горн. журн., 1876, I, с. 179, 180.
- (*Карпинский А.*) в кн. «Очерк полезных ископаемых в Европейской России и на Урале», СПб., 1881, с. 21–65.
- Карпинский А.* Изв. Геол. ком., 4, 1885, с. 402.
- Карпинский А.* Изв. Геол. ком., 20, 1901.
- Карпинский М.* Горн. журн., 1833, I, с. 180.
- Карпинский М.* (1). Горн. журн., 1840, I, с. 229–230; (2), 1840, IV, с. 216.
- Карпов Б.*, в кн.: *В. Семенов Тянь-Шанский.* Россия, 14, СПб., 1910, с. 45.
- Карпович В.* Медицинский сборник, № 8, Тифл., 1869, с. 7.
- Карпович В.* Сборник материалов для описания Тифлисской губ., 1, 2, 1871, с. 133–251.
- Карпович И.* Зап. Русск. бальнеологич. общ., 6, Пятигорск, 1904, с. 452.
- Карстенс Э.* Химический состав Кавказских минеральных вод, Пятигорск, 1910, с. 20–87.
- Карстенс Э.* Зап. Русск. бальнеологич. общ., 14, 1913, Пятигорск, прил., с. 5.
- Карстенс Э.* Ейский курорт, 1915, с. 3–6.
- Карстенс Э.* и *Штанге И.* Контрольные анализы Кавказских источников за 1913 г., Пятигорск, 1913.
- Кассин Н.* Гидрогеологические исследования в центральной части Тургайского у., СПб., 1913, с. 96.
- Кассин Н.* Гидрогеологические исследования бассейна Иссык-Куля, Пг., 1915, с. 147–230.
- Касторский Н.* Протоколы Томского общ. естествоисп. за 1901–1903 гг., 1904, с. 43.
- Каульбарс А.* Зап. Русск. геогр. общ., 5, 1875, с. 381.
- Каульбарс А.* Зап. Русск. геогр. общ., 9, 1881, с. 433–585.
- Кашин Н.* Зап. Русск. бальнеологич. общ., 2, 1868, с. 49–78.
- [*Кашинский П.*] *Kaschinsky P.* Zschr. angew. Chem., 26, 1913, S. 493.
- Кашинский П.* Гидрохимические материалы, 1, 1915, с. 23–68.
- Кашкаров Д.* Природа, 1917, с. 488.
- Квитка С.* Изв. Геол. ком., 24, 1905, с. 482–494.
- Кедров М.* Слепшовские и Михайловские минеральные воды, СПб., 1862.
- Кеппен А.* Горн. журн., 1870, IV, с. 271.

- Кеппен А.* Сахалин, СПб., 1865, с. 20.
- Киль Д.* Горн. журн., 1873, II, с. 312.
- Кирпичников Д.* (1). Горн. журн., 1874, IV, с. 266.
- Кирпичников Д.* (2). Уральск. войск. ведомости, 1874, № 44.
- Киселев Я.* Тр. II Съезда по климатологии, гидрологии, бальнеологии, 2, 1906, с. 49.
- Киселева Е.* Изв. Инст. исследования Сибири, № 2, 1920, с. 23–28.
- Киселевич К.* Тр. Ихтиологич. лабор., 3, № 5, Астрахань, 1914, с. 56, 85.
- Кишенский С.* Записки Зап.-Сиб. отд. Геогр. общ., 20, 1896, с. 5.
- Клаус К.* Химич. разложение Сергиевских минеральных вод, Казань, 1839.
- Клетнер А.* Земский сборник Черниговской губ., 1895, № 7–9, с. 141.
- Клер М.* Изв. Геол. ком., 33, 1914, с. 301.
- Клер М.* (1). Зап. Уральского общ. любит. естествозн., 35, 1915, с. 99, 102.
- Клер М.* (2). Изв. Геол. ком., 34, 1915, с. 293, 1158.
- Клетнева Е.* Отчет Общ. изучения Смоленской губ. за 1914 г., 1915, с. 31.
- Клионовский П.* Архангельский сборник, 1863, с. 286.
- Клыков А.* Тр. Ихтиологич. лаборатории Упр. Касп.-Волжских рыбных промыслов, 3, 1, 1912, с. 6.
- Клюковский А.* Медицинский сборник, № 23, Тифлис, 1877, с. 4.
- Книпович Н.* Изв. Акад. наук (5), 3, 1895, с. 467.
- Книпович Н.* (1). Вестн. рыбпромышл., 1904, с. 258.
- Книпович Н.* (2). Peterm. Mitth., 1904, S. 127.
- Книпович Н.* Изв. Русск. геогр. общ., 16, 1905.
- Книпович Н.* Основы гидрологии Европейского Ледовитого океана (Зап. Русск. геогр. общ.), СПб., 1906, с. 1306.
- Книпович Н.* Тр. Каспийской эксп., I, СПб., 1907, с. 45–72.
- Книпович Н.* Изв. СПб. ботан. сада, 12, 1912, с. 73.
- Кобецкий О.* Об артезианских колодцах Киева, 1897, с. 10.
- Кобецкий О.* Тр. 3-го водопроводного съезда. М., 1898, с. 261.
- Ковалев Н.В.* Туркестанские ведомости, 1905, № 189, с. 1007; 1906, № 46, с. 292.
- Ковалевский (1).* Горн. журн., 1827, № 2; (2), 1827, № 7; 1829, I, с. 300.
- Ковригин.* Горн. журн., 1850, II, с. 220; 1856, II, с. 225.
- Козырев А.* Горн. журн., 1905, II, с. 396–397.
- Козырев А.* Грунтовые воды Акмолинского, Атбасарского и Кокчетавского уездов, СПб., 1907, с. 70.
- Козырев А.* Гидрогеологическое описание южной части Акмолинского у., СПб., 1911, с. 62–621.
- Коклик С.* Подземные воды Киева, 1909, с. 53, 108 и сл.
- Кокшаров Н.* Горн. журн., 1850, I, с. 264.
- [Кокшаров Н.] Kokscharow N.* Mélanges phys. et chim. Acad. Sci. SPb., II, 1854, p. 557.
- Кокшаров Н.* Материалы минералогии России, II, 1856, с. 208.
- Колобов.* Горн. журн., 1836, I, с. 218.
- Колтовский.* Горн. журн., 1838, I, с. 428.
- Комаров.* Горн. журн., 1842, I, с. 200–204.
- Комаров В.* Землеведение, 18, 1911, № 1–2, с. 162.
- Комаров В.* Путешествие по Камчатке. М., 1912, с. 42–409.
- Кондратович.* Горн. журн., 1882, IV, с. 158.
- Кондратьев.* Горн. журн., 1893.
- Кондыкин Ф.* Зап. Уральского общ. любит. естествозн., 26, 1907, с. 73.
- Кондыкин Ф.* Горн. журн., 1912, II, с. 2 и сл.
- Кондырев.* Славянские минеральные воды. СПб., 1891.
- Константинов С.В.* (1). Горн. журн., 1915, I, оттиск, с. 4–12.
- Константинов С.В.* (2). Тр. Геол. ком., новая серия, 114, 1915.
- Константинов С.В.* (1). Ест.-произв. силы России, 4, вып. 7, 1917, с. 71–99; (2), вып. 15, 1917, с. 10–19.
- Конткевич С.* Зап. СПб. минер. общ., 23, 1887, с. 246, 261.
- Конткевич.* Горн. журн., 1902, I, с. 157 и сл.

- Коншин А.* Горн. журн., 1883, I, с. 144, 146.
- Коншин А.* Материалы геол. Кавказа (2), 2, 1888, с. 90; (2), 4, 1890, с. 98, 265; (2), 6, 1892, с. 20–155; (2), 7, 1893, с. 35–87; (2), 8, 1894, с. 127–213; (2), 10, 1896, с. 328–329.
- Коншин А.* Материалы геол. Кавказа (3), 2, 1899, с. 153–182; (3), 3, 1902, с. 84, 86.
- Конюшевский Л.* Материалы геол. Кавказа (3), 7, 1909, с. 53–141; (3), 10, 1911, с. 106.
- Конюшевский Л.* (1). Ейский курорт, 1915, с. 6–29.
- Конюшевский Л.* (2). Тр. Съезда по улучшению лечебных местностей, 1, 1915, с. 155.
- Конюшевский Л.* (3). Материалы геол. Кавказа (4), 4, 1915, с. 73.
- Корвацкий В.* Горн. журн., 1907, II, с. 347 и сл.
- Корева А.* Виленская губ., СПб., 1861, с. 220.
- Корниевский и Фогель.* Медицинский сборник, 1, 1866, № 1, с. 6.
- Корнилов И.* Вестн. Русск. геогр. общ., 27, 1859, отд. 2, с. 25.
- Коротков Б.* Тр. Геол. ком., новая серия, 89, 1914, с. 63.
- Коротков Е.* Зап. Уральского общ. любит. естествозн., 35, 1915, с. 69–76.
- Корытин П.* Материалы для изучения Манычских минеральных грязей, Грузское озеро, СПб., 1893, с. 40.
- Косинов И.* Кубанский сборник, 7, 1900, с. 230.
- Косинов И.* Тр. Съезда по улучшению лечебных местностей, 5, 1915, с. 196.
- Коссович П.* О круговороте хлора и серы на земном шаре, СПб., 1913, с. 31–56 (сообщ. бюро земл. 12).
- Коссовский В.* Вестник водолеч., 1, 1881, с. 164.
- Коссовский В.* Славянский курорт, 1914, с. 19.
- Костенков.* Калмыцкая степь по исследованию Кум-Манычск. эксп., СПб., 1868, 3, с. 35, 51.
- Костров.* Москвитянин, 1852, № 20.
- Костров И.* (1). Томские губ. ведомости, 1874, № 25; (2), 1874, № 32.
- Котульский В.* Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Ленский р-н, 9, 1913, с. 24, 26.
- Котульский В.* Ест.-произв. силы России, 4, вып. 40, 1917, с. 95–97.
- Котурницкий Н.* Медицинский сборник, 1, 1866, № 1, с. 88, 90.
- Кох М.* Горн. месторождения Баталпашинского отдела Кубанской обл., СПб., 1911, с. 35.
- Кошеляев С.* Гидрохим. материалы, 2, Пг., 1916, с. 5.
- Кошкуль Ф.* Горн. журн., 1865, III, с. 84–207.
- Кошкуль Ф.* Изв. Русск. геогр. общ., 6, 1870, с. 191–195.
- Кошкуль Ф.* Зап. Кавказского отд. Геогр. общ., 8, 1873, с. 12.
- Кошкуль Ф.* Горн. журн., 1879, III, с. 175–191.
- Кошкуль Ф.* Медицинский сборник, № 35, 1883, с. 172.
- Красноглазов.* Сборн. газеты Кавказ, ч. 1, 1846, с. 192.
- Краснопольский А.* Тр. Геол. ком., 11, № 1, 1889, с. 156–451.
- Краснопольский А.* Геол. исслед. по линии Сибирской ж.д., 17, 1898, с. 27–79; 21, 1900, с. 87, 285.
- Краснопольский А.* Ест.-произв. силы России, 4, вып. 7, 1917, с. 107–114.
- Краснянский М.* Зап. Ростова на Дону общ. истории древностей и природы, 1, 1912, с. 227.
- Крассовский Н.* Памятная книжка Виленской губ., 1860, II, с. 97.
- Крашенинников И. М.* Землеведение, кн. I–II, 1906, с. 15–40.
- Крашенинников С.* Описание земли Камчатки, I, СПб., 1755 (перезд. в 1818 г.), с. 45–185.
- Крейцер и Дубовицкий.* Военно-медиц. журн., 56, 1850, отд. 7, с. 5.
- Кремнев Г.* Протоколы Кавказского медиц. общ., 24, 1888, с. 277.
- Кресловский С.* Военно-медиц. журн., 69, 1857, отд. 7, с. 2.
- Крестников А.* Протоколы Кавказского медиц. общ., 19, 1892, с. 521, 522.
- Крист Е.* Сборник сведений о Северном Кавказе, 2, Ст. Кавк., 1909.
- Криштофович Н.* Зап. Новоалександр. инст. с. хоз., 15, 3, 1903, с. 271.
- Кропоткин П.* Отчет об Олекмо-Витимской экспедиции, СПб., 1873, с. 170.
- Кротов П.* Изв. Геол. ком., 3, 1884, с. 112.
- Кротов П.* Изв. Геол. ком., 4, 1885, с. 392.
- Кротов П.* Тр. Геол. ком., 6, вып. 1–2, 1888, с. 131–529.
- Кротов П.* (1). 31-е Елабужское уездное земское собрание 1897 г., журналы, Вятка, 1898, с. 277.
- Кротов П.* (2). Изв. Геол. ком., 17, 1898, с. 253.

- Кротов П.* Ежегодн. минер. и геол. России, 10, 1908, с. 228.
Кротов П. Тр. Геол. ком., новая серия, 64, 1912, с. 14.
Крыжановский Г. Горн. журн., 1830, I, с. 149.
Крылов. Материалы для статистики Туркестанского окр., Ежегодник, II, СПб., 1873, с. 146.
Крынин П. Отчет по рекогно. исследованию рек Камчатского пол-ва, СПб., 1913, с. 47.
Крюгер В. Зап. Семипалатинского отд. Геогр. общ., 6, 1912, с. 3.
Кудрявцев Н. Материалы геол. России, 15, 1892, с. 450, 847.
Кудрявцев Ф. Зап. Общ. сельск. хоз. Ю. России, 1894, № 3, с. 5–19.
Кузнецов С. Изв. Акад. наук, 1910, с. 715.
Кузнецов С. Изв. Акад. наук, 1911, с. 897.
Кукольник П. Памятная книжка Виленской губ., 1853, II, с. 58 и сл.
Кулибин А. Указатель открытий, IV, 1827, с. 363.
Кулибин А. (1). Горн. журн., 1829, II, с. 144; (2), 1829, IV, с. 11, 18.
Кулибин А. Описание Кольвано-Воскресенских заводов, по 1833 г. Горн. журн., 1836, I, с. 158.
Кулибин К. Горн. журн., 1865, IV.
Кулибин К. Горн. журн., 1887, IV, с. 198.
Кулибин Н.А. Зап. СПб. минер. общ., 8, 1873, с. 204.
Кулик Н.А. Изв. Общ. изуч. Сев. России, 1909, № 12.
Кулик Н.А. Тр. Общ. землеведения, 3 (1909–1913), 1914, с. 88.
Кулик Н.А. Зап. СПб. минер. общ., 51, 1915, отгиск, с. 43.
Кулябко-Корецкий А. Новый курорт Мацеста, М., 1913, с. 15.
Кун. Горн. журн., 1829, II, с. 224, 225.
[Кунффер А.] Kurfper A. Voyage dans l'Oural, P., 1833, p. 101.
[Кунффер К.] Kurfper K., Baltische Landeskunde, 1911, S. 191, 479.
Кутцис И. Тр. Съезда по улучшению лечебных местностей, 4, Пг., 1915, с. 149.
Кутцис И. Тр. и протоколы Кавказского медиц. общ., 49, 1913, с. 168–172.
Кутцис И. Целебный Кавказ, Тифл., 1915, № 5–6, с. 24–36.
Курлов М. Изв. Инст. исследования Сибири, № 3, 1921, с. 13.
Курнаков Н. и *Жемчужный С.* Изв. Акад. наук, 1917, с. 140.
[Куторга С.] Kutorga S. Verhandl. Miner. Ges. SPb. (Тр. СПб. минер. общ.), 1850–1851, с. 250–329.
Кучин И. Зап. Уральского общ. естествоисп., 31, 1911, с. 25–26.
Кучин И. Тр. совещания по рыбоводству (1913), 2, 2, 1915, с. 153.
Кучинский. (1). Приамурские ведомости, 1894, прил. № 31; (2), 1894, прилож. № 34, с. 1.
Кушелевский В.И. Материалы для мед. топографии Ферганской обл., I, Новый Маргелан, 1890, с. 114–207.
Кушелевский Ю. Северный полюс и земля Ялмал, СПб., 1868, с. 38, 47.
Кушиниренко Д. О хим. составе вод Харьковского водопровода, 1900, с. 18–97, XV.
- Л. А., Самарские губ. ведомости, 1854, с. 36.*
[Лаксман Е.] Laxmann E. Neue Nord. Beiträge, 6, SPb., 1793, S. 311.
[Лаксман Е.] Laxmann E. Nova Acta Acad. Petrop., 10, 1797, с. 4, 15.
Лалетин. Горн. журн., 1849, II, с. 173.
Лан М. Тр. Бакинского отд. Техн. общ., 13, 1898, с. 444.
Лангваген Я. Материалы геол. России, 3, 1911, с. 73.
Лангваген Я. Изв. Геол. ком., 31, 1912, с. 312, 315.
Ланд Ф. (1). Медицинский сборник, № 12, 1871, с. 28; (2), № 13, 1871, с. 25.
Ларин Е. Зап. Русск. бальнеологич. общ., 6, 1903, с. 167.
Ласкарев В. Изв. Геол. ком., 23, 1904, с. 102.
Ласкарев В. Геол. исследования в ю.-з. России, Пг., 1914, с. 430.
Латкин Н. Очерк золотоносных россыпей Енисейского окр., СПб., 1869, с. 72.
Латкин Н. Енисейская губ., СПб., 1892, с. 10.
Лебедев В. Изв. Русск. геогр. общ., 47, 1911, с. 61.
Лебедев Н. Материалы геол. Кавказа (3), 1, 1898, с. 105, 108.
Лебедев Н. Вестн. горного дела и орошения на Кавказе, 1900, № 17, с. 12.

- Лебедев Н.* Коллекции Кавказского музея, III, 1901, с. 89–231.
- Лебедев Н.* Материалы геол. Кавказа (3), 3, 1902, с. 131–280.
- Лебединцев А.* Зап. Новороссийского общ. естествоисп., 16, 1891, с. 154, 571.
- Лебединцев А.* (1). Зап. Новоросс. общ. естествоисп., 18, 1892, с. 41–55.
- Лебединцев А.* (2). Изв. Русск. геогр. общ., 28, 1892, с. 51.
- Лебединцев А.* (1). Geogr. Journ., 1893, No. 1, p. 50.
- Лебединцев А.* (2). Mitth., geogr. Ges. in Wien, 1893, S. 374.
- Лебединцев А.* Тр. Карауغازской эксп., 2, СПб., 1902, с. 105–170.
- Лебединцев А.* (1) Изв. Никольского рыбоводного завода, № 9, СПб., 1904, с. 122–127.
- Лебединцев А.* (2). Вестн. рыбопром., 1904, с. 420.
- Лебединцев А.* Планом. гидрол. исследование Каспийского моря, СПб., 1913, с. 47.
- Леваковский И.* Тр. Харьковского общ. испыт. природы, 1870; 9, 1875, с. 231–232.
- Левинский И.* Изв. Геол. ком., 21, 1902, с. 637–638.
- Левинский И.* Тр. 10-го Русск. водопроводного съезда, 1911, с. 64.
- Левинсон-Лессинг Ф.* Изв. СПб. политехн. инст., 2, 1904, с. 6–16.
- Левшин А.* Описание Киргиз-Кайсацкой орды, I, СПб., 1832, с. 169–174.
- Леман Э.* Изв. Томского унив., 3, 1891, с. 116.
- Леман Э.* Научные очерки Томского края, 1898, с. 7, 17.
- Лемницкий.* Пояснительная записка к пласт. и геол. картам Польского каменноуг. бассейна, 1892.
- Леонов Г.* Сборник материалов для статистики Сыр-Дарьинской обл., 5, 1896, с. 95–162.
- Леонов Г.* Горн. журн., 1897, III, с. 202, 210.
- Леонтович А.* Медико-топографический сборник, 2, 1871, с. 36, 39.
- Лепехин И.* Дневные записки путешествия, СПб., 1771, с. 200–445.
- Лепехин И.* Продолжение дневных записок, изд. 2, СПб., 1802, с. 19–222.
- Лесевич В.* Собрание соч., III, [М., 1917], с. 125.
- Лессар П.* Зап. Кавказского отд. Геогр. общ., 13, 1884, с. 184.
- Ливен А.* Медицинский сборник, № 23, 1877, с. 13.
- Лидов А.* Об углекислоте из естественных известняков, Харьков, 1916, с. 7.
- Линденер Б.* Изв. Акад. наук, 1910, с. 1002.
- Линевич Л. и Рафес М.* Тр. Съезда по улучшению лечебных местностей, 4, Пг., 1915, с. 375.
- Липский В.* Горная Бухара, I, СПб., 1902, с. 104, 132.
- Липский В.* Изв. Русского геогр. общ., 42, 1906, с. 177.
- Лисенко.* Горн. журн., 1835.
- Литевский.* Горн. журн., 1873, IV, с. 75–79.
- [*Ловиц Т.*] Lovitz T. Allg. nord. Ann. Chem., 5, 1820, S. 19.
- Лозинский А.* Врачебная газета, 17, 1910, с. 1129–1133.
- Лозинский А.* Бальнеолог. практ. врача, ч. I, Пг., 1916, с. 359.
- Ломоносов А.* Изв. Русск. геогр. общ., 4, 1868, отд. II, с. 184, 185.
- Лопатин.* Горн. журн., 1831, II, с. 124.
- Лопатин И.* Дневник Витимской экспедиции, обраб. Б. Поленовым, СПб., 1895, с. 2–278.
- Лосиевский.* Вестн. Русск. геогр. общ., 2, 1851, отд. 10, с. 51.
- Лукашевич И.* Неорганическая жизнь Земли, II, СПб., 1909, с. 274.
- Лучицкий В.* Раппакиви Киевской губ., 1912, с. 157.
- Львов А.* Техн. геол. описание линии западной части Амурск. ж. д., СПб., 1913, с. 259.
- Львов Ф.* Иркутские губ. ведомости, 1859, № 5, с. 13–15.
- Львов Ф.* Записки Сибирского отд. Геогр. общ., 7, 1864, с. 93, 94.
- Любарский В.* Горн. журн., 1828, № 4, с. 122.
- Любарский и Клейменов.* Горн. журн., 1827, № 1, с. 62.
- Любимов В.* Медиц. вестник, 1864, с. 283.
- Любченко А.* Экспедиция в Каракумскую степь, М., 1910, с. 192.
- Людвиг Ф.* Материалы к изучению химического состава озер Енисейской губ., Юрьев, 1903, с. 50, 174.
- Маевский Ф.* Полезные ископаемые Закаспийской обл., СПб., 1897, с. 89.
- Макушин А.* Изв. Томского унив., 4, 1892, с. 51–62.

- Макшеев Н. Журн. Русского общ. охраны народного здоровья, СПб., 1910, № 4–5, с. 33–45.
- Макшеев Н. Целебные источники в Закаспийской обл., Асхабад, 1915, с. 50, 61.
- Малахов В. Зап. Уральского общ. любит. естеств., 3, 1876, с. 9, 13.
- Малахов В. Зап. Уральского общ. любит. естеств., 5, 1879, добавл., с. 5.
- Малома Я. Изв. Русского геогр. общ., 6, 1870, с. 231.
- Малома Я. Зап. Кавказского отд. Геогр. общ., 8, 1873, с. 50, 56.
- Мамонтов В. Геол. описание и полезные ископаемые района Ю. Сибирской ж. д., СПб., 1913, с. 32.
- Марголиус А. Материалы геол. Кавказа (3), 6, 1905, с. 136 и сл.
- Марголиус А. Материалы геол. Кавказа (3), 7, 1909, с. 194–196.
- Марков Е. Артезианские скважины при казенном винном складе, СПб., 1908, с. 33.
- Марков К. Ест.-произ. силы России, 4, вып. 9, 1917, с. 3.
- Маркович В. В верховьях Ардона и Риона, СПб., 1906, с. 189.
- Марковников В. Горн. журн., 1885, II, с. 202 и сл.
- Матвеев К. Тр. СПб. общ. естествоисп., 36, 1, 1905, отпечаток, с. 4.
- Матвеев П. Минеральные воды Семиреченской обл., Казань, 1901, с. 19.
- Мачавариани К. Целебные источники в Кутаисской губ., 1915, с. 36, 46.
- Мевуус. Горн. журн., 1844, III, с. 5, 6.
- Меглицкий Н. (1). Горн. журн., 1851, II, с. 195, 278.
- [Меглицкий Н.] *Meglitsky N.* (2). *Verhandl. Miner. Ges. SPb.* (Тр. СПб. минер. общ.), 1850–1851, S. 144.
- Меглицкий Н. Горн. журн., 1855, II, с. 48.
- [Меглицкий Н.] *Meglitsky N.* *Verhandl. Miner. Ges. SPb.* (Тр. СПб. минер. общ.), 1856, S. 150, 167.
- Меглицкий [Н.Г.] и Антипов [А.И.] Геогност. описание южной части Уральск. хр., СПб., 1858, с. 134–229.
- [Мейендорф А.] *Meiyendorff A.* *Voyage d'Orenbourg a Bouchara*, P., 1826, с. 32–75.
- Мейендорф А. Опыт прикладной геологии преимущ. сев. России, СПб., 1849, с. 182.
- Мейер. Горн. журн., 1876, III.
- Мейер К. Естествознание и география, М., 1916, № 1–2, с. 11–12.
- Мейстер А. Сборник в память И.В. Мушкетова, СПб., 1904, с. 109.
- Мелехин. Горн. журн., 1829, IV, с. 329, 341.
- Меликов П. Журн. Русского физ.-хим. общ., 28, 1896, с. 548.
- Меликсет-Беков Л. (1). Изв. Кавказского отд. Геогр. общ., 23, 1915, с. 52.
- Меликсет-Беков Л. (2). Целебный Кавказ, Тифлис, 1915, № 3–4, с. 6.
- Меллер В. и Денисов М. Полезные ископаемые и минеральные воды Кавказского края, изд. 3, СПб., 1900, с. 1–528.
- Меллер В. и Денисов М. Приложение к кн.: Полезные ископаемые и минеральные воды Кавказского края. Сведения о месторожд. полезных ископаемых, открытых с 1899 по 1904 гг., Материалы геол. Кавказа, (3), 6, 1905 с. 247.
- Мельников М. Горн. журн., 1882, I, с. 90; 1884, III, с. 207.
- Мельников М. Зап. СПб. минер. общ., 30, 1893, с. 194.
- Менге. Тр. Минер. общ., 1, СПб., 1830, с. 258.
- Мендельсон Ф. Тр. Съезда по улучшению лечебных местностей, 4, 1915, с. 89.
- Мер Ш. Врач, 18, СПб., 1897, с. 886.
- Мефферт Б. Выветривание минеральных углей, СПб., 1910, с. 52.
- Миддендорф А. Путешествие на север и восток Сибири, I, 1, СПб., 1860, с. 195–462.
- [Миддендорф А.] *Middendorff A.* *Sibirische Reise*, IV, SPb., 1867, S. 488.
- [Миддендорф А.] *Middendorff A.* *Die Baraba*, SPb., 1870, S. 7.
- Миклашевский. Горн. журн., 1871, II, с. 199, 203.
- Миклуха-Маклай. Материалы геол. России, 18, 1897, с. 239.
- Милованов. Горн. журн., 1856, I, с. 19.
- Миненков А. Южнорусский горный листок, 2, 1881, с. 114 и сл.
- Миронов С. Изв. Геол. ком., 28, 1909, с. 165, 184.
- Миротворцев. Соленые озера Алтайского окр., 1911.
- Митинский А. Горн. журн., 1912, I, с. 55.

- Митчерлих*. Пермские губ. ведомости, 1856, отд. 2, с. 69.
- Михайлов*. Горн. журн., 1854, IV, с. 151.
- Михайловский Г.* Учен. зап. Юрьевского унив., 1909, № 8, с. 46, 49.
- Михайловский С.* Зап. Горн. инст., 5, 1914, с. 96.
- Михальский А.* Изв. Геол. ком., 4, 1887, с. 404.
- Михальский А.* Изв. Общ. горн. инж., 2, 1893, № 5, с. 4.
- Михеев*. Уральский техник, 1912.
- Михельсон О.* Очерк истории разработки озер Алтайского окр., Омск, 1900, с. 11.
- Михневич А.* Ковенские губ. ведомости, 1858, с. 99, 100.
- Можайкин П.* Тр. Съезда по улучшению лечебных местностей, I, 1915, с. 66.
- Мозель Х.* Описание Пермской губ., I, СПб., 1864, с. 286, 287.
- Мокринский В.* Отчеты Комис. по изуч. произв. сил России, 1916, с. 106–120.
- Мольденгауэр Ф.* Журн. медиц. и гигиены, 1, Харьков, 1894, № 2, с. 36, 127.
- Морозевич И.* Изв. Геол. ком., 16, 1897, с. 116.
- Морозевич И.* Тр. Геол. ком., № 7, 1903, с. 18.
- Мурашев*. Зап. Горного инст., 1915.
- Муромцев П.* Могилевская губ., под ред. А. Дембовецкого, I, 1882.
- Мушкетов Д.* Изв. Геол. ком., 30, 1911, с. 842.
- Мушкетов Д.* Изв. Геол. ком., 31, 1912, с. 449.
- Мушкетов И.* Краткий отчет о геологическом путешествии в Туркестан, СПб., 1876, с. 95–113.
- Мушкетов И.* Горн. журн., 1877, III, с. 314.
- [*Мушкетов И.*] *Mouchketoff J.* (1). Richesses minér. du Tourkestan, P., 1878, с. 6–8.
- Мушкетов И.* (2). Зап. СПб. минер. общ., 13, 1878, с. 188–217.
- Мушкетов И.* (1). Туркестан, I, 1886, с. 349, 350.
- Мушкетов И.* (2). Зап. СПб. минер. общ., 22, 1886, с. 82–107.
- Мушкетов И.* Тр. Геол. ком., 10, 1, 1890, с. 66.
- Мушкетов И.* Зап. СПб. минер. общ., 31, 1894, с. 346.
- Мушкетов И.* Горн. журн., 1895, II, с. 360–379.
- Мушкетов И.* Тр. Геол. ком., 14, № 4, 1896, с. 7–8.
- Мушкетов И.* Физич. геология, 2 изд., II, СПб., 1903, с. 325.
- Мушкетов И.* Туркестан, II, СПб., 1906, с. 34–297.
- Мушкетов И.* Собр. соч., 2, (1877), СПб., 1912, с. 12.
- Надсон Г.** Микроорганизмы, как геологические деятели, СПб., 1903, с. 2–38.
- Надсон Г.* Изв. СПб. ботан. сада, 12, 1912, с. 73; 13, 1913, с. 106.
- Надсон Г.* Журн. микробиол., 1, 1914, с. 53.
- Нацкий А.* Ест.-произв. силы России, 4, вып. 40, 1917, с. 82–83.
- Неводничанский Ф.* Материалы по изучению Приамурского края, 20, Хабаровск, 1914, с. 162–163.
- Неклюдов А.* Изв. Архангельского общ. изуч. русского Севера, 1909, № 7, с. 54.
- Нелюбин А.* (1). Полное описание Кавказских минеральных вод, I, СПб., 1825, с. 25, 178; (2), то же, II, СПб., 1825, с. 661.
- Ненадкевич К.* Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. исп. природы), 1902, № 3.
- Ненадкевич К.* Тр. Геол. музея Акад. наук, 1907, 1, с. 81–89.
- Ненадкевич К.* Изв. Акад. наук, 1916, с. 1451–1452.
- Ненадкевич К.* (1). Изв. Акад. наук, 1917, № 7, с. 449, 452.
- Ненадкевич К.* (2). Изв. Акад. наук, 1917, № 13, с. 1037–1040.
- Нензберг*. Вестн. Русск. геогр. общ., 14, 1855, отд. 5, с. 26, 28.
- Нестеров М.* Вестн. золотопром., 1904, с. 130.
- Нестеровский Н.* Горн. журн., 1896, III, с. 327.
- Нестеровский Я.* Verhandl. Miner. Ges. SPb. (Зап. СПб. минер. общ.), 1856, S. 205.
- Нестеровский Я.* Журн. сельск. хоз., М., 1857, № 8, с. 107.
- Неуструев С.* Предвар. отчет об организации работ по исследованию почв Азиатской России, 1912, СПб., 1913, с. 325.

- Неуструев С. и Прасолов Л.* Самарский у., Материалы для оценки Самарской губ., ест.-ист. часть, 5, 1911, с. 5–67.
- Нефедьев В.* Краткий каталог минер. собрания Горного инст., СПб., 1871, с. 42–77.
- Нечаев А.* Изв. Геол. ком., 21, 1902, с. 297.
- Нечаев А.* Тр. Геол. ком., № 31, 1907, с. 1, 24.
- Нечаев А.* Тр. Геол. ком., № 84, 1913, с. 46.
- [Нёшель А.] Nöschel A.* Bull. cl. phys. math. Acad. Sci. SPb., 5, 1847, p. 287.
- [Нёшель А.] Nöschel A.* Verhandl. miner. Ges. (Зап. СПб. минер. общ.), SPb., 1853, S. 258–326.
- [Нёшель А.] Nöschel A.* Beiträge z. Kenntniss d. Russischen Reiches, 18, 1856, S. 170, 184.
- Нёшель А. и Кошкуль Ф.* Зап. Кавказского отд. Геогр. общ., 1864, с. 180.
- Никитин В.* Тр. Геол. ком., № 22, 1907, с. 153–225.
- Никитин М.* Карабугаз и его промышленное значение, изд. 2, Пг., 1922, с. 25, 28.
- Никитин С.* Тр. Геол. ком., 2, № 1, 1885, с. 46.
- Никитин С.* Изв. Геол. ком., 8, 1889, с. 185.
- Никитин С. (1).* Тр. Геол. ком., 5, № 1, 1890, с. 249.
- Никитин С. (2).* Тр. Геол. ком., 5, № 5, 1890, с. 125, 132.
- Никитин С. (1).* Бассейн Сызрана Тр. экспедиции исслед. источников главных рек Евр. России, СПб., 1898, с. 17.
- Никитин С. (2).* Изв. Геол. ком., 17, 1898, с. 330.
- Никитин С. (1).* Бассейн Оки, II Тр. экспедиции исслед. источников главных рек Евр. России, 1905, с. 37.
- Никитин С. (2).* Зап. СПб. минер. общ., 42, 1905, с. 136.
- Никитин С. и Ососков П.* Тр. Геол. ком., 7, № 2, 1888, с. 15.
- Никитинский Я.* О самосадочной соли Астраханской губ., М., 1876, с. 44–101.
- Новаковский М.* Горн. журн., 1887, IV, с. 90, 118.
- Ноинский М.* Тр. по водоснабжению Казанской губ., 1917, с. 83.
- Носилов К.* Горн. журн., 1883, I, с. 291–303.
- Носов.* Горн. журн., 1865, II, с. 115.
- Носов.* Зап. Технич. общ., СПб, 1868, с. 268, 279.
- Нэмен Я.,* Вестн. Средне-Азиатской ж. д., Асхабад, 1912, № 11, с. 9.
- Нэмен Я.* Целебные источники в Закаспийской обл., Асхабад, 1915, с. 6.
- Обручев В.А.** Зап. Русск. геогр. общ. по общей географии, 20, 1890, с. 85.
- Обручев В.А.* Древние палеозойские осадочные породы долины р. Лены, Ирк., 1892, с. 132–157.
- Обручев В.А.* Золотоносный район р. Бодайбо, Томск, 1903, с. 13 (из Вестн. золотопр.).
- Обручев В.А.* Геол. исслед. по линии Сибирской ж.д., 22, 2, 1905, с. 429.
- Обручев В.А.* Геол. исслед. по линии Сибирской ж. д., 22, 1, 1914, с. 717–726.
- Оводенко С.* Горн. и золотопром. известия, 10, Томск, 1913, с. 127.
- Овсяный.* Сборник геогр., топогр. и статист. материалов по Азии, 26, СПб., 1887, с. 68.
- Огильви А.* Тр. Геол. ком., новая серия, 98, с. 19–113.
- Огильви А. (1).* Ест.-произв. силы России, 4, вып. 40, 1917, с. 18–46.
- Огильви А. (2).* Изв. Геол. ком., 36, 1917, с. 72.
- Озаровский.* Опыт военного обозрения Закавказья, 1, СПб., 1883, с. 42–46.
- Озерский.* Горн. журн., 1844, II, с. 82.
- Озерский А.* Очерк геологии, минер. богатств Забайкалья, 1867, с. 19–79.
- Окладных.* Горн. журн., 1868, II, с. 379–381.
- Ольдскоп.* Медико-топогр. сборник, I, 1870, с. 458, 494.
- Опкоков Е.* Речные долины Полтавской губ., I, СПб., 1901, с. 108–176.
- Опкоков Е.* Материалы исследования болот Черниговской губ., 1905, с. 17–25.
- Орановский А.* Курляндская губ., СПб., 1865, с. 155.
- Орлов А.* Отчет Казанской статист. ком. за 1884 г., 1885, с. 111–128.
- Орлов В.* Журн. Русск. общ. охраны народного здоровья, 13, 1903, с. 96 и сл.
- Орлов Н.* Фармацевт. журн., 42, 1903, с. 495.
- Орловский В.* Bull. Soc. Natur. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы), протоколы, 1897.

- Орловский В.* Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. прир.), 1898, протоколы, с. 11–13.
- Оссендовский.* Горн. журн., 1907, II, с. 245.
- Оссовский Г.* Геогидролог. исслед. Барабы, 1895, с. 23–156.
- Отрыганьев А.* Краткое описание зап. части Нарымского края, СПб., 1910, с. 12.
- Оттен Ф.* Медицинский сборник, № 32, 1881, с. 191–197.
- П.А.,** Туркестанские ведомости, 1904, № 122.
- Павлинов.* Горн. журн., 1835, III, с. 79–81.
- Павлуцкий.* Горн. журн., 1861, III, с. 260–287.
- Павлуцкий.* Моск. медиц. газета, 1868, с. 333.
- Павлушков А.* Тр. I Съезда по климатологии, гидрологии, бальнеологии, 2, 1900, с. 54.
- [*Паллас П.*] *Pallas P.* Reise durch verschiedenen Provinzen d. Russischen Reiches, I, SPb., 1771, S. 101–179.
- [*Паллас П.*] *Pallas P.* Reise durch verschiedenen Provinzen d. Russischen Reiches, II, 1773, S. 107–118.
- [*Паллас П.*] *Pallas P.* Reise durch verschiedenen Provinzen d. Russischen Reiches, III, SPb., 1776, S. 14–81.
- Паллас П.* Путешествие по разным провинциям Российского государства (перевод с немецкого), II, 1, СПб., 1786, с. 91–138.
- Паллас П.* Путешествие по разным провинциям Российского государства, III, 2, СПб., 1788, с. 263–532.
- [*Паллас П.*] *Pallas P.* Neue Nord. Beiträge, 6, SPb., 1793, S. 271.
- Пантюхов И.* Кавказ, Тифлис, 1865, с. 333–393.
- Пантюхов И.* Медико-топогр. сборник, 2, СПб., 1871, с. 624.
- Пастухов А.* Зап. Кавказского отд. Геогр. общ., 16, 1894, с. 431.
- Пекарский П.* История Акад. наук, I, СПб., 1869, с. 606.
- Пекер А.* Вестн. Русск. геогр. общ., 24, 1858, смесь, с. 2; 30, 1860, смесь, с. 9.
- Пестов И.* Зап. об Енисейской губ., М., 1833, с. 107.
- Пилипенко П.* К минералогии Сибири, Томск, 1906, с. 12.
- Пилипенко П.* Сборник в честь 25-летия научной деятельности В.И. Вернадского, 1914, с. 176, 189.
- Пилипенко П.* Минералогия Зап. Алтая (Изв. Томского унив., № 62), 1915, с. 379–676.
- Пиотровский В.* Землеведение, 1904, с. 103.
- Погребов Н.* Краткий отчет о гидрогеол. исслед. в Ямбургском у., 1907, с. 710.
- Погребов Н.* Изв. Геол. ком., 31, 1912, с. 234, 239.
- Подгаецкий Л.* Горн. журн., 1891, 1, с. 93–96.
- Подгурский В.* Врачебная газета, 19, СПб., 1912, с. 1648.
- Подкопаев П.* Карабугаз, Материалы для исслед. ест.-произв. сил России, 7, 1916, с. 26–40.
- Покотило.* Изв. Русск. геогр. общ., 1889, с. 485.
- Покровский А.* Изв. Общ. Горн. инж., 1913, № 4, с. 12.
- Покровский К.* Горн. журн., 1834, IV, с. 131.
- Поляков И.* Письма и отчеты о путешествии в долину р. Оби, СПб., 1877, с. 30, 174.
- Польнов Б.* Почвенно-геологический очерк Тырминской горной тайги, СПб., 1911, с. 22–23.
- Попов В.* Врач, 21, 1900, с. 101.
- Попов В.* Изв. Донского политехн. инст., 1917, отгиск, с. 2.
- Попов Н.* (ред), Хозяйственное описание Пермской губ., I, 1804, с. 152; то же, 2-е изд., I, 1811, с. 19–283.
- Попов Н.* Записки Сибирского отд. Геогр. общ., 7, 1864, отд. II, с. 55.
- Попов С.* Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. прир.), 1898, протоколы.
- Попов С.* Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. прир.), 1908, с. 538, 539.
- Попов С.* Тр. Геол. музея Акад. наук, 4, 1911, с. 198.
- Попович Д.* Изв. Архангельского общ. изучения русского Севера, 1911, с. 583 и сл.
- Поповяну С.* Медицинский сборник, № 58, 1896, с. 19.
- Поптер Г.* Военно-медиц. журн., 108, 1870, отд. 7, с. 121.
- Порецкий.* Горн. журн., 1847, I, с. 78.
- Потылицын А.* Журн. Русск. физ.-хим. общ., 15, 1883, с. 181–394.

- Потылицын А.* Изв. Варшавского унив., 1884, № 1, с. 2.
- Православлев П.* К познанию геологического строения Елтонского оз., Варшава, 1902, с. 41–66.
- Православлев П.* К геологии окрестностей Баскунчакского оз., Варшава, 1903, с. 133.
- Православлев П.* Изв. Донского политехн. инст., 2, 1913, с. 638.
- Православлев П.* Ежегодн. минер. и геол. России, 17, 1916, с. 139–192.
- Пранг.* Горн. журн., 1844, II, с. 112; 1866, II, с. 70.
- Пранг и Ярославцев.* Горн. журн., 1861, II, с. 317.
- Прасолов Л. и Даценко П.* Материалы для оценки земель Самарской губ., ест.-ист. ч., 4, СПб., 1909, с. 10–106.
- Прасолов Л. и Неуструев С.* Материалы для оценки земель Самарской губ., ест.-ист. ч., 1, 1903, с. 7, 62.
- Предтеченский А.* Сибирская врачебная газета, 1912, с. 157.
- Преображенский И.* Изв. СПб. политехн. инст., 15, 1911, с. 315.
- Преображенский П.* Изв. Геол. ком., 29, 1910, с. 324.
- Преображенский П.* Ест.-произв. силы России, 4, вып. 7, 1917, с. 172–173.
- Пржигодский А.* (1). Копало-Арасанские минер. воды, Верный, 1892, с. 3–4.
- Пржигодский А.* (2). Краткая записка о Барлыкских горячих ключах, Верный, 1892.
- Прокопов К.* Зап. Горн. инст., 3, 1910, с. 54–55.
- Прокопов К.* Тр. Геол. ком., новая серия, 92, 1914, с. 51–160.
- Прокопов К.* Изв. Геол. ком., 34, 1915, с. 257–267.
- Протасов.* Горн. журн., 1842, I, с. 475.
- Протасов К.* Изв. Геол. ком., 32, 1913, с. 872.
- Протопопов Н.* Пермский сборник, II, М., 1860, отд. 4, с. 28.
- Путимцев.* Сибирский вестник, 7, 1819, отд. 2, с. 37.
- Пушкарев Н.* Изв. Общ. изуч. Олонецкого края, 2, 1916, с. 107.
- Пятницкий П.* Материалы геол. России, 21, 1904, с. 222.
- [Radde Г.] Radde G.* Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. о-ва испыт. прир.) 1855, 1, с. 154.
- Radde Г.* Зап. Русск. геогр. общ., 1861, 4, с. 12.
- [Radde Г.] Radde G.,* Reisen im Süden von Ost Siberien, I, SPb., 1862, p. VIII.
- [Radde Г.] Radde G.* Berichte uber biol.-geogr. Untersuchungen in Kaukas. Länd. I, Tifl., 1866, S. 23.
- [Radde Г.] Radde G.* Reisen an d. pers.-russ. Grenze, Lpz., 1886, S. 316.
- Райкевич Б.* Тр. 5-го водопроводного съезда, 1902, с. 78 и сл.
- Райский В.* Записки Сибирск. отд. Геогр. общ., 6, 1863, с. 36.
- Рамнек Г.* Гидрохимические материалы, I, Пг., 1915, с. 171.
- Рафальский Б.* Тр. 6-го водопроводного съезда в 1903 г., 1905, с. 578.
- Ребров И., «Кавказ»,* Тифлис, 1862, № 16, с. 85.
- Ревуцкая Е. и Крыжановский В.* Тр. Радиевой эксп., № 3, 1915, с. 62–64.
- Редикорцев.* Горн. журн., 1868, II, с. 372–378.
- Редько Б.* Тр. Саратовского общ. естествоисп., 7, 1915, с. 91.
- Резцов Н.* Тр. Русск. общ. охраны народного здоровья, 8, 1886, с. 171.
- Рейро С.* Тр. Съезда по улучшению лечебных местностей, 2, 1915, с. 22.
- Ремезов А.* Очерк санитарного состояния Зап. Сибири, Омск, 1880, с. 93–227.
- Ренартен В.* Ест.-произв. силы России, 4, вып. 16, 1917, с. 11, 13.
- [Ренованц Г.] Renowantz H.* Neue Nord. Beiträge, I, SPb., 1781, S. 143, 147; III, 1782, S. 402.
- [Ренованц Г.] Renowantz H.* Miner.-geogr. Nachrichten v. d. Altaischen Gebirgen, Reval, 1788, S. 89–255.
- Реутовский В.* (1). Полезные ископаемые Сибири, I, СПб., 1905, с. 94–252; (2), то же, II, 1905, с. 207–334.
- Решетников А.* Протоколы и труды Забайкальского общ. врачей, 1899–1900, с. 43.
- Ризенкамф А.* Военно-медиц. журн., 110, 1871, с. 5–27.
- Рик.* Горн. журн., 1829, IV, с. 319–320.
- Риттер К.* Землеведение Азии, пер. П. Семенова, II, 1859, с. 117.

- Риттер К.* Землеведение Азии (пер. и доп. В. Григорьева), Китайский Туркестан, I, СПб., 1889, с. 139, 408.
- Ровягин В.* Семиреченские обл. ведомости, 1908, № 44–45.
- Рождественский М.* Ежегодн. Ферганской обл., I, 1902, с. 66 и сл.
- Рождественский Н.* Изв. Тульского общ. любит. естествозн., 1912, с. 55.
- Романовский Г.* (1). Горн. журн., 1868, II, с. 516; (2), 1868, III, с. 207.
- Романовский Г.* (3). Зап. СПб. минер. общ., 3, 1868, с. 287.
- Романовский Г.* Горн. журн., 1871, II, с. 193.
- Романовский Г.* Зап. Русск. технич. общ., 1875, с. 14–15.
- Ротштейн И.* Тр. 9-го русского водопроводного съезда в 1909 г., 1910, с. 209, 211.
- Ругевич К.* Горн. журн., 1884, IV, с. 212.
- Ругевич К.* Горн. журн., 1891, II, с. 126–191.
- Ругевич К.* Тр. I Съезда по климатологии, гидрологии, бальнеологии, 2, 1900, с. 217.
- Рудольский А.* Протоколы Общ. врачей Вятки, 1898, с. 9 и сл.
- Рудольский А.* Протоколы Медич. общ. Вятской губ. за 1901–1903 гг., 1904, с. 6.
- Рум Р.* Минеральные воды Пермской губ., 1883, с. 19.
- Рычков П.* Топография Оренбургской губ., 1762, 1867, с. 315–316.
- Рябинин А.* Горн. журн., 1905, I, с. 111.
- Рябинин А.* Изв. Геол. ком., 25, 1906, с. 176.
- Рябинин А.* Тр. Геол. ком., новая серия, 69, 1911, с. 30–85 и карта.
- Рябинин А.* Геол. исследования в Ширакской степи, СПб., 1913, с. 14, 63.
- Рябинин А.* Изв. Геол. ком., 33, 1914, с. 178–179.
- Рябинин А.* Ест.-произв. силы России, 4, вып. 22, 1918, с. 81, 82.
- Рябинин В.* Рудн. вестник, 3, 1918, с. 55.
- Саваренский Ф.* Предв. отчет о работе по изучению ест.-ист. условий Черниговской губ., М., 1914, с. 156.
- Савицкий и Шамарин.* Горн. журн., 1883, IV, с. 469.
- Садиков В.*, Врачебная газета, 1909, № 21.
- Садиков В.* Журн. Русск. общ. охраны народного здоровья, 1910, № 6–7, с. 54.
- Садиков В. и Лозинский А.* Врачебная газета, 20, 1913, с. 814–1707.
- Садиков В. и Лозинский А.* Гигиена и санитарное дело, Пг., 1914, с. 608.
- Садовский И.* О Хилловских серных водах, СПб., 1889, с. 4, 21.
- Сакович В.* Горн. журн., 1894, IV, с. 402.
- Самойлов А.* Горн. журн., 1831, II, с. 359, 360.
- Самойлов Г.* Горн. журн., 1834, III, с. 21.
- Самойлов Я.* Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. прир.), 1904.
- Самойлов Я.* Минералогия Нагольного Кряжа, Материалы геол. России, 3, 1906, с. 96–228.
- Сапожников В.* Очерки Семиречья, I, 1904, с. 63, 69.
- Сапожников В.* Изв. Томск. унив., 22, 1904, с. 15.
- Сарычов Г.* Путешествие по сев.-вост. Сибири, I, СПб., 1802, с. 175.
- Сахаров Д.* Вестн. водолеч. 1, 1881, с. 214.
- Сборовский А.* Записки Зап.-Сиб. отд. Геогр. общ., 19, 1896, с. 72, 93.
- Свенске.* Новая Земля, СПб., 1867, с. 18.
- Свирчевский А.* Целебные силы России, I, Пг., 1915, с. 279.
- Свительский Н.* Ест.-произв. силы России, 4, вып. 16, 1917, с. 10.
- [Севергин В.М.] Seveggin.* Nova Acta Acad. Petrop., 11, 1798, с. 292–298.
- Севергин В.М.* Обзорение Росс. Финляндии, СПб., 1805, с. 52–90.
- Севергин В.М.* Словарь минералогический, II, СПб., 1807, с. 127–572.
- Севергин В.М.* Опыт минералогического землеописания Российского государства, II, СПб., 1809, с. 29–123.
- Севергин В.* Тр. Акад. наук, 1, 1821, с. 211–226.
- Северцов Н.* Путешествие по Туркестанскому краю, СПб., 1873, с. 69.
- Севрук Т.* Вестн. водолеч. 1, 1881, с. 655.
- [Седаков.* Каталог минералов Иркутской обл.] в статье Потга, История работы Минер. общ., Schriften Miner. Ges., I, SPb., 1842, с. CLIV.

- Седельников А.* Записки Зап.-Сиб. отд. Геогр. общ., 35, 1910, с. 75.
- Семенов А.* Нефтяное дело, 1908, № 24, с. 10.
- Семенов П.* Вестн. Русск. геогр. общ., 23, 1858, с. 12.
- Семенов П., Черский И., Петц Г.* Восточная Сибирь и т. д., ч. I, в кн.: *Риттер К.* Землеведение Азии, СПб., 1894, с. 76.
- Семенов П., Черский И., Петц Г.* Новейшие сведения о Вост. Сибири, ч. II, в кн.: *Риттер К.* Землеведение Азии, СПб., 1895, с. 592, 593.
- Семянников Л.* Горн. журн., 1888, III, с. 65.
- Сент-Илер К.* Ученые зап. Юрьевского унив., 1909, № 3, с. 27, 63.
- Сергеев М.* Тр. I Съезда по климатологии, гидрологии, бальнеологии, 1, 1899, с. 363, 368.
- Сергеев М.* Горн. журн., 1900, IV, с. 231–239.
- Сергеев М.* Вестн. горн. дела на Кавказе, 1901, № 2.
- Сергеев М.* Горн. журн., 1902, III, с. 149.
- Сергеев С.* Горн. журн., 1911, I, с. 172.
- Сибирцев Н.* Тр. экспедиций лесного департ., под ред. В. Докучаева, научн. отд. 1, 3, СПб., 1894, с. 64.
- Сидоренко М.* Зап. Новороссийского общ. естествоисп., 23, 1, 1899, с. 133; 25, 1903, с. 25.
- Сидоренко М.* Научные результаты Аральской эксп., 10, СПб., 1911, с. 59.
- Симонович С. (1).* Геологическое описание Кутаисской губ. и Сухумского отд., Тифл., 1877, с. 74.
- Симонович С. (2).* Материалы геол. Кавказа, 1877, с. 42.
- Симонович С.* Материалы геол. Кавказа (2), 6, 1892, с. 330–381; (2), 10, 1896, с. 151–166.
- Симонович С.* Вестн. горн. дела на Кавказе, 1900, № 8, с. 6.
- Симонович С., Вацевич Л. и Сорокин А.* Материалы геол. Кавказа, 1875, с. 22–117.
- Синцов И.* Зап. Новороссийского общ. естествоисп., 12, 2, 1888, с. 188, 195; 18, 1, 1893, с. 182.
- Синцов И. (1).* Зап. СПб. минер. общ., 40, 1903, с. 409; (2), 41, 1903, с. 199–377.
- Синцов И. (1).* Зап. СПб. минер. общ., 42, 1905, с. 87–229; (2), 43, 1905, с. 2–150; 44, 1906, с. 85; 45, 1907, с. 12–239; 46, 1908, с. 24–354.
- Скальковский К.* Горн. журн., 1865, II, с. 81–92.
- Скворцов Е.* Изв. Русск. геогр. общ., 50, 1914, с. 418.
- Скобников М.* Изв. Русск. геогр. общ., 48, 1912, с. 267, 270.
- Скориков А.* Материалы к познанию русского рыболовства, 2, 1913, с. 13–14; 4, 1915, с. 11.
- Скоров М.* Медицинский сборник, 1, 1866, № 2, с. 105.
- Скоров М.* Кавказский Календарь, Тифлис, 1877, с. 34, 36.
- Славянов Н.* Изв. Геол. ком., 36, 1917, с. 92.
- Слюнин Н.В. (1).* Вестник водолечения и русских минеральных вод, СПб., 1881, 1, № 9, с. 565.
- Слюнин Н.В. (2).* Вестник водолечения и русских минеральных вод, СПб., 1881, 1, № 11–12, с. 666–679 и 741–771.
- Слюнин Н.В.* Охотско-Камчатский край, I, СПб., 1900, с. 184.
- Смирянов Г.* Материалы геол. Кавказа (3), 5, 1903, с. 211; 6, 1905, с. 196–222; 7, 1909, с. 140; 9, 1910, с. 219.
- Смирнов С.* Зап. Русского бальнеологич. общ., 2, 1868, с. 13.
- Смирнов С.* Ессентукские минеральные воды, М., 1873, с. 127.
- Снесарев (1).* Иркутские губ. ведомости, 1859, № 49; (2), 1859, № 50.
- Соболев Н.* Сравнительный химический анализ Старорусского директ. ист., СПб., 1898, с. 75–76.
- Соболев Н.* Материалы геол. познания Росс. имп., 1, 1899, с. 207–208.
- Соболев Н.* Протоколы Омского медиц. общ., 16, 1899, с. 7, 127.
- Соболевский П.* Горн. журн., 1839, II, с. 9, 37.
- Собольщиков П.* Зап. Кавказского отд. Геогр. общ., 6, 1864, с. 11–12.
- Соколов В. (1).* Главнейшие результаты гидрогеологических работ в Бердянском у. в 1906 г., Симферополь, 1911, с. 5, 6.
- Соколов В. (2).* Детальная геол. карта Донецкого каменноуг. басс., сост. под руков. Л.И. Лутугина, Планшет VI–21, СПб., 1911, с. 20.

- Соколов В. Ест.-произв. силы России, 4, вып. 7, 1917, с. 47, 48.
- Соколов Д. Руководство к минералогии, II, СПб., 1832, с. 871–1035.
- Соколов Д. Ежегодн. минер. геол., 17, 1916, с. 98.
- Соколов Н. Тр. Геол. ком., 9, № 1, 1889, с. 93–220.
- Соколов Н. Изв. Геол. ком., 9, 1892, с. 101.
- Соколовский. Горн. журн., 1833, III, с. 127; 1835, IV, с. 308.
- Соколовский А. Замечания на статью: «Описание рудников Колывано-Воскресенских заводов», Горн. журн., 1836, IV, с. 409.
- Соколовский Л. (1). Горн. журн., 1836, III, с. 609–621; (2), 1836, IV, с. 411; 1837, I, с. 171.
- Соколовский Н. Горн. журн., 1891, III, с. 495.
- Соловкин Н. Ежегодн. Зоолог. музея, 20, 1915, с. 5.
- Соловьев А. Зап. Уральского общ. естествоисп., 3, 1876, с. 39.
- Соловьев Я. Сельскохозяйственная статистика Смоленской губ., М., 1855, с. 68.
- Соломин П. Протоколы Омского медиц. общ. (1886–7), 1887, с. 261–262.
- Соломин П. Протоколы Омского медиц. общ., 11, 1894, с. 123; 12, 1895, с. 148.
- Сонцов А. Балавинские серные воды, СПб., 1870.
- Сорокин А. Материалы геол. Кавказа, 1877, № 3, с. 82–83.
- Сорокин А. и Симонович С. Материалы геол. Кавказа, 1879–1882.
- Сорохтин Г. Изв. Кавказского отд. Геогр. общ., 22, № 3, 1914; 24, 1916, с. 45.
- Спасский Г. Сибирский вестник, 13, 1821, с. 26.
- Спицын В. Зап. Одесского отд. Технич. общ., 1914, с. 71.
- Стебницкий И. Зап. Кавказского отд. Геогр. общ., 8, 1873, с. 27–84.
- Стемневский. Горн. журн., 1884, II, с. 230.
- Стемневский. Горн. журн., 1889, II, с. 277.
- Степанов. Енисейская губ., I, СПб., 1835, с. 68.
- Степанов В. Протоколы Омского медиц. общ., 12, 1895, с. 75.
- Стопневич А. Сборник сведений о Северном Кавказе, 3, 1909, № 8, с. 5.
- Стопневич А. Тр. Ставропольского общ. изучения Сев. Кавказа, 1, 1911, оттиск, с. 26.
- Стопневич А. Гидрологический вестник, 2, 1916, № 1, с. 6.
- Стопневич А. Ест.-произв. силы России, 4, вып. 40, Пг., 1917, с. 121–147.
- Стопневич А. Геол. вестн., 4, 1921, с. 6.
- Стопневич А. и Соколов Д. Материалы общей и прикладной геологии, № 19, Пг., 1917.
- Стремоухов Д. Изв. Геол. ком., 9, 1890, с. 3.
- Стрижов. Горн. журн., 1835, IV, с. 395.
- Стрижов. Отчет о действии золотон. партий, 1845, с. 373.
- Стрижов И. Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. исп. прир.), 1898, протоколы.
- Стрижов И. (1). Вестн. золотопром., 1899, № 191.
- Стрижов И. (2). Материалы геол. познания Росс. имп., 1, 1899, с. 119.
- Стрижов И. (1). Горн. журн., 1902, III, с. 153–163; (2), 1902, IV, с. 132–103.
- Стрижов И. (3). Месторождения магнитного колчедана в Куртатинском ущелье. Влад., 1902, с. 12 и сл.
- Стрижов И. (4). Грозненский торг.-пром. бюлл., 1902, с. 14.
- Струве Г. Медицинский сборник, № 5, 1868, с. 5; № 17, 1873, с. 5.
- Струве Г. Протоколы Кавказского медиц. общ., 18, 1881, № 13, с. 5; 22, 1885–1886, с. 667; 24, 1888, с. 647.
- Струве Г. Медицинский сборник, 1894, № 56, с. 115.
- Струве Г. Материалы для изучения минеральных пресных и соленых вод Кавказа (Медицинский сборник № 63). Тифлис, 1901, с. 4–78.
- Стукачев В. Горн. журн., 1914, III, с. 215.
- Суворов И. и Тейх Н. Военно-медиц. журн., 151, 1872, с. 39–41.
- Сумгин М. Гидролог. вестник, 2, 1916, с. 166–172.
- Сучков Н. Сибирский вестник, 13, 1821, с. 19.
- Сучков С. Тр. Русск. водопроводного съезда, I, (1893), 1895, с. 130.
- Суцинский П. Материалы геол. России, 22, 1904, с. 233.
- Суцинский П. Тр. Геол. музея Акад. наук, 9, 1915, вып. 3, с. 26, 34.
- Суцинский П. (1). Материалы изуч. ест.-произв. сил России, 5, 1916, с. 19–24.

Сущинский П. (2). Геол. вестник, 2, 1916, с. 127.
Сущинский П. Изв. Акад. наук, 1917, с. 516.
Сырохватов. Горн. журн., 1828, № 5, с. 17.
Сюзев П. Путеводитель по Каме, Пермь, 1911, с. 92, 93.

Танатар П. Материалы для геологии Боржомского им., Екат., 1908, с. 15.
[Танатар И.] *Tanatar J.* Petrographische Studien an Klein-Kaukasus, Münch., 1911, S. 26.
Тарачков А. Орловские губ. ведомости, 1868, с. 16.
Таскин. Горн. журн., 1829, III, с. 180.
Татаршинов А. Горн. журн., 1852, IV, с. 61, 74; 1867, II, с. 76.
Тейх. Туркестанские ведомости, 1874, № 5.
Тейх Н. Сборник материалов для статистики Сыр-Дарьинской обл., 6, 1897, с. 104–130.
Тейх Н. Туркестанские ведомости, 1903, № 2173.
Тетяев М. Материалы общей и прикладной геологии, 32, 1918, с. 45–123.
Тилличев С. Тр. I Съезда по климатологии, гидрологии, бальнеологии, 2, 1900, с. 504.
Тимофеев К. Ежегодн. минер. и геол. России, 8, 1906, с. 122.
Титов В. Горн. журн., 1855, II, с. 427.
Тихонович Н. Землеведение, 1902, с. 52–79.
Тихонович И. Изв. Геол. ком., 27, 1908.
Тихонович Н. Ест.-произв. силы России, 4, вып. 40, 1917, с. 141.
Тихонович Н. и Полевой Н. Изв. Геол. ком., 29, 1910, с. 751.
[Толль Э.] *Toll E.* Мém. Acad. Sci. SPb. (Зап. Акад. наук, СПб.), (7), 37, № 3, 1889.
Толль Э. Зап. Акад. наук, физ.-мат. отд., (8), 9, № 1, 1898.
Томилини В. Зап. Горн. инст., 4, 1912.
Томсон. Горн. журн., 1832, III, с. 300.
Топоров В. Анализы – см. Вознесенский В., 1898.
Торопов Н. Опыт медиц. географии Кавказа, СПб., 1864, с. 100–215.
[Траутшильд Г.] *Trautschold H.* Zschr. Deutsch. geol. Ges., 1874, S. 268.
Третьяков А. Водолечебные курорты и минеральные воды Пермской губ., 1892, с. 14–78.
Третьяков П. Зап. Русск. геогр. общ., 2, 1869, с. 274.
Трушков. Горн. журн., 1905, II, с. 77.
Тулайков Н. Почвы Киргизской степи, М., 1907, с. 28.
Тульчинский К. Изв. Общ. горн. инж., 1903, № 1–2, с. 25–34.
Тульчинский К. Изв. Русск. геогр. общ., 42, 1906, с. 557.
Тутковский П. Зап. Киевского общ. естествоисп., 16, 1898, с. 45.
Тутковский П. Тр. Общ. исследования Волыни, 4, 1911, с. 66–67.
Тюшов В. Зап. Русск. геогр. общ., 37, 1906, с. 18–105.

Ульман. Горн. журн., 1827, № 4, с. 32.
Ульрих Ф. Зап. Русск. геогр. общ., 5, 1878, с. 31.
Усольцев А. Морской сборник, 72, 1864, с. 201.
Ушейкин Н. Изв. Геол. ком., 33, 1914, с. 1215.

[Фальк И.] *Falk J.* Beitrage z. Kenntniss d. Russischen Reiches, II, SPb., 1786, S. 10, 85.
Фальк И. Полное собрание ученых путешествий по России, изд. Акад. наук, VII, 1825, с. 89.
Федоров Е.С. Изв. Общ. горн. инж., 1900, № 4.
Федоров Е.С. Ежегодн. минер. и геол. России, 4, 1901, с. 136 и сл.
Федоров Е.С. Горн. журн., 1902, III, с. 235; 1904, II, с. 119–374.
Федоров Е.С. Сборник памяти И. Мушкетова. СПб., 1905, с. 122.
Федоров Е.С. Зап. Горн. инст., 2, 1909, с. 323.
Федоров Е. и Никитин В. (1). Богословский горный окр., I–II, СПб., 1901, с. 28–31.
Федоров Е. и Никитин В. (2). Богословский горный окр., V, СПб., 1901, с. 40.
Федченко А. Материалы для статистики Туркестанского края, 2, СПб., 1873, с. 104.
Федченко А. Изв. Туркестанского отд. Геогр. общ., 12, 1916, с. 245.
Федченко Б., Шугнан. I, СПб., 1909, с. 102.

- Федченко Г.* О самосадочной соли и соляных озерах Каспийского и Азовского бассейнов, М., 1870, с. 97 и табл. 1.
- Феофилактов К.* Научные сообщения в Общ. естествоисп. Харьковского унив., 1875, с. 15.
- Феофилактов К.* Зап. Киевского общ. естествоисп., 10, 1889, с. 59.
- Ферстер Б.* Горн. журн., 1868, II, с. 176–182.
- Фигнер.* Изв. Общ. Горн. инж., 1901, с. 14.
- Филев.* Горн. журн., 1835, III, с. 238, 264.
- Филипченко М.* Мощногородищ. имение Е.А. Балашевой, 1896, с. 527.
- [Фишерф. Вальдгейм] Fischer de Waldheim G.* Oryctognosie du gouv. de Moscou, 1830–1837, p. 89.
- Фомин А.* Описание Белого моря, СПб., 1797, с. 164.
- Фомин А.* Сборник анализов воды минеральных источников Кавказских минеральных вод, Пятигорск, 1886, с. 36–70.
- [Фоняков] Foniakow.* Rev. univ. des Mines, 23, 1893, № 2, с. 117–170.
- Фохт К.* Отчет Геол. ком. за 1915 г., 1916, с. 25, 26.
- Фохт К.* Ест.-произв. силы России, 4, вып. 40, 1917, с. 74.
- Френкель И.* Тр. I Съезда по климатологии, гидрологии, бальнеологии, 2, 1900, с. 616.
- Фридебург К.* Описание Андреапольских минеральных вод, СПб., 1811, с. 32.
- Фуке А.* Вестн. водолеч., 1, 1881, с. 724.
- Фурман.* Технологический журн., 9, 4, 1812, с. 48–83.
- Фурман.* Горн. журн., 1828, № 11, с. 11–34.
- Ханыков Н.* Описание Бухарского ханства, СПб., 1843, с. 11.
- Харичков К.* О составе и технических свойствах нефтей русских месторождений, 1902, с. 127.
- Харичков К.* Тр. Терского отд. Технического общ., 3 (1902), 1903, с. 32.
- Харичков К.* (1). Нефтяное дело, 8, 1906, с. 550.
- Харичков К.* (2). Тр. Бак. отд. Технич. общ., 1906, № 1, с. 11, 16.
- Харичков К.* (3). Тр. Общ. физ.-хим. наук Харьк. унив., 32, 1906, с. 14.
- Харичков К.В.* (4). Кавказская Швейцария в кн.: Сборник сведений о Сев. Кавказе, I, Ставрополь, 1906, с. 10–11.
- Харичков К.* Сборник Тр. Терск. отд. Русск. техн. общ., 1, 1908, с. 3–9.
- Харичков К.* Горн. журн., 1910, III, с. 239.
- Харичков К.* Минералогия углерода, 1911, с. 234, 235.
- Харичков К.* Горн. журн., 1913, IV, с. 228–229.
- Хлопин Г.* Екатеринбургская Неделя, 1890.
- Хмыров.* Металлы и минералы в древней Руси, СПб., 1875, с. 124.
- Ходзько И.* Зап. Кавказского отд. Геогр. общ., 6, 1864, с. 282–285.
- Ходзько О.* Зап. Русского бальнеологич. общ., 1, 1866, с. 96.
- Хорошевский.* Горн. журн., 1874, I, с. 116 и сл.
- [Цвийич Й.] Цвијић Ј.,* Основе за географ. и геолог. Македоније и Старе Србије I, Б., 1906, 325–326.
- Цимбаленко Л.* Закаспийское обозрение, № 45, Асхабад, 1895.
- Цимбаленко Л.* Ест. богатства Закаспийской обл., 1896, с. 13, 15.
- Цулукидзе Г.* Зап. Кавказского отд. Технич. общ., 6, 1873–1874, с. 77.
- Цулукидзе Г.* Материалы геол. Кавказа (2), 1, 1887, с. 27, 46.
- Цулукидзе, Архитов и Крафт.* Геологическое описание Бакинского у., 1872, с. 11.
- Цулукидзе, Халатов и Архитов.* Геологическое описание части Нахичеванского у., 1868, с. 7.
- Цулукидзе, Архитов и Халатов.* Геол. исслед. части Нахичеванского и Зангезурского уездов в 1869 г., 1870, с. 10.
- Чайковский.* Горн. журн., 1830, II, с. 302.
- Чарноцкий С.* Тр. Геол. ком., новая серия, 91, 1914, с. 97–134.
- Чарноцкий С.* Отчет Геол. ком. за 1915 г. Изв. Геол. ком., 1916, с. 96.
- Чеканович.* Полтавские ведомости, 2, 1896, № 89.
- Чекановский.* Байкальский сборник, 1, 1897, с. 137.

- Чекановский А. Дневник экспедиций по р. Нижней Тунгуске, Оленеку и Лене в 1873–1875 гг., СПб., 1896, с. 30–97.
- Черемшанский В. Описание Оренбургской губ., Уфа, 1859, с. 55, 59.
- Черник Г. Журн. Русск. физ.-хим. общ., 27, 1895, с. 493.
- Черников А. Зап. Харьковского отд. Технич. общ., 1882.
- Чернов А. Ежегодн. минер. и геол. России, 10, 1908, с. 57.
- Чернышев Ф. Изв. Геол. ком., 2, 1883, с. 35–41.
- Чернышев Ф. Тр. Геол. ком., 3, № 4, 1889, с. 122.
- Чернышев Ф. Изв. Геол. ком., 10, 1891, с. 136.
- Чернышев Ф. и Лутугин Л. Изв. Общ. горн. инж., 1897.
- Чер-с А. Сельск. хоз. и лесоводство, 1892, № 8–9, с. 48.
- Черский И. Изв. Сибирского отд. Геогр. общ., 6, 1875, с. 179.
- Черский И. Материалы геол. России, 13, 1889, с. 15.
- Черский И. В кн.: Риттер К. «Землеведение Азии», ч. 2, СПб., 1895, с. 160.
- Чирвинский В. Зап. Киевского общ. естествоисп., 21, 1909, с. 179.
- Чирвинский П. Ежегодн. минер. и геол. России, 7, 1904, с. 33.
- Чириков А. Протоколы Общ. опытн. наук при Харьковском унив. за 1878 г., 1879, с. 14.
- Чириков А. Горный листок, 2, 1881, с. 141.
- Чириков А. Зап. Харьковского отд. Технич. общ., 2, № 2–3, 1882, с. 5.
- Чириков А. Южнорусский горноз. листок, 6, 1885, с. 1614.
- Чириков А. Протоколы Общ. опытн. наук при Харьковском унив. за 1884 г., 1887, с. 19, 52.
- [Чихачев П.] Tchihatcheff P. Voyage scientifique dans l'Altai Oriental, Paris, 1845, p. 211.
- Чогошвили С. Тр. Съезда улучшения лечебных местностей, 6, 1916, с. 28.
- Чудовский К. Тр. II Съезда по климатологии, гидрологии, бальнеологии, 2, 1906, с. 53.
- Чураков А. Материалы для тектоники Кузнецкого Алатау, Пг., 1916, с. 10–57.
- Чурсин Г. Целебный Кавказ, 1916, с. 6, 8.
- Ша**длун Н. Изв. Акад. наук, 1916, с. 420.
- Шаликов К. Зап. Кавказского отд. Геогр. общ., 16, 1894, с. 247.
- Шамарин А. Изв. Вост.-Сиб. отд. Геогр. общ., 12, 1881, № 4–5, с. 7, 78; 16, 1885, с. 164.
- Шангин А. Описание Кольвано-Воскресенских рудников, М., 1808, с. 13–79.
- Шангин. Тр. СПб. минер. общ., 1, 1830, с. 398.
- Шаповал. Материалы к познанию русского рыбов., 4, 5, 1915, с. 60, 74.
- Шапошников А. Целебные Солоньки и Кучук, Барнаул, 1915.
- Шапошников А. Белокурихинские целебные источники, Барнаул, 1916, с. 6–16.
- Шапошников В. Тр. XIII Съезда естествоисп. и врачей, 6, 1916, с. 543.
- Шеманский А. Тр. Съезда улучшения лечебных местностей, 1, 1915, с. 87.
- [Шерер А.] Scherer A. Versuch einer systematischen Obersicht d. Heilquellen d. Russischen Reichs, SPb., 1820, S. 69–175.
- Шитов А. Медиц. вестн., 1867, с. 257.
- Шимановский М. Горн. журн., 1886, I, с. 383.
- Ширяев Ф. Ест.-произв. силы России, 4, вып. 40, 1917, с. 127.
- Шишкин Б. Изв. Томского унив., 43, 1911.
- Шмидт. Записки Зап.-Сиб. отд. Геогр. общ., 1880.
- [Шмидт К.] Schmidt C. Arch. Naturk. Liv., Esth. u. Kurl. 1, 1854–1857, S. 295, 311.
- [Шмидт К.] Schmidt C. Bull. Acad. Sci. SPb., 9, 1866, p. 315, 319; 20, 1875, p. 139.
- [Шмидт К.] Schmidt C., в ст. Middendorff A. Mém. Acad. Sci., SPb., (7), 29, 1881, прилож., p. 28–29.
- [Шмидт К.] Schmidt C. Bull. Acad. Sci., SPb., 28, 1883, p. 224–502.
- [Шмидт К.] Schmidt C. (К.). Mém. Acad. Sci., SPb., 32, 1885, p. 18–28.
- [Шмидт К.] Schmidt C. Bull. Acad. Sci., SPb., 31, 1887, p. 526.
- [Шмидт К.] Schmidt C. Sitzb. naturf. Ges. Univ. Dorpat, 9, 1890, p. 14, IX.
- Шмидт Н. К гигиене рыбных промыслов в устьях Волги, М., 1895, с. 85.
- [Шмидт Ф.] Schmidt F. Arch. Naturk. Liv., Esth.- u. Kurlands, 2, 1861, S. 20.
- Шмидт Ф. Зап. Русского бальнеологич. общ., 1 (1863–1865), 1866, с. 189–192; 2, 1868, с. 123; 3 (1865–1867), 1869, прилож.

- Шмидт Ф.* Сборник материалов для изучения Кавказских минеральных вод, 1, СПб., 1873, прилож.
- Шмидт Ф.* Изв. Геол. ком., 1902, с. 320.
- [*Шобер Г.*] Сочинения и переводы к пользе и увесел. служ., 12, СПб., 1760, с. 387–406.
- Шорокиин.* Горн. журн., 1835, I, с. 423 и сл.
- Шостак М.* Изв. Кавказского отд. Геогр. общ., 16, 1903, № 1.
- Шперк Ф.* Медико-топографический сборник, 1870, с. 127.
- Штакман А.* Гидрохимические исследования Псекупских минеральных вод, СПб., 1885, с. 48.
- Штакман А.* (1). Медицинский сборник, № 43, 1887, с. 52.
- Штакман А.* (2). Медицинский сборник, № 45, 1887, с. 172.
- Штакман А.* (3). Фармацевт. журн., 1887, с. 436, 525.
- Штанге В.* Тр. Съезда по улучшению лечебных местностей, 5, 1915, с. 10, 11.
- Штанге И.* Зап. Русского бальнеологич. общ., 16, 1914, с. 65, 97.
- Штиглиц Н.* Списки населенных мест, 31, Пермская губ., СПб., 1869, с. XC.
- Штрук Ф.* Новый магазин естеств. ист., 3, 1827, с. 199.
- Штукенберг А.* Изв. Геол. ком., 4, 1885, с. 240.
- Штукенберг А.* Тр. Геол. ком., 4, № 2, 1890, с. 56.
- Штукенберг А.* (1). Тр. Геол. ком., 16, № 1, 1898, с. 133–191.
- Штукенберг А.* (2). Каталог руд etc. Геол. музея Казанского унив., 1898, с. 5.
- Штукенберг А.* Водное дело, СПб., 1910, № 1, с. 3.
- Штукенберг А.* Некоторые данные по гидрогеологии Пензенской губ., 1917, с. 23, 36.
- [*Штукенберг И.*] *Stuckenberg J.* Hydrographie d. Russischen Reiches, II, 1844, S. 335, 598.
- Шубин.* Горн. журн., 1841, I, с. 321, 327.
- Шулятиков А.* Вятские губ. ведомости, 1895, № 22.
- Шуман.* Горн. журн., 1833, III, с. 167, 170.
- Щасливец.** Горн. журн., 1858, III, с. 256.
- Щеглов.* Указатель открытий по физике, химии и т.д., I, СПб., 1824, № 1, с. 58–59; IV, 1827, с. 492.
- Щербаков А.* Сакские грязи в Крыму, М., 1884, с. 12.
- Щербаков А.* Тр. Казанского общ. естествоисп., 26, 6, 1893, с. 32.
- Щербаков А.* Грязелечебные места Евр. России, М., 1898, с. 6, 12.
- Щербаков А.* Зап. Русск. бальнеологич. общ., 4, 1902, с. 258.
- Щукин.* Библиотека для чтения, 89, СПб., 1848, отд. 3, с. 13, 19.
- Щукин Н.* Поездка в Якутск, изд. 2, СПб., 1844, с. 92.
- Щукин Н.* Журн. Мин. внутр. дел, 17, 1856. Отд. II, с. 68–72.
- Щуровский Г.Е.* Путешествие по Алтаю, М., 1846, с. 20–359.
- Щуровский Г.Е.* Каталог минер. собрания Московского университета, М., 1858.
- Эверсман Э.* Естественная история Оренбургского края, I, 1840, с. 34.
- Эдельштейн Я.* Гидрогеологические исследования Славяносербского у., II, 1895, с. 60.
- Эдельштейн Я.* Геологические исследования в золотоносных обл. Сибири, Енисейский р-н, 7, 1909, с. 84; 11, 1912, с. 91; 13, 1915.
- Эдельштейн Я.* Изв. Геол. ком., 33, 1914, с. 397.
- Эдельштейн Я.* (1). Ест.-произв. силы России, 4, вып. 7, 1917, с. 132–158; (2), вып. 18, с. 9–16; (3), вып. 19, с. 7.
- Эдельштейн Я.* Отчет Геол. ком. за 1918 г., Изв. Геол. ком., 1919, с. 93.
- Эйнбродт П.* Московский врач, журн., 1847, 1, с. 337.
- [*Эйхвальд Э.*] *Eichwald E.* Naturhistorische Skizze v. Lithauen, Volhyn u. Podoiien, Wilna, 1830, S. 99.
- [*Эйхвальд Э.*] *Eichwald E.* Reise auf d. Caspischen Meere u. in den Caucasus, I, Tüb. u. St., 1834, S. 86–430.
- Эйхвальд Э.* Ориктогнозпя, СПб., 1844, с. 120–144.
- [*Эйхвальд Э.*] *Eichwald E.* Bull. Soc. Nat. de Moscou (Бюлл. Моск. общ. исп. прир.), 25, 1, 1852, p. 416.

- [Эйхвальд Э.] *Eichwald E.* (1). Bull. Soc. Nat. de Moscou (Бюлл. Моск. общ. исп. прир.), 1860, р. 219–221.
- Эйхвальд Э. (2). Военно-медиц. журн., 77, 1860, с. 24–227.
- Эйхфельд Г. Горн. журн., 1827, № 7, с. 49–60.
- Энгельгардт. Горн. журн., 1838, I, с. 234.
- Энгельгардт. Русский север, СПб., 1897, с. 217.
- Энгельман. Горн. журн., 1838, I, с. 237.
- [Эрдман] *Erdman J.* Nord. Blatter f. Chemie, 1, Halle, 1817, S. 10 и сл.
- Эрдман И., *Erdman J.F.* Beiträge zur Kenntniss des Innern von Russland, II, 2, Leipz., 1826, S. 125.
- Эрн А. Вестник горного дела на Кавказе, 1900, № 1, с. 13.
- Эрн А. Материалы геол. Кавказа (3), 9, 1910, с. 50–51.
- Юцкевич И.** Медицинский сборник, № 50, 1889, с. 42.
- Юшкин Е. Горн. журн., 1897, II, с. 84.
- Юшкин Е. Псекупские минеральные воды, Екатеринодар, 1909, с. 9–33.
- Юшкин Е. Горные богатства Кубанской обл., II, 1912, с. 85–87.
- Юшкин Е. (1). Минеральные источники Кубанской обл., Екатеринодар, 1915, с. 3–57.
- Юшкин Е. (2). Тр. Кубанск. отд. Технич. общ., 1915, № 4, отд. 2, с. 17–19.
- Яворовский П.** Горн. журн., 1894, IV, с. 277.
- Яворовский П. и Анерт Э. Тр. II Съезда деятелей практич. геол., 1, 1913, с. 137.
- Яковлев Н. Тр. Геол. ком., новая серия, 94, 1914, с. 48 и сл.
- Яковлев Н. Отчет Геол. ком. за 1915 г., Изв. Геол. ком., 1916, с. 248.
- Яковлев Н. Ест.-произв. силы России, 4, вып. 7, 1917, с. 52.
- Ячевский Л. Геол. исслед. в золотоносных обл. Сибири, Енисейский р-н, 1, 1900, с. 15; 8, 1909, с. 26.
- Ячевский Л. Изв. Геол. ком., 34, 1915, с. 451–472.
- Ячевский Л. Ест.-произв. силы России, 4, вып. 40, 1917, с. 119.
- Acchiardi A. d'.* Mineralogia Toscana, 1873, II.
- Agricola.* Interpretatio Germanica vocum rei metallicaе, 1546, p. 467; 1657, p. 705.
- Albrecht.* Jernkontoretz Annaler, 1843, S. 222–343.
- Allen E. a. Crenshaw J.* Amer. Journ. Sci. (4), 34, 1912, p. 341.
- Alth.* Jb. geol. Reichsanst., Wien, 19, 1868.
- Anglada d'.* Aim. chim. et phys., 18, 1821, p. 113, 131; 20, 1822, p. 246.
- Ansted D.* Quart. Journ. Geol. Soc., 29, 1873, p. 361.
- Antoula D'.* Revue générale des gisements metallifères en Serbie, 1900, p. 39.
- Aperçu des explor. géol. et miniers le long de Transsib., SPb., 1900, p. 48–200.
- Arago.* Annuaire de Bureau des Longitudes pour 1835, p. 234.
- Arbeiter.* Schrift. schlees. Ges. Vaterl. Kultur, 1913.
- Arnold K.* Pharmac. Zschr. Russland, 7, SPb., 1868, S. 36.
- Arrhenius S.A.* Lehrbuch kosmischen Physik, I, 1903, S. 373.
- Atwood W.* Journ. Geol., 14, 1906, p. 140.
- Auerbach F.* Zschr. phys. Chem., 49, 1904, S. 222.
- Bain H.** 22 Ann. Rep. U. S. Geol. Surv., 1901, II, p. 158.
- Bardet J. C. R.** Acad. Sci. Paris, 157, 1913, p. 225.
- Barlow A.E.** Ann. Rep. Geol. Surv. Canada, 14, 1905.
- Barroix C.** Recherches sur les terrains anciens des Asturies et de la Galicie, Lille, 1882, p. 107 (Mém. Soc. geol. Nord., 2).
- Bartal A.** Chem. Ztg., 31, 1907, S. 347.
- Basiner T.** Naturwissenschaftliche Reise durch Kirgisensteppe nach Chiva, SPb., 1848, S. 60, 75.
- Becchi.** Amer. Journ. Sci., (2), 14, 1852, p. 60.
- Béchamp A.** Ann. chim. et phys. (4), 16, 1869, p. 233.
- Beck R.** Lehre v. d. Erzlagerstätten, 1901, S. 40–43.

- Beck R.* Zschr. Deutsch. geol. Ges., 55, 1903, S. 296.
- Beck R. u. Luzzi W.* N. Jb. Min., 1891, II, S. 33.
- Becke F.* Min. Petr. Mitt., 5, 1883, S. 457, 513.
- Becke F.* Min. Petr. Mitt., 9, 1887, S. 14.
- Becker G.* Geology of Comstock Lode, Wash., 1882, p. 240 (Monographs U.S. Geol. Surv., 3), p. 210–211.
- Becker G.* Amer. Journ. Sci., 33, 1887, p. 200.
- Becker G.* (1). Proceed. Amer. Phil. Soc., 25, 1888, p. 168.
- Becker G.* (2). Geology of quecksilber deposits of Pacific Slope, Wash. (Monogr. U. S. Geol. Surv., 13), 1888, p. 29–469.
- Becker G.* Ann. Soc. Espanñ. Hist. Nat., (2), 3, 1894, Act. 226–332; то же, Zschr. prakt. Geol., 2, 1894, S. 14.
- Beckmann J.* Beiträge z. Geschichte d. Erfindungen, I, Lpz., 1784, S. 44.
- Becquerel J. C. R.* Acad. Sci. Paris, 147, 1908, p. 1281.
- Beijerinck F.* N. Jb. Min., B-B., 11, 1898, S. 432, 437.
- Bell J.M.* Geograph. Mag., 27, 1906, p. 369.
- Bell R.* Rapp. ann. Com. géol. Canada, 5, 1893, p. 51.
- Bellati M. e Lussana S.* Atti Istit. Veneto Sci., (6), 7, 1889, p. 1051.
- Belza J.* Bibliotheka Warszawska, 1841, 1, p. 71.
- Berends A.* Busko, Wars., 1834, p. 21.
- Bergman T.* Opuscula physica et chemica, Ups., 1788, II, p. 11.
- Bernizet, Mongès et Receveur.* Voyage de la Pérouse autour de monde, Publ. et red. par L. Milet-Mureau, III, 1797, p. 132.
- Berthier P.* Ann. chim. et phys., 62, 1836, p. 116.
- Bertrand E.* Bull. Soc. Min. France, 5, 1882, p. 3.
- Berzelius J.* Journ. Chem. u. Phys. (Schweigger's Journ.), 15, 1815, S. 301; 22, 1818, S. 290.
- Berzelius J.* Kgl. Vetensk. Acad. Handl., 1821, S. 80; 1822, S. 200; 1826, S. 232.
- Berzelius J.* Lehrb. d. Chemie, 5-te Aufl., I, Dr. u. Lpz., 1843, S. 183, 184.
- Berzelius J.* Neues Chem. Mineralsystem, her., v. C. Rammelsberg, Nürb., 1847, S. 184 (статья 1824 г.).
- Beutell A.* Cbl. Min., 1913, S. 767.
- Beyerinck W.* Cbl. Bacteriol., 2 Abth., 1, 1895, S. 58.
- Beyschlag.* Zschr. prakt. Geol., 1902, S. 143.
- Beyschlag, Krusch u. Vogt.* Die Lagerstätten d. nutzbaren Mineralien u. Gesteinen, I, 1910; II, 1913.
- Bieberstein M.* Tableau des provinces entre les fleuves Terek et Kour, SPb., 1798, p. 56.
- Bienenstamm R.* Geogr. Abrisse d. drei deutsch. Ostseeprov., Riga, 1826, S. 22–367.
- Biltz W.* Zschr. anorg. Chem., 59, 1908, S. 277–278.
- Bindheim J.* Beobacht. u. Entdeck. aus Natur. Gesellsch. Fr., IV, B., 1792, S. 43.
- Bischof C.G.* Lehrbuch chem. u. phys. Geologie, I. Bonn, 1847, S. 656, 664.
- Bischof C.G.* Lehrbuch chem. u. phvs. Geol., 2-te Aufl., III, Bonn, 1866, S. 676–721.
- Blanckenhorn M.* Entstehung u. Ceschichte d. Todten Meeres, Lpz., 1896, S. 47.
- Bloch J.* Puschmann's Handb. Gesch. d. Medic., I, Jena, 1901, S. 145.
- Bloede G.* Über d. Übergangsgebirgsformation in Pohlen, Bresl., 1830, S. 19, 22.
- Blomstrand C.* Oefv. Sv. Vet. Akad. Handl., 27, 1870, S. 24.
- Blofeld G.* Nachricht über Kemmernsche Schwefelbad, Riga, 1836.
- Blum J.* Die Pseudomorphosen d. Mineralreichs, I Nachtr., 1847, S. 208, 212; IV Nachtr., 1879.
- Blümner H.* Technologie u. Terminologie d. Gewerbe u. Künste bei alt. Griechen u. Römern, IV, Lpz., 1887, S. 35–484.
- Böcke.* Min. Petr. Mitt., 14, 1893, S. 278.
- Bodenbender G.* Los Minerales, Cord., 1899, p. 90.
- Bodewig C.* Zschr. Kryst., 7, 1882–1883, S. 180.
- Böggild O.* Mineralogia Groenlandica, Kj., 1905, S. 176.
- Bonjean E.* Bull. Soc. Géol. France (2), 1844, p. 751.
- Bordeaux A.* Ann. Mines, 2, 1902, p. 546.
- Borne V. de* (1). Sitzb. Naturw. Ver. Sachsen u. Thüringen, Halle, 1894.

- Borne V. de* (2). Zschr. prakt. Geol., 1894, S. 467.
- Bouis C.R.* Acad. Sci. Paris, 37, 1853, p. 234; 46, 1858, p. 226.
- Boucart F.* Les lacs Alpains Suisses, Gen., 1906, p. 33–93.
- Boussingault J.* Ann. chim. phys. (2), 52, 1833, p. 23–396.
- Branner J.* Transact. Amer. Inst. Min. Eng., 31, 1902, p. 572–599.
- Braun M.* Zschr. Deutsch. geol. Ges., 1857, 9, S. 555.
- Brauns R.* Optische Anomalien d. Krystalle, Lpz., 1891, S. 164, 170.
- Brauns R.* Mineralreich, Str., 1903, S. 165–172.
- Breislac S.* Voyages dans la Campanie, Trad. per Pommereuil, I, Paris, 1801, p. 120.
- Breithaupt J.A.* Vollstand. Charakt. d. Mineralsyst., 3 Aufl., Dresd., 1832, S. 266.
- Breithaupt J.A.* Ann. Phys., 61, 1844, S. 671, 673.
- Breithaupt J.A.* Paragenesis d. Mineralien, Freib., 1849, S. 117.
- Breithaupt J.A.* Berg -u- Hüttenm. Ztg., 21, 1862; 22, 1863, S. 27, 35.
- Breithaupt J.A.* Mineral. Studien, Freib., 1866, S. 112, 114.
- Brögger W.* Die silurischen Etagen 2 u. 3 im Kristianiage biet, Univ.-Progr., Krist., 1882.
- Brögger W.* Mineralien Südnorw. Granitpegmatitgänge, I, Chr., 1906, S. 9.
- Brown A.P.* Proceed. Acad. Nat. Sci. Phil., 1896, p. 210.
- Brum A.* Recherches sur l'exhalation volcanique, Gen., 1911, p. 77, 116.
- Bruner K.* Zschr. Electrochem., 21. 1913, S. 861.
- Brunner.* Ann. Phys., 15, 1829, S. 593.
- Brush G.J.* Amer. Journ. Sci., 21, 1881, p. 312.
- Buch L.* Phys. Beschreibung Canar. Inseln, 1825, S. 232.
- Buchrucker L.* Zschr. Kryst., 19, 1891, S. 136.
- Buckley E.* Missouri Bureau Mines a. Geol., 9, 1, 1909, p. 209.
- Bunsen R.* Ann. Phys., 23, 1851, S. 241–254.
- Bunsen R.* Gesamm. Werke, II, 1904, S. 53–75.
- Burkart H.* N. Jb. Min., 1866, S. 409.
- Buttgenbach H.* Ann. Soc. Geol. Belge, 1897, p. XXIII.
- Calderon S.* Los minerales de España, I, Madr., 1910, p. 107.
- Campbell N.R.* Jb. Radioact. u. Elektronik, 2, 1906, S. 457.
- Carez L.* La géologie des Pyrénées français, 1–6, 1903–1909; 2, 1904, p. 1117.
- Carnelly Th.* (1). Phil. Mag., 18, 1884, p. 198.
- Carnelly Th.* (2). Ber. Deutsch. Chem. Ges., 17, 1884, S. 2290.
- Carnot A.* C. R. Acad. Sci. Paris, 79, 1874, p. 303–304.
- Carosi J.P.* Reisen durch verschiedene polnische Provinzen, I, 1781, S. 21–196.
- Casselmann A.* Pharmaceut. Zschr. Russland, 7, 1868, S. 77.
- Cesaro G.* Ann. Soc. Geol. Beige, 1888, 15, p. 204.
- Chabrié C.* см. в кн. *Moissan H.* 1905.
- Chamberlin R.T.* The gases in rocks, Wash., 1908, p. 14.
- Chamberlin T.* Geology of Wisconsin, Wash., 1882, p. 547.
- Chatard T.M.* Bull. U. S. Geol. Surv. № 60, Wash., 1890, p. 48–94.
- Chesneau G.* Revue Scient. (5), 2, 1905, p. 322.
- Chevalier J.* Journ. Pharm., 20, p. 655.
- Chevreur.* C.R. Acad. Sci. Paris, 23, 1846, p. 779.
- Christy S.B.* Amer. Journ. Sci. (3), 17, 1879, p. 455.
- Clark J.D.* Bull. Univ. N. Mexico, № 75, 1914, p. 95–116.
- Clark J. a. Manon P.* Econ. Geol., 11, 1916, p. 37.
- Clarke F.* Bull. U. S. Geol. Surv., № 228, 1904, p. 19, 21.
- Clarke F.* Data of geochemistry, 2 ed., Wash., 1911, p. 190–248; 3 ed., Wash., 1914, p. 45.
- Clermont P. de et Frommel J.* C. R. Acad. Sci. Paris, 85, 1878, p. 404.
- Clermont P. de et Frommel J.* Ann. chim. et phys. (5), 18, 1879, p. 189.
- Clever A. u. Muthmann W.* Zschr. anorg. Chem., 10, 1895, S. 124.
- Cohen E.* Meteoritenkunde, I–III, 1894–1905.
- Coleman A.P.* Rep. Canad. Bureau Mine, 14, 1905.
- Coleman A.P.* (1). Nickel Sudbury district, Ottawa, 1913.

- Coleman A.P.* (2). Guidebook XII Intern. Congr., № 7, Toronto, 1913, p. 1.
- Colomba L.* Atti Accad. Lincei, 15, 1905, p. 636.
- Coquand.* Bull. Soc. Géol. France, 6, 1848, p. 96.
- Cornu F.* (1). Zschr. Chem. u. Ind. Kolloide, 4, 1909, S. 187, 190.
- Cornu F.* (2). Zschr. prakt. Geol., 17, 1909, S. 83.
- Cotta B.* Berg – u. Hüttenm. Ztg., 1861, S. 123.
- Cotta B.* Gangstudien, IV, 1862, S. 45.
- Cotta B.* Altai, Lpz., 1871, S. 194–273.
- Covelli N.* Atti Accad. Sci. Napoli, 1839, 4, Miner., p. 71.
- Crawford A.* Phil. Transact., 1790.
- Crookes W.* Journ. Chem. Soc. Lond., 17, 1864, p. 115.
- Cross C. a. Higgin A.* Journ. Chem. Soc. Lond., 35, 1879, p. 249.
- Cumming C.* The artesian wells of Montreal, Ottawa, 1915, p. 9, 55.
- Curie J. et P.* Bull. Soc. Min. France, Paris, 3, 1880, p. 92; то же, C. R. Acad. Sci. Paris, 91, 1880, p. 294, 383; то же, C.R. Acad. Sci. Paris, 93, 1881, p. 204.
- Czakó E.* Beiträge z. Kenntnis d. natürlichen Gasausströmungen, Karlsr., 1913 S. 15–70.
- Czapek F.* Biochemie d. Pflanzen, 2, 1905, S. 93, 485.
- Dalmer K.** Zschr. prakt. Geol., 4, 1896, S. 1.
- Dana E.* System of mineralogy, 1868, 1892, p. 55, 58.
- Dana E.* Zschr. Kryst., 9, 1884, S. 29.
- Daniell J.F.* Phil. Mag., 19, 1841, p. 2–18.
- Daniewski W.* Solecr. Wars., 1896, p. 60.
- Daubeny C.* Edinb. new phil. Journ., 12, 1832, p. 50.
- Daubrèe A.* Aperçu historique sur l'exploitation des métaux dans la Gaule, 1868 (из Revue Archéol.), p. 4.
- Daubrèe A.* C. R. Acad. Sci. Paris, 74, 1877, p. 483.
- Daubrèe A.* (1). Les eaux souterraines a l'époque actuelle, 2, 1887, p. 48. (По O. Henry).
- Daubrèe A.* (2). Revue de deux mondes (3), 81, P., 1887, p. 871.
- Dechen H.* Die nutzbaren Mineralien u. Gebirgsarten im Deutschen Reiche, 1873.
- De Launay L.* L'argent. Geologie, métallurgie, rôle économique, P., 1896, p. 47, 48.
- De Launay L.* Ann. Mines, 12, 1897, p. 221.
- De Launay L.* Recherche, captage et aménagement des sources thermo-minéral. P., 1899, p. 134–331.
- De Launay L.* C. R. de IX Congrès géol., II, 1901, p. 953.
- De Launay L.* La science géologique, Paris, 1905, p. 615–624; 2 ed., Paris, 1913, p. 324.
- De Launay L. et Urbain G.* C. R. Acad. Sci. Paris, 151, 1910, p. 111–112.
- Delebecque A.* Les lacs français, Paris, 1898, p. 235.
- Delesse A.* Bull. Soc. Géol. France, 10, 1853, p. 429.
- Delesse M.* De l'azote et des matières organiques dans l'écorce terrestre, Paris, 1861, p. 21.
- Delkeskamp R.* Kali, 2, 1908, № 16–17, отгиск, с. 10.
- Des Cloiseaux A.* Ann. chim. et phys., 10, 1844.
- Des Cloiseaux A.* (1). G. R. Acad. Sci. Paris, 1857, p. 44.
- Des Cloiseaux A.* (2). Ann. Mines, 11, 1857.
- Des Cloiseaux A. et Maignac J.* Ann. chim. et phys., (3), 10, 1844, p. 425.
- Dickson C.* Transact. Amer. Inst. Min. Eng., 34, 1904, p. 14–27.
- Dieseldorff.* Zschr. Deutsch. geol. Ges., 55, 1903, S. 43.
- Ditte A.* G. R. Acad. Sci. Paris, 102, 1886, p. 202.
- Dittmar K.* Petermann's Mittheilungen, 1860, S. 66, 67.
- Dittmar K.* Beiträge z. Kenntnis d. Russischen Reiches, SPb., 1891.
- Dixon.* Oesterr. Zschr. Berg. u. Huttenw., 1902, L., S. 506.
- Domeyko I.* Elementos de Mineraiogia, 3 ed., 1879, p. 214–401.
- Dottin G.* Manuel pour servir à l'étude de l'antiquité celtique, 1906, p. 155.
- Dreletz.* Metallurgie, 3, 1906, p. 442.
- Drude P.* Sitzb. Wien. Akad., 34, 1884, S. 489.
- Dubois de Monpéroux F.* Voyage autor du Caucase, III, Paris, 1839, p. 122; V, 1843, p. 237, 325.

- Du Hamel J.* Mém. Acad. Paris, 1786, p. 478.
- Dumanski.* Zschr. Chem. u. Ind. Kolloide, 9, 1911, S. 262.
- Dumas J.* Ann. chim. et phys., 1830, p. 193, 360.
- Dumas J.* (1). Ann. chim. et phys. (3), 18, 1846, p. 503, 506.
- Dumas J.* (2). C. R. Acad. Sci. Paris, 23, 1846, p. 778–779.
- Dürfeld V.* Zschr. Kryst., 47, 1910, S. 375.
- Durocher J.* Ann. Mines (4), 6, 1844, p. 103.
- Durocher J.* Ann. Mines (4), 15, 1849, p. 315.
- Durocher J.* Bull. Soc. Géol. France (2), 10, 1853, p. 424, 425.
- Eichler W.* Bull. Soc. Nat. de Moscou (Бюлл. Моск. общ. исп. прир.), 1862, 11, p. 438.
- Eichler W.* Bull. Soc. Nat. de Moscou (Бюлл. Моск. общ. исп. прир.), 1874, II, p. 289.
- Elie de Beaumont J.* Bull. Soc. Géol. France (2), 1846–1847, 4, p. 1272, 1274.
- Emmons S.F.* Transact. Amer. Inst. Min. Eng., 30, 1901, p. 177–204.
- Emmons W.H.* The enrichment of sulphide ores (Bull. U. S. Geol. Surv., N 529). Wash., 1913, p. 56–121.
- Emmons W.H.* Econ. Geol., 10, 1915, p. 152–153.
- Emmons W. a. Harrington G.* Econ. Geol., 8, 1913, p. 663.
- Engels.* Zschr. anorg. Chem., 37, 1903, S. 137.
- Engler C.* Das Erdöl, I, Lpz., 1913, S. 489.
- Erman A.* Reise um die Erde, I, 3, 1848, S. 78–526.
- Evans W.* Transact. a. Proceed. N. Zeal. Inst., 31, 1899, p. 566.
- Exner F.* Untersuchungen über d. Härte an Krystallflächen, W., 1873, S. 23.
- Fairbanks H.W.* Amer. Geol., 17, 1896, p. 151.
- Farrington O. a. Tillotson E.* Field Columb. Mus. РИИ. (g. s. 3), 1908, p. 155.
- Fellenberg L.* Mitt. naturf. Ges., Bern, 1849, S. 89.
- Fenner C.* Journ. Geol. Chicago, 28, 1920, p. 569.
- Fernandez V.* Zschr. Kryst., 1, 1877, S. 499.
- Field F.* Amer. Journ. Sci., 27, 1859, p. 389.
- Field F.* Journ. Chem. Soc., 14, 1860, p. 160.
- Filhol E.* Recherches sur les eaux minérales des Pyrénées, 2 ed., Paris, 1888.
- Finlay J.* Trans. Amer. Inst. Min. Eng., 33, 1903, p. 235.
- Fischer H.* Zschr. prakt. Geol., 1906, S. 251.
- Fischer J.* Versuch einer Naturgeschichte v. Livland, 1778, S. 342, 343.
- Fischer J.* Zusätze zu seiner Versuch einer Naturgeschichte v. Livland, 1784, S. 180–288.
- Fischer X.* Arch. Pharm., 1890, S. 9.
- Fletcher L.* Zschr. Kryst., 5, 1880, S. 112.
- Flink G.* Arkiv Kemi, Min. etc., 3, 1908, p. 11.
- Flourens P.* Recueil des éloges historiques, II, Paris, 1856, p. 357, 386.
- Fontan A.* Ann. chim. et phys., 74, 1840, p. 295.
- Fontan J. P. A.* Recherches sur les eaux minérales des Pyrénées, Paris, 1853.
- Foote H.W.* Econ. Geol. 5, 1910, p. 484.
- Forbes J.* Phil. Transact. R. Soc. Lond., 1836, p. 575.
- Forchhammer G.* Oversigt Kgl. Danske Vidensk. Selsk., Forhandl., 1845, S. 99.
- Forchhammer G.* Phil. Transact., 155, 1865, p. 245.
- Förstner H.* Zschr. Kryst., 5, 1881, S. 363.
- Foullon H.* Verhandl. Geol. Reichsanst., 42, 1892, S. 171.
- Foullon H.* Jb. Geol. Reichsanst., 43, 1893, S. 223.
- Fouqué F.* Revue de deux mondes, 67, 1867, p. 476, 482.
- Fouqué F.* Santorin et ses éruptions, Paris, 1879, p. 40–227.
- Fouqué F. et Gorceix H.* C. R. Acad. Sci., Paris, 69, 1869, p. 947.
- Fouqué F. et Michel-Lévy A.* Synthèse des minéraux et des roches, Paris, 1884.
- Fournet J.* De l'influence du mineur sur la marche de civilisation, Lyon, 1861, p. 212a.
- Fraas O.* Aus Orient, Stuttgart., 1867, S. 191.
- Frankenheim M.L.* De crystallorum cohaesione, Breslau, 1829.

- Freda G.* Rend. Accad. Sci. Napoli, 1883, p. 292.
Freise F. Zschr. prakt. Geol., 15, 1907, S. 1, 6.
Frentzel A. Petroleum, 1913, отруск, с. 2–3.
Frenzel A. Mineralogisches Lexicon v. Sachsen, Lpz., 1874, S. 21, 76.
Frenzel A. N. Jb. Min., 1875, S. 686.
Friedel Ch. G. R. Acad. Sci. Paris, 52, 1861, p. 983.
Friedel Ch. Bull. Soc. Min. France, 2, 1879, p. 31.
Friedel Ch. et Curie J. Bull. Soc. Min. France, 6, 1883, p. 191.
Friederichsen M. Mitth. Georg. Ges. Hamburg, 20, 1904, S. 61.
Fuchs E. et De Launay L. Traité des gîtes minér. et metallifères, II, 1893, p. 73–620.
Fuchs J. Ann. Phys., 31, 1834, S. 581.
- Garrigou F.* Bull. Soc. Géol. France (2), 24, 1867, p. 253.
Garrigou F. C. R. Acad. Sci. Paris, 79, 1874, p. 488–683.
Gautier A. C. R. Acad. Sci. Paris, 107, 1888, p. 911.
Gautier A. (1). Bull. Soc. Chim. Paris (3), 25, 1901, p. 403.
Gautier A. (2). C. R. Acad. Sci. Paris, 132, 1901, p. 63–744.
Gautier A. Ann. Mines (10), 9, 1906, p. 333–355.
Gautier A. C. R. Acad. Sci. Paris, 148, 1909, p. 1712.
Geerts A. Les produits de la nature japonaise et chinoise, I, Jokoh., 1878, p. 176, 178.
Geikie A. Textbook of geology, I, Lond., 1903, p. 628.
Gélis A. Ann. chim. et phys. (4), 30, 1873.
Genth F.A. Amer. Journ. Sci., 23, 1857, p. 415; 33, 1862, p. 195.
Genth F.A. Amer. Journ. Sci., (3), 41, 1891, p. 401, 403; 44, 1892, p. 381.
Girgensohn C. Die Schwefelwasserquellen zu Kemmern, Riga, 1847.
Glasenapp M. Rig. Industrie Ztg., 4, Riga, 1878, S. 154.
Glaser. Ann. Mines (10), 4, 1903, p. 508–532.
Gmelin Kraut. Handbuch anorg. Chem., 3, 2, 1908, S. 701.
Goldschmidt V. Index d. Krystallformen, Lpz., 1891.
Goldschmidt V. Zschr. Kryst., 39, 1904, S. 113–116.
Goldschmidt V.M. Kontaktmetamorphose in Kristianiagebiet, Kr., 1911, S. 98–258.
Gooch F. a. Whitfield J. Bull. U. S. Geol. Surv., № 47, 1888, p. 36.
Gramont A. de. Bull. Soc. Min. France, 18, 1895, p. 234–345; 21, 1898, p. 128.
Gramont A. de. C. R. Acad. Sci. Paris, 147, 1908, p. 233.
Graton L. Mineral Resources Un. St. for 1906, Wash., 1907, p. 410.
Graton a. Murdoch. Bull. Amer. Inst. Min. En., № 77, 1913, p. 741.
Grattarola G. Giorn. Miner., Crist, e Petr., 1, 189, p. 232–293.
Greg a. Lettsom. Manual of mineralogy Great Britain a. Ireland, 1858.
Gregory J.W. The dead heart of Australia, London, 1906, p. 317.
Gregory J.W. Georg. Journ., 42, 1911.
Greim G. Mineralien d. Grossherzogthums Hessen-Darm., 1895, S. 5, 8.
Grindel D. Allg. nord. Ann. Chem., 1, SPb., 1819, S. 100.
Grindel D. Journ. prakt. Heilkunde, 67, 1828, No 5, S. 26.
Groddeck A. Zschr. Berg-Hütt. u. Salinenw., 33, 1885, S. 112.
Groddeck A. N. Jb. Min., 1, 1886, S. 426.
Groth P. Mineraliensammlung d. Universität Strassburg, 1878.
Groth P. Zschr. Kryst., 5, 1881, S. 252.
Groth P. Tableau systématique d. minéraux, Gen., 1904, p. 5–26.
Grotthuss T. Schweigger's Beiträge z. Chem. u. Phys., 18, Nürnberg., 1816, S. 86.
Grout F. Econ. Geol., 8, 1913, p. 432.
Gruner. Soc. Agric. Lyon, 1855.
Guiscardi. Bull. Soc. Geol. France (2), 14, 1857, p. 635.
Gümbel C.W. Geognostische Beschreibung d. Fichtelgebirges mit d. Frankenwalde u. d. westlichen Vorlande, Gota, III, 1879, S. 301–389.
Gürich G. Zschr. prakt. Geol., 11, 1903, S. 202.
Gutbier A. u. Bünz R. Zschr. anorg. Chem., 48, 1906, S. 162.

- Haack R.* Journ. Gasbeleuchtung, 56, 1913, S. 761.
- Haas F.J. de.* Ma visite aux eaux Alexandre, M., 1811, p. 26–53.
- Haber F.* Zschr. Electrochem., 7, 1900, S. 723.
- Habermann J.* Verhandl. Naturf. Ver. in Brünn., 41, 1902, S. 269.
- Habermehl H.* Ber. d. Oberhess. Ges. f. Natur -u. Heilkunde, 18, 1879, S. 83.
- Hackmann V.* Zschr. Kryst., 27, 1897, S. 608.
- Häge Th.* Mineralien d. Siegenlandes u. angrenzende Bezirke, Siegen, 1888, S. 38.
- Hagemann E.* «Janus», Harl., 1904, p. 217.
- Hague A. a. Emmons S.* Descr. geology в кн.: *King Cl.*, Report Un. States Exploration, 40th par., 2, Wash., 1877, p. 748–749.
- Haidinger W.* Handbuch d. bestimmenden Mineralogie, Vienna, 1845, S. 566.
- Haidinger W.* Jb. Geol. Reichsanst., Wien, 5, 1854, S. 889.
- Hairs.* Ann. Soc. Géol. Belge, 1888, Bull. 114.
- Halbfass W.* Deutsche Fischerei Ztg., 27, 1904, S. 113.
- Hampe J.W.* Chem. Ztg., 1893, S. 66.
- Hampel.* Zschr. Ethnol., 1896, S. 85.
- Harres W.* Zschr. Kryst. 11, 1886, S. 112.
- Harrington B.* Amer. Journ. Sci. (4), 19, 1905, p. 346–348.
- Hartley W.* Proceed. Roy. Soc. Edinb., (1895), 21, 1897, p. 26.
- Hartley W. a. Ramage H.* Journ. Chem. Soc., 71, 1897, p. 545.
- Hauser O.* Ber. Deutsch. chem. Ges., 1905, S. 2707.
- Hautefeuille P. C. R. Acad. Sci. Paris,* 93, 1881, p. 774, 824.
- Haüy R.* Traité de minéralogie. Paris, 1801; 2 éd., IV, 1822, p. 65.
- Haw.* Min. Mag., 1, 1877, p. 124.
- Hawes G.W.* Amer. Journ. Sci., 21, 1881, p. 204.
- Hayes A.* Amer. Journ. Sci. (2), 11, 1851, p. 241.
- Hébert A. C. R. Acad. Sci. Paris,* 140, 1905, p. 165.
- Hedbury E.* Transact. Amer. Inst. Min. Eng., 31, 1902, p. 386–391.
- Heddle M.F.* Min. Mag., 7, 1887, p. 133.
- Heddle M.F.* Mineralogy of Scotland, I, 1901, p. 23–29.
- Heines.* Min. Res. U. S. Geol. Surv., 1911, I, p. 691.
- Helm O.* Schrift. Naturf. Ges. Danzig, N. F., 6, 1885, S. 242.
- Helmhacker R.* Zschr. prakt. Geol., 6, 1898, S. 431.
- Henrici A.* Weit. Studien üb. Volksheilmitt. versch. in Russl. leb. Völk., D., 1892, p. 182.
- Héricart de Thury.* Ann. Mines (3), 4, 1833, p. 517.
- Hess H.* Nonnula de fontibus medicatis, D., 1826, p. 36, 46.
- Hess H.* Zschr. Min., 2, 1827, S. 326.
- Hessel J.* Ann. Chem. u. Pharm., 113, 1860, S. 50, 365.
- Hessenberg.* Miner. Notizen, 1856, I, S. 15–16; 1860, III, S. 4.
- Heusler F.* Zschr. prakt. Geol., 5, 1897, S. 323.
- Hibsch J.E.* Verhandl. Geol. Reichsanst., Wien, 1889, S. 208.
- Hillebrand W.* Amer. Journ. Sci., 43, 1892, p. 419, 422.
- Hintze C.* Handbuch d. Mineralogie, I, 1899, S. 349–666.
- Hittorf J.W.* Ann. Phys., 84, 1851, S. 25.
- Hochschild P. N. Jb. Min.,* BB. 26, 1908, S. 151–205.
- Hochstetter F.* Neu Seeland, St., 1863, S. 251.
- Hodge E.T.* Econ. Geol. 10, 1915, p. 123, 136.
- Höfer H.* Sitzb. Wien. Akad., 111, 1902, S. 615.
- Höfer H u. Engler C.* Das Erdöl, II, Lpz., 1909, S. 28–136; I, Lpz., 1913, S. 730.
- Hoffmann F.* Geschichte d. Geogn., B., 1838, S. 468.
- Hofmann K.* Das Blei bei d. Volkern d. Alterthums, Berl., 1885, S. 7, 11.
- Hofmann u. Szombaty.* Mitth. d. Antropol. Ges. zu Wien, 16, 1886.
- Hollande.* Bull. Soc. Géol. France, 4, 1876, p. 31.
- Holmberg H.* (1). Bemerkungen auf eine Reise nach Ost-Finnland. (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы, 1856, IV), 1857, оттиск, с. 4–26.

- Holmberg H.* (2). Miner. Wegweiser durch Finnland, Hels., 1857, S. 5–35.
Holmberg H. Mater. till. Finl. geognosi, 1858, S. 231.
Howe E. Econ. Geol., 9, 1914, p. 505.
Hughes R. Phil. Mag., (5), 33, 1892, p. 475.
Humboldt A. Voyage aux pays equinoxiaux du Nouveau Continent, I, Paris, 1814, p. 447–541; II, 1819, p. 25–389.
Humboldt A. Essai politique sur la Nouvelle Espagne, 2 ed., Ill, Paris, 1827, p. 118, 321.
Humboldt A., *Kosmos*. I, St. u. Augsb., 1845, S. 231, 334; II, 1847, S. 415; IV, 1858, S. 250–265.
Hutchinson A. Min. Mag., 13, 1903, p. 342.
Hutchinson A. Min. Mag., 14, 1907, p. 202.
- Iles M.W. a. Hawkins J.D.* Engin. a. Min. Journ., 49, 1890, p. 499.
- Jacob J.* Zschr. anorg. Chem., 106, 1919, S. 252.
Jacobsen O. Ann. Chem. u. Pharm., 167, 1873, S. 17–18.
Jacquot E. et Willm F. Les eaux minerales de la France, Paris, 1894, p. 11–474.
Jaeger F. Kgl. Akad. v. Wetensch. Amst. Afd. Wis., 20, 1911, S. 497.
Jaenisch C. Commentationes Soc. phys. med. Mosq., 2, 2, M., 1821, p. 380.
Jaros Z. Rocznik Česke Akad., (2), 16, No 14, 1908.
Jenney W.P. Transact. Amer. Inst. Min. Eng., 22, 1894, 171–225, 642–646.
Jenney W.P. Transact. Amer. Inst. Min. Eng., 33, 1903, p. 445.
Jensch. Das Cadmium, Samml. chem. Vortr., 3, 1898, S. 201–210.
Jimbo K. Journ. Coll. Sci. Univ. Japan, 11, 1899, p. 218, 220.
Jiriček K. Handelsstrassen u. Bergwerken in Serbien u. Bosnien in Mittelalter, Pr., 1879.
Johnstone J. Proceed. Brit. Assoc., 1833, p. 572.
Johnstrup J. Festskrift i Anl. Naturh. Foren. Bestaaen, 1833–1883, Kj., 1890, S. 182.
Joly J. (1). Chem. News, 107, 1913, p. 241.
Joly J. (2). Phil. Mag. (6), 25, 1913, p. 858.
Joly J. Phil. Mag., 27, 1914, p. 1.
Joy C. Ann. N. York Lyceum Nat. Sci., 7, 1865, p. 248.
Junghuhn F. Java (немецкий перевод 2-го изд.), 2, 1854, S. 5–863.
- Kaiser E.* Cbl. Min., 1906, S. 204.
Karsten C. System d. Metallurgie, B., 1, 1830.
Karsten C. Archiv Min., 16, 1842, S. 386.
Kemp J. Engin. a. Min. Journ., 1890, p. 689.
Kemp J. Ore deposits of U. S. a. Canada, 1895; 1900, p. 192, 202.
Kenngott G. Sitzb. Wien. Akad., 11, 1853, S. 982, 989; 12, 1854, S. 22, 24; 15, 1855, S. 238.
Kenngott G. Übersichte d. Resultate mineralogischer Forschungen für 1862–1865, Lpz., 1868.
Kenngott G. N. Jb. Min., 1, 1880, S. 164.
Kersting R. Ann. Chem. u. Pharm., 90, 1854, S. 158.
Kersting R. Correspondenzblatt naturf. Ver. Riga, 15, 1866, S. 130.
Keyes C. Missouri Geol. Surv., 9, 1896.
Kingsley C. At last., Lond., 1890, p. 149.
Kirk Ch. Econ. Geol., 7, 1912, p. 35.
Klebs. Unter. botan. Inst. Tübingen, 2, 1886–1888, p. 333.
Klockmann F. Zschr. Kryst., 19, 1891, S. 268.
Klock prakt. Geol., 1, 1893, S. 468.
Knebel W. Naturw. Rundschau, 21, 1906, S. 146, 147.
Knebel W. Island, St., 1912, S. 224.
Köhler F. Zschr. prakt. Geol., 11, 1903, S. 49.
Köhler G. Die «Rücken» in Mansfeld u. Thüringen, L., 1905.
Kohlrausch F. u. Rose F. Zschr. phys. Chem., 12, 1893, S. 241.
Koort W. Beitrag z. Kenntniss d. Antimonglanzes (1884), Zschr. Kryst., 12, 1886, S. 78.
Königsberger u. Reichenheim. Cbl. Min., 1905, S. 469.
Kossmat F. Jahrb. Geol. Reichsanst., Wien, 49, 1899, S. 259.

- Kossmat F.* Jahrb. Geol. Reichsanst., Wien, 61, 1911, S. 339.
- Krahmann M.* Fortschr. prakt. Geol., I, 1903, S. 287–363.
- Kraus u. Hunt.* Zschr. Kryst., 42, 1906, S. 4–5.
- Krenner J.* Sitzb. Wien. Akad., 51, 1865, S. 480.
- Krenner J.* Zschr. Kryst., 8, 1883–1884, S. 537; 10, 1885, S. 90; 14, 1888, S. 388.
- Krenner J.* Zschr., Kryst., 27, 1896–1897, S. 98.
- Krenner J.* Zschr. Kryst., 43, 1907, S. 477.
- Kuess.* Ann. Mines, 13, 1878, p. 75–150.
- Kuess.* Ann. Mines (8), 11, 1887, p. 75, 136.
- Kulwiec K.* Wszechświat, 21, 1902, p. 363.
- Kuszewicz I.* Pamiętnik tow. lekarsk. warszawsk. (2), 2, 1851, p. 84.
- Laar C.* Sitzb. Niederrhein. Ges. f. Natur. u. Heilkunde, 1882, S. 90.
- Labecki H.* Górnictwo w Polsce, 1841, I–II.
- Lacroix A.* Bull. Soc. Min. France, 7, 1884, p. 463.
- Lacroix A.* (1). Minéralogie de la France, I, Paris, 1897, p. 550; (2). II, 1897, p. 496, 564.
- Lacroix A.* La Montagne Pelée, Paris, 1904, p. 34–187.
- Lacroix A.* Rev. génér. Sci., 1906, p. 925.
- Lacroix A.* Bull. Soc. Min. France, 30, 1907, p. 229, 257.
- Lacroix A.* Les syenites néphélin. de l'archipel de Los, Paris, 1911, p. 99.
- Landeiro C.* Mineralogia, 1888, p. 39.
- Langer u. Meyer V.* Ber. Deutsch. chem. Ges., 18, 1885, S. 135.
- Laplace P. de.* Journ. phys., 40, 1820, p. 403.
- Laplace P. de.* Exposition du système du monde, Oeuvres, 6, P., 1846, p. 300.
- Lartet L.* Bull. Soc. Géol. France (2), 23, 1866, p. 738, 758.
- Lasarević M.* Zschr. prakt. Geol., 19, 1911, S. 323, 324; 20, 1912, S. 356, 360.
- Laspeyres H.* Zschr. Kryst., 9, 1884, S. 189.
- Laspeyres H.* Zschr. Kryst., 20, 1892, S. 535, 549.
- Laspeyres H.* Verhandl. Naturh. Ver. Rheinl., 50, 1893, S. 145, 508.
- Le Chatelier H. et Ziegler.* Bull. Soc. encour. industr. nat., 101, 1902, p. 368.
- Leclère M.A.* Etude géologique et minière des provinces chinoises voisines de Tonkin, Paris, 1902, p. 139.
- Le Conte J.* Amer. Journ. Sci., (3), 26, 1883, p. 4.
- Lecoq de Boisbaudran F. et Jungfleisch.* C. R. Acad. Sci., Paris, 1878, 1 sem., p. 475–577.
- Lenard P. u. Klatt.* Ann. Phys., 15, 1904, S. 165, 256.
- Leonhard G.* Mineralien Badens, 3 Aufl., St., 1876, S. 50.
- Leonhard K.* Oryktognosie, 1821, S. 331.
- Leonhard K.* Handwörterbuch topographischen Mineralogie, Heid., 1843.
- Le Roy, Mc Goy a. Foster W.* Zschr. anorg. Chem., 41, 1904, S. 452.
- Lersch B.* Hydrochemie, 2-te Aufl., B., 1864, S. 10–665.
- Lesseps de.* Journ. histor. du voyage, I, Paris, 1790, p. 50.
- Leuze A.* Jahreshefte d. Ver. f. vaterl. u. Naturk. in Württemberg, 45, 1889, S. 49.
- Leuze A.* Oberrhein. geol. Ver., 1892, S. 21.
- Lévy A.* (1). Description d'une collection de M. Heuland, II, 1837, p. 380; (2), III, 1837, p. 278.
- Lewy B.* Ann. chim. et. phys. (3), 17, 1846, p. 11.
- Lincio G.* Cbl. Min., 1904, S. 149.
- Lindgren W.* Transact. Amer. Inst. Min. Eng., 30, 1901, p. 590; 31, 1902, p. 232, 239.
- Lindgren W.* Prof. papers of U. S. Geol. Surv. № 43, 1905, p. 114.
- Lindgren W.* Mineral deposits, publ. by S. Emmons, N. Y., 1913, p. 368–682.
- Lindgren W., Graton L., Gordon C.* Prof. papers U. S. Geol., Surv., № 68. 1910, p. 76.
- Lindgren W. a. Hillobrand W.* Amer. Journ. Sci., 18, 1904, p. 451.
- Lindström G.* Oefv. K. Vet. Acad. Forhandl., Stock., 32, No 2, 1875, S. 25.
- Linne B., Gmelin-Kraut's* Handbuch anorg. Chem., 1, Heid., 1906, S. 403–404.
- Lipold M.V.* Jahrb. Geol. Reichsanst., 24, 1874, S. 425.
- Lipold M.V.* Quecksilberbergwerk zu Idria in Krain, Wien, 1881.

- Livingstone D.* Explorations dans l'intérieur de l'Afrique australe, trad. d'angl. par. H. Lebeau, Paris, 1859, p. 316, 559.
- Livingstone D.* Exploration du Zambèse, trad. d'angl., Paris., 1866, p. 341–531.
- Loczka J.* Zschr. Kryst., 15, 1889, S. 42.
- Löfstrand G.* Geol. För. Förh., 25, 1903, S. 103.
- Lorenz R.* Ber. Deutsch. chem. Ges., 24, 1891, S. 1501.
- Loretz H.* N. Jb. Min., 1863, S. 674, 675.
- Lossen K.* Zschr. Deutsch. geol. Ges., 34, 1882, S. 660.
- Lotti B.* (1). I depositi di minerali metalliferi, T., 1903, p. 34–119.
- Lotti B.* (2). Zschr. prakt. Geol., 11, 1903, S. 423.
- Löw M.* Zschr. Kryst., 51, 1913, S. 133.
- L(ozé) E.* Ann. Min. Belg., 10, 1905, p. 971.
- Ludwig E.* Min. u. Petr. Mitt., 11, 1890, S. 307.
- Ludwig F.* Arbeiten Naturf. Ges. Riga, 11, 1908, S. 66, 189.
- Luedecke O.* Mineralien d. Harzes, 1896, S. 11.
- Lüning O.* schr. Untersuch. Nahr.- u. Genussmitt., 41, 1921, S. 29.
- Mabery C.* Amer. Chem. Journ., 13, 1891, p. 232; 16, 1894, p. 90.
- Mabery C.* Proceed. Amer. Acad. Arts a. Sci., 31, 1896, p. 17, 43.
- Mabery C. a. Smith A.* Amer. Chem. Journ., 16, 1894, p. 93.
- Mallard E.* Bull. Soc. Min. France, 5, 1882, p. 235.
- Marcet A.* Phil. Transact. Roy. Soc., 1819, p. 194–195.
- Marchand E. C. R.* Acad. Sci. Paris, 34, 1852, p. 56.
- Martel E.* Evolution souterraine, Paris, 1908, p. 44–45.
- Mercalli G.* I. vulcani attivi d. terra, M., 1907, p. 91–370.
- Messinger C.* Ber. Deutsch. chem. Ges., 30, 1897, S. 797.
- Metzner R.* Traité de chimie minérale publ. par. H. Moissan, IV, Paris, 1905, p. 361.
- Metzner T.* Ann. chim. et. phys. (7), 15, 1898, p. 203.
- Meyer L.* Journ. prakt. Chem., 91, 1864, S. 5–6.
- Miers H.A.* Zschr. Kryst., 31, 1899, S. 584.
- Millosevich F.* Bolletino Soc. Geol. Ital., 20, 1901, p. 267–268.
- Moffit F. a. Copps S.* Bull. U. S. Geol. Surv., № 448, 1911, p. 89.
- Morh.* Bull. dep. Agricult. aux Indie Neerl., № 17, 1908.
- Moissan H.* (1). Traité de chimie minér., II, Paris, 1905, p. 320; (2), IV, 1905, p. 133 (Chabrié C.).
- Mönch N.* Jb. Min. BB. 20, 1905, S. 388–412.
- Monheim.* Nat.-Hist. Ver. Rheinl., 6, 1849, S. 256.
- Moses A.* Zschr. Kryst., 22, 1894, S. 18.
- Moses A.* Amer. Journ. Sci., 17, 1904, p. 359, 364.
- Much M.* Zschr. Deutsch. u. Oesterr. Apl. – Vereins, 1902.
- Mügge O.* N. Jb. Min., 1882, II, S. 32.
- Mügge O.* N. Jb. Min., 1898, I, S. 80.
- Mügge O.* Cbl. Min., 1901, S. 368.
- Mühlhauer.* Min.-Petr. Mitt., 20, 1901, S. 84.
- Müller E.C.* N. Jb. Min., BB. 17, 1903, S. 189–242.
- Müller H.* Erzgänge d. Annaberger Bergreviers, Lpz., 1894, S. 91–92.
- Müller H.* Erzgänge d. Freiburger Bergreviers, Lpz., 1901, S. 81–244.
- Münster Ch.A.* Vidensk. selck. skr., 1, 1894, S. 31–35.
- Münzichsdorfer E.* (1). Geogn. Jahreshäfte, 21, Münch., 1908.
- Münzichsdorfer E.* (2). Mineral, petrogr. Studien am Silberberg bis Bodenmais, Münch., 1908.
- Murchison R.* Geology of Russia in Europe, I, Lond., 1845, p. 144, 169.
- Murdoch J.* Microscopical determination of opaque minerals, N. Y., 1916, p. 131.
- Murray J. a. Irvine R.* Proceed. Roy. Soc. Edinb., 17, 1891, p. 94.
- Murray J. a. Irvine R.* Transact. Roy. Soc. Edinb., 37, 1895, p. 496.
- Nasini R. e. Baschieri E.* Atti Accad. Lincei (2), 21, 1, 1912, p. 689.
- Nasini R., Anderlini F. e Salvadori R.* Gazzetta chim. ital., 36, 1, 1906, p. 436.

- Nauckhoff R.* Min. Mitt., 5, 1874, S. 122.
- Navarro F.* Act. Soc. Españ. Hist. Nat., 3, 1894, p. 59–246; то же, Zschr. prakt. Geol., 1894, S. 258.
- Navarro F.* Act. Soc. Españ. Hist. Nat., 4, 1895, p. 9.
- Neef O.* Über Antimonit v. Felsöbanya, Erl., 1915.
- Nencki M. u. Sieber N.* Monatsh. Chem., 10, 1890, S. 526.
- Nernst W.* Theoretische Chemie, 7 Aufl., St., 1913, S. 436.
- Neumann B.* Die Metalle, Halle, 1904, S. 120–329.
- Neumann-Partsch C.* Physicalische Geographie v. Griechenland, Br., 1885, S. 293.
- Nilson L.* Journ. prakt. Chem., (2), 12, 1875, S. 297; 14, 1876, S. 167.
- Nörling J.* Über d. Verhältnis der Sogenannten Schalenblende zur regulären Blende und zum hexagonalen Wurtzit, Kiel, 1887, S. 9–24.
- Nordenskiöld A.* Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюл. Моск. общ. исп. прир.) 4, 1832, с. 112.
- Nordenskiöld A.* Beskrifning Finland funna Mineralier, 2 изд., H., 1863, S. 8–15.
- Nordenskiöld N.* Beitrag z. Kenntn. d. Schrammen in Finnland, 1863, S. 12. (Acta Soc. Sci., 7, Helsingfors).
- Normann E.* Inland, 5, 1840, S. 707.
- Norrish R. a. Rideal E.* Journ. Chem. Soc., 123, 1923, p. 696.
- Oppert G.** Zschr. Ethnol., 35, 1903, S. 56.
- Ordoñez E.* Trans. Amer. Inst. Min. Eng., 32, 1902, p. 238.
- Orton.* Eight Annual Report U. S. Geol. Surv., ed. by Powell, 2, 1889, p. 483–646.
- Palache C. a. Wood.* Amer. Journ. Sci. (4), 18, 1904, p. 343–351.
- Parsons C.L.* Bull. U. S. Bureau of Mines, № 47, 1912, p. 27.
- Patrin E.* Observations sur physique, 38, Paris, 1791, p. 239, 241.
- Pelloux A.* Rendic. Accad. Lincei, 13, 1904, p. 34.
- Peltier. C. R.* Acad. Sci. Paris, 22, 1846, p. 1376.
- Penfield S.* Amer. Journ. Sci. (3), 29, 1885, p. 453.
- Penrose R.A.F.* Journ. Geol., 2, 1894, p. 309.
- Peters C.F.* N. Jb. Min., 1861, S. 665.
- Peters F.* Gmelin-Kraut's Handbuch anorg. Chemie, 5, 1, Heid., 1909, S. 1322.
- Petitgand E. et Ronna A.* Essai hist. et stat. sur la métallurgie, Paris, 1864, p. VIII.
- Petterd W.* Catalogue of minerals of Tasmania, Launc., 1896, p. 4–51; 1910, p. 28–29.
- Pfaff F.* Zschr. Kryst., 12, 1886, S. 180.
- Phillips F.C.* Trans. Amer. Phil. Soc., 17, 1893, p. 219.
- Phillips F.C.* Journ. Amer. Chem. Soc., 20, 1898, p. 678.
- Phillips J.* A treatise on ore deposits, 2 ed., Lond., 1896, p. 653.
- Phillips W.* An elementary introduction to mineralogy, New edit. by H. Brooke a. W. Miller, Lond., 1852, p. 159.
- Pittman E.* Journ. Soc. N. S. Wales, 41, 1907, p. 100.
- Pitz P.* Schröder R. u. Thosh V., Beitr. Kryst. u. Miner., I, 1918, S. 173.
- Plater Hr.* Rzut oka na sklad geogn. Inflant., Wars., 1832, p. 26.
- Plauchud E. C. R.,* Acad. Sci., Paris, 84, 1877, p. 235.
- Plinius C.* Hist. Nat. lib., 33, c. 40.
- Plummer G.W.* Journ. Amer. Chem. Soc., 33, 1911, p. 1487.
- Poggiale et Lambert. C. R.* Acad. Sci. Paris, 54, 1862, p. 1063.
- Polacci E.* Rendic. 1st. Lombardo Sci., 8, 1875, p. 796.
- Poni P.* Etudes sur les minéraux de la Roumanie (Ann. scient. de l'Univ. Jassy), Jassy, 1900, p. 10.
- Ponte G. Atti R.* Accad. Lincei, 23, 2, 1914, p. 341.
- Pošepny F.* Jahrb. Geol. Reichsanst., 1874, S. 315.
- Pošepny F.* Trans. Amer. Inst. Min. Eng., 23, 1894, p. 197–332.
- Pošepny F.* (1). Über Genesis d. Erzlagerstätten, Wien, 1895, S. 42, 48.
- Pošepny F.* (2). Arch. prakt. Geol., 1895, II, S. 609–752.
- Posnjak F., Allen E., Merwin H.* Zschr. anorg. Chem., 94, 1916, S. 95.
- Postels A.* Mémoires présentées a. l'Acad. Sci. SPb. par divers savants, II, Paris, 1835, p. 11.
- Pouget.* Ann. chim. et phys. (7), 18, 1899, p. 565–571.

- Prado de.* Bull. Soc. Géol. France, (2), 12, 1855, p. 13.
- Pratt J.H.* Miner., resources U. S. for 1902, Wash., 1903, p. 261.
- Preuner G.* Zschr. anorg. Chem., 15, 1907, S. 283.
- Preuner G. u. Schupp W.* Zschr. phys. Chem., 68, 1910, S. 163.
- Pusch G.* Geognostische Beschreibung v. Pohlen, I, Stuttg., 1831, S. 225–250: II, 1836, S. 45–388.
- Raczkiewicz M.*** Oester. Zschr. Berg.-u. Hüttenw., 27, 1879, S. 17.
- Raimondi A.* Minéraux de Pérou, Paris, 1878, p. 101–239.
- Rammelsberg C.* Ann. Phys., 121, 1864, S. 360.
- Rammelsberg C.* Handbuch d. Mineralchemie, 2 Aufl., 1875; Nachtrag, 2, 1895, S. 63.
- Ramsay W.* Zschr. Kryst., 12, 1886, S. 209–221.
- Ramsay W. a. Travers M.* Proceed. Roy. Soc. A., 60, 1896, p. 443.
- Ransome P.L.* Bull. U. S. Geol. Surv., № 182, 1901, p. 79.
- Ransome F.L.* Prof. Papers U. S. Geol. Surv., № 21, 1904.
- Ransome F.L.* Prof. Papers U. S. Geol. Surv., № 66, 1909.
- Ransome F.L.* Econ. Geol., 5, 1910, p. 205.
- Rath G.* Zschr. Deutsch. geol. Ges., 16, 1864, S. 128.
- Rath G.* Sitzb. Preuss. Acad., 1882, S. 201.
- Rath G.* Sitzb. Niederrhein. Ges., Bonn. 1887, S. 78.
- Ray Chandra P.* History of Hindu chemistry, I, 1902, p. 43.
- Reich F. u. Richter T.* Journ. prakt. Chem., 90, 1863, S. 175; 92, 1864, S. 485.
- Reineggs (Ehlich)* Allgemeine hist.-topogr. Beschreibung d. Kaukasus, II, SPb., 1797, S. 141.
- Retgers J.* Zschr. phys. Chem., 8, 1891, S. 70.
- Richardson C.* Journ. Franklin Inst., 162, 1906, p. 115.
- Ries H.* Econ. Geol. United States. N. Y., 1905.
- Rimatori.* Rendic. Accad. Lincei, 12, 1903, p. 26, 263.
- Rimatori.* Atti Accad. Lincei, 13, 1904, p. 277, 283; 14, 1905, p. 687, 688.
- Rinmann E.* Gbl. Min., 1909, S. 771.
- Rinne F. u. Böcke H.E.* (1). N. Jb. Min., Festband, 1907, S. 245.
- Rinne F. u. Böcke H.E.* (2). Zschr. anorg. Chem., 53, 1907, S. 338.
- Robertson J.D.* Amer. Journ. Sci. 40, 1890, p. 160.
- Rogers A.F.* Amer. Journ. Sci., 9, 1900, p. 135.
- Rogers A.F.* Univ. Geol. Surv. of Kansas, 8, 1904, p. 445.
- Rogers A.F.* School of Mines Quarterly, 32, 1911, p. 298.
- Rogers A.F.* Econ. Geol., 8, 1913, p. 783, 788.
- Rogers W.B.* Transact. Amer. Assoc. Geol. Natur., 1843, p. 323.
- Rogers W.B.* Reports on the geology of Virginia, 1884, p. 577.
- Rolland G.* Bull. Soc. Min. France, 1, 1878, p. 98.
- Rose G.* Ann. Phys., 2, 1824, S. 416; 3, 1825, S. 288.
- Rose G.* Ann. Phys., 28, 1833, S. 157, 428.
- Rose G.* Reise am Ural u. Altai, I, Berl., 1837, S. 148–592.
- Rose G.* Geol.-miner. Reise nach Uralgebiet, II, Berl., 1842, S. 30–460.
- Rose G.* Ann. Phys., 74, 1849, S. 295.
- Rose G.* Das krystallo-chemische Mineralsystem, Lpz., 1852, S. 46.
- Rose G.* Ann. Phys., 91, 1854, S. 401.
- Rössler.* Zschr. anorg. Chem., 9, 1895, S. 46.
- Roth J.* Allgem. u. Chem. Geologie, I, Berl., 1879, S. 413–452.
- Roth W.* Gmelin-Kraut's Handbuch anorg. Chem., IV, Heid., 1906, S. 31–123.
- Rubner M.* Archiv Hyg., 16, 1893, S. 57.
- Rudler.* A handbook to a collection of miner. of Brit. Isles, Lond., 1905, p. 37, 120.
- Rule A. a. Thomas J.S.* Journ. Chem. Soc., 105, 1914, p. 177, 2819.
- Rumpff.* Verhandl. Geol. Reichsanst., Wien, 1870, S. 2.
- Sachs A.*** Cbl. Min., 1904, S. 49.
- Sadebeck A.* Zschr. Deutsch. geol. Ges., 24, 1872, S. 181–792.
- Sainte Claire Deville Ch.* Bull. Soc. Géol. France, 10, 1853, p. 428.

- Sainte Claire Deville Ch.* (1). Ann. Mines, 4, 1857, p. 264, 268.
Sainte Claire Deville Ch. (2). Bull. Soc. Géol. France, 14, 1857, p. 262, 265.
Sainte Claire Deville Ch. C. R. Acad. Sci. Paris, 61, 1865, p. 568, 569.
Sainte Claire Deville Ch. et Leblanc F. Ann. chim. et phys. (3), 52, 1858, p. 47.
Sales R.H. Econ. Geol., 5, 1910, p. 681.
Sales R.H. Bull. Amer. Inst. Min. Eng., 80, 1913, p. 1523.
Sandberger F. N. Jb. Min., 1868, S. 403.
Sandberger F. N. Jb. Min., 1889, I, S. 255–259.
Sandberger F. Sitzb. Bayer. Akad., 1893, S. 211.
Sartorius v. Waltershausen W. Der Aetna, her. von Lasaulx, 2, Lpz., 1880, S. 535.
Sauer M. An account of a geogr. a. astron. expedition to the north, parts of Russia, Lond., 1802, p. 303.
Scacchi A. Mem. Geol. Campania, 1849, p. 116.
Scacchi A. C. R. Acad. Sci. Paris, 31, 1850, p. 263.
Scacchi A. Zschr. Deutsch. geol. Ges., 4, 1852, S. 171.
Scacchi A. N. Jb. Min., 2, 1888, S. 136.
Scacchi A. Catalogo d. Minerali Vesuviane, N., 1889, p. 8.
Schabus. Sitzb. Akad. Wien, 6, 1851, S. 65, 69, 80.
Scharff F. N. Jb. Min., 1861, S. 390, 394.
Scheerer. Zschr. Berg-Hütten-u. Salinenwes., Preus. St., 59, 1911, S. 214, 220.
Scheerer T. Ann. Phys., 65, 1845, S. 290, 299.
Scheerer T. Nytt Magazin Naturv., 5, 1848, S. 313.
Schellenz. Geschichte d. Pharm., Berl., 1904, S. 12, 106.
Schiemann C.C. Allg. nord. Ann. Chem., 2, SPb., 1820, S. 11, 19.
Schiemann C.C. Jahresverhandl. Kurl. Ges. f. Lit. u. Kunst., 2, Mit., 1822, S. 75.
Schindler A. Jahrb. Geol. Reichsanst., Wien, 31, 1881, S. 187.
Schmid. Jahresber. f. Chem., 1886, S. 2228.
Schmid H.S. Mica, Ottava, 1912, p. 157.
Schmidt Ad. Transact. St Louis Acad. Sci., 3, 1875, p. 246.
Schmidt Ad. Über d. Zinklagerst. v. Südwest Missouri, Heid., 1876.
Schmidt Ad. Verhandl. Naturf. Ges. Heidelberg, 2, 1880, H. 5; Ref. Zschr. Kryst., 7, 1883, S. 407.
Schmidt Al. Zschr. Kryst., 13, 1887–1888, S. 433.
Schmidt Al. Zschr. Kryst., 29, 1898, S. 198.
Schneider E.R. Ann. Phys., 138, 1869, S. 314–466.
Schneider E.R. Ann. Phys., 149, 1873, S. 386.
Schneiderhöhn H. Senkenbergiana, I–II, 1919.
Schrader F. Prof. Papers U. S. Geol. Surv., № 68, 1910, p. 141.
Schrader F. a. Hill J. Contrib. to econ. geol., 1909, I, 1910, p. 163.
Schrader O. Sprachwissenschaft u. Urgeschichte, 3 Aufl., II, 1, 1906, S. 48, 95.
Schrauf A. Atlas d. Krystallformen, 1873, Atlas, 14, 35.
Schrauf A. Jb. Geol. Reichsanst., Wien, 41, 1891, S. 349–399.
Schrenck G. Arch. Naturk. Liv., Esth. u. Kurl., 1, 1854, S. 102.
Schröder. Beitr. Kryst. u. Min., I, Heid., 1918, S. 173.
Schötter A. Zschr. Phys. Math., 3, 1829, S. 245; 4, S. 5.
Schrötter J. Der Naturforscher, 22, 1787, S. 180.
Schuchert C. Proceed. Amer. Phil. Soc., 54, 1915, p. 268.
Schurmann E. Ann. Chem. u. Pharm., 249, 1888, S. 326.
Schüler. Ann. Chem. u. Pharm., 87, 1853, S. 41.
Shuller A. Math. u. naturw. Anz. Ungarn. Akad, 12, 1894, S. 255–261.
Schumacher F. Zschr. prakt. Geol., 19, 1911, S. 22.
Schweigger J. Journ. Chem. u. Phys., 31, 1821, S. 357.
Schwenkel. Min. Petr. Mitt., 31, 1912, S. 204.
Seesen C. Inland. 9, Dorpat, 1844, S. 129–131.
Seidler H. Correspondenzblatt naturf. Vereins Riga, 29, 1886, S. 31.
Semper J.E. Beiträge z. Kenntniss d. Goldlagerstätten d. Siebenbürgischen. Erzgebirges, B., 1900, S. 27.

- Senarmont H.* Ann. chim. et phys. (3), 32, 1851, p. 129.
Serra A. Rend. Accad. Lincei, 16, 1907, p. 347.
Sgarzi G. Mem. Accad. Sci. Ist. Bologna. (2), 3, 1863, p. 275.
Shannon V. Amer. Journ. Sci. (4), 50, 1920, p. 390.
Sharwood W. Econ. Geol., 6, 1911, p. 729.
Shepard C. Amer. Journ. Sci., 41, 1866, p. 209.
Sickenberger E. Chem. Ztg., 15, 1891, S. 1582; 1892, S. 1691.
Siebenthal C. Econ. Geol., 9, 1914, p. 759–763.
Silvestri O. N. Jb. Min., 1894, I, S. 434.
Sipöcz L. Min. Petr. Mitt., (2), 7, 1886, S. 285.
Sjögren H. Geol. Fören. Stockh., Förhandl., 7, 1884–1885, S. 124; 8, 1886, S. 428.
Sjögren H. Jb. Geol. Reichsanst. Wien, 37, 1887, S. 53.
Sokolowski W. i Matuszewski A. Gazeta lekarska, 14, Wars. 1873, p. 21.
Solly R. Min. Mag., 14, 1905, p. 81.
Spallanzani L. Viaggi alle due Sicilie, II, Pav., 1792, p. 131–132.
Sprengel C. Journ. techn. u. ökon. Chem., 3, 1828, S. 319.
Spring W. Bull. Acad. Belge (3), 30, 1895, p. 311.
Spring W. Bull. Acad. Belge, 1906, p. 482.
Spurr J.E. Prof. papers U. S. Geol. Surv., № 42, 1905, p. 92, 94.
Stapff F. Berg. u. Hüttenm. Ztg., 20, 1861, S. 252.
Stapff F. Les eaux du tunnel de S-t Gothard, Alt., 1891, p. 42–135.
Staszic S. O ziemiorodztwie gór dawniej Sarmacyi, Wars., 1805, p. 59.
Stella-Sawicki J. Les eaux minér. de la Pologne, Str., 1870, p. 15.
Steller G. Beschreibung von dem Lande Kamtschatka (her. v. Scherer), Fr. u. Lpz., 1774.
Stelzner A. Min. Mitt., 1873, S. 251.
Stelzner A. N. Jb. Min., 1893, II, S. 122.
Stelzner A. Verhandl. Silber-Kommission, I, 1894, S. 580.
Stelzner A. u. Bergeat A. Die Erzlagerstätten, I, 1904, S. 42–388; II, 1905, S. 547–1055.
Stephenson L., Veatch J. a. Dole R. Water Supply Paper, № 341, U. S. Geol. Surv., Wash., 1915.
Stevanović S. Zschr. Kryst., 39, 1904, S. 14–18; 44, 1908, S. 350, 353.
Streintz F. Physik. Zschr., 4, 1902, S. 106.
Streintz F. Leitvermögen gepresster Pulvern («Samml. Electrotechn. Vortr.»), her. Voigt, IV, 1903.
Streintz F. Festschr. L. Boltzmann, 1904, S. 196.
Streng A. N. Jb. Min., 1882, I, S. 185–206.
Stromeyer. Ann. Phys., 48, 1814, S. 183, 209.
Strüver J. Zschr. Kryst., I, 1877, S. 225.
Stuhr. Jahrb. Geol. Reichsanst., 18, 1868, S. 365.
Sullivan W. a. O'Reilly J. Notes on the geology a. mineralogy of Santander a. Madrid, Lond., 1863, p. 102.

Tappeiner H. Ber. Deutsch. chem. Ges., 16, 1883, S. 1735, 1741.
Tarr W. Econ. Geol., 5, 1910, p. 223.
Tenne u. Calderon. Die Minerallagerstätte d. Iberischen Halbinsels, Berl., 1902, p. 37, 57.
Than C. Ann. Chem. u. Pharm., Suppl. Bd. 5, 1867, S. 245.
Thiele J. Beiträge z. Kenntniss d. nutzbaren Mineralien d. Bayerischen Waldes, Erl., 1891, S. 5.
Thielmann H. Medic. Ztg. Russl., 3, SPb., 1846, S. 128–151.
Thornton W. Amer. Journ. Sci., 1910, p. 358.
Thoroddsen T. Das Ausland St., 1889, S. 161.
Thoroddsen T. Mitt. Geogr. Ges. Wien, 34, 1891, S. 267.
Thoroddsen T. Island, I, Gotha, 1905 (Ergänz. z. Petermann's Mitt.), S. 152, 154.
Tichborne. Proceed. Roy. Soc. Dublin, 4, 1885, p. 300.
Tietze E. Jahrb. Geol. Reichsanst., Wien, 29, 1879, S. 565.
Tolman C. Mining a. Scient. Press, 106, 1913, p. 180.
Tolman C. a. Clark J. Econ. Geol., 9, 1914, p. 587.
Torkelson T. The hot springs of Iceland, Kj., 1910, p. 49, 70.
Traube H. Zschr. Kryst., 14, 1888, S. 565.

- Treitschke W. u. Tammann G.* Zschr. anorg. Chem., 49, 1906, S. 320, 322, 332.
Thonquoy R. Bull. Soc. Min. France, 35, 1912, p. 388.
Trüstedt O. Die Erzlagerstätten v. Pitkäranta, Hels., 1907, S. 123–329.
Tschermak G. Podręcznik mineral., wytl. I. Morazewicz. W., 1900, p. 380, 660.
Tyszkewicz E. Birze, SPb., 1869, p. 160, 161.
- Ungemach.* Bull. Soc. Min. France, 29, 1906, p. 265.
Urbain G. C. R. Acad. Sci. Paris, 149, 1909, p. 602, 603.
Urbain G. Rev. Scient., P., 1914, p. 166.
Urbain G., Campo y Clair Seal A. del. Rev. Acad. Cienc. Mallndo, 8, 1909, p. 49–57.
- Van Delden A.* Cbl. Bacteriol., II Abth., 11, 1903, S. 81, 113.
Van Hise C.R. Transact. Amer. Inst. Min. Eng., 30, 1901, p. 91, 590.
Varet R. C. R. Acad. Sci. Paris, 120, 1895, p. 1114.
Verneuil E. de, a. Keyserling A. The geology of Russia, I, Lond., 1845, p. 157.
Villarello J.D. Mem. Soc. cient. Ant., Alzate, 19, 1903, p. 100.
Vogt J. Nytt Magaz. Naturv. Christ., 26, 1881, p. 67.
Vogt J. Norske Ertsforekomster, I, Kr., 1884, S. 12–109.
Vogt J. (1). Mineralbild. Schmelzmassen, 1892, S. 258.
Vogt J. (2). Nickelforekomster og nickelproduction, Kr., 1892, S. 1–10.
Vogt J. Zschr. prakt. Geol., 1, 1893, S. 125–357; 6, 1898, S. 228–229.
Vogt J. Die Silikatschmelzlösungen, I, Chr., 1903, S. 44, 98.
Voit F. Zschr. prakt. Geol., 21, 1913, S. 46.
Volger O. Studien z. Entwicklungsgeschichte d. Mineralien, Zür., 1854.
Vrba K. (C.). Zschr. Kryst., 15, 1889, S. 463.
- Wada T.* Japanische Mineralien, Sitzb. Ges. Naturf. Fr., Berlin, 1884, S. 80.
Wada T. Mining industry of Japan, Tok., 1893, p. 323, 324.
Walchner. Miner., 1829, p. 438.
Walcott R. Proceed. Roy. Soc. Victoria, 13, 1901.
Walker E. Engin. a. Min. Journ., 80, 1905, p. 1202.
Walker T.L. Quart. Journ. Geol. Soc., 53, 1897, p. 40.
Walker T.L. XIV Rep. Bureau Mines prov. Ontario, 3, 1905.
Wall G. Quart. Journ. Geol. Soc., 16, 1860, p. 468–469.
Wallace W. The laws which regulate the deposition of leadores in veins, 1861.
Walton J. a. Parsons L. Journ. Amer. Chem. Soc., 43, 1921, p. 2539.
Wangenheim v. Quallen. Bull. Soc. Nat. d. Moscou (Бюлл. Моск. общ. исп. природы), 1847, p. 244.
Wangenheim v. Quallen. Bull. Soc. Nat. d. Moscou (Бюлл. Моск. общ. исп. природы), 2, 1857, p. 210.
Warming E. Vidensk. Meddelelser fr. naturh. Fören., 1875–1876, S. 405.
Wawnikiewicz R. Gazeta lekarska, 6, W., 1869, p. 762, 827.
Weber J. Zschr. Kryst., 44, 1908, S. 219–228.
Weed W.H. Bull. Geol. Soc. Amer., 2, 1900, p. 179.
Weed W.H. Transact. Amer. Inst. Min. Eng., 30, 1901, p. 424–428.
Weed W.H. Prof. papers U. S. Geol. Surv., № 74, 1912, p. 72, 76.
Weed W.H. a. Pirsson L. Amer. Journ. Sci. 2, 1891, p. 401–405.
Weems J. Jowa Geol. Surv., 10, 1900, p. 566.
Wegscheider R. Handbuch a. Mineralchemie, her. v. Doelter, 1, Dr., 1911, S. 159–161.
Wehrle. Zschr. Phys. Math., 9, 1831, S. 133, 144.
Weigel O. N. Jb. Min., BB. 21, 1905, S. 326–340.
Weigel O. Nachrichten Ges. Wiss. zu Göttingen, 1906, S. 525.
Weigel O. Zschr. phys. Chem., 58, 1907, S. 293.
Weinschenk E. Zschr. Kryst., 17, 1890, S. 498, 499.
Weinschenk E. Allgemeine Gesteinslehre, I, 1906, S. 48.
Weinschenk E. Zschr. prakt. Geol., 1907, S. 73–85.

- Weiss E.* Zschr. Deutsch. geol. Ges., 36, 1884, S. 183–410.
- Weiss (1).* Arch. Sci. phys. et chim., 19, 1905, p. 537; (2), 20, 1905, p. 213.
- Weiss et Kunz.* Arch. Sci. phys. et chim., 20, 1905, p. 62.
- Wells R.C.* Econ. Geol., 5, 1910, p. 1.
- Wells a. Buttler.* Journ. Wash. Acad. Sci., 7, 1917, p. 596.
- Werner G.* Jahreshefte d. Vereins f. vaterl. Naturk. in Württemberg, 1869, S. 133.
- Westcott H.P.* Handbook of natural gas, Bait. a. N. Y., 1913, p. 41.
- Wherry T.* Journ. Wash. Acad. Sci., 10, 1920, p. 490.
- Wiik F.* Bidrag till Helsingforstraktens mineralogi, 1865, S. 9–35.
- Wiik F.* Bidr. till Kännedom af Finlands Natur och Folk, 46, 1887, S. 9–13.
- Wilcke.* Zschr. Ethnol., 36, 1904, S. 91–100.
- Winchell A.* Bull. Geol. Soc. Amer., 14, 1903, p. 269–272.
- Winslow A.* Lead a. zinc deposits in Missouri, Monogr. U. S. Geol. Surv., 6–7, 1894, p. 449.
- Winslow A.* Bull. U. S. Geol. Surv., № 132, 1896.
- Winter H.* Zschr. anorg. Chem., 43, 1905, S. 228.
- Wittelsbach.* Zschr. prakt. Geol., 5, 1897, S. 12.
- Wleugel S.* Nyt Magazin Naturw., 24, 1879, S. 334–336.
- Wolff F.* Der Vulcanismus, I, St., 1914, S. 73–606.
- Wright A.W.* Amer. Journ. Sci., 21, 1881, p. 216.
- Yates I.** On the mining operations of the Romans in Britain (Proceed. Somersethshre Archaeol. Soc.), 1858, p. 4, 8.
- Zambonini F.** Zschr. Kryst., 40, 1905, S. 211.
- Zambonini F.** Atti Accad. Lincei, 15, 1906, p. 235.
- Zambonini F.** Mineralogia Vesuviana, Nap., 1910, p. 24–32.
- Zani V.** Bull. Acad. R. Belge, 1909, p. 1169.
- Zejszner L.** Bibliotheka Warsz., 6, 1861, p. 475, 722.
- Zeleny.** Miner. Petr. Mitt., 23, 1904, S. 413.
- Zepharovich V.** Mineralogisches Lexicon v. Oesterreich, I, 1859; II, 1873.
- Zepharovich V. u. Becke.** Mineralogisches Lexicon v. Oesterreich, III, 1893.
- Zimányi K.** Zschr. Kryst., 41, 1906, S. 442–454.
- Zincken.** Ann. Phys., 3, 1825, S. 278.
- Zirke F.** Lehrbuchid. Petrographie, 1893, I, S. 429.

ГЛАВНЫЕ УКАЗАНИЯ ЛИТЕРАТУРЫ

А. ОБЩАЯ ЛИТЕРАТУРА

Литература описательной минералогии огромна; при отдельных минеральных видах указаны или главнейшие работы или те, в которых каждый читатель может найти дальнейшие литературные указания.

В нижеприведенном списке отмечены главнейшие труды более общего характера или работы, имеющие значение для диагноза и для топографии минералов. Литература по топографической минералогии приведена подробно и, по возможности, исчерпывающе, тогда как по другим вопросам даны только наиболее важные указания главных работ¹. Литература по топографической минералогии выделена, так как она лежит в основе описательной минералогии и сводки этой литературы совершенно нет. Литература на недоступных мне языках, например венгерском или японском, не приводится, или указываются рефераты на языке, более распространенном. Вся литература приводится в хронологической последовательности.

I. ОБЩИЕ ОБРАБОТКИ ОПИСАТЕЛЬНОЙ МИНЕРАЛОГИИ, СОХРАНЯЮЩИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ

1. *Ломоносов М.В.* Слово о рождении металлов от трясения Земли. 1757. (Полное собр. сочинений, СПб., 1784–1785, с. 143–178).
2. *Wallerius J.* Systema mineralogium. I – II, 1772–1775 (1-е издание – 1747).
3. *Валлеруус.* Минералогия или описание всякого рода руд и ископаемых из земли вещей. Пер. И. Шлаттера. Изд. Акад. наук, СПб., 1763, 699 с.
4. *Emmerling L.A.* Lehrbuch d. Mineralogie. 2 Aufl., I–II, Giessen, 1799–1802 (1 Aufl. – 1793–1797).
5. *Estner F.* Versuch einer Mineralogie. I–III. W., 1794–1804.
6. *Севергин В.М.* Первые основания минералогии или естественной истории ископаемых тел. 1798. Кн. 1, 498 с.; кн. 2, 437 с.
7. *Haiiy R.* Traité de minéralogie. I–IV, 2 ed., Paris, 1823 (1 éd. – 1801).
8. *Reuss F.A.* Lehrbuch d. Mineralogie. I–IV, L., 1801–1806.
9. *Thomson T.* Outlines of mineralogy. I–II, Lond., 1836 (1 ed. – 1802).
10. *Hausmann J.* System u. Geschichte d. Mineralkörper. I–II, Gött., 1845–1847 (2-я часть 2-го изд. его Handbuch d. Mineralogie; 1-е изд. – 1813).
11. *[Плиний].* Кайя Плиния Секунда, естественная история ископаемых тел, предложенная на российский язык, в азбучном порядке, и примечаниями дополненная трудами В. Севергина. Изд. Акад. наук, СПб., 1819, 363 с.

¹ Я отнюдь не имею в виду приводить полную библиографию, а привожу из старинной литературы только те работы, которые и до настоящего дня сохранили, по моему мнению, значение. Для работ одного и того же автора я привожу лишь последнюю обработку, исчерпывающую его прежние подготовительные исследования, – таковы, например, разнообразные предварительные работы Глоккера для Силезской минералогии, Т. Вада для Японской, Ливерсиджа для Ново-Южной Валлийской, Гента для Северной Каролины и т.д. Они большей частью здесь опущены.

12. *Leonhard C.C.* Handbuch d. Oryctognosie, 2 Aufl., Heid., 1826 (1 Aufl. – 1821).
13. *Hartmann C.* Handbuch d. Mineralogie. 2 Aufl., I–II, Weim., 1843–1850 (1 Aufl. – 1829).
14. *Соколов Д.* Руководство к минералогии с присовокуплением статистических сведений о важнейших солях и металлах. I–II, СПб., 1832. Дополнение к минералогии. СПб., 1838.
15. *Shepard C.* Treatise on mineralogy. 3 ed., I–III, 1852–1857 (1 ed. – 1832–1835).
16. *Breithaupt J.A.* Vollständiges Handbuch d. Mineralogie. I–III, Lpz. u. Dr., 1836–1847.
17. *Dana J.D.* System of mineralogy. 6-е изд., перераб. E.S. Dana. L., 1892. First Append., N.Y., 1899 (1-е изд. – 1837). Лучший до сих пор, полный свод описательной минералогии. 5-е издание (N.Y., 1868, перепечатано в 1890) сохранило до сих пор значение, так как в нем помещены многие анализы и старинные данные, не вошедшие в 6-е издание. Second. Append., сост. E.S. Dana и E.W. Ford – 1909 (он значительно хуже дополнений одного E.S. Dana). Стереотипное издание без перемен с обоими дополнениями вышло в 1911 г.
18. *Dufrenoy.* Traité de minéralogie. I–III и атл., P., 1844–1847; Traité de minéralogie, 2 ed., 1859, I–V (2-е изд. хуже 1-го, так как Дюфренуа был в это время уже больным).
19. *Домейко I.* Elementos de mineralojia. 3-е изд., Santiago, 1879, I–III, Append., Sant., 1881–1883 (1-е изд. – 1845). Перепечатана без перемен в госуд. изд. сочин. Домейки. Mineralojia, Ed. ofic., II–IV. Sant. da Chile, 1897–1900.
20. *Naumann C. u. Zirkel F.* Handbuch d. Mineralogie. 14-е изд., Lpz., 1901 (1-е изд. одного Науманна – 1846) – лучшая из относительно небольших сводок. *Naumann C.* Handbuch d. Mineralogie. 15-е изд. перераб. F. Zakel. Lpz., 1907.
21. *Quenstedt.* Handbuch d. Mineralogie. 3 Aufl., Tüb., 1877 (1 Aufl. – 1853).
22. *Des Cloiseaux A.* Manuel de minéralogie. I–II, P., 1862–1893.
23. *Hintze C.* Handbuch d. Mineralogie. I, Lpz., 1898–1912 (не кончен). II, Lpz., 1890–1897. Прод. G. Linck., B., 1921. Капитальный и наиболее подробный свод описательной минералогии; первые выпуски обработаны слабее, сильно улучшается со середины 1890-х годов.
24. *Tschermak G.* Lehrbuch d. Mineralogie. 6 Aufl., Wien, 1905. 7 Aufl. (Becke), W., 1914. 8 Aufl. (Becke), W., 1921 (1 Aufl. – 1881).
25. *Lacroix A.* Minéralogie de la France et de ses colonies. I–IV, P., 1895–1911. Превосходная работа, имеющая значение не только для минералогии Франции; I–V, 1893–1913; в т. V, с. 97–460 дает подробный географический указатель.
26. *Вернадский В.* Лекции описательной минералогии. I. М., 1899 (2-е изд. – см. № 27).
27. *Вернадский В.* Минералогия, 3-е изд., I–II, 526 с. М., 1910–1912 (2-е изд. Минералогия, ч. I, М., 1908, 472 с. (литогр.); ч. II, М., 1910, 163 с.; 1-е изд. – см. № 26).

II. ДАННЫЕ АНАЛИЗОВ

См. *Dana* (№ 17); *Hintze* (№ 23).

28. *Rammelsberg C.* Handbuch d. Mineralchemie. 2 Aufl., 1875, I–II Append., Lpz., 1889–1895 (1 Aufl. – 1860).
29. *Schilling.* Das Vorkommen d. «seltenen Erden» ins Mineralreiche. Münch. u. B., 1904.
30. *Clarke F.W.* Analyses of rocks a. minerals in the laboratory Un. St. Geol. Surv., № 591, 1915.

III. КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЕ КОНСТАНТЫ

См. *Dana* (№ 17); *Hintze* (№ 23); *Des Cloiseaux* (№ 22); *Lacroix* (№ 25).

31. *Naumann C.* Lehrbuch d. reinen u. angewandten Krystallographie. I–II, Lpz., 1830 (для двойников сохраняют значение до сих пор).
32. *Mohs F.* Leichtfassliche Anfangsgründe d. Naturgeschichte d. Mineralreichs. 2 Aufl., I–II, Wien, 1836–1839 (1 Aufl. – 1832).
33. *Lévy A.* Description d'une collection de M. Heuland. I–III, Atlas. Lond., 1837.
34. *Phillips W.* An elementary introduction to mineralogy. (Ed. by Brooke a. Miller). Lond., 1852 (1 ed. – 1816).
35. *Hessenberg.* Mineralogische Notizen. I–XI. Abhandlungen d. Senckenbergischen Gesellschaft, Frank, a. Main, 1854–1873.
36. *Кокшаров Н.И.* Материалы для минералогии России. I–XI, СПб., 1852–1891. Первые 5 томов – по-русски и по-немецки. Последние 6 томов по-немецки.

37. *Schrauf A.* Atlas d. Krystallformen. I–V, Wien, 1865–1875 (не кончено).
38. *Sadebeck A.* Angewandte Krystallographie. В., 1876 (для двойников; переработанное издание кристаллографии Розе, вышедшей первым изданием в 1830 г.).
39. *Goldschmidt V.* Index d. Krystallformen. I–III, Lpz., 1886–1891.
40. *Goldschmidt V.* Krystallographische Winkeltabellen. Lpz., 1897. Дополнения см. *Whitlock*, № 48.
41. *Groth P.* Tableaux Systématique des minéraux (trad. par Joukowsky et Pierce). Gen., 1904 (по-немецки 4-е изд. *P. Groth.* Tabellarische Übersicht d. Mineralien. Braunsch., 1898. 1 Aufl.–1874).
42. *Федоров Е.* Критический пересмотр форм кристаллов минерального царства. СПб., 1903 (Зап. Акад. наук (8), 14, № 2). Работа основана на данных Гольдшмидта, № 39–40, т.е. на данных не позднее 1896 г.
43. *Mügge O.* Die regelmässigen Verwachsungen v. Mineralien verschiedener Art., «N. J. b. Min.», В-В. 16, St., 1903.
44. *Friedel C.* Etude sur les groupements cristallins. S-te Etienne, 1904.
45. *Groth P.* Chemische Krystallographie. I–V, Lpz., 1908–1919.
46. *Goldschmidt V.* Atlas d. Krystallformen. I–V, 1913–1918.
47. [*Федоров Е.*] *Fedorow E.* Das Krystallreich. SPb., 1919.
48. *Whitlock H.* Список новых кристаллических форм в минералах (с 1896 и лит.). *School of Mines Quarterly*, 31, 1910, с. 320; 32, 1910, с. 51.
49. *Whitlock H.* A. list of new crystalline forms of minerals. «Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.», 46, 2, 1922, p. 89–278.

IV. ДРУГИЕ ФИЗИЧЕСКИЕ КОНСТАНТЫ МИНЕРАЛОВ

См. *Dana* (№ 17); *Hintze* (№ 23); *Groth* (№ 45).

50. *Liebisch T.* Physikalische Krystallographie. Lpz., 1891.
51. [*Арцруни А.*] *Arzruni A.* Physikalische Chemie d. Krystalle. Br., 1893.
52. *Landolt u. Bornstein R.* Physikalisch-chemische Tabellen. 3 Aufl. Berl., 1905 (1-е изд.– 1894).
53. *Abraham et Sacerdote.* Rec. des constantes physiques. P., 1913 (Soc. Fr. Phys.)
54. Tables annuelles de constantes et données numériques de chimie, de phys. et de technol. (Seer. gen. C. Marie). Publ. Comm. perm. du Comité Intern., I, 1910. P., 1912; III, 1912. P., 1914.
55. *Fowle F.* Smiths. physic. tables. 7 ed., W., 1920 (Smiths. Misc. Coll., 71) (1-е изд. Т. Gray – 1896).

Удельный вес

56. *Websky M.* Mineralspecies nach spezifisch. Gewicht geordnet. Br., 1868.
57. *Clarke F.* A table of specific gravity for liquids a. solids. New. ed., Lond., 1888 (1 ед. – 1873).
58. *Day A., Sosman R. a. Hochstetter J.* The determination of rocks a. mineral densities at high temper. «Amer. Journ. Sci.», 37, (4) 1914, p. 1.
59. [*Заславский И.*] *Saslawsky J.* Die Kontraktion d. Minerale. «Zschr. Kryst.» 59, 1924, S. 170.

Явления механические

60. *Exner F.* Untersuchungen über die Härte an Krystallflächen. Wien, 1873.
61. *Auerbach.* Die Härtskala in absolut. Masse. «Ann. Phys. u. Chem.», 58, 1896. S. 357.
62. *Вернадский В.* Явления скольжения кристаллического вещества М., 1897. (Учен. Зап. Московск. унив. Ест.-ист. отд., вып. 13).
63. *Veit K.* Künstl. Schiebungen u. Translationen in Min. «N. Jb. Min.», 45, 1921.

Явления вытравления

64. *Baumhauer H.* Die Resultate d. Ätzmethode. Lpz., 1894.
65. *Goldschmidt V. u. Wright.* Über Ätzfiguren, Lichtfiguren u. Lösungsformen. «N. Jb. Min.», 1903, В-В. 17, S. 355 (литература о вытравлении).

Электрические и магнитные свойства

66. *Tyndall.* Researches on diamagnetism a. magneocrystalline action. Lond., 1870 (перепечатка статей).

67. *Hankel*. Elektrische Untersuchungen. 1–21. «Abhandl. Sächs. Ges. Wissensch.». Lpz., 1856–1892.
68. *Beijerinck F.* Uber d. Leitungsvermögen d. Mineralien f. Electricität. «N. Jb. Min.», B-B. 11, 1898, S. 403.

Оптические свойства

69. *Brewster*. A treatise on optics. New. ed., Lond., 1853 (1 ed.–1831).
70. *Becquerel E.* La lumière. I–II, P., 1867–1868.
71. *Des Gloiseaux A.* Nouvelles recherches sur les propriétés optiques des cristaux. P., 1868 (Mémoires des Savants Etrangers, vol. 18).
72. *Hahn*. Die Phosphorescenz d. Mineralien. Halle, 1874.
73. *Mallard E.* Explication des phénomènes optiques anormaux que présentent un grand nombre des substances cristallines. P., 1877 («Ann. Mines», 10 (7). P., 1876).
74. *Michel-Lévy A. et Lacroix A.* Les minéraux des roches. P., 1888.
75. *Brauns R.* Die optische Anomalien d. Krystalle. Lpz., 1891.
76. *Dufet H.* Propriétés optiques des solides. (Recueil des données numér. publ. par la Soc., de Physique. Optique, v. II). P., 1899.

Тепловые свойства

77. *Jannettaz*. Sur la propagation de la chaleur dans les corps cristallisés. «Ann. chim et phys.», 29, 1873, p. 5.
78. *Oeberg*. Bidr. till Kännedom af nagra miner specif. värme. «Oefv. af Svensk Akad. Förh.», St., 1885, 45, No 8, S. 43.
79. *Joly J.* On the specific heats of minerals. «Proc. R. Soc.», 41, 1887, p. 250.
80. *Sella Q.* Beiträge z. Kenntniss d. specif. Wärme d. Mineralien. «Nachr. Göting. Ges. Wissensch.», 1891, S. 311.
81. *Joly J.* On the determination of melting points of minerals. «Proc. Roy. Irisch Acad. Dublin», 2, 1893.
82. *Doelter C.* Über die Bestimmung d. Schmelzpunkte d. Mineralien. «Min. u. Petr. Mitt.», 20, Wien, 1901, S. 210, 23, 1903.

Цвет

83. *Doelter C.* Die Farben d. Mineralien. Br., 1915.

Радиоактивные явления

84. *Curie-Sklodowka M.* Recherches sur les substances radioactives. P., 1904 (есть русский перевод).
85. *Borne V. de.* Die radioactiven Mineralien, Gesteine u. Quellen. «Jahrb. Radioaktiv.», 2, 1905, S. 77.
86. *Szilard B.* Tables des princ. minéralis d'uranium et de thorium. «Le Radium», 6, P., 1909, p. 233.
87. *Strutt R.J.* Helium and radioactivity in rare a. common minerals. «Proceed. Roy. Soc.», A, 30, Lond., 1908, p. 572.
88. *Gockel A.* Die Radioaktivität d. Gesteine. «Jahrb. Radioact. u. Elektron», 7, Lond., 1910, p. 487.
89. Handbuch d. Radiologie. Her. E. Marx, I–V, 1914–1928.

Люминесценция минералов

90. *Calafat J. y Leon J.* Nota s. la termoluminescencia d. minerales «Boletin R. Soc. Española Hist. Nat.», 7, Madr., 1907, p. 160; 8, Madr., 1908, p. 184.
91. *Линденер Б.* О триболюминесценции минералов. Изв. Акад. наук, СПб., 1910.
92. *Pocchettino A.* Sui fenomeni d. luminiscenza catodica d. minerali. «Nuovo Gimento», 1, 1911, p. 21 (сокращенно: «Zschr. Kryst.», 51, Lpz., 1912).
93. *Engelhardt E.* Luminiscenzerscheinungen d. Mineralien in ultra-violetten Licht, Weida i. Th., 1912.

Рентгеновские лучи

94. *Bragg W.H. a. Bragg W.L.* X-Rays and crystall structures. 4 ed., L., 1924.
95. *Rinne F.* Beiträge z. Kenntniss d. Krystall-Röntgenogramme. «Ber. Sachs. Ges.», 67, 1915, S. 303; 68, 1916.
96. *Vegard L.* Results of crystal analysis. «Phil. Mag.», 32, 1916, p. 65–505.
97. *Rinne F.* (her.). Röntgenograph. Feinbaustudien. I–IV, Lpz., 1921 («Abhandl. Mathem. Phys. Gl. Sächs. Ges. Wiss», № 3).
98. *Hadding A.* Kvalit. Analysis enligt röntgen. «Mat. Vet. Ak. Handl.», 1922, № 11.
99. *Wickoff R.* A survey of existing crystall structure data. W., 1923 (Journ. Fr. Inst.).
100. *Ewald P.* Krystalle u. Röntgenstrahlen. 1923.
101. *Güther P. u. Stranski A.* Ein Röntgenspectr. f. chem. anal. «Zschr. phys. Chem.», 106, 1923, S. 432.
102. *Maugain Ch.* La structure des cristaux déterminé au moyen des rayons X. P., 1924.
103. *Siegbahn M.* Spectrographie d. Röntgenstrahlen. Berl., 1924.

Точки плавления

См. *Vogt* (№ 177); *Landolt* (№ 52).

Растворение

104. *Comey A.a. Hahn D.* A dictionary of chemical solubilities. Inorganic. N.Y., 1921.

Метамиктовое строение

105. *Mügge O.* Ctrbl. Min., 1922, S. 721, 753.
106. *Goldschmidt V.M.* Geoch. Verteil. Elem., III, 1924, S. 51.

V. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И СТРОЕНИЕ МИНЕРАЛОВ

См. *Dana* (№ 17); *Hintze* (№ 23); *Tschermak* (№ 24); *Rammelsberg* (№ 28); *Ариуни* (№ 51); *Groth* (№ 41).

107. *Söchting.* Die Einschlüsse v. Mineralien in Kryst. Mineralien nebst Betrachtungen über d. Entstehung d. Miner. u. Gest., Fr., 1860.
108. *Jannasch P.* Gesamm. chem. Abhandlungen, I, Gött., 1888.
109. *Doelter.* Allgemeine chemische Mineralogie. Lpz., 1890.
110. *Вернадский В.* О группе силлиманита и роли глинозема в силикатах. М., 1891 (Bull. Soc. Natur. Moscou за 1891), 100 с.
111. *Brauns R.* Chemische Mineralogie. Lpz., 1896 (русск. пер. под ред. Ф.Ю. Левинсон-Лессинга. СПб., 1903).
112. *Doelter C.* Physikalisch-chemische Mineralogie. Lpz., 1905.
113. *Doelter C.* Handbuch d. Mineralchemie, 1911–1919.

Va. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

См. *Clarke* (№ 30).

114. *Roth J.* Die Gesteinsanalysen in tabell. Übersicht., Berl., 1861.
115. *Roth J.* Beiträge z. Petrographie d. pluton. Gesteine. «Abhandl. Preuss. Akad. Wiss.», Berl., 1869, 1873, 1879.
116. *Osann A.* Beiträge z. chem. Petrographie. II, Analysen d. erupt. Gesteine, 1884–1900, St., 1905.
117. *Vogt J.* Über die relative Verbreitung d. Elemente. «Zschr. prakt. Geologie». B., 1898, S. 225, 314, 377, 413; 1899, S. 10.
118. *Вернадский В.И.* Заметки о распространении химических элементов в земной коре. I–VII. Изв. Акад. наук. СПб., 1909–1916. [Нов. изд. – Избр. соч., I, 1954, с. 419–485].
119. *Clarke F.W.* Data of geochemistry. 4 ed., Wash., 1920, 841 p. (1 ed. – 1908; в «Bull. U. S. Geol. Surv.»).

120. *Osann A.* Petrochemische Untersuchungen. I, «Abhandl. Heidelb. Akad. Wiss.», 2, 1913.
121. *Вернадский В.И.* Материалы для спектроскопии земной коры. I, Изв. Акад. наук, 8, 1914, с. 898–1008. II, Изв. Акад. наук, 9, 1915, с. 27–32. [Нов. изд. – Избр. соч., I, 1954, с. 486–505].
122. *Niggli P.* Gesteine u. Mineralprovinzen, I, Berl., 1923.
123. *Goldschmidt V.M.* Geochem. Verteilungsgesetze d. Elementen, I–III. Kr., 1922–1924 (Vidensk. skr.).
124. *Феромаи А.Е.* Химические элементы Земли и Космоса. Пг., 1924.
125. [*Вернадский В.*] *Vernadsky W.* La géochimie. Paris, 1924. [Нов. изд. – Избр. соч., I, 1954, с. 7–392].

VI. МИКРОСКОПИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МИНЕРАЛОВ

См. *Tschermak* (№ 24); *Michel-Lévy et Lacroix* (№ 74); *Lacroix* (№ 25).

126. *Söchting J. u. Sey ert.* Die Einschlüsse v. Mineralin in Krystallisierten Mineralien. Haarl., 1854 («Natuurk.-Verh. Maatsch. Wetensk.», 9).
127. *Sorby H.C.* On the microscopical structure of crystals, indie, the origin of minerals a. rocks. «Quart. Journ. Geol. Soc.», 14, 1858, p. 453.
128. *Fischer H.* Kritische mikroskopisch-mineralogische Forschungen. Fr. i B., 1869, I–III, Forts., 1871–1873.
129. *Fouqué F. et Michel-Lévy A.* Minéralogie micrographique des roches éruptives français. С атласом. Paris, 1879.
130. *Lacroix A.* Ряд статей о микроскопическом строении плотных и мало изученных минералов, под отдельными заглавиями, в «Bull. Soc. Min. de France», начиная с 1885 г.
131. *Zirkel F.* Lehrbuch d. Petrographie, I–III, 2 Aufl., 1893–1894 (1 Aufl. – 1868).
132. *Weinschenk E.* Allgemeine Gesteinslehre als Grundlage d. Geologie. 2 Aufl., I–II, Fr., 1906–1907 (1-е изд.–1902).
133. *Behrens H.* Tabellen zum Gebrauch bei mikroskopischen Arbeiten, 4 Aufl., Lpz., 1908.
134. *Reinisch R.* Gesteinsbild. Mineralien. 3 Aufl., 1914.
135. *Weinschenk E.* Die Gesteinsbilden den Mineralien. 3 Aufl., Freib., 1915 (1 Aufl.–Fr. i. Br., 1901).
136. *Berg G.* Die mikroskopischen Untersuchungen d. Erzlagerstätten, Berl., 1915.
137. *Schneiderhöhn H.* Die mikroskopische Untersuchung undersicht. Mineralien in auffal. Licht. (St.), 1920.
138. *Rosenbusch H.* Mikrosk. Physiographie d. petr. wicht. Mineralien. 5 Aufl. (Wulfing), I, 1, St., 1921 (1-е изд.–1873).

VII. ПАРАГЕНЕЗИС ОБРАЗОВАНИЕ И ИЗМЕНЕНИЕ МИНЕРАЛОВ (Ср. отд. VIII и IX)

См. *Dana* (№ 17); *Hintze* (№ 23); *Tschermak* (№ 24); *Fouqué et Michel-Lévy* (№ 129); *Zirkel* (№ 131); *Rosenbusch* (№ 138); *Вернадский* (№ 26); *Brauns* (№ 111); *Doelter* (№ 109); *Lacroix* (№ 25); *Domeyko* (№ 19); *Schilling* (№ 29); *Weinschenk* (№ 132).

139. *Blum. J.R.* Die Lehre v. d. Pseudomorphosen. Lpz., 1843, I–IV. Nachts. Lpz., 1845–1879.
140. *Elie de Beaumont J.* Note sur les émanations volcaniques et métal lilères. «Bull. Soc. Géol. France», 4 (2), 1848, p. 1249.
141. *Breithaupt J.A.* Paragenesis d. Mineralien. Freib., 1849.
142. *Volger O.* Studien z. Entwicklungsgeschichte d. Mineralien. Zür., 1854.
143. *Sainte Claire Deville Ch.* Mémoire sur les émanations volcaniques. «Bull. Soc. Geol. France», 14 (2), 1857, p. 254.
144. *Delesse A.* L'azote et les matières organiques dans l'écorce terrestre. Paris, 1860 (также в «Ann. Mines», 18 (5), p. 151).
145. *Ebelmen J.J.* Recherches de géologie. В собрании сочинений Эбельмана, изд. Шеврелем, под загл.: «Chimie, céramique, géologie, métallurgie». II, Paris, 1861, p. 1.
146. *Delesse A.* Etudes sur le métamorphisme des roches. «Mémoires des Savants Etrangers», 17, Paris, 1862, p. 1, 127. Другие части той же работы см. «Ann. Mines», 12 (5), 1857, p. 89 и «Bull. Soc. Géol. France», 15 (2), 1858, p. 728.

147. *Bischof G.G.* Lehrbuch d. chemischen Geologie. 2 Aufl., I–III, Bonn, 1863– 1866 (1 Aufl.– 1847–1853).
148. *Delesse A.* Recherches sur l'origine des roches. Paris, 1865.
149. *Fouqué F.* Recherches sur les phénomènes chimiques qui se produisent dans les volcans. Paris, 1866.
150. *Landgrebe G.* Mineralogie d. Vulcane. Cassel u. Lpz., 1870.
151. *Roth J.* Über d. Lehre v. Metamorphismus. Abhandl. Preuss. Akad., 1871.
152. *Knop A.* Studien über Stoffwandlungen im Mineralreiche. Lpz., 1873.
153. *Mohr F.* Geschichte d. Erde. 2 Aufl., Berl., 1873 (1 Aufl.–1866).
154. *Roth J.* Allgemeine u. chemische Geologie. I–III, Berl., 1879–1891.
155. *Daubrée A.* Etudes de géologie synthétique. Paris, 1879.
156. *Fouqué F.* Santorine et ses éruptions. Paris, 1879.
157. *Lemberg J.* Zur Kenntniss v. Bildung u. Umbildung v. Silikaten. «Zschr. Deutsch. Geol. Ges.», 1883–1888.
158. *Daubrée A.* Les eaux souterraines aux époques anciennes. Paris, 1887.
159. *Daubrée A.* Les eaux souterraines à l'époque actuelle. I–III. Paris, 1887.
160. *Reyer T.* Theoretische Geologie. St., 1888.
161. *Irving J.* Chemical a. physical studies in metamorphism of rocks. Lond., 1889.
162. *Clarke F.W.* The relative abundance of elements. «Bull. Phil. Soc. Wash.», 2, 1889 (изменения и дополнения в «Bull. U. S. Geol. Surv.», № 78, 1891; № 148, 1897, p. 2; № 168, 1900 и № 228, 1904)
163. *Sterry Hunt T.* Chemical a. geological essays., 4 ed., New York, 1891.
164. *Murray J.a. Renard A.* Report on deep sea deposits. Lond., 1891 (Отчеты экспедиции Челленджера).
165. *Vogt J.* Beiträge z. Kenntniss d. Gesetze d. Mineralbildung in Schmelzmassen. I, Chr., 1892.
166. *Lacroix A.* Les enclaves des roches volcaniques. Mac., 1893 («Bull. Soc. d 'Autun»).
167. *Walther J.* Einleitung in d. Geologie. Jena, 1893–1894.
168. *Van Hise C.* Principles of American precambrian geology. XVI-th Ann. Report U.S. Geol. Surv., 1896, 1, p. 573.
169. *Cayeux L.* Contribution à l'étude microgr. des terrains sedim. «Annal. Soc. Geol. Nord», 4, 1897, Lille.
170. *Lacroix A.* La Montagne Pelée et ses eruptions. Paris, 1904.
171. *Lacroix A.* Contribution à l'étude des breks et des conglom. volcan. Paris, 1906.
172. *Merrill G.P.* A treatise on rocks, rock weathering a. soils. 2-е изд. N.Y., 1906 (1-е изд.– 1897).
173. *Collex W.* Les dépôts marins. Paris, 1908.
174. *Harker.* The natural history of igneous rocks. N.Y., 1909.
175. *Iddings J.P.* Igneous rocks. I. N.Y., 1909.
176. *Морозевич И.* Опыты над образованием минералов в магме. Варш., 1897 (по-немецки с добавлениями – «Min. u. Petr. Mitt.», 18, 1899).
177. *Vogt J.* Silikatschmelzlösungen. I–II, Kr., 1903–1905.
178. *Van Hise C.* A treatise on metamorphism. Wash., 1904 (Monographs U. S. Geol. Surv., 47).
179. *Doelter C.* Petrogenesis. Br., 1906.
180. *Архангельский А.Д.* Верхнемеловые отложения Восточной России, СПб., 1912, с. 305 и сл. (Материалы геол. России, 25).
181. *Hatsch Fa. Rastall R.* The petrology of sedim. rocks. Lond., 1913.
182. *Daly R.* Igneous rocks a. their origin, N.Y., 1914.
183. *Iddings J.* The problems of volcanism. N.Y., 1915.
184. *Hatsch F.* The petrology of igneous rocks. 7 ed., Lond., 1914.
185. *Leith C. a. Mead W.* Metomorphic geology. N.Y., 1915.
186. *Rogers A.* The review of amorphous minerals. «Journ. Geol.». 25, 1917, p. 515,
187. *Cayeux L.* Introduction à l'étude petrographique des roches sédimentaires, Paris, 1916.
188. *Niggli P.* Die leichtflüssigen Bestandtheile in Magma. Leipzig, 1920.
189. *Naumann E.* Die Bodenablag. d. Süßwassers. «Arch. f. Hydrohiol.», 13, 1921, S. 97.
190. *Milner H.* An introduction to sediment, geology. Lond., 1921.
191. *Boeke H. u. Eitel W.* Grundlagen d. physik.-chem. Petrographie. 2 Aufl., Berl., 1923.

VIII. МИНЕРАЛЫ ПОЧВ

- См. *Bischof* (№ 147); *Roth* (№ 154); *Lemberg* (№ 157); *Merrill* (№ 172); *Mohr* (№ 153); *Ebelmen* (№ 145).
192. *Sprengel K.* Bodenkunde. 2 Aufl., Lpz., 1844 (1 Aufl. – 1837).
193. *Докучаев В.В.* Русский чернозем. СПб., 1884.
194. *Hilgard E.W.* Über d. Einfluss d. Klimas auf d. Bildung u. Zusammensetzung d. Bodens. Heid., 1893.
195. *Сибирцев Н.М.* Почвоведение. I–III, 3-е изд., 1914 (1-е изд. – 1900–1901 гг., раньше, в 1899 г., в Варшаве вышло печатное студенческое издание).
196. *Глинка К.* Почвоведение. СПб., 1908 (раньше литографированный курс: Почвообразователь и почвообразование. I–III. Варш., 1903–1904).
197. *Ratann E.* Bodenkunde. 3 Aufl., Berl., 1921 (1 Aufl. – 1895; 2 Aufl. – 1905).
198. *Hilgard E.W.* Soils. Lond., 1906.
199. *Коссович П.* Основы учения о почвах. II, СПб., 1911.

VIIIa. ГАЗЫ

- См. *Clarke* (№ 119); *Вернадский* (№ 125); *Bischof* (№ 147); *Sainte Claire Deville* (№ 143).
200. *Graefe C.* Die Gasquellen S. Italiens u. Deutschlands. Berl., 1842.
201. *Sainte Claire Deville Ch. et Leblanc F.* Sur la composition des gaz végétés par les volcans de l'Italie méridionale. «Ann. chim. et phys.», (3) 52, 1858.
202. *Sainte Claire Deville Ch.* Emanations volcaniques de champs Phlégréens. «C.R. Acad. Sci. Paris», 54, 55, 1862; 63, 1866.
203. *Reyer E.* Beiträge z. Physik d. Eruptionen. Wien, 1877.
204. *Tschermak G.* Über d. Vulcanismus als Kosm. Erscheinung. «Sitzb. Akad. Wiss.». Wien, 75, 1877, S. 151.
205. *Zincken C.* Das Vorkommen d. natürl. Kohlenwasserstoffs u. d. anderen Erdgase. Halle, 1890.
206. *Lane A.* Geolog. activity of the Earth's origin, absorbed gases. «Bull. Geol. Soc. Amer.», 5, 1894, p. 259.
207. *Shaler N.* Conditions a. effects of the expulsion of gazes fr. the Earth. «Proceed. Bost. Soc. Nat. Hist.», 27, 1897, p. 89.
208. *Delkeskamp.* Juvenile u. vadose Kohlensäure. «Zschr. prakt. Geol.», 14, 1906, S. 33.
209. *Харичков К.* О природных газах. «Тр. Бак. отд. Русск. технич. общ.», 1906, № 2, с. 1.
210. *Lincoln F.C.* Magmatic emanations. Econ. Geol., 2, 1907, p. 258.
211. *Chamberlin R.* The gazes in rocks. Wash. 1908 (Carn. Inst.).
212. *Стопневич А.* Природный газ. Опыт библиографии. «Ежегодн. геол. и минер. России», 13, 1911, № 1, с. 197.
213. *Вернадский В.* О газовом обмене земной коры. Изв. Акад. наук, СПб., 1912, с. 141.
214. *Czakó E.* Beiträge zur Kenntniss natürl. Gasauströmungen. Karlsr., 1913.
215. *Hviid.* Das Erdgas. Höfer-Engler's Erdöl. I. Lpz., 1913, S. 750.
216. *Brun A.* Recherches sur l'exhalaison volcanique. Gen., 1911.
217. *Benedickt F.* The composition of atmosphere. Wash., 1912.
218. *Moureu C.* Recherches sur les gaz rares des sources thermales. Leur enseignement concernant la radioactivité et la physique du globe. «Journ. chim. phys.», 11, 1913, p. 63.
219. *Westcott H.* Handbook of natural gaz. Bait. a. N.Y., 1913.
220. *Moureu C. et Lepape A.* Les gaz rares des grisous. «Ann. Mines», (11) 5, 1914, p. 339.
221. *Стопневич А.* Природные газы. Естеств.-произв. силы России, IV, вып. 39. Пг., 1917.

IX. РУДНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ

- См. *Вернадский* (№ 26); *Hintze* (№ 23); *Zirkel* (№ 131); *Rosenbusch* (№ 138); *Breithaupt* (№ 141); *Roth* (№ 154); *Mohr* (№ 153); *Daubrée* (№ 155); *Reyer* (№ 160); *Van Hise* (№ 178); *Lacroix* (№ 166); *Elie de Beaumont* (№ 140); *Sainte Claire Deville* (№ 143); *Lacroix* (№ 25); *Daubree* (№ 159).
222. *Шлаттер И.* обстоятельное наставление рудному делу, состоящее из четырех частей, в которых описаны рудокопные места, жилы и способы для прииску оных, також учрежде-

- ние новых рудников, потребные к рудному производству машины и разборание, толчение и промывание руд с прибавл. о добывании каменного угля. Изд. Акад. наук, 1760, 292 с., 37 черт.
223. *Ломоносов М.В.* Первые основания металлургии. 2-е изд., СПб., 1796 (1-е изд. – 1763), ч. I. О металлах и с ними в земле находящихся других минералах. Ч. II. О рудных местах и жилах и прииске их. Ч. III. О учреждении рудников. Ч. IV. О пробе руд и металлов. Ч. V. О отделении металлов.
224. *Ломоносов М.В.* О слоях земных (Прибавление второе к первым основаниям металлургии), 2-е изд., СПб., 1796 (1-е изд. – 1763).
225. *Элпер.* Опыт о начале и рождении металлов. Пер. с немецк. яз. из 1-й части Рудословных увеселений А. Пикароном. Изд. Акад. наук, 1780, 95 с.
226. *Cotta B. u. Müller H.* (her.), Gangstudien. I–IV, Freib., 1850–1861.
227. *Cotta B.* Die Lehre v. Erzlagerstätten. I–II, 2 Aufl. Fr., 1859–1861 (1 Aufl. – 1853).
228. *Grimm.* Die Lagerstätten nutzbaren Mineralien. Prag, 1869.
229. *Hennwood W.* Observations on metalliferous deposits. I–II. Pen., 1871.
230. *Groddeck A.* Die Lehre v. Lagerstätten u. Erze. Berl., 1879 (русский перевод Эйхвальда; СПб., 1879).
231. *Sandberger F.* Untersuchungen über Erzgänge. I–II. Wiesb., 1882–1885.
232. *Acchiardi A. D'.* I metalli, loro minerali e miniere. I–II. Mil., 1883.
233. *Phillips J.* A treatise on ore deposits. 2 ed., Lond., 1896 (1 ed. – 1884).
234. *Vogt J.* Norske Ertsforekomster. I–VIII. Kr., 1884–1889 (Arkiv f. Mathem. og Naturvidenskab.).
235. *De Launay L. et Fuchs E.* Traité des gîtes minéraux et métallifères. I–II. Paris, 1893 (по-русски – первые выпуски под ред. Мушкетова и Корзухина). Перераб. изд. – Р., 1913.
236. *Kemp J.* The ore deposits of United States a. Canada. 3 ed., 6-я перепечатка. N.Y., 1905 (1 ed. – 1893).
237. The genesis of ore deposits. Publish, by Amer. Inst. Min. Eng., N. Y., 1902 (1 ed. – 1893) см. Ore deposits. Ed. S.F. Emmons. N.Y., 1913.
238. *Pošepny F.* Uber Genesis d. Erzlagerstätten. W., 1895 (по-английски в 1893 г. «Transact Amer. Inst. Min. Eng.», 23 и отдельно, см. № 237).
239. *De Launay L.* Contribution a l'étude des gîtes métallifères. «Ann. Minnes», 12, 1897.
240. *Beck R.* Die Lehre v. Erzlagerstätten. 3 Aufl., I–II, Berl., 1909 (1 Aufl. – 1901; 2 Aufl. – 1903).
241. *Vogt J.* Problems in the geology of ore-deposits. «Transact. Amer. Inst. Min. Eng.», 31, 1901.
242. *Богданович К.И.* Учение о рудных месторождениях. I, СПб., 1903. Добавления I–V, СПб., 1908.
243. Ore deposits. A discussion republished from Eng. a. Min. Journ., 1903 (русский пер.: Горн. журн., 1904).
244. *De Launay L.* Notes sur la théorie des gîtes métallifères. «Ann. Mines», 1903.
245. *Lotti B.* I depositi dei minerali metalliferi. T., 1903.
246. *Stelzner A.* Die Erzlagerstätten (bearb. u. herausg. v. Bergeat). I, Lpz., 1904– 1905; II, 1905–1906.
247. *Merrill G.* The non metallic minerals, their occurrence a. uses. N.Y., 1911 (1 ed. – 1904).
248. *De Launay L.* La science géologique. 2 ed. Paris, 1913 (1-е изд. – 1905).
249. *Vogt J., Krusch P. u. Beyschlag F.* Die Lagerstätten d. nutzbaren. Mineralien u. Gesteine. 2 Aufl., I – 1914; II – 1931 (1-е изд. – 1910–1912).
250. *Stutzer O.* Die wichtigsten Lagerstätten d. «Nicht-Erzem», I, Berl., 1911.
251. *Vain H.* etc., Types of ore deposits. S. Fr, a. L., 1911.
252. *Богданович К.И.* Рудные месторождения. I–II. СПб., 1912–1913.
253. *Dammer B. u. Tietze O.* Die nutzbaren Mineralien mit Ausnahme d. Erzen Kali, Kohlen u. Petrol. I, St., 1913; II, St., 1914.
254. *De Launay L.* Gites minéraux et métallifères, I–III. P., 1913 (Traité de metallogénie). Перераб. изд. № 235.
255. *Lindgren W.* Miner. deposits. 2 ed., N.Y., 1919 (1 ed. – 1913).
256. *Emmons W.* The principles of economic geology. N.Y., 1918.
257. *Meunier S.* Gites minéraux. Paris, 1919.
258. *Grabau W.* Geology of noil metallic mineral deposits other than silicates. I. N.Y., 1920.

259. World's Atlas of commercial geology. I. Distribution of mineral production. W., 1921 (Un. St. Geol. Surv.).
 260. *Emmons W.* General economic geology. N.Y., 1922.
 261. *Leith C.* The economic aspects of geology. L., 1922.
 262. *Rastall R.* Geology of metallic deposits. C., 1924.

X. ДРАГОЦЕННЫЕ КАМНИ

263. *Разумовский Г.* Описание драгоценных камней. 1833.
 264. *Kluge C.* Handbuch d. Edelsteinkunde. Lpz., 1860.
 265. *Ушаков.* Драгоценные камни. П., 1862.
 266. *Schrauf A.* Handbuch d. Edelsteinkunde. Wien, 1869.
 267. *King C.* Naturalhistory of precious stones a. metals. 2 ed., 1883, Lond. (1 ed. – 1867).
 268. *Пыляев М.* Драгоценные камни. 3-е изд., СПб., 1896 (1-е изд. – 1877).
 269. *Streeter E.W.* Precious stonesa. gems. 6 ed., Lond., 1899 (1 ed. – 1877).
 270. *Bauer M.* Edelsteinkunde. 2 Aufl., Lpz., 1909 (1 Aufl.–1896; англ. пер. с добавл. Спенсера – L., 1904).
 271. *Escard J.* Les pierres precieuses. Paris, 1914.
 272. *Garboe A.* Kulturhistor. Studier over aedelstene m. henbik paa det XVII aarhund., Kolding, 1915.
 273. *Ферсман А.Е.* Самоцветы. Пг., 1921.
 274. *Ферсман А.Е.* Драгоценные и полудрагоценные камни России, т. I. Пг., 1922.

XI. СИНТЕЗ МИНЕРАЛОВ

- См. *Bischof* (№ 147); *Daubrée* (№ 155); *Doelter* (№ 109); *Vogt* (№ 117); *Mohr* (№ 153); *Ebelmen* (№ 145); *Вернадский* (№ 110); *Морозевич* (№ 176).
 275. *Gurlt.* Über die pyrogenen künstlichen Mineralien. Fr., 1857.
 276. *Leonhard C.* Hütten-Erzeugnisse, St., 1858.
 277. *Boue A.* Bibliographie d. künstlichen Mineralerzeugung. «Sitzb. Wien. Akad.», 1864.
 278. *Fuchs C.W.* Die künstlich dargestellten Mineralien. Haarl., 1872.
 279. *Fouqué F. et Michel-Lévi A.* Synthèse des minéraux et des roches. Paris, 1882.
 280. *Bourgeois L.* Reproduction artificielle des minéraux. Paris, 1884 (из Encyclopedie Chimique, изд. Frémy).
 281. *Meunier S.* Les méthodes de synthèse en minéralogie. Paris, 1891.
 282. *Liebisch T.* Synthese d. Mineralien u. Gesteine. Gött., 1901.
 283. *Чирвинский П.* Искусственное получение минералов в XIX столетии. Киев, 1903–1906.
 284. *Dittler E.* Mineralsynthetisches Praktikum. Dr., 1914.
 285. *Ricke.* Die Arbeitsmethoden d. Silicatchemie. Br., 1917.

XII. ДИАГНОСТИКА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛОВ¹

- См. *Dana* (№ 17); *Rammelsberg* (№ 28); *Hintze* (№ 23); *Lacroix* (№ 25); *Rosenbusch* (№ 138); *Weinschenk* (№ 132); *Michel-Lévi et Lacroix* (№ 74).
 286. *Леман И.* Пробирное искусство. СПб., 1772, 538 с.
 287. *Севергин В.М.* Пробирное искусство или руководство к химическому испытанию металлических руд и других ископаемых тел. СПб., 1801, 370 с.
 288. *Berzelius J.* Afhandling om Blasrorets användante i Kemien och mineralogien. Stockh., 1820 (4-е немецкое изд. – *Berzelius*, Die Anwendung d Löthrohrs in Chemie u. Mineralogie, ergänzt v. Rammelsberg. Nürn., 1844. Сочинение это сохраняет значение до сих пор).
 289. *Карпинский А.* Материалы для изучения способов петрографических исследований. СПб., 1885.
 290. *Кевинсон-Лессинг Ф.* Таблицы для определения породообразующих минералов. СПб., 1890 (англ. пер. – 1893).

¹ Обзор новейших данных для химии паяльной трубки ведется временами в American Chemical Journ.

291. *Michel-Lévy A. et Lacroix A.* Tableau des minéraux des roches. Paris, 1890.
292. *Endlich F.* Manual of qualitative blow-pipe analysis a. determination of minerals. N.Y., 1892.
293. *Соловьев М.* Таблицы для определения минералов. Екат., 1890 (приспособлены для определения уральских минералов; есть его же издание, СПб. 1902, более общее).
294. *Haushofer J.* Leitfaden z. Mineralbestimmung. Br., 1892.
295. *Lemberg J.* Zur mikrochemischen Untersuchung einiger Mineralien. «Zschr. Deutchd. geol. Ges.», Berl., 1892, S. 224; 1894, S. 788.
296. *Erben B.* Klič k určování mineralův. Pr., 1894.
297. *Cohen E.* Zusammenstellung petrographischer Untersuchungsmethoden. 3 Aufl., St., 1896 (1 Aufl. – 1890).
298. *Schröder v.d. Kalk J.* Der Strich d. sogenannten opaken Mineralien, Cbl. Miner., 1901, S. 75.
299. *Brush A.* A manual of determinative mineralogy. 16 ed., by S. Penfield, N.Y., 1903 (1 ed. – 1875; лучший определитель минералов).
300. *Eacle A.* Mineral tables for determination of minerals by their physical properties. N.Y., 1904.
301. *Schröder v. d. Kalk J.* Tabellen z. mikroskopischen Bestimmen d. Mineralien nach ihren Brechungsexponenten. 2 Aufl. bearb. v. Beckmanh E. H., Wiesb., 1906 (1 Aufl.– 1900).
302. *Weinschenk E.* Anleitung z. Gebrauch d. Polarisationsmikroskops. Fr. in Brand., 2 Aufl., 1906 (1 Aufl.– 1901; есть русский перевод).
303. *Duparc L. et Pierce F.* Traité de technique minéralogique. I–II. L., 1907–1912.
304. *Fuchs C.W.C.* Anleitung z. Bestimmen d. Mineralien. 5 Aufl., bearb. v. Brauns, Giess., 1907 (есть русский перевод). Вышло 7-е изд., 1921.
305. *Landauer J.* Löthrohranalyse. 3 Aufl., Lpz., 1907 (1 Aufl.–1875).
306. *Plattner A.* Die Probierkunst. 7 Aufl., Fr., 1907 (1 Aufl.– 1835; 6 Aufl.– 1897, bearb. v. Fichter u. Kolbeck).
307. *Reinisch R.* Petrograph. Praktikum. 2 Aufl., I–II, 1907–1912, Berl. (1 Aufl. – 1901–1904).
308. *Танатар И.* Таблицы для определения минералов. Ек., 1908.
309. *Танатар И.* Краткое руководство к определению минералов под микроскопом. Ек., 1908.
310. *Johansen A.* A key for the determination of minerals in thin sections. N.Y., 1908.
311. *Rozen Z. i Kamecki S.* Klucz do oznaczania mineralów na podstawie eech zewnetr. W., 1908.
312. *Braly A.* Le laboratoire portatif pour essais des minerais par voie sèche. «Bull. et C. R. mens. de la Soc. d'Ind. Min.», St. Et., 1909.
313. *Weisbach A.* Tabellen z. Bestimmung d. Mineralien mittelst äusseren Kennzeichen. 8 Aufl., Lpz., 1909 (1 Aufl.– 1866; есть русский перевод; 7 Aufl. her. v. Kolbeck, Lpz., 1906; 11 Aufl., Kolbeck, L., 1921).
314. *Iddings J.P.* Rock minerals. 2 ed., N.Y., 1911 (1 ed. – 1906).
315. *Kraus E. a. Hunt W.* Tables for the determination of minerals. N.Y., 1911.
316. *Wright E.* Methods of petrogr.-miner. research. Wash., 1911.
317. *Kobell T.* Anleitung zur Bestimmen d. Mineralien. 16 Aufl. под ред. пр. К. Oebbecke. Münch., 1912 (4-е русск. изд., СПб., 1911); 1 изд. – 1830; первый русск. перев. – 1832. Tabellen etc., 17 Aufl. (K. Oebbecke), M., 1921.
318. *Wright E.* The methods of petrographic research. W., 1912.
319. *Johansen A.* Manuel of petrographical methods. N.Y., 1914.
320. *Wahnschaffe F. u. Schluent F.* Anleitung z. wissensch. Bodenuntersuchung. 3 Aufl., 1914.
321. *Левинсон-Лессинг Ф.Ю. и Белянкин Д.С.* Петрографические таблицы. 2-е изд., Пг., 1915.
322. *Edwards M.* Introduction to optical miner. a. petrogr. Ch., 1916.
323. *Понов Б.* Оптический определитель важнейших пороодообразующих минералов. Пг., 1916.
324. *Murdoch J.* Microscopic determination of opaque minerals. Lond., 1916.
325. *Hirschwald J.* Anleitung z. pyrochem. Analyse. B., 1920 (3 Aufl.; его же – System. Löthrohranalyse).
326. *Davy W.M. a. Fornham C.M.* Microscopic examination of the ore minerals. N.Y., 1920.
327. *Lars en E.* The microscopic determination of non opaque minerals. Wash., 1921 (Bull. U. S. Geol. Surv., № 679).
328. *Steinriede F.* Anleitung z. miner. Bodenanalyse. 2 Aufl., Lpz., 1921.
329. *Johansen A.* Essentials for the microscopic determination of rocks a. minerals. Ch., 1922.
330. *Schneiderhöhn H.* Anleitung z. mikr. Bestimmung u. Untersuchung d. Erzen u. Aufbereitung-sprob. bes. in auffal. Licht. Berl., 1922, 292 S.

331. *Winchell A.* Elements of the optical mineralogy. I. 2 ed., N. Y., 1922 (1 ed. – 1909).
 332. *Van der Veen.* Minerography a. ore deposition. I. H., 1925.

ХШ. МЕТОДЫ АНАЛИЗА И ФИЗИЧЕСКИХ ОПРЕДЕЛЕНИЙ

См. *Rosenbusch* (№ 138); *Brush* (№ 299); *Schroeder v. d. Kalk* (№ 301); *Lacroix et Michel-Lévy* (№ 74); *Капницкий* (№ 289); *Cohen* (№ 297); *Plattner* (№ 306); *Iddings* (№ 314); *Duparc et Piere* (№ 303).

Качественный и количественный анализ

333. *Fresenius C.R.* Anleitung z. quantitativen chemischen Analyse. I–II, 6 Aufl., 1875; 5-я перепечатка – 1903 (1 Aufl.–1841); 17-е изд., Br., 1919.
 334. *Friedheim C.* Leitfaden f. d. Gewichtsanalyse. Berl., 1897.
 335. *Carnot A.* Traité d'analyse des substances minérales. I–III, Paris, 1898–1910; IV, Paris, 1922.
 336. *Koningk L. de.* Lehrbuch d. qualitativen u. quantitativen Mineralanalyse. Deutsche Ausg. unter Mitwirkung v. de Koningk. bearb. v. Meinecke u. Westphal., I–II, Berl., 1899–1904 (франц. изд. – 1893).
 337. *Herzfeld u. Korn.* Chemie d. seltenen Erden. B., 1901.
 338. *Меницуткин Н.* Аналитическая химия. 9-е изд., СПб., 1901 (1-е изд.– 1871); 11-е изд., СПб., 1913.
 339. *Classen A.* Ausgewählte Methoden d. analytischen Chemie, unter Mitw. v. H. Cloeren. I–II. Br., 1901–1903.
 340. *Jannasch P.* Praktischer Leitfaden z. Gewichtsanalyse. 2 Aufl., Lpz., 1904 (1 Aufl. – 1897).
 341. *Crookes W.* Select methods in chem. analysis. 5 ed., L., 1905 (1 ed– 1871).
 342. *Classen A.* Handbuch d. analytischen Chemie. 6 Aufl., I–II, St., 1906–1912 (1 Aufl. – 1885–1891); 7 Aufl., I–II, St., 1919–1920; 8–9 Aufl., 2, Quant., St., 1924.
 343. *Duparc L. et Momnier A.* Traité de chimie anal. qualit., 2 ed., Gen., 1908 (1 ed. – 1899).
 344. *Classen A.* Quantitative Analyse durch Electrolyse. 5 Aufl., B., 1908 (1 Aufl. – 1882); 6 Aufl., B., 1920.
 345. *Hillebrand W.F.* The analysis of silicate a. carbonate rocks. 1911. (Раньше: Some principles a. methods of rock analysis. Wash., 1900). New ed., Wash., 1919 (Bull. U. S. Geol. Surv., № 700).
 346. *Chesneau G.* Principes théor. et prat. de l'analyse minér. Paris, 1912.
 347. *Gooch F.A.* Methods in chem. analysis. N.Y., 1912.
 348. *Meyer R.J. u Hauser O.* Die Analyse d. selt. Erden u. Ardsäuren. St., 1912.
 349. *Peters J.* Handbuch d. analyt. Chemie. I. Heid., 1912.
 350. *Smith E.* Elektroanalysis. 5 ed., 1912 (1 ed. – 1890).
 351. *Mellor J.W.* A treatise on quantit. inorg. analysis. L., 1913.
 352. *Rüdisüle A.* Nachweis, Bestimmung u. Trennung d. Elementen, I, Bern, 1913.
 353. *Clowes F. a. Coleman B.* Quantit. chemic. analysis. Lond., 11 ed. – 1917; 12 ed. – 1924.
 354. *Duparc L.* Contribution à l'analyse des silicates naturels. Bull. Soc. Min. France. 41, 1919, p. 138.
 355. *Schoeller W. a. Powell A.* The analysis of minerals a. ores of the rare elements. L., 1919.
 356. *Gutbier A.* Lehrbuch d. qualit. Analyse. St., 1921.
 357. *Hood G. a. Carpenter J.* A text book of practical chemistry. Phil., 1921.

Микрохимический анализ

358. *Bořický E.* Elemente einer neuen chem.-mikrosk. Minerals u. Gesteinsanalyse. Arch. naturf. Landesdurchf. Böhmens, III, Pr., 1877.
 359. *Haushofer K.* Mikroskopische Reactionen. Br., 1885.
 360. *Klement et Renard.* Réactions microchimiques à cristaux. Br., 1886.
 361. *Bourgeois L.* Analyse microchimique. Paris, 1890.
 362. *Lemberg J.* Zur mikrochem. Untersuchung ein Mineralien. «Zschr. Deutsch. geol. Ges.», 42, 1890, S. 737.

363. *Mac Mahon*. Notes on microchemical analysis of rock-forming minerals. «Min. Mag.», 10, 1893, p. 79.
364. *Behrens H.* Anleitung z. mikrochemischen Analyse. 2 Aufl., Hamb., 1899 (1 Aufl.– 1895).
365. *Huyssse A.C.* Atlas zum Gebrauche bei d. mikrochem. Analyse. Leiden, 1900.
366. *Pozzi Escott.* Analyse microchim. et spectrosc., Paris, 1900 (Aide mém.).
367. *Hinrichs C.G.* First coarse in mikrochem. analyses. St. Louis, 1904.
368. *Белянкин Д.С.* Краткое руководство к микрохимическому анализу. СПб., 1905.
369. *Kley C.* Mikrochem. Analyse. 4 Aufl. d. Anleitung z. Mikrochem. Anal. H. Behrens. 1–2, Lpz., 1921.
370. *Friedrich E.* Mikrochem. Praktikum. Münch., 1924.
371. *Grey E.* Practical chemistry by micromethods, Lond., 1925.

Спектральный анализ

372. *Vogel.* Practische Spectralanalyse iridischer Stoffe. 2 Aufl., Berl., 1889.
373. *Gramont A. de.* Analyse spectrale des minéraux. P., 1895 («Bull. Soc. Min. France», 18).
374. *Gramont A. de.* Analyse spectrale des minéraux non conducteur. P., 1898,
375. *Kayser H.* Handbuch d. Spectroscopic. I–VI. Lpz., 1900–1912.
376. *Formanek J.* Die qualitative Spectralanalyse anorg. u. organ. Körper, 2 Aufl., Berl., 1905 (1 Aufl. – 1900).
377. *Gramont A. de.* Sur l'emploi des rais ultimes dans l'analyse spectr. appl. à la chimie. L., 1909 (Proceed. 7 Intern. Congr. appl. chimie).
378. *Urbain G.* Introduction à la spectrochimie. P., 1911.
379. *Wherry E.T.* The microspectroscope in mineralogy. Smithson Miscell. Collections, 65, No 5, Wash., 1915.
380. *Betim Paes Leme.* Analyse espectral applicada a mineralogia. Rio de Jan., 1918.
381. *Porlezza C.* Analisi settrograf. di minerali a rocce in relazioni alia presenza di elementi rari. Pisa, 1921.
382. *Hicks W.* A treatise on the analysis of spectra. Cambr., 1922.
383. *Gramont A. de.* Sur l'emploi du chalumeau oxyacétylenique en analyse spectr. Applications à la minéralogie, «C. R. Acad. Sci. Paris», 176, 1923, p. 1104.
384. *Twyman F.* Wavelength tables f. sprectr. analysis. Lond., 1923.
385. *Baker T.* The spectroscopie a. its uses in gener. anal, chemistry. 2 ed., Lond., 1923.

Удельный вес

386. *Goldschmidt V.* Über die Verwendbarkeit einer Kalium-, Quecksilberjodid-Lösung f. mineralogische u. petrographische Untersuchungen, L., 1881 (также в «N. Jb. Min.»).
387. *Klein D.* Sur la séparation mécan. par voie humide des minéraux de densité infér, à 3–4. «Bull. Soc. Min. France», 4, 1882.
388. *Gisevius.* Beiträge z. Methode d. Bestimmung d. specifischen Gewicht d. Mineralien. Berl., 1883.
389. *Goldschmidt V.* Bestimmung d. specifischen Gewicht d. Mineralien («Ann. d. Hofmuseum», 1, Wien, 1886, S. 127).
390. *Retgers.* Die Bestimmung d. specifischen Gewicht von in Wasser löslichen Salzen. «Zschr. phys. Chem.», 3, 1888, S. 289; 4, 1889, S. 189.
391. *Berkeley.* On an accurate method of determining the densities of solids. «Min. Mag.», 11, 1895, p. 64.
392. *Glerici E.* Preparazioni dei liquidi per la separazione dei minerali. «Rend. Accad. Lincei», 16, 1907.
393. *Clerici E.* Sulla analisi isopienometrica d. roccii. «Nuovi Ann. Ministr. agric.», 1, R., 1921.
394. *Clerici E.* Ulterior ricerca sui liquidi pisanti per la separazione d. minerali. «Rend. Accad. Lincei», 31, 1922, p. 116.

Общие оптические методы

395. *Goldsmith, Lewis a. Twyman.* Optical methods in control a. research laboratories. Lond., 1923.

XIV. РЕФЕРАТЫ РАБОТ ПО МИНЕРАЛОГИИ

396. Zeitschrift f. Krystallographie u. Mineralogie, her. v. p. Groth. vol. 1–43. Lpz., 1877–1907 (рефераты с проверенными вычислениями кристаллографических измерений). С т. 57 за 1920 г. перешло под ред. P. Niggli.
397. *Berzelius J.* Arberättelse om Framstegen i Physik och Kemi. Stockh., 1822–1841 (по-немецки Jahresber. über d. Fortschritte d. Physik Wissenschaften. Tub., 1822–1841).
398. Neues Jahrbuch f. Mineralogie, Geologie u. Paleontologie. St., 1830 (1830–1832 Jb. Min.; 1833–1907 N. Jb. Min.). [Продолжается до сих пор].
399. Chemisches Centralblatt. Издание Немецкого общества в Берлине (дает очень быстро рефераты минералогических работ главных журналов. 1830–). [Продолжается до сих пор].
400. *Glocker E.* Mineralogische Jahreshefte. Nürnberg., 1833–1841.
401. *Mousséev.* Отчет о геогностических и палеонтологических занятиях в России в течение 1841–1842 гг. Горн. журн., СПб., 1844, I, с. 178.
402. *Berzelius J.* Arberättelse om Framstegen i Kemi och Mineralogi. St., 1842–1848 (по-немецки Jahresber. über d. Fortschritte d. Chemie u. Mineral. Tüb., 1842–1851).
403. *Haidinger W.* Übersicht d. Mineralogischen Forschungen im Jahre 1843. Erl., 1854.
404. *Besnard A.* Jahresber. über die wichtigsten Entdeckungen u. Fortschritte d. Mineralogie, 1848–1881. Reg., 1849–1882. (Abhandl. zoologisch-mineralog. Vereines in Regensburg; с 1857 г. из Correspondenz-Blatt того же общества).
405. Extraits de minéralogie. Travaux de 1848–1867 (*Senarmont H. De*, «Ann. Mines», (4), 19, 1851, p. 241. *Delesse*, ib., p. 259; ib. (5), 3, 1853, p. 657. *De Senarmont*, ib., 4, 1853, p. 129; 6, 1854, p. 562; 8, 1855, p. 494; 10, 1856, p. 587; 13, 1858, p. 45; 15, 1859, p. 185; 17, 1860, p. 69; 19, 1861, p. 249. *Daubrée et Cornu*, ib. (6). 8, 1865, p. 219. *Cornu*, ib., 12, 1867, p. 425; 14, 1868, p. 300).
406. Jahresbericht über d. Fortschritte d. Chemie, Physik, Mineralogie u. Geologie. Giessen, 1849–1907.
407. [*Куторга С.*] *Kutorga S.* Berichte über d. Fortschritte im Bereiche d. Mineralogie, Geognosie, Paläontologie u. mineralogischen Chemie in Russland v. 1846–1857. SPb., 1851–1857 («Verhandl. d. Mineral. Ges.», SPb.).
408. *Kenngott G.A.* Übersicht d. Resultate mineralogischen Forschungen. I–XIII, 1844–1865. Wien, 1852–1868. (Приложение к Jahrbuch d. Geol. Reichsanstalt).
409. Jahresber. über d. Fortschritte d. Chemie u. vermandten Theile ander. Wissenschaften, Giessen, 1858–1882.
410. Revue de géologie, начиная с 1861 г. – Annales des Mines (сост. *Delesse*, *Lapparent*, *Lauget*).
411. *Планер.* Сборник вновь открытых и изученных минералов. I–III, СПб., 1867–1872 (из Горн. журн.).
412. *Еремеев П.* Обзор работ по минералогии России за 1872 г. (Горн. журн., 1873).
413. *Dana E.* An account of the progress in mineralogy 1882–1888. Ann. Report of the Board of regents of Smithsonian Institution, f. 1882–1889. Wash., 1883–1890 (за 1880 г. составлен *Hawes* ib., 1881).
414. *Никитин С.* Русская геологическая библиотека, I–XIV. 1885–1897. СПб., 1886–1902. (XIV под ред. Н. Погребова)

Другие страны¹

415. Рефераты работ по минералам Балканского пол., кроме Румынии, помещены в «Геолошки Анали Балканскога пол.», ур. I. М. Жујович, I–VI. В., 1889–1903.
416. *Blake.* Annals of British geology for 1890–1893. Lond., 1891–1895.

¹ Многочисленные чисто геологические издания рефератов здесь не указаны, хотя они и заключают отдельные данные для минералогии, например издания д'Аршиака или Дажанкура. Для минералогии Альп много указаний у Фавра (*Favre*. Revue des travaux relatifs à la géologie de la Suisse. 1869–1884. «Archives des sciences phys. et natur.» Gen., 1872–1886; с 1886 – *Favre et Schardt*, ib. С 1889 г. эти обзоры печатаются только в Eclogae Geologicae Helvetiae и составляли их сперва Favre и Schardt, потом Schardt и Sarrasin.

417. Bibliografia geologica e mineralogica d'Italia. «Bollettino d. Comitato Geologico d'Italia», 12, Roma, 1881–17, Roma, 1886 (после этого года даются только рефераты геологических работ).
418. *Вернадский В. и Самойлов Я.* Обзор работ по минералогии России 1897–1900. I–II. «Ежегодн.-мин. и геол. России», т. VI, Нов. Ал., 1900–1901; т. VI, Нов. Ал., 1903–1904.
419. *Slavik F.* Mineralogie roku 1899–1905. «Vestn. České Akad.», vol. IX–XVI. Pr., 1904–1906; ib., 1906–1909; «Vestn. České Akad.», 1910, с. 146, 303, 465; 1911, с. 1.
420. Chemical Abstracts, I. Wash., 1906 (продолжается до сих пор).
421. Revue de géologie. Liège, 1923. Новый журнал рефератов. См. в изданиях всех многочисленных геол. ком.– рефераты работ особ, прикладной минералогии каждой страны.
422. *Eitel W.* Physik.-chem. Mineralogie u. Petrographie. Die Fortschr. in d. letz. 10 Jahren. Dr. u. Lpz., 1925.

ХV. БИБЛИОГРАФИИ И УКАЗАТЕЛИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЖУРНАЛОВ¹

См. *Dana* (№ 17); *Hintze* (№ 23); *Нукутин* (№ 414); *Bibliografia Italiana* (№ 417); *N. Jb. Min.* (№ 398); *Freiesleben* (№ 446).

Необходимо отметить библиографии библиографий. Таковы:

423. *Petzhold.* Bibliotheca bibliografica. L., 1866.
424. *Sabin.* A bibliography of bibliographies. N.Y., 1877.
425. *Vallée L.* Bibliographie des bibliographies. P., 1883, дополн. – 1887.
426. *Ebert.* Allgemein. bibliogr. Lexicon. L., 1821–1827.
- Важны библиографии по географическим районам:
427. *Jackson.* Liste provisoire des bibliographies géographiques spéciales, Paris, 1881.
428. *Пискарев А.* Указатель сведений о России, заключающихся в Губернских ведомостях с 1838 по 1851. «Вестн. Геогр. общ.», 20, СПб., 1859; 29, СПб., 1860.
429. *Межов В.* Литература русской географии, статистики и этнографии за 1859– 1890. I–IX. СПб., 1861–1883 (печаталась в Записках Русск. геогр. общ. и Известиях).
430. Из указателей библиотек см. очень полезный свод книг и статей: *Козлов Н.* Систематический каталог библиотеки Медико-хирургической академии. I–IV. СПб., 1871–1879; дополн. – 1872.
431. *Wigan.* (Folkard libr.), Index catalogue of books a. papers relating to mining. Soutp., 1880.
432. *Межов.* Сибирская библиография. I–III. СПб., 1891.
433. Имеют ценность статьи о библиографии, помещенные в Энцикл. словаре Брокгауза, особенно в первом изд. (III А, СПб., 1892, с. 709; ст. *Лисовского*), хуже во втором изд.– Нов. энцикл. словарь (ст. *М.М.* и *П. Симоны*, 6, Пг.).

Библиография

434. *Leopold J.* Prodromus rei metallicaе. L., 1726; Fortges. u. vermehrt. v. F.E. Bruckmann. Wolfenb., 1732.
435. *Gronovius L.T.* Bibliotheca regni animalis atque lapidei. Lugd. Bat., 1760.

¹ Из указателей приняты во внимание только те, в которых отдельно указана минералогическая литература. Ср. всю литературу в общих указателях, например *Margerie* (№ 510). Каталоги специальных библиотек ученых обществ и высших учебных заведений не приняты во внимание, хотя они заключают крайне ценный материал. О них см. *Margerie* (№ 510), *Keilhack u. Zimmermann* (№ 514). Нельзя не отметить среди этих указателей каталог Венского минерал. музея, изд. III рауфом (*Schrauf.* Katalog d. Bibliothek d. Hofmineralienkabinet in Wien. W., 1864), Лондонского геол. общ., Петербургского минерал. общ. (сост. проф. Пузыревским, СПб., 1867) и др. Недавно начал издавать каталог своей естественно-исторической библиотеки Британский музей. Эта библиотека не так богата в отделе минералогии, как можно было ожидать. См. Catalogue of books, manuscripts, drawings a. maps of British Museum (Natural History), vol. I–II. L., 1903–1904 (не кончен). Из огромной литературы чисто геологических указателей приняты во внимание немногие, более богатые указаниями по минералогии. Много данных имеется и в других, например, в *Bibliographie géologique et paléontologique de l'Italia.* Bol., 1888.

436. *Gmelin J.F.* Linné's Vollständiges Natursystem d. Mineralreichs. I. Nürnberg., 1777, S. 83.
437. *Wallerius J.* Brevis introductio in historiam mineralogicam. Ups. a. Aboae, 1779 (первое изд. – 1768).
438. *Bobmer G.R.* Bibliotheca scriptorum historiae naturalis. IV–V, L., 1788–1789.
439. *Schall C.F.W.* Anleitung z. Kenntniss d. besten Bücher in d. Mineralogie. 2 Aufl., Weim, 1789.
440. *Gatterer C.* Allgemeines Repertorium d. mineralogischen Bergwerks u. Salzwerks-Literatur. I–II. Giess., 1798–1799.
441. *Dryander J.* Catalogus Bibliothecae historico-naturalis Josephi Banks. Vol. IV, Lond., 1799 и добавления в vol. V, Lond., 1800.
442. Catalogue of scient. papers of Royal Society: за годы 1800–1863, I–VI, Lond., 1867–1872; за годы 1864–1873, VII–VIII, Lond., 1879; за годы 1874–1883, IX–XI, Lond., 1891–1896; дополн. за годы 1800–1883, XII, Lond., 1902; за годы 1884–1900, XII–XIX, Lond., Cambr., 1914–1925. Превосходная библиография журнальной литературы XIX столетия.
443. *Reuss.* Repertorium commentationum a societatis literariis editorum. II. Goett., 1802 (ботаника и минералогия).
444. *Leonhard K.C.* Allgemeines Repertorium d. Mineralogie. 1806–1821, I–III. Fr. a. M., 1811–1822.
445. *Kopp J.H., Leonhard K.C. u. Gärtner K.* Propedeutik d. Mineralogie. Fr. a. M., 1817 (превосходный обзор старинной литературы и сводка минералогических знаний к началу XIX столетия).
446. *Freiesleben J.H.* Systematische Übersicht d. Literatur d. Mineralogie ect., 2 Aufl., 1800–1822. Fr., 1822 (1 Aufl. – 1816).
447. Горный журнал. Указатель статей с 1825 г. [Продолжается до сих пор].
448. *Glocker E.* Versuch einer Charakteristik d. Schlesischen mineralogischen Literatur bis z. Ende d. XVIII Jahrhundert. Br., 1827.
449. *Glocker E.* Versuch einer Charakteristik d. Schlesischen mineralogischen Literatur. 1800–1832, Br., 1832.
450. Указатель к изд. Минералогического общества: 1-я серия, 1830–1863, СПб., 1867; 2-я серия, 1863–1884, сост. Е. Федоров, СПб., 1885; 1884–1885 – Л.Н. Зверинцев, СПб., 1898; 1895–1909 – П. Виттенбург, СПб., 1911.
451. *Keferstein C.* Geschichte u. Literatur d. Geognosie. Halle, 1840.
452. *Krebel.* Russlands naturhistorische Bibliothek. I. Schriften in nicht russischer Sprache. Jena, 1847, S. 22.
453. *Bianconi.* Repertorio italiano per la storia naturale. Repert. ital. complect. zoologiam, mineral, etc., I–II. Bon., 1853–1854 (случайный материал).
454. *Butse F. u. Buchholtz A.* Übersicht d. naturhistor. Literatur von Liv.-Kur.- u. Estland. Correspondenzblatt d. Naturf. Ver. zu Riga, 17, 1854, S. 79, 81, 84, 85.
455. Bibliotheca historica naturalis, physico-chimica et mathematica her. v. Gaustein, (или Haustein). Gött., 1861.
456. Bibliografia d. operi di mineralogia, geologia et paleontologia d. prov. Venete. Atti Inst. Veneto, (3) 8, Ven., 1861, p. 2, 255.
457. *Berg.* Repertorium d. Literatur uber Geologie, Mineralogie etc. Russlands bis zu Schlusse d. XVIII J. SPb., 1862.
458. *Poggendorff J.C.* Biographisch-literarisches Handwörterbuch z. Geschichte d. exacten Wissenschaften. I–II, Lpz., 1863; III (her. v. Feddersen B. u. Oettingen A.), Lpz., 1898; IV (her. v. Oettingen A.), Lpz., 1904; V (Red. p. Weinmeister), Lpz. u. B., 1925. (Незаменимый указатель, особенно для старой литературы).
459. *Головачев.* Библиографический указатель по естественным наукам в России за 1856–1869 гг. Труды II Съезда русск. естеств., М., 1870.
460. *Maffei e Rua Figueroa.* Apuntes para una bibliografia Española de libros. folletos y articulos... relativos al conocimiento y explotacion de las riquezas minerales y a las ciencias auxiliares. I–II, M., 1871–1872.
461. *Whitaker W.* List of works on geology, mineralogy a. palaeontology of Devonshire. «Transact. of Devonshire Assoc. Adv. Sci.», IV, 1871, p. 330; V, 1872, p. 404.
462. Förteckning öfver skandinavien eller skandinaviska förhallanden rörande geologisk, mineralogisk, och paleontologisk literature, 1873–1898. «Geolog. Förening. i Stokholm Förhandl.», 2, St., 1875–21, 1899 (позже одна геологическая литература).

463. *Whitaker W.* List of works on the geology, mineralogy a. palaeontology of Hampshire. «Proceed. Winch. a Hampshire Scient. Soc.», 1873, p. 108.
464. *Whitaker W.* List of works on the geology, mineralogy a. palaeontology of Wiltshire. «Wiltshire Archaeol. a. Natural History Magazine», 14, Der., 1873, p. 107.
465. *Белозеров А.* Указатель книг на русском языке по предметам, относящимся до горного дела с 1705 по 1875. СПб., 1873. В книге Белозерова: *Дмитровский И.* Азбучный указатель авторов, переводчиков, издателей и других лиц., а также книг анонимных, упоминаемых в указателе Белозерова. СПб., 1889.
466. *Дмитровский И.* Библиографический указатель сочинений о Средней Азии, напечатанных на русском языке с 1692 г. Материалы для статистики Туркестанского края. III. СПб., 1874, с. 181 (минералогия – стр. 244).
467. *Acchiardi A. d'.* Bibliografia mineralogica, geologica e paleontologica d. Toscana. «Bolletino Com. Geol. Italiano», V–VI, R., 1874–1875.
468. *Faudel.* Bibliographie alsatique, comprenant l'histoire naturelle. «Bull. Soc. hist. nat. de Colmar.», 14–15, Colm., 1874, p. 80. Добавл., ib., 16–17, 1876, p. 396; 18–19, 1878, p. 248.
469. [*Миансаров*] *Miansaroff.* Bibliotheca Caucasica. SPb., 1874–1880, p. 126.
470. *Jensch A.* Die geologische u. mineralogische Literatur d. Kön. Sachsen. 1835–1873. Lpz., 1874.
471. *Whitaker W.* List of works on geology, mineralogy a. palaeontology of Cornwall. «Journ. Roy. Instit. of Cornwall», 5, № 16, 1875, p. 61.
472. *Benecke. Rosenbusch H.* Chronologische Übersicht d. mineralogischen u. geologischen Literatur über Elsass-Lothringen. «Abhandl. d. geolog. Specialkarte v. Elsass-Lothringen», 1, Heid., 1875.
473. *Whitaker W., Dalton, Topleya. Shorhorn.* The Geological Record. An account of works on geology, mineralogy etc., I–VIII, L., 1875–1889 (Минералогический отдел под ред. Rudler дает и краткое содержание работ).
474. *Verbeeck R.* Literatuur over de geologie, mineralogie en de mijnbouw van Nederland. Ost-Indie, «Jaarb. v. h. Mijnwezen in Nederland. Ost-Indië», 4., 1875, 2, S. 189. Дополн., ib., 5, 1876, 1, S. 190; 6, 1877, S. 226; 9, 1880, S. 269; 15, 1886, S. 136; 32, 1903, S. 148.
475. *Рогович.* Библиографический указатель по естественной истории Киевского учебного окр.: Киевской, Вольнской, Подольской, Полтавской и Черниговской губ. Зап. Юго-западн. отд. Геогр. общ., II, Киев, 1875, с. 275.
476. *Whitaker W.* List of works on the geology, mineralogy etc. of Cheshire. «Proceed. Liverp. Geol. Soc.», L., 1876, p. 127.
477. *Naturae Novitates* (her. v. Friedländer). B., 1878–1907 (общее).
478. *Zezi P.* Indici d. pubblicazioni italiani e straniere, riguardanti la mineralogia, geologia e paleontologia d. provincia di Roma. R., 1878.
479. *Whitaker W.* List of works on geology, mineralogy etc. of Wales (to the end of 1873). «Report Brit. Assoc. Adv. Sciences», L., 1880, p. 397.
480. *Payer.* Bibliotheca Carpathica. Iglo, 1880.
481. *Veralli.* Piccola bibliografia geologica-minerale de prov. di Bergamo. B., 1880.
482. *Silvestri.* Bibliografia risguard. la vulcanologia, mineralogia etc. d. prov. di Catania e d. isole vulcaniche, adiacenti alia Sicilia. Bol., 1881.
483. *Portis A.* Bibliographie géol. et paléont. de l'Italie. Bol., 1881.
484. *Etheridge a. Jack.* Catalogue of works, papers, reports etc. on the geology, palaeontology, mineralogy etc. of the Australian continent a. Tasmania. Syd., 1882. Добавл.: *Etheridge R. a. Dunn S.* Records geol. Surv. N. S. Wales – The Australian Geol. Record., IV, 1895; V, 1897, p. 87.
485. *Whitaker W.* List of works on geology, mineralogy etc. of Cheshire в книге *Strahan* «The geology of Chester». «Memoirs of Geol. Surv.», L., 1882 (1 ed. – 1876).
486. *Müller.* Die wissenschaftliche Vereine u. Gesellschaften Deutschlands in XIX J. Bibliographie ihren Veröffentlichungen seit ihrer Begründung bis auf d. Gegenwart. B., 1883 (и сл. годы).
487. *Leppla.* Die geologische u. mineralogische Literatur d. Pfalz seit 1820. Dürchheim a. H., 1883 (40–42 Jahresber. d. Pollichia, D., 1884, S. 12; см. добавление № 547).
488. *Ghelius.* Chronologische Übersicht d. geologischen u. mineralogischen Literatur über das Grossherz. Hessen Darmst., 1884. («Abhandl. d. Hessischen Geol. Landesanst. zu Darmst.», 1884, I, S. XVI).

489. *Whitaker W.* List of works on geology, mineralogy etc. of Staffordshire, Worcestershire a. Warwickshire. «Report Brit. Assoc. adv. Sci.», 1885, p. 780 (для Уорикшира 1-е изд. – 1874).
490. Repertorium d. mineralogischen u. Krystallographischen Literatur v. 1876–1885 u. Generalregister d. Zschr. f. Kryst., Bd. 1–X (her. v. Groth P.), Lpz., 1886; id., 1885–1891, Bd. 11–20 (her. Groth P. u. Grünling F.), Lpz., 1893; id., 1891–1897, Bd. 21–30 (her. Weinschenk E. u. Grünling F.), Lpz., 1899. Издан Hauptregister z. B. 1–50 Zschr. Kryst. u. Miner. (bearb. v. E. Kaiser), Lpz., 1913–1914. Repertorium 31–40 (bearb. v. G. Beumann), Lpz., 1910.
491. *Z(ezi) P.* Bibliografia geologica e paleontologica d. provincia di Roma. «Bollet. Com. geol. d'Italia», 17, 1886.
492. *Eanson.* List of works on geology, mineralogy etc. of Northhamptonshire. «Journ. Northhamptonshire Nat. Hist. Soc.», W., 1886, p. 118.
493. *Whitaker W.* List of works on geology, mineralogy etc. of Derbyshire. «Geology of North Derbyshire». Memoirs of Geol. Survey, L., 1887.
494. *Schumacher.* Geologische u. mineralogische Literatur über Elsass-Lothringen. «Abhandl. Geol. Specialkarte v. Elsass-Lothringen». 1 Ergänzungsheft. Str., 1887 (прибавление к № 472).
495. *Dechen H. u. Rauff.* Geologische u. mineralogische Literatur d. Rheinprovinz u. Westphalen, sowie einiger angrenzenden Gegenden. «Verhandl. d. Naturf. Vereins f. preuss. Rheinl. etc.», 44, Bonn, 1887, S. 181 (1 Aufl. – 1872). Добавл. – в «Ber. d. Vereins f. Naturf.», Kassel, 1889–1891.
496. *Issel.* Bibliografia Scient. d. Liguria. Geologia, paleontologia, mineralogia ecienze affini. I–II. Gen., 1887 (первое изд. – «Ann. del. Museo Civ. Stor. naturale di Genova», 16, Gen., 1880; 20, 1884).
497. *Oldham R.D.* A bibliography of Indian geology. Calc., 1888.
498. *Van Werwecke.* Geologische u. mineral. Literatur über Elsass-Lothringen. «Mittheil. Commis. Geol. Landesuntersuch. v. Elsass-Lothringen», II, Str., 1889–1890.
499. *Whitaker W. a. Watts.* List of works on geology, mineralogy etc. of Shropshire. «Transact. Shropshire Nat. Hist. Soc.», 13, Os., 1889, p. 33.
500. *Lauridsen P.* Bibliographia Groenlandica. Kjö., 1890 (Meddelelser om Groenland, v. 13), S. 50.
501. *Champaux G. de.* Bibliographie des ouvrages relatifs à la géologie et minéralogie de l'Antunois et du Morvan. «Mémoires Soc. Eduenne», 19, 1891.
502. *Eck.* Verzeichniss d. mineralogischen etc. Literatur v. Baden, Württemberg, Hohenzollern etc. «Mitt. d. Badischen Geol. Landesanst.», I Theil, 1891; Nachtrag u. 1 Forts., 1893; 2 Forts., Nachtrag u. 3 Forts. «Mitt. Geol. Land.», I, Ergh., 3, 1902. Издано 4-е дополнение, 1909. (Mitt. Bad. Geol. Land.) Ср. № 528.
503. *Kloos J.H.* Repertorium d. auf die Geologie, Mineralogie etc. d. Herzogth. Brandenburg u. angrenz. Landestheile bezügl. Literatur. B., 1902 (добавл. и исправл. – Beiträge z. Geol. u. Palaont. v. Brandenburg, I, Br., 1894).
504. *Deecke.* Die geologische, mineralogische etc. Literatur über Prov. Pommern. «Mitt. d. naturf. Vereins of Neuvorpommern». Rügen, 1893, S. 25.
505. *Letacq.* Recherches sur la bibliographie scientifique du dép. de l'Orne. Alençon, 1893 («Bull. Soc. histor. et archéol. de l'Orne», 1893–1894).
506. *Matteucci.* Bibliografia Scient. di prov. Ancona, Pesaro, Urbino e limitrophi. Geologia e Scienze affini. Nap., 1894.
507. *Криштафович Н.* Библиографический указатель литературы по минералогии и кристаллографии, 1895–1902. «Ежег. минер. и геол. России» (1 – Варш., 1897; 8 – Нов. Ал., 1906).
508. Указатель литературы по геологии и географии Алтайского округа. «Труды Геол. части Кабинета», т. I, СПб., 1895, с. XV. Добавл. – ib., III, СПб., 1898, с. 122.
509. *Darton H.* Catalogue a index of contributions of North Amer. geology. 1732–1891. «Bull. Un. St. Geol. Surv.», W., 1896, № 127.
510. *Margerie De.* Catalogue des bibliographies géologiques. Paris, 1896.
511. *Радкевич Г.* Библиографический указатель литературы по геологии губерний Киевского учебного округа (Киевской, Волынской, Подольской, Полтавской и Черниговской). Киев, 1896 (Зап. Киевского общ. естеств., 14, 1896, с. 285).
512. *Bellucci G.* Contributo alia bibliografia dell'Umbria. Geologia e scienze affini. Per., 1897.
513. *Watson T.L.* Bibliography of geological, mineralogical a. palaeontolog. literature of the state Virginia. Ithaca, 1897. «Amer. Bull. of Palaeontol.», 2, № 7, p. 57.

514. *Keilhack u. Zimmermann*. Verzeichniss von auf Deutschland bezüglichlichen geologischen Schriften u. Kartenverzeichnissen, ergänzt v. K. Michael. 1897 («Abhandl. Preuss. Geol. Landesanst.», 26).
515. *Furchheim F.* Bibliografia d. Campania. I. Bibliografia del Vesuvio. Nap., 1897.
516. *Procházka*. Repertorium literatury geologické a mineralogické Krai. Českého, markr. Moravského a vevod. Slezského 1828–1897. Pr., 1897. (Добавл. в «Vestn. Česke Akad.», Pr., 1898 и сл.).
517. *Mourlon*. Bibliographia geologica. Avec la collaboration de G. Simens. Série A (изд. до 1896 г.), 1–9, Br., 1898–1906; Série B (изд. после 1896 г.), 1–7, Br., 1899–1904.
518. *Отоцкий П.* Литература по русскому почвоведению. СПб., 1898.
519. *Dun W.S.* Contributions to a list of papers a. reports dealing with the economic geology of New South Wales. S., 1900 («Records Geol. Surv. N. S. Wales», 6, № 4).
520. *Фелицин Е.* Библиогр. указатель литературы о Кубанской обл., Кубанск. каз. войске и Черноморской губ. Отд. II, Естествознание. Кубанский сборник, 6., Ек., 1900, с. 121. Дополн. – *ib.*, 10, 1904. Дополн. Шамрая – *ib.*, 14, 1908; 16, 1910; 19, 1914; 21, 1916.
521. *Porter C.E.* Ensay's de una bibliografia chilena de historia natural. Valp., 1900 (Museo d. hist. nat. de Valparaiso).
522. *Brown*. A bibliography of works upon the geology a. natural resources of W. Virginia fr. 1764–1901. «Bull. Geol. Surv. Virginia», Margants, 1901.
523. Русская библиография по математике и естествознанию. Изд. Акад. наук, I–II, 1901–1902, СПб., 1904–1906; III–IV, 1903–1904, СПб., 1908; V, 1905–1906, СПб., 1912¹.
524. *Bentivoglio T.* Bibliographia geol., mineral. et paleont. del Modenese et del Reggiano 1469–1900. Atti Soc. Nat. e Mat. di Modena, 11 (4), M., 1901, p. 1.
525. *Weeks F.B.* Bibliography a index of North American Geology, mineralogy etc. 1892–1900, W., 1902; 1901–1905; 1906–1911.
526. Вышла Bibliogr. N. Amer. Geol. за 1911 г., сост. *J. Nickles*, W., 1912; f. 1912 – W., 1913; f. 1913 – W., 1914; f. 1914 – W., 1915; f. 1915 – W., 1918; f. 1918 – W., 1921; f. 1919 – 1920.
527. Список статей, помещенных в «Материалах для геологии Кавказа» с 1869 по 1903. «Материалы для геол. Кавказа», 4 (3), Тифл., 1902, с. 119.
528. *Schütze E.* Verzeichniss d. mineralog., geolog., u. hydrologischen Literatur v. Württemberg, Hohenzollern u. angrenzende Gebieten. I–IV. «Jahreshefte d. Vereins f. Vaterländische Naturkunde in Württemberg». St., 1902–1906. Указатель и добавл.– «Jahreshefte...», 68, St., 1908, S. 165.
529. *Schütze E.* Die geologische u. mineralogische Literatur d. nördl. Harzvorlandes. I–VIII, 1900–1907. «Jahresber. u. Abhandl. naturwiss. Vereins in Magdeburg», 1902 (и сл. годы).
530. International Catalogue of Scientific literature; G. Mineralogy, incl. petrology a. crystallography. I–IV, 1901–1904, L., 1902–1906; V, 1905, L., 1907; VI, 1906, L., 1908; VII, 1907, L., 1909; VIII, 1908, L., 1910; IX, 1909, L., 1911; X, 1910, L., 1912; XI–XIV, 1911–1914, L., 1911–1917. (Превосходный и полный каталог литературы по минералогии XX века, издаваемый Междунар. ассоц. Акад. Ср. параллельное самостоятельное издание того же характера, № 517).
531. *Davy J.* Bibliographie géologique, minéralogique et paléontologique du Nord-Ouest de la France (Bretagne, Basse Normandie, Maine, Anjou et Vendée). «Bull. Soc. Sci. Nat. de l'Ouest de la France», 3 (2), Nantes, 1903. p. 239; 4, 1904, p. 263; V, 1905, p. 13.
532. *Branner*. A bibliography of geology, mineralogy a. palaeontology of Brazil. R. de Jan., 1903 (Arch. do Museo Nation. do Rio do Jan., vol. 12).
533. *Kaiser E.* Die geologisch-mineralogische Literatur d. Rheinischen Schiefer gebirges u. d. angrenzenden Gebiete für 1887–1900. I–II, Bonn, 1903–1904. (Verhandl. d. Naturhistorischen Vereins f. prussischen Rheinlande etc., Bonn, 59–60). Добавл. до 1910 г. см. Sitzungsberichte v. Naturf. Ver. d. Pr. Rheinl. u. Westph., 1911. Вышел обзор за 1911 г. (сост. *E. Kaiser*). Sitzb. Naturh. Ver. pr. Rhein., 69, 1912.
534. *Krahman M.* Fortschritte d. praktischen Geologie. I–II, 1893–1902, 1903–1908. (Generalregister zu d. Zschr. prakt. Geologie). Berl., 1903; Berl., 1910.

¹ Это издание дает отдельно русскую литературу, входящую в международный каталог (№ 530). Точно так же имеются отдельные издания немецкой, польской и других литератур. Эти издания здесь не указаны.

535. *Hamilton A.* List of papers on the geology of New Zealand. «Transact. a. proceed. N. Zealand Inst.», 35, Well., 1903, p. 489.
536. *Aguilary Santillan R.* Bibliografia geology y minera de la Rep. Mexicana complet. hasti y el 1904. M., 1908. («Boletind. Istit. Geol. Mex.», No 17 (1-е изд.— 1898).
537. *Moderni P.* Bibliografia geologica e idrologica del vulcani Vulsini (sino al 1898). «Boll. Com. Geol. d'Italia», 35, 1904, p. 253.
538. *Meli R.* Bibliografia scientifica del littorale Romano. «Boll. Soc. Geol. Ital.», 23, Roma, 1904, p. XLI.
539. *Hintze V.* Litteraturfortegnelse (литература геологии и минералогии Дании, Исландии). Meddelelser fra Dansk. Geol. Foren., 10, Kj., 1904, S. 121 и дальше ежегодно.
540. *Toula F.* Übersicht über die geologische Literatur d. Balkanhalbinsel mit Morea, des Archipels Kreta u. Cypern, d. Halbinseln Anatolien, Syriens u. Palestine. «Comptes Rendus. IX Session du Congr. Intern. Géol.», Vienne, I, 1904, p. 185. (В 1906 г. с добавлениями издана отдельно: Zusammenstellung. d. neuesten geologischen Literatur d. Balkaninsel. W.).
541. *Bukowski G.* Neuere Fortschritte in d. Kenntniss d. Stratigraphie von Kleinasien (список литературы по минералогии и геологии Малой Азии). («Comptes Rendus IX Session du Congr. Intern. Géol.», I, Vienne, 1904, p. 410.
542. *Vogdes.* A bibliography relating to the geology, palaeontology a. mineral resources of California. S. Fr., 1904 (Calif. St. Min. Bureau. Bull., No 30).
543. *Cordier H.* Bibliotheca sinica. 2 ed., I–IV, P., 1904–1908 (1 ed. – 1878).
544. *Laus H.* Die geologische, mineralogische u. prähistorische Literatur Mährens u. Ostschlesiens. 1897–1904. «Zschr. Mährischen Landesmus», 5, Br., 1905, S. 105. Добавл. – ib., 1910, S. 232.
545. *Wilman M.* Catalogue of printed books, papers a. maps relating to the geology a. mineralogy of South Africa. «Transact. of South African Phil. Soc.», 15, Cape Town, 1905, p. 283.
546. *Lisboa M.A.* Bibliographia mineral, y geologica do Brazil (1903–1906). «Annaes Esc. de Min. de Ouro. Preto». O.P., 1906, No 8.
547. *Haerberle D.* Die geolog. Literatur d. Rhein. Pfalz. vor 1820 u. nach 1880 bis 1907. Mittheilungen d. Pollichia, 64, 1907; Pfalz. Bibliogr., VI, 1, Dfirenb., 1917 (ср. № 487).
548. *rollier L.* Bibliographie géologique de la Suisse 1770–1890. I–II. Berne., 1907–1908 (Matériaux pour la carte géol. Suisse, 29) (см. № 561).
549. *Crini S.* Bibliografia storico-scientifica d. regione Etna. «Atti Acad. Gioenia»,. (4) 20, Cat., 1907, Mem. VI.
550. *Lucius M.* Geolog. u. mineral. Literatur d. Grossherz. Luxemburg. «Bull. mens. des natur. de Luxemburg», 1, L., 1907, p. 244, 369; 2, L., 1908, p. 43, 438.
551. *Соловьев М.* Указатель статей по минералогии и геологии Урала, Печорского края, Тиманской тундры, Киргизских степей и Уральской обл., помещенных в некоторых русских периодич. изданиях. Ек., 1908.
552. *Leney F. a. Wood K.* Bibliography of N. Carolina geology, mineralogy a. geography. «Bull. N. Carol. Geol. a. Econ. Survey», 18, 1909.
553. *Тутковский П.* Библиографический обзор литературы по геологии и физич. географии центрального и южного Полесья. Зап. Киев. общ. ест., 21, 1910, с. 33.
554. *Могилянский Н.* Естественно-историческая литература по Бессарабии. I, Геология и палеонтология. «Тр. Бессар. общ. ест.», 2, Кишинев, 1910.
555. *Wang C.Y.* Bibliography of mineral wealth a. geology of China. L., 1912.
556. *Cordier H.* Bibliotheca indo-sinica. I. P., 1912.
557. *Verbeek R.* Opgave v. geschriften ov geologi en mynbouw v. Nederland. Oost Indië. Vörhandl. geol.-mijnb. Genootsch. v. Nederl. I, s'Gran, 1912, 21, S. 361.
558. *Бутлеров Ю.* Указатель статей журн. «Изв. Общ. горных инженеров» и других печатных трудов Общ. за 25 лет (1886–1911). «Изв. Общ. горн. инж.». СПб, 1912, № 12.
559. *Hammer W.* Verzeichniss d. im J. 1913 erschien. Arbeiten über Geologie, Mineralogie, Paläonthologie, Mont., u. Hydrologie Inhalts, welche auf d. Gebiet d., Oesterreich-Ungarn Bezug nehmen. «Verhandl. Geol. Reichsanst.», 1914 и сл.
560. *Прусевич А.* Библиография естествознания Подолии. «Зап. Общ. ест. Кам.-Под.», I–II, Кам.-Под., 1912–1913.
561. *Gogarten E. et Hauswirth W.* Bibliographie géologique de la Suisse pour 1900–1910. Berne, 1913 (Mém. Carte géol. Suisse, N. S., 40).

562. *Cordier H.* Bibliotheca japonica. P., 1913.
563. *Анерт Э.* Перечень литературы по геологии, физич. географии, топографии и горному делу, касающейся Приамурья. Геол. исслед. в золотой, обл. Сибири, Амурско-Приморск. р-н, 17, СПб., 1913, с. 157.
564. *Козменко А.* Указатель литературы по ест.-истор. изучению Тульской губ. Тула, 1914.
565. *Cornet J.* Bibliogr. géolog. du bassin de Congo. «Ann. Soc. Géol. Beige», Public. du Congo, 1916.
566. *Touche T.H.D.* la, A bibliography of Indian Geology a. physic. Geography with an annotated index of minerals of econ. value. Calc., 1918 (Geol. Surv. India).
567. *Brüggen J.* Bibliografia minora i geologica de Chile. Sant Jago, 1919.
568. *Kollha J.* Bibliografia Slovenska. Pr., 1919 (Knih česke zeměvedné spolein, 9).
569. *Sparn E.* Bibliografia d. geologia, mineralogia y paleontologia de la Rep. Argentina, 1900–1914. Cord., 1920 («Acad. Nac. Cienc. Miscell.», No 2).
570. *Филипович К.* Указатель главнейшей литературы по геологии и каменноуг. промышл. Под-московного басс. М., 1920.
571. *Hall A.* A subject index to the literature on the geol. a. mineral resources of S. Africa. «Mem. Geol. Surv. of S. Afr.», № 22, 1923.

XVI. ОПИСАНИЯ И КАТАЛОГИ МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ МУЗЕЕВ¹

См. *Lévy* (№ 33); *Quiroga* (№ 1122); *Navarro* (№ 1126); *Sigmund* (№ 1413); *Wiik* (№ 925).

572. *Ломоносов М.В.* Musei imperialis Petropolitani. V. I, pars tertia, qua continentur res naturales ex regno minerali. Petropoli, 1745.
573. *Karsten.* Museum Leskeanum. II. Regnum minerale, 1–2, L., 1789.
574. *Born.* Catalogue méthodique et raisonné de la collection des fossils de M-Ile E. de Raab. Vienne, 1790.
575. *Werner A.* Verzeichnis d. Mineralkabinet d. Pabst Oheim. I–II. Fr. u. Ann., 1792.
576. [*Севергин В.М.*] *Sewergin W.* Enumeratio mineralium quorundam rariorum in museis nonnullis Petropolitans obviorum. «Nova Acta Acad. Petrop.», 1793, 11, SPb., 1798, p. 289.
577. Catalogue des huit collections qui composent le musée minéralogique de E. de Drée. P., 1811.
578. *Martinenghi G.* Distribuzione regionata del Museo Mineralogico d. Università di Pavia. P., 1801.
579. *Mohs J.* Des Herrn v. d. Null Mineralienkabinett. I–III. Wien, 1905.
580. [*Фишер Г.*] *Fischer G.* Museum Demidoff. II. Moscou, 1806.
581. *Borson S.* Catalogue raisonné de la collection minéralogique du Musée de l'histoire naturelle de Turin. I. Tur., 1811.
582. *Lucas J.A.H.* Tableau méthodique des espèces minérales. II. P., 1813 (каталог и описание Museum de l'Histoire naturelle de Paris).
583. *Bournon de.* Catalogue de la collection minéralogique du comte de Bournon. P., 1813.
584. *Севергин В.* Обзорение минерального кабинета Акад. наук. «Технолог. журн.», 11, СПб., 1814.
585. *Севергин В. и Эмтер К.* Новейшее систематическое описание минералогического кабинета Вольн.-экон. общ., 1815. «Труды В.-экон. общ.», 68, СПб., 1817, с. 169.
586. *Bournon de.* Catalogue de la collection minéral, partic. du Roi. Paris, 1817; представляет перепечатку без изменений текста № 583 (1813).
587. [*Вагнер И.*] *Wagner I.* Notizen über d. Mineraliensammlung v.d-r A. v. Crichton. Moskwa, 1818.
588. Краткая опись Минералогического кабинета Акад. наук. СПб., 1821.

¹ См. старинную литературу: *Linne's Naturgeschichte*, herausgeg. v. *Gmelin I*, Numb. 1778, S. 185; *Kopp, Leorhard u. Gärtner.* Propedeutik d. Mineralogie, Fr., 1817, (№ 445); *Dryander.* Bibnotheca histor. naturalis. Banks, IV, L., 1799, p. 23; *A. Schrauf.* Katalog d. Bibl. d. Hofmineralkabin. in Wien, 1864, S. 40 и сл. Исторический очерк и литературные данные о старых музеях – *Murray*, The Museums, I, Glasgow, 1904, p. 20. Из старинных описаний особенное внимание обращено на собрания, имеющие значение для минералогии России.

589. *Soret F.F.* Rapport sur les minéraux rares, observés dans le musée de l'Académie de Genève. «Mém. Soc. phys. et hist. nat. Gen.», 1, 1822.
590. *Anker.* Übersicht d. in Johanneum zu Grätz aufgest. Steierischen Mineralien- u. Gebirgsartensammlung. «Steiermärk. Zschr.», 4, Gr., 1822. См. № 644.
591. [*Фишер ф. Вальдгейм*] *Fischer de Waldheim G.* Museum, d'histoire naturelle de l'Univ. de Moscou, II, 3. Collection de Freiesleben. Moscou, 1827.
592. Register mineralog. Ges. Univ. Wileńskiego. W., 1828.
593. *Соколов Д.* Историческое и статистическое описание Горного кадетского корпуса. СПб., 1830, с. 160 (истор. муз.).
594. *Dubuisson F.* Catalogue de la collection minéralogique, géologique et métallurgique du dép. de la Loire Inférieure, appartenant à la Mairie de Nantes. Nantes. 1830. См. № 670.
595. *Giesecke.* A descriptive catalogue of new collection of minerals in the Museum of Dublin Soc. Dubl., 1832.
596. *Cristofori de e Jan.* Cataloghi sistem. e descrittivi d. oggetti di storia natur. (4) 1, Milano, 1832.
597. *Kaysers.* Beschreibung d. Mineraliensammlung von Bergemann in Berlin. B., 1834 (коллекция приобретена Берлинской Академией).
598. *Яковицкий И.* Систематическая опись минералог. кабин. Виленской Медико-хирургической академии. Вильна, 1836.
599. *Bristow.* Catalogue of minerals at Kings College London. L., 1842.
600. *Hörnes.* Mittheilungen über die Mineraliensammlung d. Frau Edlin v. Henickstein. N.-Jb. Min. St., 1846, S. 769.
601. *Sillem.* Mittheilungen über seine Mineraliensammlung. N. Jb. Min., St., 1848, S. 384.
602. *Arjohn J.* A catalogue of minerals in the Museum of Trinity College. Dublin, 1850.
603. *Castillo A. del.* Catalogo de la colleccion mineralogica de este Musee Nation. Mexico, 1852.
604. *Aichhorn S.* Das Mineralienkabinet Steierischen St.-Johanneum Graz. Gr., 1855.
605. *Partsch.* Über Hofmineralienkabinet in Wien, 1855. (Первое издание – 1843).
606. *Щуровский Г.* Каталог минералогического кабинета Московского университета. М., 1859.
607. (*Гревинг К.*) *Grewing K.C.* Das Mineralogisches Kabinet d. Universität Dorpat. D., 1863; 1 Nachtrag, D., 1868.
608. *Smyth W., Reeks S. a. Rudler T.* A catalogue of mineralogical collection of the Museum of practical geology. L., 1864.
609. Очерк истории музеев Академии наук. СПб., 1865. (История Минералогического музея составлена А. Гёбелем).
610. *Fischer H.* Das mineralogisch-geologische Museum d. Universität Freiburg. Fr. i. B., 1866.
611. *Selwyn (with Ulrich, Aplin, Etheridge a. Taylor).* A descriptive catalogue of rock specimens a. minerals in the National Museum of Victoria. Melb., 1868.
612. *Römer.* Das mineralogische Museum d. Universität Breslau. Br., 1868.
613. *Blum J.R.* Das Mineralienkabinet d. Univers. Heidelberg. Heid., 1869.
614. *Нефедьев.* Краткий каталог минералогического собрания Горного института. СПб., 1871.
615. Descriptive catalogue of mineralogical collection of W. Nevill. L., 1872.
616. *Geinitz.* Das mineralogische Museum in Dresden. Dr., 1873 (1 Aufl. – 1858).
617. *Rose G. u. Sadebeck A.* Das mineralogische Museum d. Universität Berlin. B., 1874.
618. *Mietzsch H.* Die E. Richter Stiftung mineralog-geologische Sammlung d. Stadt Zwickau. Zw., 1875.
619. *Groth P.* Die Mineraliensammlung d. Universität Strassburg. Str., 1878.
620. *Nies F.* Die mineralogischen Sammlungen d. Land. u. Forstwiss. Akad. von Hohenheim. 2 Aufl., St., 1878 (1 Aufl. – 1875).
621. *Bachmann J.* Die neuer. Vermehrungen d. mineral. Sammlung d. städt. Museum in Bern., «Mittheil. d. naturf. Ges. in Bern.», B., 1878, S. 25.
622. *Omboni.* Il gabinetto di mineralogia e geologia d. Università di Padova, P., 1880.
623. *Milne J.* Catalogue of minerals of Imperial Museum of Tokyo. T., 1880.

624. *Мартыанов Н.* Минусинский публичный городской музей. Каталог и краткое описание. Томск, 1881.
625. *Grattarola G.* Guida e piante del Museo e Laboratoria d. R. Istituto Super. di Firenze. F., 1881.
626. *Endlich F.* List of species a. varieties of minerals in the National Museum of Un. St. «Proceed. Un. St. Nat. Mus.», 3, Wash., 1881, p. 333.
627. *Bombicci L.* II museo mineralogico d. Università di Bologna. I, B., 1870; II, B., 1881; III, B., 1888.
628. *Mallet J.* A descriptive catalogue of collection of minerals in the Geological Museum of Calcutta. C., 1883.
629. [*Strobel P.*] II gabinetto di Storia naturale del Università di Parma. P., 1884.
630. *Hochstetter F.* Das Kgl. Hofmineralien-Kabinett in Wien, die Geschichte seiner Sammlungen. «Jb. Geol. Reichsanst.», 34, 1884, S. 263.
631. *Коктаров Н.Н.* Подробный объяснительный каталог минералогической и петрографической коллекции Института путей сообщения. СПб., 1885.
632. *Ratte.* Descriptive catalogue of the general collection of minerals in Australian Museum. Sydney, 1885.
633. *Hirschwald.* Das mineralogische Museum in der Technischen Hochschule in Berlin. B., 1886 (см. критику у Арцруни: *Arzruni*, Ein Beitrag z. Mineraltopographie. B., 1886).
634. *Merrill G.* The collection of building a. ornamental stones of U. S. Nation. Museum. «Ann. Report of U. S. Nation. Museum f. 1886».
635. *Лобанов Д.* Каталог Музея Уральского общ. естествознания в Екатеринбурге. 1, Отд. естеств.-истор., Ек., 1888.
636. *Genth F.A.* Mineralogical collection. Catalogue of Geological Museum Geol. Survey Pennsylvania. Harrisburg, 1889, p. 93.
637. *Smith P.B.* Catalogue of minerals, ores a. rocks in Government Central Museum of Madras. M., 1890.
638. *Groth P.* Führer durch. d. mineralogische Museum d. Bayerischen Staates. Münch., 1891.
639. *Lapparent de.* La galerie de géologie et de minéralogie a l'Institut catholique de Paris. «Bull. Inst. cath. Paris». P., 1891.
640. *Winkler T.* Catalogue des collections géologiques et minéralogiques du Musée Teyler. «Arch. de Musée Teyler», (2) 3, Leyd., 1892.
641. *Müller W.* Die Mineraliensammlung von Janson auf Schloss Gerdauen. Charlott., 1892 (Коллекция приобретена Берлинской акад.).
642. *Geinitz.* Führer durch d. mineralogisch-geologische Museum Dresden. 1887. Suppl., Dr., 1893.
643. *Butureanu V.C.* Studii cristal., chim. si optice asupra cobetiunues de miner. si roci a Laborat. de Miner, si Petrogr. al Univers. de Jas. «Buletinul Soc. de Sc. fiz. din Bucurejici», 3, B., 1894, p. 271; 4, B., 1895, p. 39, 111, 155.
644. *Hatle E.* Führer durch d. Mineraliensammlungen (Steiermärkisches Landesmuseum Johanneum in Graz). Gr., 1896. См. № 590.
645. *Prässar.* Die in d. Sammlung d. mineralogisch-geologischen Institut d. Universität Erlangen enthält. Mineralien (mit Ausnahme d. Silikaten). Erl., 1896. См. № 661.
646. *Villada M.* Catalogo de la collection de minerales del Museo National. I, Mexico, 1896.
647. *De Launay L.* La collection des gîtes métallifères et minéraux à l'Ecole Supérieure des Mines. «Ann. Mines», 10, (9) 1896, p. 570.
648. Путеводитель по минералогическому кабинету Харьковского унив., X., 1897.
649. *Мельников М.* Путеводитель по Музею Горного института. СПб., 1898.
650. *Desmazieres O.* La géologie, la minéralogie et la paléontologie au Musée d'histoire naturelle de la ville d'Angers. «Bull. Soc. d'Etudes Scient. d'Angers», 27, 1898, p. 1.
651. *Mac Henry a. Watts W.* Guide to a collection of rocks a. fossils belonging to the Geol. Survey of Ireland. Dubl., 1898.
652. Каталог образцов руд и других полезных ископаемых. Коллекция Геол. музея Казанского унив. «Протоколы Казанского общ. ест. за 1897–1898»; прилож. 173, Каз., 1898.
653. *Pöhlmann R.* Die Mineraliensammlung von Th. Hohmann. «Verhandl. Deutsch. wissenschaftl. Vereins zu Santiago», IV, Valp., 1899, S. 75.

654. *Dewey F.* A preliminary descriptive catalogue of the systematic collections in economic geology a. metallurgy in the U. S. Nation. Museum. Wash., 1891 «Bull. U. S. Nat. Museum», № 42.
655. *Tassin W.* Catalogue of the series, illustrating the properties of minerals. «Ann. Report of the Board of regents of the Smithsonian Inst. for 1897». Wash., 1899, p. 649.
656. *La Valle G.* Il museo di mineralogia et geologia del Università di Messina. M., 1900.
657. [Вишняков Н.] *Vischniakoff N.* Allgemeine Beschreibung d. Mineralien von R. Hermann. Moskau, 1900.
658. *Lacroix A.* Guide du visiteur de la Collection de minéralogie de Museum d'histoire naturelle. 3 ed., P., 1915 (1 éd. – 1896).
659. *Musy M.* Le Musée d'hist. natur. de Fribourg. Bull. Soc. frib. Sci. nat., 8, 1900, p. 51.
660. *Fellenberg E.* Bericht über Bestand u. Vermehr. d. Sammlung d. naturhist. Mus. in Bern in d. J. 1897–1899. Miner., geol. u. pal. Samml. Bern, 1901.
661. *Sammet P.* Die in d. Sammlung d. mineralogisch-geologischen Instituts d. Universität Erlangen enthaltenden Silikate. Erl., 1901. См. № 645.
662. *Лебедев Н.* Коллекции Кавказского музея, т. III. Геология. Тифл., 1901.
663. *Штукенберг А.* Материалы для истории минералогического и геологического кабинетов Казанского унив. Каз., 1901.
664. *Merrill G.* Guide to the study of the collections in the Section of applied geology. The non metallic minerals. («Report of the U. S. Nat. Mus.»). Wash., 1901.
665. *Baret C.* Catalogue de la collection de minéralogie de Maine et Loire. «Bull. Soc. Etudes Scient. d'Angers», 30, A., 1901, p. 33.
666. *Ussing N.V.* Universitets mineralogiske Museum. Kj., 1901 (Dankmarks Kultur). Издавались временами и годовые обзоры (Beretning om Univers. museums virksomhed. Kj., 1901–1903).
667. Guide to the collections illustrating of Scottish geology a. mineralogy. II. Collect. of Scottish minerals. Ed., 1903 (Edinb. Mus. of Science).
668. *Desmazieres O.* Notice sur les collections concernant la géologie, la paléontologie et la minéralogie du dép. Maine et Loire. «Bull. Soc. Angers», 1904, A., 1905, p. 41.
669. *Whitlock H.P.* Guide to the mineralogical collection of New York State Museum. Alb., 1904 (56 Ann. Report of New York State Museum).
670. Catalogue de la collection générale des minéraux du Museum d'histoire naturelle de Nantes. N., 1904. См. № 594.
671. *Fletcher L.* The department of minerals в книге: The history of the collections contained in the Natural History Departments of British Museum. I, Lond., 1904, p. 341.
672. В синих книгах Палаты общин печатаются отчеты Британского музея, Return. Brit. Museum, и в них помещаются интересные данные директора отдела о минер. музее (Miner. Depart.).
673. *Rudler T.* A handbook to a collection of minerals of British Isles in the Museum of practical Geology. L., 1905.
674. Guide to the antiq. a. natural history collection in the Colombo Museum. Col., 1905, 3 ed. (Spolia Zeylanica, III; минералог. каталог составил Соомара-Swamy).
675. *Koken E.* Führer durch d. Sammlungen d. geolog.-miner. Instituts in Tübingen. St., 1905.
676. Годовой отчет Геологического музея Акад. наук. I–II, СПб., 1905–1906 (Изв. Акад. наук).
677. *Calker F. van.* Das mineralogisch-geologisches Institut d. Reichsuniversitäts Groningen. «Mittheil.d. Mineral.-Geol. Inst. d. Univers. zu Groningen», I. Gr., 1905.
678. *Baret C.* Catalogue de la collection de minéralogie de la Loire Inférieure. «Bull. Soc. Sci. Natur. de l'Ouest de la France», (2), Nantes, 1905, p. 69.
679. Museo Mineralogico Borromeo Milano, 1906 (очерки *Barromeo G.* и *Molinari F.*).
680. Catalogue de la collection de mineralogie et de la bibl. de M. Guyot de Grandmaison Bergerac, 1906.
681. *Weber.* Die mineralog. Sammlung d. Friedr. Wilhelm Gymn. zu Kottbus. K., 1907 (Jahresbericht гимназии).
682. *Merrill G.* Catalogue of the type a. figured specimens of fossils, minerals, rocks a. ores in the Dep. of Geology U.S. Nat. Mus. «Bull. U. S. Nat. Mus.», № 53, II, Smith. Inst. Wash., 1907, p. 355.
683. *Вернадский В., Шкляревский А., Попов С.* Каталог Минералог. собр. Москов. унив., вып. 1. М., 1907. Издание это было прекращено и не вышло в свет, отчасти в связи с событиями в Моск. унив. в 1911 г.

684. [Крыжановский Л.] *Kryzhanowsky L.* Katalog d. Sammlung v. Kotschubej. Wien, 1908. (Каталог коллекции Кочубея. Вена, 1908. Приобретена Акад. наук).
685. *Pelloux A.* La collezione mineralogica Traverso del Museo Civ. Genoverse. «Ann. Mus. Civ. di storia naturale», (3), 3, G., 1908, p. 178 (интересна итальянская коллекция).
686. *Farrington O.C. a. Tillotson E.W.* Notes on the various minerals in the Museum Collection. «Field Columh. Mus. Publications», № 129, Chicago, 1908.
687. *Федоров Е.* Кристаллы Минералог. музея. Записки Горн. инст., 1, СПб., 1908, с. 192; 2, СПб., 1909, с. 287.
688. *Purkyně C.R.*, Mineral-geologické sbirky městsk. histór. musea v Plzni. P., 1909.
689. *Macnair P.* Introduction to study of minerals a. guide to miner. collection in Kelvingrove Museum. Glasgow, 1910.
690. *Shand S.J.* A guide to Scottish mineralogical collection. Edinb., 1910.
691. *Кундфер А.* Минералог. коллекция Горн. инст. им. Екатерины II. СПб., 1911.
692. *Haupt O.* Führer durch geol., paläont. u. miner. Samml. d. Grossherz. Hessischen Landesmuseum in Darmstadt, D., 1911.
693. *Schwarzmann M.* Führer durch d. geol.-miner. Abtheilung. Grossherz. Badischen Naturalienkabinett. 2 Aufl., Karlsr., 1911 (1 Aufl. – 1906).
694. *Sigmund A.* Die Miner. Abteilung. Das Steiermark.-Landes Museum. Gr., 1911, S. 171.
695. *Brendler W.* Mineraliensammlungen. I–II. L., 1911–1912. Общее, хотя не вполне удачное, сочинение о минералогических музеях.
696. *Gratacap L.P.* A popular guide to minerals. With chapters on the Bement collection of the minerals in the American Mus. Nat. Hist. Containing a map of the distribution of minerals in the U.S., N. Y., 1912.
697. *Fletcher L.* A guide to the mineral gall. of Brit. Mus., 12 ed., L., 1914 (1 ed. – 1881).
698. *Вельский С.* Список коллекций минералов Вольнского центр. музея в Житомире. «Труды Общ. исслед. Вольни», 11, Житомир, 1914, с. 153.
699. *Erdmann E.* Sveriges Geologiska Undersökning Museum. St., 1916.
700. *Castro Burer P.* Especies y localidades no citadas, existencias el Museo de Hist. Nat. de la Univ. de Sevilla. «Bol. Soc. Esp. hist. Nat.», 18, 1918, p. 314.
701. *Foshag W.* Some recent accessions to the miner. collection of U. S. Museum. «Proceed. U. S. Mus.», 58, Wash., 1920, p. 303.
702. *Schumacher F.* Die Lagerstättenammlung d. Bergakademie Freiberg. Fr., 1922.
703. *Merrill G., Moodley M. a. Wherry E.* Handbook a. descr. catalogue of the coll. of gems a. prec. stones in the U.S. Nat. Mus., Wash., 1922 (Bull.118).
704. *Jaros S.* Sbirky miner.-geol. oddilini zemsk. Muz. Moravsk. v Brně. B., 1924.

XVII. НАЗВАНИЯ И СИНОНИМИКА

- См. *Groth* (№ 41); *Hintze* (№ 23); *Naumann u. Zirkel* (№ 20); *Quenstedt* (№ 21); *Dana* (№ 17).
705. *Севергин В.* Подробный словарь минералогический. I–II. СПб., 1807 (для всей России).
706. *Kobell F.* Die Mineralienamen u.d.mineralogische Nomenklatur. Münch., 1853.
707. *Franke.* Über d. mineralogische Nomenklatur. B., 1890.
708. *Egleston.* A catalogue of minerals a. synonyms. 3 ed., N. Y., 1892 (1 ed. – 1889).
709. *Chester.* A dictionary of the names of minerals including their history a. etymology. N.Y., 1896.
710. *Slavik F.* Uherske naleziště mineralogické. «Sbornik česke spolec. zeměvědné». Pr., 1898 (Синонимика славянских названий месторождений, переделанных официально на немецкие или венгерские).
711. *Spencer L.* A list of new mineral names. «Min. Mag.», 11–13, L., 1901– 1903. Продолжение напечатано в «Min. Mag.», 15, 1910; 17, 1913, p. 352.

XVIII. СОЧИНЕНИЯ, ПОСВЯЩЕННЫЕ ПОЛЕВОМУ НАБЛЮДЕНИЮ МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И СОБИРАНИЮ МИНЕРАЛОВ

712. *Richthofen F.* Führer f. d. Forschungsreisende. B., 1901 (перепечатка издания 1886 г.).
713. *Neumayr G.* Anleitung zur wissensch. Beobachtungen auf Reisen. I–II. 1906.
714. *Mineralogische Taschenbuch d. Wiener Mineralogischen Gesellschaft.* W., 1911.

715. *Cohen E. a. Wotton W.* Mineralogy of rarer metals. A handbook f. prospected, L., 1912.
 716. Сборник инструкций и программ для участников экспедиций в Сибирь. Пг., 1914.
 717. *Бакунд О.* Инструкция для собирания петрографических коллекций. Пг. 1915.
 718. *Ферсман А.* Краткое руководство к собиранию минералов. Пг., 1920.
 719. *Fischer E.* Taschenbuch f. Mineralsammler. 6 Aufl., Lpz., 1920.
 720. *Keilhack K.* Lehrb. d. prakt. Geologie. I–II. St., 1922.

XVIII. СОБРАНИЯ СОЧИНЕНИИ И СТАТЕЙ

См. *Sterry Hunt* (№ 163); *Ebelmen* (№ 145).

721. *Arduino G.* Raccolta di memorie chimico-mineralogico-metallurgiche ed orittografiche. Ven., 1775.
 722. *Ferber J.* Neue Beiträge z. Mineralgeschichte verschiedener Länder. I. Mitt., 1778.
 723. *Gobet.* Les anciens minéralogistes du royaume de France. Paris, 1779 (перепечатка работ XVI–XVIII столетий).
 724. *Bergman T.O.* Opuscula physica et chemica. I–VI. Ups., 1779–1784 (другое издание – L., 1788–1790).
 725. *Macquart L.* Essais ou recueils de mémoires sur plusieurs points do minéralogie. Paris, 1789 (много данных для минералогии России).
 726. *Voigt J.* Mineralogisch-Bergmannische Abhandlungen. I–III. Lpz., 1789–1791.
 727. *Fichtel J.E.* Mineralogische Aufsätze. Wien, 1794.
 728. *Klaproth M.H.* Beiträge z. chemischen Kenntniss d. Mineralkörper. I– VI. B. Pos. u. Stett., 1795–1815.
 729. *Voigt.* Kleine mineralogische Schriften. I–II. Weim., 1799–1800.
 730. *John J.F.* Chemische Schriften. I–VI. B., 1808–1821.
 731. *Berthier P.* Mémoires et notices mineralogiques, géologiques et métallurgiques 1824–1826. P., 1827. II и III выпуски под заглавием: «Mémoires et notices chimiques, minéralogiques» etc., 1827–1832, P., 1833 и 1833–1838, P., 1839.
 732. *Monticelli.* Opere. I–III. Nap., 1841.
 733. *Fuchs J.N.V.* Gesammelte Schriften (her. v. Kobell F.). Münch., 1856.
 734. *Breithaupt J.A.* Mineralogische Studien. Lpz., 1866.
 735. *Buch L.* Gesammelte Schriften, her. v. Ewald, Roth u. Eck., I, 1867; II, 1870.
 736. *Smith L.* Original researches in mineralogy a. chemistry (ed. by Morvan) Louisv., 1884 (1 ed. – 1873).
 737. *Sella Q.* Memorie di cristallografia. R., 1885 (также в Atti d. R. Accad. dei Lincei, (4) 11).
 738. *Sterry Hunt.* Mineral phvsiology a. physiography. 2 ed., N.Y. 1891 (1 ed. – 1886).
 739. *Mitscherlich E.* Gesammelte Schriften. B., 1896.
 740. *Domeyko I.* Mineralojia. Edition oficial, I–IV. Sant. d. Chile, 1896–1900.
 741. *Gallissard de Marignac J.C.* Oeuvres, I–II, Gen., s. a.
 742. Contributions to mineralogy a. petrography from the laboratories of the Sheffield Scientific School of Yale University (ed. by Penfield S. L. a. Pirsson L. V.), N.Y., 1901 (перепечатка главных работ, сделанных в лаборатории с 1850 г.).
 743. *Мушкетов И.* Собрание сочинений. Изд. Геогр. общ. (Записки по общей географии), I–II, СПб., 1911–1912.

XIX. ИСТОРИЯ МИНЕРАЛОГИИ¹

См. *Wallerius* (№ 437); *Dana* (№ 17); *Chester* (№ 709); *Чирвинский* (№ 283); *Daubrée* (№ 155); *Hintze* (№ 23); *Keferstein* (№ 451); *Ариуни* (№ 51); *Найю* (№ 7); *Penfield a Pirsson* (№ 742); *Tschermak* (№ 24); *Rammelsberg* (№ 28); *Finot* (№ 1578); *Geerts* (№ 1646); *Labecki* (№ 1373).

744. *Gadd P.A.* Indicia mineralogiae in Fennia subgentilismo. Abo, 1767.

¹ История минералогии еще не написана. Поэтому в библиографических указателях литературы в этой мало изученной области нельзя ограничиться только сочинениями и статьями, специально посвященными истории минералогии или ее вопросам.

745. *Gadd P.A.* Indicia mineralogiae fenoriae ab ortu. Chr. ad jacta fundam. acad. Aboensis. Abo, 1767.
746. *Targioni-Tozzetti G.* Notizie sugli aggrandimenti delle scienze fisiche accaduti in Toscana nel corso di anui LX del secolo XVII, vol. I–III, F., 1780.
747. *Севергин В.М.* Первые основания минералогии или естественной истории ископаемых тел. Кн. I–II, 1798. Есть литература по истории минералогии с 1558 г. (с. 100).
748. *De Launay A.* Minéralogie des anciens. I–II. Paris, 1802.
749. *Brocchi G.B.* Discorso sui progressi dello studio di conchiologia fossile in Italia в I томе его Conchiologia foss. Subapennina. M., 1814.
750. *Теряев А.М.* История минералогии. СПб., 1819.
751. *Catullo A.T.* Storia d. origine e dei progressi di mineralogia. 1824.
752. *Cuvier G.* Histoire des progrès des sciences naturelles depuis 1789. I–V. P., 1826–1836.
753. *Marx.* Geschichte d. Krystallkunde. Karlsr., 1829.
754. *Fillon W.H.* Notes on the history of English geology. «Phil. Mag.», 1, 1832, p. 147, 268, 442; 2, 1832, p. 37; 1833.
755. *Kobell F.* Die Fortschritte der Mineralogie seit Haüy. Münch., 1832.
756. *Pilla L.* Cenno storico s. progressi d'orittognosia e geognosia in Italia. «II progresso d. Scienze, Lettere ed. Arti», 2–3, Nap., 1832; 5, 1833.
757. *Whewell W.* Report on the progress of mineralogy. Report British Ass. advanc. Science f. 1832, Lond., 1833.
758. *Hoffmann F.* Geschichte d. Geognosie u. Schilderung d. vulkanischen Erscheinungen. B., 1838.
759. *Kopp H.* Geschichte d. Chemie. I–IV. Br., 1843–1847.
760. *Cuvier G.* Histoire des sciences naturelles depuis leur origine (publ. par de Saint Agy), I–V. Paris, 1841–1845. Любопытен польский перевод: Historia nauk przyrodn... na jezyk polski przelozyli i dodetrami do pismien. polsk. odnoszacemi sie w bogacili G. Balke i A. Kremer z dod. do historie anatomii w Polsce i Litwie prz. fr. Adamowicza. I–V. Wilno, 1854–1855.
761. *Cuvier G.* Histoire des sciences naturelles pendant la deuxième moitié du XVIII s. et une partie du XIX, v. I–II. Paris, 1843.
762. *Targioni-Tozzetti G.*, Notizie sulla storia d. scienze fisiche in Toscana. F., 1852.
763. *Zigno A.de* Delia geologia e de suoi progressi prima del secolo XIX. 1843; 2-е изд. – 1853.
764. *Ramsay A.C.* Passages in the history of geology. L., 1848–1849.
765. *Менделеев Д.И.* Изоморфизм в связи с другими отношениями кристаллических форм. СПб., 1856 (также в Горн. журн.).
766. *Zippe F.* Geschichte d. Motalle. Wien, 1857.
767. *Whewell* History of inductive sciences. 3 ed., I–III, L., 1857 (m. II; 1 ed. – 1837; 2-е пере-смотр. изд. – 1847; 3-е – перепечатка 2-го; есть русский перевод).
768. *Moore.* Ancient mineralogy. 2 ed., N.Y., 1859 (1 ed. – 1836).
769. *Fournet.* Do l'influence du mineur sur la marche do la civilisation. Lyon, 1861 («Mémoires Acad. Lyon.», 11–12).
770. *Lenz H.* Mineralogie d. Griechen u. Römer. Gotha, 1861.
771. *Archiac A.d'* Précis d'une histoire de paléontologie stratigraphique. Paris, 1862 (блестящий очерк истории геологии).
772. *Studer B.* Geschichte d. phys. Geographie d. Schweiz bis 1815. Bern–Zür., 1863.
773. *Kobell F.* Geschichte d. Mineralogie. Münch., 1864.
774. *Haupt.* Bausteine z. Philosophie a. Geschichte d. Bergbaues. I–IV. Lpz., 1865–1883.
775. *Archiac A.d'*. Géologie et paléontologie. Paris, 1866.
776. *Höfer F.* Histoire do la chimie. 2 éd., I–II. P., 1866–1869 (1 éd. – 1842).
777. *Meneghini G.* Del merito dei veneti nilla geologia. 1866.
778. *Delafosse.* Rapport sur le progrès de la minéralogie. P., 1867.
779. Die Fortschritte d. Berg- u. Hüttenmannischen Wissenschaften in d. letzten 100 Jahren, Freib., 1867.
780. *Daubrée A.* Rapport sur le progrès de géologie expérimental. Paris, 1867.
781. *Vogelsang.* Philosophie d. Geologie. Bonn, 1867.
782. *Fischer H.* Chronologischer Überblick über die allmähliche Einführung des Mikroskopes in d. Studium d. Mineralogie. Freib. i. B., 1868.
783. *Clement Mullet.* Minéralogie arabe. «Journ. asiatique». Paris, 1868.

784. *Kopp H.* Beiträge zur Geschiclite d. Chemie. I–III. Br., 1869–1875.
785. [*Гревингк К.*] *Grewingk C.* Geologie Kurlands. I. Histor. Theil., Mit., 1872 (прилож. к «Sitzb. Kurländ. Ges. f. Liter. u. Kunst», aus d. J. 1872).
786. *Falsan A.* Des progrès de la géologie et de la minéralogie à Lyon. L., 1874 («Mémoires de l'Académie de Lyon», 1874, 20).
787. *Lyell Gh.* Principles of geology. 12 ed., Lond., 1875 (1-е изд. – 1830; есть русский перевод; дает блестящий очерк истории геологии, особенно старинной).
788. *Brush.* A sketch of progress of Americ. mineralogy. Sal., 1882 («Report of Amer. Assoc. for advanc. sciences»).
789. *Garbe R.* Die indischen Mineralien. L., 1882.
790. *Pannier L.* Les lapidaires français du moyen. âge. Paris, 1882.
791. *Berthelot M.* Les origines de l'alchimie. Paris, 1885.
792. *Stelzner A.* Die Entwicklung d. petrogr. Untersuchungsmethoden in d. letzten 50 Jahren, 1885.
793. *Haupt.* Geschichtliches über Erzwitterung, Gährung u. Neubildung in Erzlagerstätten. «Berg- u. Hüttenm. Ztg», 65, 1886, № 11.
794. *Wendel F.* Über die in aegyptischen Texten erwähnten Mineralien. L., 1888.
795. *Berthelot M.* Introduction à la chimie du moyen âge. Paris, 1889.
796. *Schultze.* Die Entwicklung d. Lehre v. Mineralpseudomorphosen. Dr., 1891.
797. *Schurtz H.* Der Seifenbergbau im Erzgebirge u. die Walensagen. «Forschungen z. deutschen Landes u. Volkskunde», 5, St., 1891, S. 85.
798. *Berthelot M.* L'alchimie au moyen âge. I–III. Paris, 1893.
799. *Schrauf A.* Über d. Einfluss d. Bergsegens auf die Entstehung d. mineralogischen Wissenschaft. Wien, 1894.
800. *Omboni G.* Brevi cenni s. storia d. geologia, 1894.
801. *Wraný A.* Die Pflege d. Mineralogie in Böhmen. Pr., 1896.
802. *Gosselet J., Prevost C.* Coup d'oeil sur l'histoire de géologie en France au première moitié du XIX s. Lille, 1896.
803. *Steinschneider M.* Lapidarien, ein kulturgeschichtlich. Versuch. Studies in memory of Dr A. Kohut. B., 1896, S. 42.
804. *Mély F. de.* Les lapidaires de l'antiquité et du moyen âge. I–V. Paris, 1896–1900.
805. *Mallado y Pueyo.* Los progresos de geología in España durante el siglo XIX. M., 1897.
806. *Zirkel C.* Geschichte d. Geologie u. Paläontologie bis Ende d. XIX Jahrh., Münch., 1899.
807. [*Мельников у Покровский*] *Melnikoff M. et Pokrowsky.* Aperçu historique des minéraux découverts en Russie. SPb., 1900 (случайный материал). Исторический очерк открытия минералов в России.
808. *Rostafinski J.* Sredniowieczna historia naturalna. System. zestawienie roslin, zwierzat mineralów... używ. w Polsce od XII do XVI w., I–II, Kr., 1900.
809. *Günther S.* Geschichte d. anorganischen Wissenschaften in XIX J., B., 1901.
810. *Cermenati M.* Considerazioni e notizie relative alia storia d. scienze geologiche ed a due precursori bresciani. «Bol. Soc. Geol. Italiana», 20, Roma, 1901.
811. *Törnebohm A.* En blick på modern petrografiens utkomst och utveckling. «Geol. Föreningens i Stokholm Förhandl.», 1901, S. 29.
812. *Fühner* Lithotherapie. B., 1902.
813. *Wagner P.* Die mineralogisch-geologische Durchforschung Sachsens in ihrer geschichtlichen Entwicklung. «Sitzb. u. Abhandl. d. naturforsch. Ges. «Isis» in Dresden». D., 1902, S. 53.
814. *Cross W.* An introd. review of the develop. of systematic petrography in XIX cent. Quart. classif. of ign. rocks. Ch., 1903, p. 1–94.
815. *Struniz F.* Über Vorgeschichte u. die Anfänge d. Chemie. L. u. W., 1906.
816. *Beekman E.H. M.,* Geschiedenis d. system mineralogie. H., 1906.
817. *Dolliem P.* Etudes sur Léonard da Vinci, I–II. Paris, 1906–1909 (для истории геологических наук особенно II, 283 и сл.).
818. *Rây P.C.* History of Hindu chemistry. 2-е изд., I, Calc., 1907; II, Calc., 1909 (1-е изд. – 1902).
819. *Neumann B.* Die Metalle. Halle, 1904.

820. *Emmons S.* Theories of ore deposits historically considered, «Ann. Report of the Board of regents of Smiths. Institut. f. 1904». Wash., 1905, p. 309 (раньше в «Bull. Geol. Soc. Amer.», 15, Rock., 1904).
821. *Michel-Levy A.* La chaire d'histoire natur. des corps inorgan. au Collège de France. «Rev. génér. Sci.», 30, IV, 1905.
822. *Geikie.* Founders of geology. 2 ed., Lond., 1905.
823. *Merrill G.* Contributions to the history of American Geology. Wash., 1906 («Report U. S. Nation. Museum f. 1904», p. 189).
824. *Beiträge z. Geschichte d. Chemie dem Gedächtnis von G. W. A. Kahlbaum.* Herausg. v. Diergart. P., L, u W., 1909.
825. *Богачев В.*, Игра природы и творческая сила Земли. Взгляды на происхожд. окамен. в 18 веке. «Сборник учено-лит. общ. Юрьевского унив.», Ю., 1911, с. 81.
826. *Woodward H.B.* History of geology. L., 1911 (случайный материал).
827. *Ruska J.* Das Steinbuch d. Arestoteles. Heid., 1912.
828. *Zambonini F.* La mineralogia in Italia negli ultimi cinquant anni. R., 1912 (Atti Soc. Ital. progr. Sci., 5, 1911).
829. *Wiedemann E.* Beitr. z. Gesch. d. Naturwiss., 30. Zur Mineralogie in Islam. «Sitzb. phys. Ges. in Erlangen», 44, 1913, S. 205.
830. *Grubenmann U.* Ober d. Entwicklung d. neuer. Gesteinslehre. «Verh. Schw. Natur. Ges.», 96, 1913.
831. *Neuss O.* Die Entwicklung d. Bodenkunde. B., 1914.
832. La science française. I. P., 1915 (минералогия – *A. Lacroix*, геология – *De Margini*).
833. *Metzger H.* La genèse de la science des cristaux. Paris, 1918.
834. *Dana E.S.* A century of science in America, with especial reference to American Journal of science. 1818–1918. N.H. (дополненное издание из «Amer. Journ. Sci.»; по минералогии – *W. Ford* и *R. Sosman*).
835. *Kraus E.* The future of mineralogy in America. «Amer. Miner.», 6, La., 1921, p. 23.
836. *Högbohm.* Geologiens utveckling under nittonde arhund. St., 1921.
837. *Левинсон-Лессинг Ф.Ю.* Успехи петрографии в России. Пг., 1922.
838. *Mieleitner K.* Geschichte d. Mineralogie in Alterthum und Mittelalter. «Fortschritte d. Mineralogie», 7. J., 1922, S. 427.

Б. ЛИТЕРАТУРА ПО ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ МИНЕРАЛОГИИ

Общие указания

См. *Hintze* (№ 23); *Dana* (№ 17); *Haüy* (№ 7).

839. *Leonhard C.C.* Handbuch einer allgemeinen topographischen Mineralogie. I–III. Fr. a. M., 1805–1809.
840. *Leonhard G.* Handwörterbuch d. topographischen Mineralogie. Heid., 1843.
841. *Spurr J.* Political a. commercial geology a. the worlds mineral resources. N.Y., 1920.
842. World Atlas of commerc. geology. I. Distribution of mineral production. Wash., 1921 (U.S. Geol. Surv.).

ЕВРОПА

СКАНДИНАВСКИЙ ПОЛУОСТРОВ

См. *Vogt* (№ 241); *Hintze* (№ 23); *Leonhard* (№ 840).

843. *Cronstedt A.* Anmärk. v. Jämtlands mineralhistorie. «Vetensk. Akad. Handlingar», St, 1763.
844. *Ström H.* Physik-Oekonomisk beskrivelse over Eger praestergjactet, 1784.
845. *Hausmann J.F. L.*, Reise durch Skandinavien in den Jahren 1806 u. 1807. I–V. Gött., 1811–1818.
846. *Buch L.* Reise durch Norwegen u. Lappland. I–II. B., 1810.
847. *Hisinger W.* Anteckningar i fysik og geognosi under resor uti Sverige och Norrige. I–VII. St., 1819–1840.
848. *Durocher J.* Observations sur les gûites métalliferes de la Suède, de la Norvège et de la Finlande. «Ann. Min.», 4, 1849, p. 171, 267.

849. *Nordenskiöld A.* Spridda bidrag till skandinavians mineralogy. «Oefversigt af Svensk. Akad. Förhandlingar». St., 1870, S. 549.
850. *Vogt J.* Om dannelsen af de vigtigste i Norge og Sverige representerede grupper af jernmalm forekomster. «Geol. Förening. i Stokholm Förhandl.», 13, St. 1891; 14 1892.

ШВЕЦИЯ

851. *Bromell.* Mineralogia et lithographica Sueciae. St., 1730. (Первое научное сочинение по топографической минералогии. В 1740 г. вышел немецкий перевод Микрандерна под тем же заглавием).
852. *Wallerius J.G.* Systema mineralogicum. I–II. St., 1772 (1-е изд. – 1747).
853. *Cronstedt A.F.* Mineralgeschichte über d. Westmanländische u. Dalekarlische Erz-Gebirge. Übers. J. Georgi, Nürnberg., 1781.
854. *Hermelin G.* Försök till Mineralhistoria öfver Lappmarker och Vesterbotten. Stockh., 1804 (немецкий перевод Блюмгофа – Minerographie v. Lappland u. Westbothnien. Freyb., 1813).
855. *Hisinger W.* Mineralgeografi – öfver Sverige. 2-е изд., St., 1826 (1-е изд. – 1808; немецкий перевод Вёлера – Versuch ein. Mineralogie v. Schweden. L., 1826).
856. *Suckow G.* Die bedeutendsten Erz- u. Gesteinslager in Schweden. Jena, 1831.
857. *Hisinger W.* Handbök för Mineraloge under resor i Sverige. St., 1843, 194 pp.
858. *Igelström L.* Sällsamma Mineralier fr. Wermland. «Oefversigt af Akademie Förhandl.», 11, St., 1854, S. 66 (по-немецки в Journ. prakt. Chem., 64, 1855, S. 61).
859. *Strindberg.* Om några Vermlandska mineralier. L., 1866.
860. *Igelström L.* Bidrag till kannedomen om Örebro läns Mineralier. «Oefversigt Kongl. Vetenskaps Akad. Förhandl.», 27, St., 1870, S. 853.
861. *Igelström L.* Mineralogiska Vägvisare i Wermland. 2-е изд., Karlst., 1871 (1-е изд. – 1852).
862. *Palmgren.* Mineralogiske notiser från Södertörn. «Geol. Föreningens i Stokholm Förhandl.», 1, St., 1872–1874, S. 188.
863. *Sjögren A.* Mineralogiska Notiser. 1–14, «Geol. Föreningens i Stokholm Förhandl.», 1–10, St., 1875–1888.
864. *Sjögren H.* Krystallografiska Studier. 1–11. «Geol. Föreningens i Stokholm Förhandl.», 4–7, 1878–1885.
865. *Wejbull.* Mineralogiska notiser. I–VI. «Geol. Föreningens i Stokholm Förhandl.», 7, St., 1885; 20, 1898.
866. *Flink G.* Mineralogiska Notiser. I–II. «Bihang till Svenska Vetenskaps Akad. Handl.», 12, 1886, № 2; 13, 1887, № 7. Новая серия – Mineralogische Notizen, 1–9. «Öfversigt Kongl. Vetenskaps Akad. Förhandl.», St., 1888, S. 571; 1889, S. 5; «Richang etc.», 16, 1890, № 4.
867. *Igelström L.* Mineralogiska Meddelanden. 1–14. «Geol. Föreningens i Stokholm Förhandl.», 8, St., 1886; 11, St., 1889, S. 36, 209, 389; 14, St., 1892, S. 307, 504, 583; 15, St., 1892.
868. *Hamberg.* Mineralogische Studien. 1–19. «Geol. Föreningens. i Stokholm Förhandl.», 11, St., 1889, S. 25, 212; 12, 1890, S. 567; 13, 1891, S. 537; 16, 1894, S. 307.
869. *Igelström L.* Mineralogische Mittheilungen aus Schweden, «N. Jb. Min.», 1890, 1, S. 248.
870. *Sjögren H.* Bidrag till Sveriges mineralogi. I–VI. «Geol. Föreningens i Stokholm Förhandl.», 13, St., 1891, S. 256, 604, 781; 14, 1892; 17, 1895, S. 268 (то же по-английски с добавл. в «Bull. Geol. Inst. of Univ. of Upsala», I–II, Up., 1893–1896).
871. *Flink G.* Bidrag till Sveriges mineralogi. «Arkiv. f. Kemi. Miner. og Geol.» (I–IV, 668 p., 1908–1917; v. 3, 5, 6; изд. остановилось на середине силикатов и осталось не законченным).
872. *Eckermann H.* The rocks a. contact minerals of the Mansjö Mountains. St., 1922.
873. *Zenser N.* Notes on Swedish mineralogy. I–VI. «Geol. Föreningens i Stokh. Förhandl.», 48, 1926, S. 95.

НОРВЕГИЯ

См. *Schumacher* (№ 931).

874. *Naumann C.* Beiträge z. Kenntniss Norvegens. L., 1824.
875. *Esmark J.* Reise fra Kristiania til Trondhjem, 1829.
876. *Scheerer T.* Über d. Norit u. die auf d. Insel Hitterøe in dieser Gebirgsart vorkom mineralreichen Granitgänge. «Gaea Norvegica», 2, Chr., 1844, S. 313.

877. *Scheerer Th.* Resultates af en mineralogisk Reise i Telemarken, 1844. «Nyt Magaz. f. Naturvid», 4, Chr., 1845, S. 405.
878. *Scheerer Th.* Geognostisk-mineralogiska Skizzer. «Nyt Magazin f. Naturvidensk», 4, Chr., 1845 (по-немецки в «N. Jb. Min.», 1843, S. 631).
879. *Scheerer Th.* Beiträge z. Kenntniss norwegischen Mineralien. «Ann. Phys. u. Chem.», 65, 1845, S. 276 (по-датски подробнее в «Nyt Magazin f. Naturvidensk.», 4–5, 1845–1848).
880. *Weibye P.C.* Beiträge z. topographischen Mineralogie Norwegens. Karsten's u. Dechen's Archiv für Mineralogie. Bd. 22, Berl., 1848, S. 465.
881. *Weibye P.C.* Zur Kenntniss Norwegischer Mineralien. «N. Jb. Min.», 1849, S. 769.
882. *Forbes D. og Dahll T.* Mineralogiske jagtagelser omkring Arendal og Krageroe. «Nyt Magazin f. Naturvid.», 8, Chr., 1855.
883. *Kjerulf T.* Vziviser ved geolog. excursionen: Christianiae omezn. Chr., 1865 (Univ. Progr.).
884. *Brögger W.C.* Untersuchungen d. norwegischen Mineralien. I–II. «Zschr. Kryst.», 2, 1878, S. 275; 3, 1879, S. 471.
885. *Kjerulf T.* Udsigt over d. sydl. Norges geologi. Chr., 1879 (немецкое изд. – Gurlt, 1880; оно не совпадает с подлинником).
886. *Vogt J.* Norge nyttige mineralier og bergarter. Kr., 1882.
887. *Brögger W.C.* Die Mineralien d. Syenitpegmatitgänge d. südnorwegischen Syenite. L., 1890 («Zschr. Kryst.», 16).
888. *Brögger W. C. og Vogt J.* Norske forekomster af malme, nyttige mineraler og bergarter. Kr., 1894.
889. *Brögger W.C.* Eruptivgesteine d. Christianiagebietes. I–III. – Kr., 1894–1898; IV – Kr., 1920.
890. *Kolderup.* Lofotens og Vestervalens gabbrobergarter. «Bergens Museums Aarbog», Berg., 1898, № 7.
891. *Schei P.* Notes on Norwegian minerals. I–VI. «Nyt Magazin for Naturvidensk», 43, Chr., 1905, S. 137.
892. *Brögger W.C.* Die Mineralien der südnorwegischen Granitpegmatitgänge. I. Chr., 1906 (Skrifter af Videnskabs Selskab), 162 p.
893. *Goldschmidt V.M.* Die kontaktmetamorphose in Kristiania Gebiet. Kr., 1911 (Vidensk. Sels. Skr.).

ФИНЛЯНДИЯ

См. *Durocher* (№ 848).

894. [*Ренованц Г.*] *Renovantz H¹.* Bemerkungen über Fortsetzung Schwedischer Gebirge... zwischen d. Weissen Meer u. d. Seen Onega... Neue Nordische Beiträge, 1, SPb., 1781, S. 133.
895. *Gadd P.A.* Inledning til Österbotns mineral-historia. A., 1788.
896. *Gadd P.A.* Inledning til Tavastlands mineral-historia. I–II. A., 1789.
897. *Gadd P.A.* Inledning til Björneborgs län mineral-historia. I, A., 1789.
898. *Gadd P.A.* Inledning til mineral-historien öfver Åbo läns södra del. A., 1795.
899. *Севергин В.* Обзорение Российской Финляндии. СПб., 1805, с. 109 (Ориктогнозия финляндская).
900. [*Севергин В.М.*] *Sewergin W.* Exposition systém, des minéraux de Finlande. «Mémoir. Acad. Sci. SPb.», (5) 1, SPb., 1806, p. 332.
901. *Фурман.* Минералогические замечания, собранные в Старой Финляндии в Сердобольском и в Новой Финляндии в Куопиевском уу. «Технолог. журн.», 9, 4, СПб., 1812, с. 30.
902. *Nordenskiöld N.* Bidrag till närmare Kännedom af Finlands mineralogi. St., 107 pp., 1820 (по-немецки – в «Journ. Chem.», 31, Nürnberg., 1821).
903. *Bonsdorff P.A., Tengström F., Hartwall V., Elfving J.F.* Ad mineralogiam Fennicam momenta. I–III. Abo, 1823–1827.
904. *Bremer C.* Anoining på malm och bergarten uti St. Forst. Finland. I–II. Abo, 1824–1825.
905. *Соколов Д.* Минералогическое описание о. Паргаса. «Горн. журн.», СПб., 1825, II, с. 3.
906. *Фурман.* Минералогическое описание некоторой части Старой Финляндии. «Горн. журн.», СПб., 1828, № 11.

¹ [Данная работа охватывает также часть территории СССР].

907. *Nordström*. Verzeichniss d. bis jetzt in Finland gefundenen Mineralien. «Bull. Soc. Nat. Moscou» (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы), 4, М., 1832, p. 111.
908. *Nordenskiöld N.* Försök till framställning af kemiska mineralsystemet. 2 uppl., jemte beskrifning af de i Finnland funna mineralier. I. Н., 1833.
909. *Соколов Д.* Роспись в Финляндии открытым минералам. Дополн. к минералогии, изданной в 1832 г. СПб., 1838, с. 110.
910. Путевые заметки по юго-западной Финляндии. «Горн. журн.», СПб., 1839, I–II.
911. *Соболевский П.* Обзорение Старой Финляндии. «Горн. журн.», СПб., 1839, I, с. 204; II, с. 349.
912. [*Куторга С.*] *Kutorga S.* Geogn. Beobacht. in südl. Finland. «Verhandl. SPb. Miner. Ges.», 1850–1851. SPb., 1851, S. 196 (даёт полный список минералов Финляндии).
913. *Nordenskiöld N.* Verzeichniss d. in Finnland gefund. Mineralien. Н., 1852 (1-е изд. – 1829).
914. *Arppe A.E.* Analyser af Finska Mineralier. «Acta Societatis Fennicae», 4, Н., 1856, S. 579; 5, 1858, S. 467; 6, 1861, S. 579.
915. *Holmberg H.* Bemerkungen auf einer geognostischer Reise nach Ost-Finnland. «Bull. Soc. Nat. Moscou» (Бюлл. Московск. общ. испыт. природы), М., 1857.
916. *Nordenskiöld A.* Beitrag z. Finnlands Mineralogie. «Ann. Phys.», 177, L., 1857 (то же в «Acta Societ. Fennicae», Н., 1856).
917. *Kuhlberg A. D.* Insel Pargas (Ålön) chemisch. mineralogisch. untersucht. D., 1867 («Archiv. Naturkunde Liv-, Est.- Kurlandes», 4, D., 1867, S. 115).
918. *Moberg A.* Några bidrag till kändedom af Finska mineralier. «Acta Societatis Fennicae», 4, Н., 1856, S. 579.
919. *Holmberg H.* Mineralogischer Wegweiser durch Finnland. Н., 1857 («Bidrag till Finlands Natur och Folk.», 1).
920. *Nordenskiöld A.* Beskrifning öfver de i Finland funna Mineralier. 2-е изд., Н., 1863 (.1-е изд. – 1855).
921. *Wiik F.* Bidrag till Helsingforstraktens Mineralogi. Н., 1865.
922. *Wiik F.* Meddelanden beträffande finska mineralier och bergarter. I–X. «Oefversigt af Finska Vetenskaps Societetens Förhandl.», 1869–1885.
923. *Wiik F.* Analyser af finska mineralier utförda på Universitets kemiska laboratorium under ledning af prof. Chydenius. «Oefversigt af Finska Vetenskaps Soc. Förhandl.», 17, Н., 1875; 22, 1880, S. 91.
924. *Wiik F.* Mittheilungen über finnische Mineralien. «Zschr. Kryst.», 2, 1878, S. 495.
925. *Wiik F.* Den Finske Mineralsamling i Universitet i Helsingfors Mineralkabinet., Н., 1887 («Bidrag till Kändedom af Finlands Nature», Н., 46).
926. *Tigerstedt.* Om Finlands malmförekomster. «Vetenskaplige meddelelser af Geografiska Förening i Finland», 1, Н., 1894.
927. *Сущинский П.* Заметка об острове Паргасе. «Тр. СПб. общ. ест. по Отд. геологии и минералогии», 33, СПб., 1905.
928. *Сущинский П.* Материалы к изучению контактов глуб. пород с известняками юго-зап. Финляндии. СПб., 1912 (Тр. СПб. общ. ест.).
929. *Laitakari A.* Über die Petrographie und Mineralogie d. Kalksteinlagerstätten v. Parainen (Pargas). «Bull. Geol. Undersök. Finland.», 1921, № 54, 114 p.
930. *Laitakari A.* Über die radioact. Minerale in Finnland. («Geol. Meddel.», № 373). Н., 1923.

ДАНИЯ, ИСЛАНДИЯ, ФАРЕРСКИЕ О-ВА

См. *Leonhard* (№ 840); *Hintze* (№23).

931. *Schumacher C.F.* Versuch eines Verzeichnisses d. in d. Dänisch-Nordischen Staaten sich findenden Mineralien. Kopenh., 1801, 180 pp.
932. *Allan T.* An account of the mineralogy of the Faroe Islands. «Transact. Roy. Soc. Edinb.», 7, 1814, p. 229.
933. *Oersted og Esmark.* Beretning om en Undersøgelse ov. Bornholms Mineralrige. Kj., 1819.
934. *Durocher J.* Recherches sur les roches et les minéraux des îles Féroë. «Ann. Mines», 19, 1841, p. 547.
935. *Forchhammer.* Untersuchungen über verschiedene isländische u faroesche Mineralien. «Journ. prakt. Chem.», 30, 1843, S. 385.

936. *DesCloiseaux A.L.O.* Observations minéralogiques faites en Islande. «Ann. chim. et phys.», 22, 1846.
937. *Bunson R.* Über die Processe d. vulcanischen Gesteinsbildungen Islands. «Annal. Phys.», 83, 1851. (Перепечатано в его «Gesammelte Abhandlungen, III, Lpz., 1904).
938. *Sartorius v. Waltershausen W.* Über d. vulcanische Gesteine is Sicilien u. Island. Gott., 1853.
939. *Bréon K.* Notes pour servir à l'étude de la géologie de l'Islande et des îles Faeroe. Paris, 1887.
940. *Heddle M.F.* The mineralogy of Faroe islands. «Transact. Glasgow Geol. Soc.», 12, Gl., 1902, p. 1.
941. *Thoroddsen.* Geologie u. Geographie v. Island. I–II, Gotha, 1906–1907.
942. *Currie J.* The mineralogy of the Faeröes, arranged topographically. «Trans. Edinb. Geol. Soc.», 9, Ed., 1907, p. 1.
943. *Gratacap L.P.* The minerals of Iceland. «Mineral. Collect.», 14, N.Y., 1907, p. 46 (из «Bull. N. York Miner. Club»).
944. *Görgey R.* Ein Beitrag z. topogr. Mineralogie dor Faröer. «N. Jb. Min.», 29, 1910, S. 265–315.

ГРЕНЛАНДИЯ

См. *Schumacher* (№ 931); *Hintze* (№ 23).

945. *Schumacher C.F.* Fortegnelse og beskrivelse over nogle grenlandske Mineralier. 1795. «Natur. Selskabs Skrifter», 4, Kj., 1798, S. 206.
946. *Giesecke K.* The mineralogical geology of Greenland. «Encyclopedia of Edinburgh» (ed. by Brewster), 10, Ed., 1816.
947. *Giesecke K.* On the mineralogy of Disko Island. «Transact. Roy. Soc. Edinburgh», 9, Ed., 1823, S. 263.
948. *Rink H.* Grønland. I–II Tillaeg, Kj., 1857–1858 (по-английски: Danish Groenland. Lond., 1877).
949. *Rink H.* Über Mineralprodukte Süd-Grönlands (bearb. v. Etræl A.). «Zschr. Ges. Erdkunde», 3, B., 1857, S. 281.
950. *Rink H.* Die Mineralien Grönlands u. ihre Produkte (bearb. v. Etræl A.). «Zschr. Ges. Erdkunde», 4, B., 1858, S. 378.
951. *Giesecke K.* Catalogue of a geographical a. geological collection of minerals from arctic regions (ed. by Haughton S.). «Journ. Roy. Soc. Dublin», 3, 1862, p. 198 (с добавлениями Taylers и т.д.).
952. *Giesecke K.* Mineralogiske Reyse i Grønland, ved Johnstrup. Kj., 1878. Новое изд.: Mineralog. Reisejournal über Grönland 1806–1813, 2 vollst. Ausg., Kj., 1910 («Meddelelser om Grönland», 35), с добавл. Бёггильда и др.
953. *Lorenzen J.* Undersøgelse af mineralierne i Sodalit-syeniten fra Julianehaabs distr. «Meddelelser om Grönland», 2, Kj., 1881, S. 43.
954. *Lorenzen J.* Undersøgelse af nogle mineralier fra Kangerdluarsuk i Grönland. «Oefversigt af Kongl. Vetenskaps Akad. Förhandl.», 41, St., 1884, № 2, S. 105.
955. *Lorenzen J.* Undersøgelse af mineralier fra Grönland. «Meddelelser om Grönland», 7, Kj., 1893, S. 1.
956. *Flink G.* Om några mineralier fr. Grönland. «Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandl.», 15, St., 1893, S. 195, 467.
957. *Flink G.* Berättelse om en mineralog resa i Süd Grönland. «Meddelelser om Grönland», 14, Kj., 1898, S. 223.
958. *Ussing N.V.* Miner, petr. Undersoegelser af Grönlandske nefelinsyeniter. «Meddelelser om Grönland», 14, Kj., 1898, S. 1.
959. *Flink G., Bøggild O.B. og Winther C.* Undersoegelser af Mineraler fra Julianehaeb, «Meddelelser om Grönland», 24, Kj., 1901, S. 7.
960. *Bøggild O.B.* On some minerals from the nephelite-syenite at Julianehaab. «Meddelelser om Grönland», 26, Kj., 1904.
961. *Bøggild O.B.* Mineralogia Groenlandica. Kj., 1905 («Meddelelser om Grönland», 32).
962. *Emerson B.C.* Notes on some rocks a. minerals from North Grönland a. Frobisher Bay. «Amer. Geologist», 35, Min., 1905, p. 94.

963. *Bøggild O.B.* On some minerals from Narsarsuk at Julianehaab. «Meddelelser om Grønland», 33, Kj., 1907, S. 95.
964. *Bøggild O.B.* The minerals from the basalte of East Greenland. «Meddelelser om Grønland», 28, Kj., 1909, S. 99.

ВЕЛИКОБРИТАНИЯ

- См. *Phillips* (№ 233); *Mac Henry a. Watts* (№ 651); *Rudler* (№ 673); *Hennwood* (№ 229); *Hintze* (№ 23); *Leonhard* (№ 840); *De Launay et Fuchs* (№ 235); *Guettard* (№ 1027).
965. *Borlase W.* The natural history on Cornwall, 1758.
966. *Pryce W.* Mineralogia Cornubiensis, a Treatise oil minerals, mines a. mining. London, 1778 (перевод с добавл. в «Journ. Mines», 1).
967. *Klaproth J.* Mineralog. chemisch. Beytrag z. Naturgeschichte Kornwalls Mineralien. «Beobacht. u. Entdeck. Naturkunde Ges. Naturforsch. Freunde zu Berlin», 1, B., 1786, S. 141.
968. Specimens of British minerals selected from the Cabinet of P. Rashleigh, I–II. Lond., 1797–1802.
969. *Jameson R.* The mineralogy of Scottisch Isles, I–II. Ed., 1800 (перепечатана в 1813 г.).
970. *Mawe J.* The mineralogy of Derbyshire. L., 1802.
971. *Swedenstierna E.T.* Resa gonom. en del af England og Scotland. S., 1804 (немецкий пер. *J. Blumhof*, Marb., 1811).
972. *Sowerby J.* British mineralogy. I–V. Lond., 1804–1817.
973. *Farey J.* General view of agriculture a. minerals of Derbyshire. I–II. 1811–1813.
974. *Thomson T.* Miner. observ. on Cornwall. «Ann. of phil.», 2, 1813.
975. *Thomas.* Survey of the mineral districts between Chacewater a. Comborne 1819.
976. *Carne J.* On the mineral productions a. the geology of the parish of S-t Just. «Transact. Geol. Soc. of Cornwall», 2, Penzance, 1822, p. 290. Добавления: ib. 6, 1846, p. 47.
977. *Dufrenoy P. et Elie de Beaumont J.* Notice sur les gisements de minerais d'étain et de cuivre du Cornouailles. «Ann. Mines», 9, 1824, p. 827.
978. *Shepard C.* Mineralogical Journey in the northern parts of England. «Amer. Journ. Sci.», 17–18, 1830.
979. *Took A.W.* The mineral topography of Great Britain. «Mining Review», Lond., 1836.
980. *Beche H.T. de la.* Report on the geology of Cornwall. Devon a. W. Somerset. Lond., 1839.
981. *Carne J.* On the pseudomorphous minerals found in Cornwall. «Transact. Geol. Soc. of Cornwall», 6, 1841, p. 24.
982. *Garby J.* A catalogue of minerals found in Cornwall with their localities. «Transact. Geol. Soc. of Cornwall», 1847–1860, p. 72.
983. *Haughton S.* Notes on mineralogy. «Phil. Mag.», 9, L., 1855, p. 272; 10, 1855, p. 23, 253; 13, 1857, p. 116, 509; 14, 1857, p. 47; 17, 1859, p. 16, 258; 23, 1862, p. 43; 32, 1866, p. 220.
984. *Heddle M.F.* A list of the pseudomorphic minerals found in Scotland. «Phil. Mag.», 17, 1859, p. 42.
985. *Greg R.P. a. Lettsom W.G.* Manual of mineralogy of Great Britain a. Ireland. Lond., 1858. (Добавления *Greg* в «Phil. Mag.», 19 (4), 1860, p. 13).
986. *Thost C.H.G.* On the rocks, ores a other minerals on the property of the Marq. of Breadalbane in the Highlands of Scotland. «Quart. Journ. Geol. Soc.», 16, 1860, p. 421.
987. *Pearce R.* On some interesting minerals recently found in Cornish mines. «Ann. Rep. Inst. of Cornwall», 43, 1861; 44, 1862.
988. *Scott R.H.* On the mineral localities of Donegal. «Journ. Dubl. Soc.», 4, 1866, p. 114 (раньше в «Report of British Associat. advanc. Sci.», Newcastle on T., 1863, p. 65).
989. *Church A.H.* Chemical researches on new a. rare Cornish minerals. «Journ. Chem. Soc.», 2–3, 1865, p. 259; 4, 1866, p. 130; 6, 1868, p. 133; 8, 1870, p. 3, 165.
990. *Forbes D.* Researches in British Mineralogy. I–III. «Phil. Mag.», 34 (4), 1867, p. 329; 35, 1868, p. 71; 37, 1869, p. 321.
991. *Townshend M. Hall.* On the mineral localities of Devonshire. «Transact. of Devonshire Assoc.», 2, 1868, p. 332; 3, 1869, p. 76.
992. *Hull.* The mineralogists Directory. Lond., 1868 (Добавления в «Geol. Mag.», 7, 1870, p. 443).

993. *Collins J.* A handbook to the mineralogy of Cornwall a. Devon. Lond., 1871. (Добавления для Корнваллиса в «Min. Mag.», 2, 1878, p. 92). A list of minerals found in Cornwall a. Devon with notes supplementary to the author's Handbook. «Journ. Roy. Inst. Cornw.», 1911, 18, p. 425.
994. *Heddle M.F.* Chapters on the mineralogy of Scotland. I–VIII. «Transact. Roy. Soc. Edinburgh», 27–39, 1876–1900.
995. *Le Neve Forster.* On some new mineral localities in Cornwall a. Devon. «Min. Mag.», 1, 1877, p. 8, 73.
996. *Heddle M.F.* The geognosy a. mineralogy of Scotland. «Min. Mag.», 2, 1878–1885.
997. *Collins J.* The Hensbarrow granite district. Tr., 1878.
998. *Collins J.* Note on the minerals of the Island of Cyprus. «Min. Mag.», 3, 1879, p. 120.
999. *Hall T.M.* Remarks on the distribution of minerals in North Devon. «Min. Mag.», 3, 1879.
1000. *Haughton S.* On the mineralogy of the counties of Dublin a. Wicklow. «Journ. Geol. Soc. of Ireland», 15, 1880, p. 43.
1001. *Goodchild J.* Contributions towards a. list of minerals occurring in Cumberland a. Westmoreland. «Transact. of Cumberland Assoc.», 7–9, 1882–1885.
1002. *Heddle M.F.* Minerals new to Britain. «Min. Mag.», 5, 1882, p. 1.
1003. *Wethered E.* List of minerals of Bristol. «Proceed. of Cotteswold Club», 8, 1886, p. 30.
1004. *Solly R.H.* Notes on the minerals of Cornwall a. Devon. «Min. Mag.», 6, 1886, p. 202.
1005. *Wallace T.* Notes of Northern minerals. «Min. Mag.», 6, 1886, p. 168.
1006. *Kinahan G.* Irish metal mining. «Scient. Proceed. Dublin Soc.», 5, D., 1886, p. 200.
1007. *Heddle M.F.* Minerals of Treshinish Islands. «Min. Mag.», 8, 1889, p. 130.
1008. *Collie Norman.* On some Leadhills minerals. «Journ. Chem. Soc.», 55, 1889, p. 91.
1009. *Dudgeon P.* Notes on the minerals of Dumfries a. Galloway. «Transact. of Dumfries a. Galloway Natur. Hist. Soc.», № 6, 1890.
1010. *Miers H.* On some British pseudomorphoses. «Min. Mag.», 11, 1897, p. 263.
1011. *Spencer L.* Supplementary list of British minerals. «Geol. Mag.», L., 6, 1899, p. 75. (Раньше в «Rep. Brit. Assoc. Adv. Sci.», 1898, p. 875); дальше в «Zschr. Kryst.», 32 1900, S. 287.
1012. *Heddle M.F.* The mineralogy of Scotland (Ed. by Goodchild J.) I–II, Ed., 1901.
1013. *Goodchild J.* A revised list of minerals known in Scotland. «Report of British Assoc. advanc. Sci.», Glasgow, 1901, p. 649.
1014. *Goodchild J.* Contributions to Scottish mineralogy. I, «Proceed. Soc. of Edinburg», 24, 1902, p. 321.
1015. *Seymour H.* Preliminary list of minerals occurring in Ireland. «Report of British Assoc. advanc. Sci.», Belfast, 1902, p. 598 (Добавления – ib., Southport, 1903, p. 671).
1016. *Lamplugh G.W.* Economic geology of the Isle of Man. Lond., 1903 (также «Memoirs Geol. Survey», 1903).
1017. *Kerr W.* Preliminary list of minerals occurring in Perthshire. «Transact. Soc. Nat. Hist. of Perthshire», 4, 1904, p. 25.
1018. *Hill J. B. a. Mac Alister D.A.* The geology of Falmouth a. Truro a. of mining district of Camborne a. Redruth. Lond., 1906 («Memoirs Geol. Survey of England»).
1019. *Houston R.S.* Rare Renfrewshire minerals. «Transact. Glasgow Geol. Soc.», 12, 1906, p. 354.
1020. *Seymour H.S.* Mineralogy. Handbook to the Dublin district. D., 1908 (Brit. Assoc. adv. Sci.).
1021. *Stokes R.* Mines a. minerals of British Empire. Lond., 1908.
1022. *Neil J.S.* British minerals a. where to find them. Lond., 1908.
1023. *Houston R.* Notes on the mineralogy of Renfrewshire, P., 1912 («Pasley Natur. Soc's Transact.», 1).
1024. *Garnett C.* Minerals hitherto unknown in Derbyshire. «Nature», 106, 1920, p. 148.
1025. Imperial Institute monographs on mineral resources with special reference to British Empire. Ronaldson, Coal. L., 1920; Cronshow, Silver. L., 1922.
1026. *Cole G.A.J.* Memoir and map of localities of minerals of economic importance a. metalliferous mines in Ireland. «Mem. Geol. Survey Ireland», D., 1922, 155 p.

ФРАНЦИЯ

См. *Lacroix* (№ 25); *Fouqué et Michel-Lévy* (№ 129); *Haüy* (№ 7); *Hintze* (№ 23); *Leonhard* (№ 840); *DesCloiseaux* (№ 22); *Dufrenoy* (№ 18); *Baret* (№ 665, 678); *Lacroix* (№ 658); *Lucas* (№ 582); *Dubuisson* (№ 594); *De Bournon* (№ 583); *De Launayet Fuchs* (№ 235); *Desmazières* (№ 650); *De Launay* (№ 647).

1027. *Guettard*. Mémoire et carte minéralogique sur la nature et la situation des terrains qui traversent la France et l'Angleterre. «Histoire de l'Acad. Royale des Sciences», 1746, Paris, 1751, p. 363.
1028. *Ramond*. Essai sur la minéralogie des Pyrénées. P., 1781.
1029. *Guettard*. Minéralogie de la Dauphiné. I–II. Paris, 1782.
1030. *Guettard*. Collection complète des toutes les parties de l'Atlas minéralogique de la France qui ont été faites jusqu'ici. Paris, 1799 (отдельные части выходили в 1780–1790).
1031. *Auvray*. Statistique départementale de la Sarthe. Paris, 1802 (список минералов, составленный *Maubroy*).
1032. *Graffenauer*. Essai d'une minéralogie économ-technique des dép. du Haut et Bas Rhins. Str., 1806.
1033. *Bigot de Morogues*. Observations minéral, et géol. sur les princip. substances de Morbihan, du Finistère et des Côtes du Nord. «Journ. mines», 26, 1809.
1034. *Desportes*. Liste des animaux et de minéraux observés dans le dép. de Sarthe. Le Mans, 1821.
1035. *Charpentier*. Essai sur la constitution géognostique des Pyrénées. Paris, 1823.
1036. *Hammer F.L.* Minéralogie du Bas Rhin. Bull. Soc. Sci., 3, Str., 1826.
1037. *Voltz*. Aperçu de la topographie minéralogique de l'Alsace. Str., 1828.
1038. *Bouillet J.B.* Topographie minéralogique du dép. du Puy de Dôme. 2 ed., 1854 (1 ed. – Clerm. Ferrand, 1829; «Ann. Sci. Acad. Sci. Clermont-Ferrand», 1–2).
1039. *Gueymard E.* Statistique minér. et géol. du dép. des Hautes Alpes., 1830.
1040. *Schweighäuser G.* Liste des minéraux des deux dép. du Rhin. Str., 1833.
1041. *Desvaux*. Minéralogie du dép. de Maine et Loire. Angers, 1837.
1042. *Blavier*. Essai d'une statistique minéralogique et géologique du dép. de la Mayenne. Mez., 1842.
1043. *Sauvage C. et Buvignier A.* Statistique minéralogique et géologique du dép. des Ardennes. Mez., 1842.
1044. *Desvaux*. Minéralogie methodique du dép. de Loire Inférieure. Nantes, 1843 («Ann. Soc. académique de Nantes», 1843, 4 (2), p. 6).
1045. *Gueymard E.* Statistique minér. et géol. du dép. de l'Isère, 1844.
1046. *Hogard H.* Aperçu de la constitution géologique et minéralogique du dép. des Vosges. Epinal, 1845.
1047. *Drian A.* Minéralogie et pétrologie des environs de Lyon. Paris, 1849.
1048. *Buvignier A.* Statistique géologique, minéralogique etc. du dép. de la Meuse. Paris, 1852.
1049. *Manes*. Description physique, géologique et minéralogique du dép. de la Charente Inférieure. La Roch., 1853.
1050. *Carlet J.* Géologie et minéralogie de la Côte d'Or. Dijon, 1854.
1051. *Villeneuve-Flayosc H.De.* Description minéralogique et géologique du dép. du Var et des autres parties de la Provence. Paris, 1856.
1052. *Gruner*. Essai d'une classif. des principaux filons du Plateau Central de la France. «Ann. Sci. phys. et nat.», 8 (2), Lyon, 1856, p. 163.
1053. *Gruner*. Description géologique et minéralogique du dép. de la Loire. Paris, 1857.
1054. *Mortillet De.* Géologie et minéralogie de la Savoie. «Annales de la Chambre Royale d'Agriculture de Savoie», 4, Chamb., 1858.
1055. *Daubree A.* Description géologique et minéralogique du dép. du Bas Rhin. Str., 1858.
1056. *Coquand*. Description physique, géologique et minéralogique de la Charente. I–II, Bes., 1858–1862.
1057. *Lary C.* Description géologique du Dauphiné. I–III, Paris, 1860–1864.
1058. *Fournet J.* Mines et minéraux de Limousin. «Mémoires Acad. Lyon», 13, L., 1863.
1059. *Lecoq H.* Epoques géologiques de l'Auvergne. I–V. Paris, 1865.
1060. *Ménière*. Essai sur la minéralogie du dép. de Maine et Loire. «Mémoires Soc. Acad. de Maine et Loire», Angers, 1865, 18, p. 119.
1061. *Ault-Dumesnil G.d'.* Histoire naturelle de Norbihan. Traité des minéraux. Vannes, 1866.
1062. *Delbos et Koechlin-Schlumberger*. Description géologique et minéralogique du dép. de Haut Rhin. I–II. Mulh., 1866–1867.
1063. *Jacquot A.E.* Description géologique et minéralogique du dép. de Moselle. Avec la collaborat. de *Terquem et Barré*. Paris, 1868.
1064. *Braconnier*. Richesses minérales du dép. de Meurthe et Moselle. Nancy, 1872.

1065. *Malinowski*. Agenda minéralogique et géologique de Cévennes. Montp., 1872.
1066. *Dumas*. Statistique géologique, minéralogique, métallurgique et paléontologique du dép. du Gard. I–III, Paris, 1875–1877. (Написана в 1856 г.).
1067. *Parisot*. Description géologique et minéralogique du territoire de Belfort. B., 1877. («Bull. Soc. d'Emulation Belfort», 1875–1876, p. 33).
1068. *Gonnard F*. Minéralogie du dép. du Puy de Dôme. 2 éd., Paris, 1876 (1 éd. – 1870).
1069. *Gonnard F*. Minéralogie de la Loire Inférieure. Paris, 1876.
1070. *Frossard E*. Notes sur quelques minéraux rares des Pyrénées. «Bull. Soc. Ramond», 13, 1878, p. 118; 14, 1879, p. 130.
1071. *Baret C*. Minéralogie de la Loire Inférieure. Nantes, 1878.
1072. *Limur De*. Explorations minéralogiques dans les Hautes Pyrénées. Vannes, 1878.
1073. *Limur De*. Minéraux des Pyrénées. «Bull. Soc. Minér. France», 4, 1881, p. 182.
1074. *Gourdon*. Notices minéral. sur les Pyrénées. «Bull. Soc. Géol. France», (3), 9, 1881, p. 156.
1075. *Libert et Miciol*. Catalogue minéralogique et pétrologique du Finistère. Morlaix, 1883–1885 («Bull. Soc. d'études scient. du Finistère», 5, 1885, p. 99; 6, 1885, p. 41).
1076. *Gueymard E*. Voyage géologique et minéralogique en Corse... 1820–1821. (Ed. par Bonavita J. M., «Soc. Sci. Hist. Nat. Corse», Bastin, 1883, 159 p.).
1077. *Limur De*. Catalogue raisonné des minéraux du Morbihan. Vannes, 1884.
1078. *Frossard C.L.* Minéraux pyrénéens. Paris, 1884 (продолжение в «Bull. Soc. Ramond», Bagnères, 1885–1891, 1892, 1894, 1898).
1079. *Groth P*. Die Minerallagerstätten d. Dauphiné. «Sitzb. Bayerisch. Akad.», Münch., 1885, S. 371.
1080. *Gosselet*. L'Ardenne. P., 1888 («Mémoire pour servir à la carte géologique de la France»).
1081. *Lacroix A*. Matériaux pour la minéralogie de la France. «Bull. Soc. Min. France», 14, 1891, p. 318; 17, 1894, p. 36; 20, 1897, p. 118; 31, 1908, p. 349; 32, 1909, p. 54.
1082. *Gonnard F*. Notes pour la minéralogie du Plateau Central. «Bull. Soc. Min. France», 1892, 15; 1893, p. 28; 16, 1894, p. 208; 17, p. 272.
1083. *Jouitteau*. Notes pour servir à la minéralogie de Maine et Loire. «Bull. Soc. Sci. Nat. de l'Ouest», 2, Nantes, 1892, p. 245.
1084. *Lacroix A*. Le Gypse de Paris et les minéraux qui l'accompagnent. Première contribution à la minéralogie du bassin de Paris. «Nouveaux Archives de Museum», 1897.
1085. *Baret C*. Minéralogie de la Loire Inférieure. «Bull. Soc. Sci. Nat. de l'Ouest France», 8, Nantes, 1898. Добавления: 10, 1900, p. 103; 3, 1903, p. 385; 6, 1906, p. 319; 10, 1910, p. 101 (1 ed. – 1878, см. № 1071).
1086. *Bücking H*. Geologie v. Elsass-Lothringen. St., 1898–1901.
1087. *Caraven Cochin*. Description géologique, minéralogique etc. des dép. du Tarn et Tarn et Garonne. Toul., 1898.
1088. *Brun P. de*. Essai de minéralogie du dép. de Gard. Nimes, 1902.
1089. *Brun P. de*. Essai de minéralogie du dép. de la Haute Loire. Le Puy, 1903.
1090. *Carez L*. La géologie des Pyrénées français. I–VI. Paris, 1903–1909. (Mém. pour servir à la carte géol. de France).
1091. *Brun P. de*. Notes pour servir à la minéralogie de la Côte du Nord. «Bull. Soc. Scient. et Médicale de l'Ouest», 13, Rennes, 1904, p. 568 (см. № 1097).
1092. *Gonnard F*. Minéralogie des dép. du Rhone et de Loire. L., 1906. («Ann. de l'Université de Lyon», № 19).
1093. *Kilian W. et Révil J*. Etudes géologiques sur les Alpes occidentales I. Paris, 1906.
1094. *Gaubert P*. Minéralogie de la France. Paris, 1907 (1 ed. – 1896).
1095. *Lecoite E*. Contribution à la minéralogie de la Loire Inférieure. «Bull. Soc. Sci. Nat. de l'Ouest de la France», 7, Nantes, 1907, p. 15.
1096. *Gonnard F*. La minéralogie dans le dép. du Puy de Dôme depuis Lecoq et Bouillet jusqu'à 1908. Lyon, 1908.
1097. *Brun P. de*. Essai de minér. du dép. des Gôtes du Nord. «Bull. Soc. Sci. Nat. de l'Ouest de la France», 20, Rennes, 1911 (см. также № 1091).
1098. *Maury J*. Géologie, hydrologie et minéralogie de Lodevois. Montp., 1912.
1099. *Ungemach H*. Matériaux pour la minéralogie de la France. «Bull. Soc. Min. France», 35, 1912, p. 526.

1100. *Lacroix A.* Aperçu du développement de la minéralogie pendant le siècle qui vient de s'écouler et contrib. des professeurs de Muséum à ce progrès. Centenaire du Fond. de Mus., Paris, 1913.
1101. *Sauvage H.* Catalogue des minéraux trouvés dans le Boulonnais. «Bull. Soc. Acad. Boulogne», 10, B. s. M., 1914.

ЛЮКСЕМБУРГ

1102. *Clement C.* Aperçu génér. de la constitution géologique et richesses minérales de Luxembourg. Arlon, 1864.
1103. *Namur J.* Richesses minérales de la Sûre, 1865.
1104. *Namur J.* Ein Blick in d. geol. u. miner. Verhältnisse d. Mosel u. Sauerbeckens. Programm d. Progyrn. v. Echternach, 1883.

БЕЛЬГИЯ

См. *Hintze* (№ 23); *Leonhard* (№ 840); *Gosselet* (№ 1080).

1105. *Le Hardy de Beaulieu C.* Guide minéralogique et paléontologique dans le Hainaut et l'Entre-Sambre-et-Meuse. Liège, 1861.
1106. *Koninck L. de.* Recherches sur les minéraux beiges. I–IX. «Bull. Acad. R. Belge», Brüss., 32–33, 1871–1872; 44, 1877; 46, 1878, p. 240; 47, 1879, p. 564 (вначале с *Davreux*).
1107. *Cesaro G.* Description des minéraux phosphatés, sulfatés et carbonatés du sol belge. «Mém. Acad. Belgique», Br., 1897.
1108. *Renard A. et Stöber F.* Notions de minéralogie. Gaud, 1900 (список бельгийских минералов).
1109. *Staignier X.* Sur les minéraux des terrains huilliers de Belgique. «Bull. Soc. Belge de géologie», 18, Br., 1904, p. 173.
1110. *Krusch.* Die nutzbaren Lagerstätten Belgiens. Ess., 1916.
1111. *Buttgenbach H.* Description des éléments, des sulfures, chlorures, fluorures et des oxides des métaux du sol Beige. «Mém. Acad. Belgique», 1921, (2) 6, № 4, 69 pp.

ИСПАНИЯ И ПОРТУГАЛИЯ

См. *Hintze* (№ 23); *Dana* (№ 17); *Leonhard* (№ 840).

1112. *Torenode.* Memorias sobre minerales de Asturias. М., 1785.
1113. *Bowles G.* Introducción a la historia natural y geografia fisica de España. 3-е изд., М., 1789 (1-е изд. – 1775).
1114. *Herrgen.* Materials para la geografia mineralógica de España et de sus posesiones en América. «Anales do Historia Natural», I. М., 1799–1800, p. 1, 249.
1115. *Eschwege W.* Nachrichten aus Portugal u. dessen Colonien, mineralogischen u. bergmännischen Inhaltes. (Her. v. Zincken), Braunsch., 1820 (дает, кроме своих наблюдений, ряд переводов из *Vandelli*, португальского минералога XVIII столетия).
1116. *Benavides D.F.A.* Ensayo histor. natural de las minerales y minas de España. М., 1843.
1117. *Sullivan W.K. a. O'Reilly J.P.* Geology a. mineralogy of Spanish provinces of Santander a. Madrid. London, 1863.
1118. *Botella.* Descripción geológica y minera de as prov. do Murcia y Albacete, 1868.
1119. *Gil y Maestre A.* Descripción fisica, geológica y minera de la prov. de Salamanca. «Memorias Comisión de Mapa Geológico España». М., 1880.
1120. *Fuertos Acevedo* Mineralogia asturiana. Ov., 1880.
1121. *Barrois Ch.* Recherches sur les terrains anciens de l'Asturie et de Galicie. Lille, 1882.
1122. *Quiroga F.* Noticias acerca de algunos minerales españoles del Museo de Ciencias Naturales de Madrid. «Anales Soc. Española de Historia Natural. Actas», 12. М., 1883, p. 16; 14, 1885, p. 6.
1123. *Cortazar D.* Bosquejo físico, geológico y minero de le prov. de Teruel. «Boletin Comisión Mapa Geológico de España», 12, М., 1885.
1124. *Vidal L.* Resena geológica y minera de la prov. de Gerona. «Boletín Comis. Mapa Geológico de España», 13, М., 1886.

1125. *Gonzalo y Tarín J.* Descripción física, geológica y minera de la prov. de Huelva, v. II. M., 1888 («Memorias Mapa Geológico de España»).
1126. *Navarro F.* Minerales de España existentes en el Museo de Historia Natural. «Annales de la Sociedad Española de Historia Natural. Actas», 22, M., 1893, p. 109; 23, 1894, p. 39; 24, 1896, p. 83.
1127. *Sanchez Lozano* Descripción física, geológica y minera de la prov. de Logroño. «Memor. Comis. Mapa Geológico de España», M., 1894. (Дан список минералов).
1128. *Gomes Pedro J.* Mineraes descobertos en Portugal. «Communações de direcção dos trabalhos geologicos de Portugal», 3, L., 1896–1898, p. 199.
1129. *Calderón S.* Los silicatos de la penins. ibérica «Annaes d. Sciencias Naturaes», 4, Porto, 1897.
1130. *Czyszkowski J.* Les venues métallifères de l'Espagne. P., 1897.
1131. *Barras de Aragon F. de la.* Apuntes para una descripción geológica y minera de la prov. de Sevilla. Val., 1899.
1132. *Navarro F.* Algunas localidades españolas de minerales nuevas ó poco conocidas. «Boletin Soc. Españ. Historia Natural», 19, M., 1900; 4, M., 1904, p. 165.
1133. *Tenne u. Calderon.* Die Minerallagerstätte d. Iberischen Halbinsels. B., 1901.
1134. *Revilla I.* Riqueza minera de la prov. León. M., 1906.
1135. *Rivas Mateos M.* Compendio de mineralogia aplicada. M., 1906 (1-е изд. – 1900; указаны испанские месторождения).
1136. *León J.C.* Excursión mineralógica al Norte de España. «Boletin Soc. Esp. hist. nat.», M., 1906, p. 471.
1137. *Valero F.* Minerales españoles de la collection del colegio del Salvador. «Boletin Soc. Aragon Ciencias Natur.», 6, Zar., 1907, p. 62.
1138. *Ahlburg J.* Die nutzbaren Mineralien Spaniens u. Portugaliens. «Zschr. prakt. Geol.», 1907, S. 183.
1139. *Tomás L.* O минералах Каталонии. «Boletin Inst. Catal. Hist. Nat.», 1907, p. 21.
1140. *Oliveira Bello A. d'.* Minéraux portugais. «Bulletin Soc. de Porto Sci. Nat.», 2, 1908, p. 272; 4, 1910, p. 69; 6, 1913, p. 90.
1141. *Calderón.* Mineralogia de España. I–II. M., 1910.
1142. *Navarro F.* Característica mineralógica de España. «Annaes scient. Acad. Polytech. do Porto», 13, Corintra, 1918.
1143. *Navarro F.* Nota preliminar. acerca de silicates españoles. «Rev. Acad. Ciencias ex., fis. y nat. de Madrid.», 17, M., 1919.

ИТАЛИЯ

- См. *Leonhard* (№ 840); *Fuchs* (№ 1392); *Hintze* (№ 23); *Sella* (№ 737); *Zepharovich* (№ 1398); *Borson* (№ 581); *Sartorius v. Waltershausen* (№ 2 938); *Buch* (№ 1283).
1144. *Targioni Tozzetti G.* Relazioni d'alcuni viaggi fatti in diverse parti d. Toscane. Ed. 2, vol. 7–12, Fir., 1768–1779.
1145. *Borch de.* Minéralogie Sicilienne. Turin, 1780.
1146. *Dolomieu D. de.* Voyage aux isles de Lipari. P., 1783.
1147. *Breislak S.* Saggio di osservazioni mineralogiche sulla Tolfa, Oriolo e Labera. R., 1786.
1148. *Nicolis de Robilant.* Essai géographique suivi d'une topographie souterraine minéralogique des Etats de S. M., «Memoires Acad. de Turin», 6, 1786, p. 191.
1149. *Dolomieu D. de.* Mémoire sur les îles Ponces et catalogue raisonné des productions de l'Etna. P., 1788.
1150. *Spallanzani.* Viaggi alle Due Sicilie ed in alcune parti d. Appenine. I–VI. Pav., 1792–1793.
1151. *Breislak S.* Voyages physiques et lithologiques dans la Companie (tr. par Pommereuil). I–II. P., 1801.
1152. *Borson S.* Statistique mineralogique du dép. du Po. Turin, 1806.
1153. *Ortolani G.* Prospetto dei minerali di Sicilia. Pal., 1808.
1154. *Targioni – Tozzetti.* Minerali particolari d. isole d. Elba. F., 1825.
1155. *Monticelli T. e Covolli E.* Prodromo d. mineralogia Vesuviana. Nap., 1825. App. № 1839 (перепечатано без добавлений в сочинениях *Monticelli*, v. III (см. № 732)).
1156. *Giuli G.* Catalogo di alcuni minerali trovati in Toscana. Siena, 1831.

1157. *Repetti*. Dizionario geografico e storico d. Toscana. F., 1833.
1158. *Barelli V.* Cenni di statistica mineralogica degli stati di S. M. il Re di Sardegna. T., 1835.
1159. *Maravigna C.* Materiali per la compilazione d. oritognosia Etnea. «Atti Acad. Geoenia», (1) 9, Cat., 1835.
1160. *Maravigna C.* Mémoires pour servir à l'histoire naturelle de la Sicile. Paris, 1838.
1161. *Maravigna C.* Memorie di oritognosia Etnea e de vulcani estinti della Sicilia. Par., 1838.
1162. *Kranz A.* Geogn. Beschreibung d. Insel Elba. «Karsten'su. Dechen's Archiv.», 15, B., 1841, S. 347.
1163. *Giuli G.* Saggio di statistica mineralogica d. Toscana. «Nuovi Annali Scienze Naturale», (1) 8–10, Bol., 1842–1843.
1164. *Medici Spada L.* Sopra alcune specie minerali non prima osservate nello Stato Pontificio. R., 1845 («Raccolta Scientifica»).
1165. *Scacchi A.* Della regions volc. del M. Vulture i del tremuoto ... nel 14 Aug. 1851, N., 1852.
1166. *Baldracco G.* Cenni sulla costituzione metallifera d. Sardegna. T., 1854.
1167. *Gicca.* Dei prodotti minerali del Regno d. Due Sicilie. «Ann. Regno d. Due Sicilies, 51, N., 1854.
1168. *Amary A.* Storia naturale inorganica d. prov. Teramana. Aquela, 1854.
1169. *Sella Q.* Studi di mineralogia Sarda. Tor., 1856 (перепечатано в его сочинениях – № 737).
1170. *Marmora A. de la.* Voyage en Sardigne. III. Géologie, I–II, IV. Itinéraire. Tur., 1837–1860 (1ed. – 1826).
1171. *Strüver G.* Studi sulla mineralogia Italiana. Pirite del Piemonte ed Elba. T., 1860 (Memorie Accad. Torino, 26).
1172. *Gampani.* Sulla costituzione geologico e sulla ricchezza minerale d. prov. di Siena. S., 1862 (в книге «Siena e sue territorie», 1862).
1173. *Senoner A.* Enumerazione sistematica d minerali d. provincie Venete. «Atti Ist. Scienze, Lettere ed Arte di Venezia», (3)8, Ven., 1863.
1174. *Strüver G.* Cenni su alcuni minerali italiani. «Atti Accad. Sci. Torino», 1867.
1175. *Rath G.* Mineralogisch-geognostische Fragmente aus Italien. I–IV. «Zschr. Deutsch. geol. Ges.», 18, 1866, S. 487; 20, 1868, S. 265; 22, 1870, S. 591; 25, 1873, S. 117.
1176. *Mantovani P.* Descrizione mineralogica dei vulcani Laziali. R., 1868.
1177. *Acchiardi A. d'.* Sopra alcuni minerali dell'Elba. «Nuovo Cimento», (2) 3, Pisa, 1870, p. 79.
1178. *Grattarola G.* Note mineralogiche. I–II (Toscana). «Boll. Com. Geologico Italia», 3, F., 1872, p. 284; 7, 1876, p. 323.
1179. *Acchiardi A. d'.* Mineralogia della Toscana. I–II. Pisa, 1872–1873. (Прибавления в «Atti Soc. Toscana Scienz. Natur. Memoire», 2–3, Tos., 1876–1877).
1180. *Bombicci L.* Descrizione d. mineralogia generale d. prov. di Bologna. I–II. Bol., 1873–1874 («Memorie Acad. Scient. Ist. di Bologna», (3) 4–5, p. 57, p. 105).
1181. *Bombicci L.* Corso di mineralogia. 2 ed., I–III. Bol., 1873–1875 (1 ed. – 1862, дает минералогию Италии).
1182. *Jervis G.* I tesori sotterranei dell'Italia. I–IV. Torino, 1873–1889.
1183. *Strüver G.* Studi s. minerali d. Lazio. I–II. «Atti Accad. Lincei», 3, 1876; Memorie 1, R., 1877, p. 93.
1184. *Bombicci L.* Contribuzioni di mineralogia italiana. «Memorie Acad. Scient. Ist. di Bologna», 8 (3), 1877, p. 311.
1185. *Curioni G.* Geologia. I–II. M., 1877 (содержит минералогию Ломбардии).
1186. *Mantovani P.* Descrizione geologica dei Monti Laziali. R., 1878 («Annuario del Liceo Visconti» per 1876–1877).
1187. *Corsi A.* Note di mineralogia italiana. «Boll. Corn. Geol. d'Italia», 9, R., 1878, p. 54; 10, 1879, p. 155; 12, 1881, p. 125, 564.
1188. *Alford.* Mineralogy of Sardinia. L., 1878.
1189. *Sartorius v. Waltershausen W.* Der Aetna (vollendet u. herausg. v. Lasaulx), I–II. L., 1880.
1190. *Acchiardi A. d'.* Minerale nuovi per l'Elba. «Atti Soc. Toscana, Processi Verbalii», T., 1880.
1191. *Cossa A.* Ricerche chimiche e microscopiche su rocce e minerali d'Italia. T., 1881.
1192. *Marmoni.* Sui minerali d. Friuli. Ud., 1881.
1193. *Demarchi L.* I prodotti minerali d. provincia di Roma. R., 1882.
1194. *Panebianco.* Catalogo d. principali minerali Veneti. Pad., 1883.

1195. *Strüver G.* Contribuzioni alia mineralogia dei vulcani Sabatini. I. «Atti Acad. Lincei»; Memorie, 1 (4), R., 1885, p. 3.
1196. *Lotti B.* Descrizione geologico d. Isola d'Elba. R., 1886 (Memor. Com. Geol. d'Italia).
1197. *Lovisato D.* Contributo a. mineralogia Sarda. «Rendiconti Accad. Lincei», 2, R., 1886, p. 254.
1198. *Artini E.* Contribuzioni alia mineralogia del Vicentino. «Atti Accad. Lincei»; Memorie, 4 (4), R., 1887, p. 90.
1199. *Scacchi A.* Gatalogo dei minerali e delle rocce Vesuviane. Nap., 1889 (из «Atti Ist. Incor. di Nap.», 1888; другое издание в 1887 г. в «Lo Spettatore d. Vesuvio»; переведено по-немецки: «N. Jb. Miner.», St., 1888, 2. Напечатано также в «Rivista di Mineralog.», 3, Pad., 1888, p. 58; 5, 1889, p. 34).
1200. *Artini E.* Contribuzioni alia mineralogia dei vulcani Cimini. «Memorie Accad. Lincei», (4) 6, R., 1889, p. 87.
1201. *Vicini E.* Appunti di mineralogia e geologia d. prov. di Catanzaro. Tor., 1891.
1202. *Sabatini V.* Descrizione geologica delle Isole Pontine. «Bol. Com. Geol. d'Italia», 24, R., 1893.
1203. *Lotti B.* Descrizione geologica – mineralogica dei dintorni di Massa Marittima. R., 1893 («Memorie Carta Geologica d'Italia», 8).
1204. *Bentivoglio F.* Mineralogia e litologia d. Appenine Modenese («L'Appenino Modenese», Rocca S. Cascieno, 1895).
1205. *Bertolio.* Appunti geologico-minerari s. Isola di S. Pietro. «Bol. Com. Geol. d'Italia», R., 1896, p. 405.
1206. *Bergeat A.* Stromboli. Münch., 1896.
1207. *Acchiardi G. d'* Note di mineralogia Toscana. «Processi Verbali Soc. Toscana Scienz. Natur.», Pisa, 1897.
1208. *Lovisato D.* Noticia sopra alcune specie minerali nuove per Sardegna. «Rendic. Accad. Lincei», (5) 7, R., 1898.
1209. *Acchiardi G. d'.* Note di mineralogia Italiana. «Processi Verbali Soc. Tosc. Scienz. Nat.», Pisa, 1898.
1210. *Traverso G.* Sarrabus e suoi minerali Alba. 1898 (раньше в «Annali Museo Civico storia naturale di Geneva», 16, G., 1880–1881).
1211. *La Valle G.* I giacimenti metalliferi d. provincia di Messina. Mes., 1899.
1212. *Millosevich F.* Appunti di mineralogia Sarda. «Rendiconti Accad. Lincei», 9, 1, R., 1900, p. 336; (5) 16, 1907, p. 884; (5) 18, 1, 1909, p. 23; (5) 18, 2, 1909, p. 116 (то же в «Rivista di mineral.», 39, Pad., 1909).
1213. *Sabatini V.* I vulcani d'Italia Centrale ed i loro prodotti. I, R., 1900 (Memorie per servire a. descrizione d. Carta geologica d'Italia).
1214. *Sigismund P.* I minerali del Comune di Sondalo. Mil., 1901.
1215. *Zambonini F.* Beitrag z. Mineralogie Piemonts. «Cbl. Miner.», 1903, S. 78, 117.
1216. *Boeris G.* Appunti di mineralogia piemontese. «Atti R. Acad. Scienza di Torino», 38, Torino, 1903, p. 685.
1217. *Pelloux A.* Contributi alla mineralogia della Sardegna. «Rendiconti Accad. Lincei», 13, 2, 1904, p. 34; 17, 1908, p. 70.
1218. *Manasse E.* Contribuzione alia mineralogia d. Toscana. «Processi Verb. Soc. Tosc. Sci. Natur.», Pisa, 1906.
1219. *De Launay L.* La métallogénie de l'Italie et des reg. avois. P., 1906.
1220. *Görgey R.* Neue Mineralvorkommen aus Elba. «Min. Petr. Mitt.», 26, 1907.
1221. *Stefani C. de.* Die Phlegräische Felder bei Neapel. Gotha, 1907 (Ergänzungsheft z. «Petermann's Mittheilungen»).
1222. *Viola C.* Appunti su minerali italiani. «Rendic. Accad. Lincei», 17, R., 1908, p. 496 (то же в «Rivista d. miner. italiana», 39, Pad., 1909, p. 65).
1223. *Serra A.* Studi intorno a minerali Sardi. «Rendic. Accad. Lincei», 18,1, R., 1909, p. 361; 18, 2, 1909, p. 80, 348.
1224. *Lacroix A.* Etude minér. sur les produits silic. de Vésuve. «Nouv. Arch. de Museum», (4) 9, P., 1909.
1225. *Ферсман А. К* минералогии о. Эльбы. «Bull. Soc. Nat. Moscou» (Бюлл. Моск. о-ва испыт. природы), М., 1909.

1226. *Zambonini F.* Mineralogia Vesuviana. Nap., 1910 (из «Memorie Soc. Sci. fis. e nat. di Napoli»). Appendice alia Mineralogia Vesuviana, 1912 (Atti Acc.).
1227. *Cesaro G.* Contributions à l'étude des minéraux de. Vésuve et du Monte Somma. «Mémoir. Acad. Sci. Belgique», (2) 3, Br., 1911, 1914.
1228. *Lotti.* Geologia d. Toscana. R., 1911 (Memorie d. carta Geol. ital.).
1229. *Manasse E.* Sopra alcuni minerali d. Toscana. «Atti Soc. Tosc. Sci. Nat.»; Memorie, 27, Pisa, 1911.
1230. *Tacconi E.* Appunti di mineralogia Sarda. «Rendiconti Ist. Lomb.», (2) 44, 1911, p. 986.
1231. *Pelloux A.* Sopra alcuni minerali dell'arcipelago di Maddalena (Sardegna). «Ann. Museo Civ. Scienz. Nat.», (3) 5, Gen., 1912, p. 273.
1232. *Panichi U.* Contributo allo studio dei minerali dell'isola di Volcano. «Mem. Soc. Ital. Sci., detta dei 40», (3) 19, R., 1914.
1233. *Millosevich F.* I 5000 Elbani del Museo di Firenze, contributo alla conoscenza della mineralogia dell'isola Elba. «Publ. R. Ist. Studi Superiori, Firenze», 1914, 96 pp.
1234. *Grill F.* Минералы Сардинии. «Atti Accad. Lincei», 24, 1, R., 1915, p. 855, 961.
1235. *Millosevich F.* Giacimenti italiani di minerali accessori per la siderurgia. «Atti Soc. ital. per il progressi Sci.», 10, 1919.
1236. *Millosevich F.* Studi su minerali di Lazio. «Atti Accad. Lincei», (5) 30, R., 1921, p. 80.

ШВЕЙЦАРИЯ

См. *Meineke u. Keferstein* (№ 1286); *Hintze* (№ 23).

1237. *Gruner G.S.* Von d. Aufnahme d. Bergwerke, nebst Anzeige der in d. Landschaft Bern entdeckten Mineralien. Bern, 1767 («Abhandl. Oekonom. Ges. v. Bern»).
1238. *Gruner G.S.* Versuch eines Verzeichnisses d. Mineralien d. Schweiz. «Beiträge z. Naturgeschichte d. Schweizerlandes», I, Bern, 1775.
1239. *Saussure H.B. De.* Voyage dans les Alpes. I–IV. Gen. et Neuchat., 1779–1796.
1240. *Ebel J.G.* Anleitung auf die nützlichste u. genussvollste Art die Schweiz zu bereisen. 2 Aufl., I–IV, Zür., 1804–1805 (1 Aufl. – 1793; содержит список швейцарских минералов).
1241. *Bernoulli C.* Geognostische Übersicht d. Schweiz, nebst einem systematischen Verzeichnisse aller in diesem Lande vorkommenden Mineralkörper u. deren Fundörter. Basel, 1811 (Taschenbuch f. Schweizerische Mineralogie, I).
1242. *Bronner F.X.* Kurze Übersicht d. einfach. Mineralien d. Kant. Aargau. Neujahr'sblatt f. d. aarg. Jugend, 1819.
1243. *Wiser D.F.* Beiträge z. mineralogischen Kenntniss d. Schweizerlandes. N. Jb. Min., 1838–1872. Важные работы Визера очень разбросаны. См. «Berichte über die Verhandl. d. naturforsch. Ges. in Zürich.», 9, 1838, S. 83.
1244. *Lavizzari L.* I–III memorie sui minerali della Svizzera italiana. Mendrisio-Capolongo, 1840–1845.
1245. *Heusser J.C.* Die Mineralien d. Binnen u. Saasthales. «Vierteljahrsschrift naturforsch. Ges. in Zürich», 3, Zür., 1855, S. 144.
1246. *Merz V.* Untersuch. einiger Mineralien aus d. Wallis. «Vierteljahrsschrift naturforsch. Ges. in Zürich», 6, Zür., 1861, S. 368.
1247. *Rath G.* Geogn.-mineral. Beobacht. in Quell-Gebiete d. Rheins. «Zschr. Deutsch. geol. Ges.», 14, 1862, S. 369, 770.
1248. *Lavizzari L.* Escursioni nel canton Ticino. Lug., 1863.
1249. *Kenngott G.A.* Die Mineralien d. Schweiz. Lpz., 1866.
1250. *Favre (Schardt, Sarrasin).* Revue des travaux relatifs à la géologie de la Suisse, 1869–1884. «Archives des Sciences phys. et natur.», Gen., 1872 – 1886. С 1886 г. *Favre et Schardt*, ib. С 1889 г. в «Eclogae Geologicae Helvetiae» (*Favre et Schardt*, потом *Schardt et Sarrasin*).
1251. *Ritz K.* Verzeichniss d. Minerale d. Thales u. Bezirks Goms. «Bull. Soc. Murithienne», 1875–1876, S. 38.
1252. *Engelmann T.* Über d. Dolomit v. Binnenthal u. seine Mineralien. Bern, 1877.
1253. *Gerlach H.* Die Bergwerken d. Canton Wallis. «Beiträge z. Geol. Karte d. Schweiz», 27, Bern, 1883 (1 Aufl. – 1873).
1254. *Wolf F.O.* Wallis u. Chamonix. I–IX. Zür., 1885–1888 (полезный список минералов; из серии «Europ. Wanderbilder»).

1255. *Ritz K. u. Fellenberg E.* Mineralvorkommnisse d. Excursionsgebietes. «Jb. d. Schweizer Alpenklubs», 23, 1887, S. 355. Кроме Ритца и Фелленберга, помещен список (*T. Walpen*) минералов из Гомса.
1256. *Renevier E.* Sur quelques minéraux Suisses douteux. «Bull. Soc. Vaud Sci. Nat.», 17, Laus., 1881, p. XLIII.
1257. *Seligmann G.* Ein. miner. Beobachtungen auf ein. Schweizerreise. «Verhandl. naturf. Ver. Preuss. Rheinl.», 39, 1882–1883.
1258. *Fellenberg E.* Geologische Beschreibung d. westlichen Theils d. Aarmassivs. Bern, 1893 («Beiträge z. geol. Karte d. Schweiz», 21; списки минералов Верхнего Валлиса составлены РИТЦОМ).
1259. Notice sur les exploitations minérales de la Suisse. Publ. pour l'Expos. Nation. Suisse. Gen., 1896.
1260. *Tarnuzzer C., Nussberger G. u. Lorenz P.* Notice sur quelques gisements métallif. du Grisons. «Jb. naturf. Ges. Graubünden», 43, Chur, 1900, p. 1.
1261. *Weber F.* Über d. Kalisyenit d. Piz Giuf u. Umgegend (östl. Aarmassif). «Beiträge z. geol. Karte d. Schweiz», N. F., 14, Bern, 1904.
1262. *Baumhauer H.* Die Mineralien d. Binnenthales. «Bull. de la Murithienne, Soc. Valaisane des Sci. Nat.», 1905, p. 35; ib., *Ecolgae geol. Helv.*, 7, 1902, S. 351.
1263. *Desbuissons L.* Liste des gisements des minéraux du Binnenthal. P., 1906. (Приложение к Carte topographique et minéralogique du Binnenthal).
1264. *Grebel A.* Beitrage z. Mineralogie d. Alpen. «Ecolgae Geol. Helv», 9, Laus., 1907, S. 439.
1265. *Schardt H.* Les produits minéraux de la Suisse. «Diction. géograph. de la Suisse», V, 1907, p. 451.
1266. *Königsberger J.* Geol. Beobacht. am Pizzo Formo (Schweiz. Tessin) u. Beschreibung d. Minerallagerstätten d. Tessinmassivs. «N. Jb. Min.», B.-B. 26, 1908, S. 488.
1267. *Hotz W.* Die Lagerstätten nutzbar. Miner. in d. Schweiz. «Zschr. prakt. Geol.», 17, 1909, S. 29.
1268. *Königsberger J.* Erläuterungen z. geol. u. mineral. Karte d. östlich. Aarmassivs v. Disentis bis z. Spannort. Freib., 1910.
1269. *Tarnuzzer C. u. Grubenmann U.* Beiträge z. Geologie d. Unterengadiens. «Beiträge z. geol. Karte d. Schweiz», N. F., 23, 1910.
1270. *Desbuissons L.* Contribution à l'étude des minéraux de la vallée de Binn. «Bull. Soc. Min. France», 36, 1911, p. 242.
1271. *Königsberger J.* Über Mineralfundorte in d. Alpen u. über Gesteinmetamorphismus. «Zschr. Deutsch. geol. Ges.», 64, B., 1913, S. 501–530.
1272. *Brun A.* Note sur l'application du spectroscopie à la minéralogie et petrographie suisse. «Arch. Sci. phys. et nat.», 43, (4) Gen., 1917.
1273. *Schmidt C.* Karte d. Fundorte von miner. Rohstoffe d. Schweiz. Bern, 1917.
1274. *Königsberger J.* Über alpine Minerallagerstätten. Münch., 1918–1921 («Abh. Bayer. Akad. Wiss.», 1917–1919).

ГЕРМАНИЯ

См. *Hintze* (№ 23); *Hausmann* (№ 10); *Breithaupt* (№ 16); *Quenstedt* (№ 21); *Hogard* (№ 1046); *Zirke* (№ 131); *Rosenbusch* (№ 138); *Sandberger* (№ 231); *Leonhard* (№ 840); *Beck* (№ 240); *Stelzner* (№ 246); *Michel-Lévy et Chaulette* (№ 1447).

1275. *Ferber J.J.* Bergmannische Nachrichten v. d. merkwürdigsten mineralischen Gegenden d. Herzog-Zweybrückischen, Chur-Pfälzischen, Wild- u. Rheingräßlichen u. Nassauischen Länder. Mietau, 1776.
1276. *Charpentier.* Mineralogische Geographie d. Chursächsischen Landes. L., 1778.
1277. *Anschütz J.M.* Über die Gebirgs- u. Steinarten d. Chursächsischen Hennebergs, nebst einer allgemeiner Übersicht über bis jetzt bekannte Mineralien dieses Landes. L., 1788.
1278. *Becher J.P.* Mineralogische Beschreibung d. Oranisch-Nassauischen Landes. Marburg, 1789 (переиздано в 1902 г. в Дилленбурге).
1279. *Lasius.* Beobachtungen über d. Harzgebirge. I–II. Hann., 1789¹.

¹ Старинную литературу для Гарца см. *Schultze*, *Lithia herzynica*, L., 1895, S. VII (№ 1329).

1280. *Freiesleben J.* Mineralogische Beobachtungen über d. Harz. L., 1795.
1281. *Charpentier* Beobachtungen über d. Lagerstätten d. Erze, hauptsächlich aus d. Sächsischen Gebirgen. L., 1799.
1282. *Nose K.W.* Mineralogische Studien über die Gebirge am Niederrhein (her. v. Nöggerath J.). Fr. a. M., 1808.
1283. *Buch L.* Geognostische Beobachtungen auf Reisen durch Deutschland u. Italien. I, B., 1802; II, B., 1909.
1284. *Leonhard K.* Beiträge zu einer mineralogischen Topographie von Wetterau. «Jahresber. d. Wetterauer Ges. f. d. gesammte Naturkunde», Hanau, 1812. Продолжение – ib., 1818.
1285. *Freiesleben J.* Beiträge z. mineralogischen Kenntniss v. Sachsen. «Geognostische Arbeiten», V–VI, Fr., 1817.
1286. *Meineke J. u. Keferstein G.* Mineralogisch. Taschenbuch f. Deutschland. Halle, 1820.
1287. *Keferstein C.* Mineralogisch-statist.-geogr. Beschreibung v. Deutschland. «Deutschland», V, Weim., 1828, S. 185.
1288. *Kersten E.* Sur la composition de quelques minéraux de Saxe. «Ann. chim. et phys.», (2) 53, P., 1833.
1289. *Brandes E. u. Brandes W.* Beiträge z. mineralogischen Kenntniss d. Teutoburger Waldes u. d. Wesergebirges. «Journ. prakt. Chem.», 19, 1840, S. 169; 20, 1840, S. 118; 23, 1841, S. 479.
1290. *Riedheim C.* Naturhistorische Beschreibung d. Hessen-Darmstädtischen Odenwala. Darm., 1843.
1291. *Gössel.* Beiträge zur Gaa v. Sachsen. «A1 gem. Deutsche Naturhistorische Zeitung», 1–2, Dr., 1846–1847.
1292. *Gutherlet.* Beitrag z. mineralogischen Topographie von Kurhessen. «N. Jb. Min.», 1846, S. 150.
1293. *Sandberger F.* Übersicht d. geologischen Verhältnisse d. Herzogthums Nassau. Wiesb., 1847. Прибавление к помещенному здесь списку минералов: *Sandberger F.* Jb. d. Vereins f. Naturkunde in Herzogthum Nassau. Wiesb., 1849, 4, S. 202, 226. Его же, N. Jb. Min., 1850, S. 190.
1294. *Jasche C.F.* Übersicht d. in Grafschaft Wernigerode aufgefundenen mineralischen Fossilien. Wern., 1852.
1295. *Klipstein A.* Topographische Geologie u. Mineralogie d. Gegenden zwischen Dill u. Salzböden. Fr., 1852.
1296. *Schill J.* Geognostisch-mineralogische Beschreibung d. Kaiserstuhlsgebirge. St., 1854. (Из *Leonhard G.* Beiträge z. geogn.-miner. Kenntniss d. Herz. Baden, II–III).
1297. *Gümbel C. W.* Verzeichniss der in d. Oberpfalz vorkommenden Mineralien. «Correspondenzblatt d. zoologisch-mineralogischen Vereines in Regensburg», 7, 1852, S. 145. Добавления: *Wineberger*, ib. 9, 1855, S. 153; 10, 1856, S. 25.
1298. *Haupt.* Beitrag z. mineralogischen Topographie v. Bayern. «Bericht üb. d. Bestehen u. Wirken d. Naturforschenden Vereins v. Bamberg», 1, B., 1852. Прибавления I–II: *Walser*, ib., 2–3, B., 1854–1856.
1299. *Besnard A.F.* Die Mineralien Bayerns nach ihren Fundstätten. Augsb., 1854. Добавления: *Hornberg*, «Correspondenzblatt d. zoologisch-mineralogischen Vereines in Regensburg», 8, 1854, S. 161 и *Besnard*, ib. 9, 1855, S. 58.
1300. *Schmidt F.* Die Mineralien Fichtelgebirges¹. «Correspondenzblatt d. zoologisch-mineralogischen Vereines in Regensburg», 1856, 10. Добавления: ib. 14, 1860, S. 64.
1301. *Gümbel C.* Verzeichniss der im Fichtelgebirge, Frankenwald u. d. anstossenden Gebirgtheilen vorkommenden Mineralien. «Correspondenzblatt d. zoologisch-mineralogischen Vereines v. Regensburg», 11, 1857, S. 142. Добавления: *Hornberg*, ib., 12, 1858, S. 100.
1302. *Ulrich G.* Mineralvorkommen in d. Umgegend v. Goslar. B., 1860 («Zschr. f. Naturwissenschaften», herausg. v. naturw. Vereines f. Sachsen u. Thüringen in Halle, 16, 1860, S. 209).
1303. *Dechen H.* Geologischer Führer in die Siebengebirge am Rhein, mit mineralogisch-petrographischen Anmerkungen v. Rath G. Bonn, 1861.
1304. *Blum R.* Die in Wetterau vorkommenden Pseudomorphosen. «Jahresber. d. Wetterauer Ges. f. Naturkunde», Hanau, 1861, S. 15.

¹ Старинную литературу см. у *Giebe*, Übersicht d. Mineralien d. Fichtelgebirgs. Cass., 1895, S. 2.

1305. *Blum R.* Neue Fundorte d. Mineralien in Wetterau. «Jahresber. d. Wetterauer Ges. f. Naturkunde», Hanau, 1861, S. 96.
1306. *Jasche C.F.* Die Gebirgsformationen in d. Grafschaft Wernigerode am Harz. 2 Aufl., Nordhausen, 1863 (1 Aufl. – 1857).
1307. *Dechen H.* Geogn. Führer z. d. Laachersee u. seine vulcan. Umgebung. Bonn, 1864.
1308. *Stelzner A. u. Müller H.* Beiträge z. Kenntniss d. Erzgebirge. I–III. Fr., 1865–1869.
1309. *Frenzel A.* Mineralogisches Lexicon v. Sachsen. L., 1874.
1310. *Leonhard G.* Die Mineralien Badens nach ihrem Yorkommen. 3 Aufl., St., 1876 (1 Aufl. – 1855).
1311. *Gümbel C.* Geognostische Beschreibung d. Fichtelgebirges mit d. Frankenwalde u. d. westlichen Vorlande. Gotha, 1879.
1312. *Wenckenbach F.* Übersicht über die in Nassau aufgefundenen einfachen Mineralien. Wiesb., 1880 (Jahrbücher d. Nassanischen Vereins f. Naturkunde), 31–32, Wiesb., 1879, S. 147.
1313. *Schmeisser.* Über Unterdevon d. Siegenlandes u. die darin aufsitz. Gänge. Nebst einem Anhang: Die Mineralien Siegenlandes. «Jb. Preuss. geol. Landesanst.», 1882, 2, S. 48, B., 1883.
1314. *Schalch F.* Beiträge z. Mineralogie d. Erzgebirges. «N. Jb. Min.», B.-B. 4, 1885, S. 178.
1315. *Blömecke C.* Über die Erzlagerstätten d. Harzes. W., 1885. («Berg-u. Hüttenmännisch. Jahrbuch», 33).
1316. *Luedecke O.* Über Thüringer Mineralvorkommnisse. «Zschr. Kryst.», 10, 1885, S. 191.
1317. *Dechen H.* Geogn. Führer zu d. Vulkanreiche d. Fordereifel. Bonn, 1886.
1318. *Schmidt A.* Geologie d. Münsterthales in badischem Schwarzwald. I–III, Heid., 1886–1889.
1319. *Reidemeister E.* Die Mineralien d. östlichen Harzes. Magd., 1887 («Jahresber. d. Guericke-Schule»).
1320. *Häge T.* Die Mineralien d. Siegenlandes u. d. angrenz. Bezirke. Jena, 1888.
1321. *Leuze.* Beiträge z. Mineralogie Württembergs. «Jahreshefte d. Vereins f. Naturkunde Württembergs», 44, St., 1888, S. 115; 45, 1889, S. 40; 46, 1890, S. 181.
1322. *Brauns R.* Mineralien u. Gesteine aus d. Hessischen Hinterlande. «Zschr. Deutsch. geol. Ges.», 1888, 40, S. 465; 1889, 41, S. 491.
1323. *Thiele.* Beitrag z. Kenntniss d. Mineralien d. Bayerischen Waldes. Erl., 1891.
1324. *Sandberger F.* Übersicht d. Mineralien v. Unterfranken u. Aschaffenburg. Cass., 1892 («Geognostische Jahreshefte», 4, S. 1–34).
1325. *Knop A.* Der Kaiserstuhl in Breisgau. L., 1892.
1326. *Müller H.* Die Erzgänge d. Annaberger Bergreviers. L., 1894.
1327. *Gutekunst K.* Geologie u. Mineralogie v. Württemberg. 4 Aufl., St., 1895.
1328. *Greim G.H.* Die Mineralien d. Grossherz. Hessen-Darmst., 1895.
1329. *Schultze.* Lithia herzynica. Verzeichniss d. Mineralien d. Harzesu. Umgegend. L., 1895. Добавления в «Schriften d. Naturwissensch. Vereins d. Harzes», 10, 1895 (см. № 1279).
1330. *Giebe P.* Übersicht d. Mineralien d. Fichtelgebirges u. d. angrenzenden fränkischen Gebiete. Cass., 1895 («Geognost. Jahreshefte», 7, 1894, S. 1–56).
1331. *Schmidt A.* Beobachtungen über d. Vorkommen d. Mineralien im Fichtelgebirge. Nürnberg., 1895.
1332. *Weinschenk E.* Über einige neue Mineralvorkommen d. Bayerischen Waldes. «Zschr. Kryst.», 25, 1895, S. 357.
1333. *Luedecke O.* Die Mineralien d. Harzes. I–II. B., 1896.
1334. *Weinschenk E.* Beitrag z. Mineralogie Bayerns. «Zschr. Kryst.», 28, 1897, S. 135.
1335. *Laspeyres H.* Das Siebengebirge am Rhein. Bonn, 1901 (из «Verhandl. d. Naturhistorischen Vereins d. preussischen Rheinlandes», 57, 1900).
1336. *Müller H.* Die Erzgänge Freiburger Bergrevieres, Lpz., 1901.
1337. *Schmidt A.* Tabellarische Übersicht d. Mineralien d. Fichtelgebirges u. d. Steinwaldes. Bayr., 1903.
1338. *Bergt W.* Über einige sächsische Mineralien. «Sitzber. u. Abhandl. d. naturf. Ges. Isis», Dr., 1903, S. 20.
1339. *Delkeskamp R.* Die technisch nutzbaren Mineralien u. Gesteine d. Taunus. «Zschr. prakt. Geol.», 1903, S. 265.
1340. *Putsch A.* Die Mineralien d. Eifel u. angrenzenden Gebiete. Aachen, 1905.

1341. *Bruhns W.* Die nutzbaren Mineralien u. Gebirgsarten im Deutschen Reiche. Unter Mitwirkung v. Bücking. B., 1906. Переработка (Dechen) книги, вышедшей под тем же заглавием в 1873 г.
1342. *Oebbecke K.* Nutzbare Mineralien, Gesteine, Mineralwässer Bayerns auf d. Bayer. Jubil. Ausstellung in Nürnberg, 1906.
1343. *Fraas E.* Die geognost. Sammlung Württembergs. 2 Aufl., St., 1906.
1344. *Maucher W.* Die Sächsische Erz- u. Kohlenvorkommen. Fr., 1907.
1345. *Dalmer K.* Erläuterungen zu Section Altenberg – Zinnwald. L., 1890 (Geologische Spezialkarte v. Sachsen). 2 Aufl., Gäbert C., Lpz., 1908.
1346. *Chelius C.* Geol. Führer durch Odenwald. 2 Aufl., Giessen, 1908.
1347. *Rosenkrantz E.* Übersicht d. Mineralien d. Bayerisch. Waldos u. Oberpfälzer. Waldgebirges. Erl., 1908.
1348. *Wemmer M.* Die Erzlagerstätten d. Eifel. Münst., 1909.
1349. *Andrée K.* Notizen z. Geologie u. Mineralogie Niedersachsens. I–II. «Jahresber. Niedersächs. geol. Vereins.», 3, Hann., 1910; III–V, ib., 1912, S. 64.
1350. *Masling K.* Die Erzlagerstätten d. Fürst. Waldeck. «Zschr. prakt. Geol.», 19, 1911, S. 361.
1351. *Kessler G. u. Willing H.* Die geol., mineral. u. paläont. Litteratur d. Saarbeckens bis 1910. Saarbr., 1911.
1352. *Brauns R.* Die Kryst. Schiefer d. Laacherseegebietes. St., 1911.
1353. *Wildschrey E.* Neue u. wenig bekannte Mineralien aus d. Siebengebirge u. seiner Umgebung. Bonn, 1911.
1354. *Brühhäuser M.* Die Bodenschätze Württembergs. St., 1912.
1355. *Daub R.* Beiträge zur Kenntniss d. Kontaktmineralien aus d. hornigen Kalke d. Kaiserstuhls. Basel, 1912.
1356. *Mayer F.* Geol. mineral. Studien aus d. Berchtesgadener Land. «Geognost. Jahreshfte», 25, Münch., 1913, S. 122.
1357. *Brauns R.* Die Mineralien d. Niederrheinischen Vulkangebiete. St., 1922, 225 S.
1358. *Freyberg B.* Erz- u. Minerallagerstätten d. Thüringer Waldes. B., 1923, 198 S.
1359. *Laubmann H.* Die Minerallagerstätten v. Bayern r. d. Rh. M., 1924, 111 S.
1360. *Ammermann E.* Neue Mineralvorkommen d. nordostl. Westfalen. «Cbl. Miner.», 1924, S. 577.
1361. *Henglein M.* Erz-u. Mineralgesch. d. Schwarzwaldes. St., 1924.
1362. Die nutzbaren Mineralien, Gesteine u. Erden Bayerns. I, 216 S. M., 1924.

СРЕДНЯЯ И ВОСТОЧНАЯ ЕВРОПА (АВСТРИЯ, ВЕНГРИЯ, ПОЛЬША, ЧЕХОСЛОВАКИЯ)

- См. *Hintze* (№ 23); *Meineke* u. *Keferstein* (№ 1286); *Breithaupt* (№ 734); *Leonhard* (№ 840).
1363. *Carosi J.P.* Reisen durch verschiedene polnische Provinzen, mineralischen u. andern Inhalts. I–II. L., 1781–1784.
1364. *Ładowski X.* Historija naturalna Kraiu Polskiego. I–II. Kr., 1804 (1-е изд. – 1783).
1365. *Staszic S.* O ziemiordztwie gor dawn. Sarmacyi, a pozniej Polski. I. W., 1805.
1366. *Staszic S.* O ziemiordztwie Karpatów i innych gor i roünin Polski. W., 1815. То же в «Dziła», 3, W., 1811.
1367. [*Блэде*] *Blöde*, Über d. Übergangsgebirgsformation in Polen nebst einer Aufstellung d. in Polen vorkommenden Mineralien. Bresl., 1830.
1368. *Kaluza*. Übersicht d. Mineralien Schlesiens. Br., 1818¹.
1369. *Glocker E.* Beiträge z. mineralogischen Kenntniss d. Sudetenlande, insbesondere d. Schlesiens, I, Br., 1827.
1370. *Pusch G.* Geognostische Beschreibung von Polen, 1831; II, 1836. (По-польски в Варшаве в 1830 г. и в Slaiwianin, I–II, 1829–1830, неполно).
1371. *Plater A.* Rzut oka na sklad geogn. Inflant. Wars., 1832.

¹ Старинную литературу см. у *Glocker*, Charakteristik d. Schlesischen mineralog. Literatur bis. z. Ende d. XVIII. J., Br., 1827. *Его же*, Versuch einer Charakteristik d. Schles. mineralog. Literatur 1800–1832, Br., 1832.

1372. *Jakowcki J.* Cbservacye geognosticzne w guberniacn zachodnich i poludniowych Panstwa Rossyjski. W., 1837 (раньше в Dziennik Wilenski, 5, 1830).
1373. *Labecki H.* Gornictwo w Polsce. I–II. W., 1841.
1374. *Fiedler* Die Mineralien Schlesiens. Br., 1863.
1375. *Olszewski* Spis mineralow znanych z. Wol. Księstwa Krakowski etc. Sprawozdania kom. Fizyogr., Kr., 1878.
1376. *Lasaulx F.* Petrogr. u. mineral. Notizen aus österr. Schlesien. «N. Jb. Miner.», 1878, S. 835.
1377. *Trippke P.* Beiträge z. Kenntniss d. schlesischer Basalte u. ihrer Mineralien. «Zschr. Deutsch. geol. Ges.», 1878, S. 145.
1378. *Rosmann B.* Notizen über d. Vorkommen obersehlesischer Mineralien. «Zschr. d. oberschlesischen Berg. u. Hüttenmännischen Vereins», 1882–1883.
1379. *Traube H.* Die Mineralien Schlesiens. Br., 1888. (Добавления и исправления: *Dathe*, «N. Jb. Min.», 1888, II, S. 166).
1380. *Traube H.* Beiträge z. Mineralogie Schlesiens. «Zschr. Deutsch. geol. Ges.», 1894, 46, S. 50.
1381. *Dahms P.* Westpreussische Mineralien. «Schriften Naturforsch. Ges. in Danzig.», 9, D., 1896, S. 64.
1382. *Schwantke A.* Die Drusenmineralien d. Striegauer Granits. L., 1896.
1383. *Melion V.* Übersicht der Mineralien u. Gebirgs- oder Felsarten Österreich – Schlesiens. Troppau, 1898.
1384. *Tschermak G.* Podręcznik mineralogii (wyd. Morozewich J.). (Добавления сделаны Морозевичем о некоторых минералах Польши и напечатан каталог коллекции Пуша). W., 1900.
1385. *Demel W.* Chemische Analyse schlesischer Mineralien. 2 Aufl., Troppau, 1904 (1 Aufl. – 1903).
1386. *Sachs A.* Die Rodenschätze Schlesiens. L., 1906.
1387. *Frech F.* Schlesische Landeskunde. I, L., 1913.
1388. *Cloos H.* Der Gebirgsbau Schlesiens u. d. Stellung sein. Bodenschätze. B., 1922.
1389. *Vivenot F.* Beiträge z. mineralogischen Topographic v. Österreich u. Ungarn. «Jb. geol. Reichsanst.», 19, 1869, S. 595.
1390. *Edlen v. Senger W.* Versuch einer Oryktographie d. Gefürst. Graffschaft Tyrol. Innsbr., 1822.
1391. *Anker.* Kurze Darstellung d. mineralog.-geognostischen Verhältnisse d. Steiermark. Graz, 1845.
1392. *Fuchs W.* Beiträge zur Lehre v. d. Erzlagerstätten mit besonderer Berücksichtigung d. Berg-Revire d. Österreichischen Monarchie. Wien, 1846.
1393. *Ehrlich C.* Über nordöstlichen Alpen. Linz, 1850.
1394. *Doblicka.* Tyrols Mineralien. Wien, 1852.
1395. *Liebener u. Vorhauser.* Die Mineralien Tyrols. Innsbr., 1852; Nachtrag, In., 1866.
1396. *Rosthorn F. u. Canaval J.* Beiträge z. Mineralogie u. Geognosie v. Kärnten. «Jahrb. naturhistorischen Museums in Kärnten», 2, Klagenfurt, 1853 (и отдельно в 1855 г.).
1397. *Köchl L.* Die Mineralien d. Herzogt. Salzburg. Wien, 1859.
1398. *Zepharovich V.* Mineralogisches Lexicon f. d. Kaiserthum Österreich. I–III. Wien, 1859–1894 (III том, изд. Becke F.¹).
1399. *Höfer H.* Die Mineralien Kärntens. Klag., 1870 («Jahrb. historisch-natur. Landesmuseums Kärnten», 10; добавления в «N. Jb. Min.», 1871, S. 59).
1400. *Pichler A.* Beiträge z. Mineralogie Tyrols. «N. Jb. Min.», 1871, S. 56.
1401. *Fugger F.E.* Die Mineralien des Erz-Herzogthums Salzburg. S., 1878.
1402. *Brunlechner A.* Die Mineralien d. Herzogth. Kärnten. Klag., 1884.
1403. *Hatle E.* Die Mineralien d. Herzogth. Steiermark. Graz, 1884–1885. Neue Beiträge: «Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark», 1889, S. 29–46, 51–58. Fünfter Beitrag z. mineralogischen Topographie d. Steiermark., ib., 1892.
1404. *Brunlechner A.* Neuere Mineralfunden in Kärnten. «Jahrb. Landes-Museums v. Kärnten», 17, 1885, S. 227; 22, Klag., 1893, S. 187.
1405. *Hatle E.* Neue Beiträge z. mineralogischen Topographie v. Steiermark. «Mittheil. naturforsch. Vereins Steiermark.», Graz, 22–27, 1886–1891.

¹ См. старинную литературу, имеющую теперь лишь историческое или местное значение, а равно и некоторые из частных специальных работ в т. I, с. XV, также *Keferstein*, Geschichte u. Litteratur d. Geognosie. Halle, 1840, S. 92.

1406. *Hatle E.* Der Steirische Mineralog. Graz, 1887.
1407. *Cathrein A.* Beiträge z. Mineralogie Tyrols. «Min. Petr. Mitt.», 8, 1887, S. 400; 10, 1888, S. 52, 387.
1408. *Weinschenk E.* Beiträge z. Petrographie d. östlichen Centralalpen. I–II. Münch., 1894. (Abhandl. Bayer. Akad., 18).
1499. *Weinschenk E.* Die Minerallagerstätten d. Gross-Venedigerstockes in Hohen Tauern. «Zschr. Kryst.», 26, 1896, S. 336.
1410. *Berwerth F.* u. *Wachter F.* Mineralogisches u. Geologisches aus d. Umgegend d. Sonnblicks. «Jahresber. Sonnblick-Verein», 7–8, 1898–1899.
1411. *Sigmund A.* Niederösterreichische Mineralien. «Min. Petr. Mitt.», 21, 1902, S. 363; 23, 1904, S. 87.
1412. *Fteyn R.* Über einige neue Mineralienfunde u. Fundorte in Steiermark. «Mittheil. naturwissensch. Vereins. Steiermark», 38, Graz, 1902, S. 177; 42, 1906, S. 283.
1413. *Sigmund A.* Die Sammlung Niederösterreichischen Mineralien in Naturwissensch. Hofmuseum. Wien, 1903.
1414. Bergbaue Steiermarks (her.v. Redlich K.A.), I, W., 1902. («Zschr. Berg- u. Hüttenwesen», Wien); VIII, 1905 («Berg- u. Hütt. Jahrbuch»); X–XI, 1923 («Mitt. Geol. Ges. Wien», 15).
1415. *Commenda H.* Übersicht d. Mineralien Oberösterreichs. 2 Aufl., 1904 (1 Aufl. – Linz., 1886–1887).
1416. *Gasser G.* Die Mineralien Tyrols, einschl. Vorarlberg. Rochlitz, 1904–1905; 2 Aufl. – Innsbruck, 1913.
1417. *Aigner A.* Die Mineralschätze d. Steiermarks. Wien, 1907.
1418. *Ahlburg J.* Erzbergbau in Steiermark, Kärnten u. Krain. «Zschr. Berg-Hütt. u. Salinenwesen», 55, B., 1907, S. 463.
1419. *Sigmund A.* Die Mineralien Niederösterreichs. Wien, 1908. (Критические добавления см.: *Redlich K.* «Cbl. Min.», 1908, S. 742).
1420. *Cornu F.* u. *Redlich K.* Notizen über ein Mineraiivorkommen d. Ostalpen. «Cbl. Min.», 1908, S. 277.
1421. *Lechleitner H.* Mineral. Neuigkeit. aus Oberösterreich. «67 Jahresber. Mus. Franco-Carol.», Linz, 1909.
1422. *Sigmund A.* Neue Mineraiivorkommen in Steiermark u. Niederösterreich. «Mittheil. naturw. Ver. Steiermark», 47, Graz, 1910, S. 137; 48, (1911), 1912, S. 239; 50, S. 324; 52, S. 355.
1423. *Königsberger.* Versuch einer Einleitung d. Ostalpinen Minerallagerstätten. «Zschr. Kryst.», 52, 1913, S. 151.
1424. *Granigg B.* Über die Erzführung d. Ostalpen. Leoben, 1913.
1425. *Scopoli G.A.* Crystallographia Hungarica. I. Br., 1776.
1426. *Zipser C.*¹ Versuch eines topographisch-mineralogischen Handbuches v. Ungarn. Oedenburg, 1817.
1427. *Jonas J.* Ungarns Mineralreich. Pesth, 1820.
1428. *Beudant F.* Voyage en Hongrie. I–III. P., 1822.
1429. *Fellenberg E.* Die Mineralien d. Ungarischen u. einiger Siebenbürgischen Lagerstätten. «Cotta u. Fellenberg's Erzlagerstätten Ungarns», Freib., 1862. (Раньше, менее подробно, в «N. Jb. Min.», 1861, S. 301).
1430. *Tóth M.* Magyarország ásványai. Минералы Венгрии с указанием их распространенности. Budap., 1882.
1431. *Böckh J., Gesell A.* Karte d. Lagerstätten... u. nutzbaren Mineralien Ungarns. B., 1898 (с текстом).
1432. *Zimanyj K.* Beiträge z. Mineralogie d. Komitate Gömör. u. Abauj. Torna. «Földtani Közlöny», 35, B., 1905, S. 544.
1433. *Mauritz B.* Über einige gesteinsbildende Mineralien aus Ungarn. «Földtani Közlöny», 40, 1910, S. 581.
1434. *Jugovics L.* Krystal. Studien an Ungarischen Miner., «Ann. Hist. Nat. Mus. Nation. Hungar.», 10, B., 1912.

¹ Раньше Ципсер печатал отдельные заметки, напр.: «Mineral. Wanderungen in Ungarn» – Mohl's N. Jb. f. Berg. u. Hüttenwesen, 3, N., 1815, S. 358. Его коллекция, частью не разобранная, хранится в Петербургском университете.

1435. *Ferber J.J.* Beiträge zu der Mineral-Geschichte von Böhmen. Berl., 1774.
1436. *Reuss F.A.* Mineralogische Geographie v. Böhmen. I–II. 1793–1797.
1437. *Reuss F.A.* Mineralogische u. fjerdmännische Bemerkungen über Böhmen.. B., 1801.
1438. *Presl J.S.* Nerostopis č mineralogia. Pr., 1837.
1439. *Zippe F.* Die Mineralien Böhmens nach ihren geognostischen Verhältnissen. I–II. «Verhandl. Ges. Böhmisches Museums», Pr., 1837–1842.
1440. *Kolenati.* Die Mineralien Mährens u. Österreichischen Schlesiens. Br., 1854.
1441. *MeLion V.* Über die Mineralien Mährens u. Österreichischen Schlesiens. 1855.
1442. *Vogl J.F.* Gangverhältniss u. Mineralreichthum Joachimsthal. Teplitz, 1856, 205 SS.
1443. *Reuss A.* Über einige böhmische Mineralien u. Hüttenprodukten. «Lotos», 9, Pr., 1859, S. 51, 218; 10, 1860, S. 41, 134.
1444. *Glückselig.* Das Vorkommen d. Mineralien in Egerer Kreise Böhmens. Karlsb., 1862.
1445. *Oborny A.* Skizzen, als Beiträge z. d. geogn. u. mineralog. Verhältnissen v. mährischer Gesenkes. «Verhandl. Naturf. Ver. in Brünn.», 3, Br., 1865, S. 31.
1446. *Grimm.* Die Lagerstätten nutzbarer Mineralen. Prag, 1869.
1447. *Michel-Lévy A. et Chaulette.* Mémoire sur les princ. champs des filons de la Saxe et de la Bohême. «Ann. Mines», 18, 1870.
1448. *Helmhacker R.* Mineralog. Beobacht. aus d. Böhmenwalde. «Min. Petr. Mitt.», 1873, S. 273.
1449. *Hlavín T.* Nerosty jižních Čech Písek. 1876 («Vyročné zprávě gymnas. Piseckého»).
1450. *Freyr R.* Über mährische Mineralfundorte. «Verhandl. Naturforsch. Vereins in Brünn», 16, Brünn, 1878, S. 259; 21, 1881, S. 71; 24, 1886, S. 71.
1451. *Kastner L.* Minerality Moravy. Pr., 1881 (Vyrooni správe gymnasia Přerovského).
1452. *Klvána J.* Nerosty Moravy a. Slezska. Pr., 1882.
1453. *Woldrich J.N.* Über d. Vorkommen einiger Mineralien in Südböhmen. «Verhandl. Geol. Reichsanst.», 1886, S. 453.
1454. *Koster.* Die Mineralien im Gebiete d. Egerlandes. Eg., 1886 (Gymnas.-Programm).
1455. *Klvána J.* Nerosty Krai. Českého. Hr., 1886. Добавление – Pr., 1900.
1456. *Katzer F.* Příspěvký k mineralog. zemepisu Čech. «Vesmir», Pr., 1887.
1457. *Katzer F.* Einige Minerale v. neuen Fundorten in Böhmen. «Min. Petr. Mitt.», 9, 1888, S. 404.
1458. *Schneider G.* Die Mineralien d. Riesen- u. Isergebirges. «Wanderer dnrch Riesengebirge», 1894 (и отдельно).
1459. *Katzer F.* Beiträge z. Mineralogie Böhmens. I–III. «Min. Petr. Mitt.», 12, 1891, S. 416; 14, 1895, S. 483; 16, 1897, S. 504.
1460. *Dvorsky F.* Moravske nerosty a. horniny Frantiskova muzea a jich žadouci doplnění. «Annal. Musei Franziscei», Brno, 1896, č. 45.
1461. *Hibsch J.E.* Erläuterung. z. geologischen Spezialkarte d. Böhmisches Mittelgebirge. W., 1896–1905. Также «Min. Petr. Milt.», 1896–1909. Вышло описание 9-го листа, составленного Гибшем и Зеemannом (*Hibsch u. Seemann F.*, ib., 1913).
1462. *Dvorský F.* O předních nálezištích nerostů na západní Morave. «Annal. Musei Franziscei», Brno, 1899.
1463. *Slavik F.* Příspěvký k nerostopisu Moravskému. «Casopis matice moravske», Brno, 23, 1899, č. 127, 245; 24, 1900, č. 387; 27, 1903, č. 46.
1464. *Laus H.* Die Ergebnisse d. mineralogischen u. geologischen Forschung in Mähren 1890–1900. Br., 1900 («Berichte d. Clubs f. Naturkunde», Brünn, 44, 1899).
1465. *Neuwirth V.* Die wichtigsten Mineralvorkommen im Gebiet d. Hohen Gesenkes. Göd., 1900 («Jahresber. d. Landesschule zu Göding»).
1466. *Slavik F.* Mineralogické zprávy ze západní Moravy. I–II. «Rozpravy Česke Akad.», 10, Pr., 1901; 13, 1904.
1467. *Schirmeissen.* Systematisches Verzeichniss mährisch-schlesischer Mineralien u. ihrer Fundorte. Brünn, 1903 (см. критические замечания – *F. Slavik.* «Cbl. Min.», 1904, S. 353).
1468. *Slavik F.* Zur Mineralogie von Mähren. «Cbl. Min.», 1904, S. 353.
1469. *Uličny J.* Mineralogické pabězky ze Západní Moravy. «Vestník Klubu přírodov. v Prostějově», Pr., 1905.
1470. *Laus H.* Die nutzbaren Mineralien u. Gesteine d. Markgr. Mähren u. d. Herz. Schlesien. Br., 1906.
1471. *Kratochvil J.* Nerosty jiršího Pražského okolí. Pr., 1912 (Vyr. Zprávy St. česk realki).

1472. *Kratochvíl J.* Nerosty okolí Časlavského. «Výroční správy Klubu přírodov. v Praze», 41, Pr., 1911, č. 35.
1473. *Neuwirth W.* Beiträge z. Mineralogie Mährens. «Zschr. mährisch. Landesmus.», 8, Br., 1908, S. 154.
1474. *Irrgang G.* Geolog. Karte d. Böhm. Mittelgebirge. Blatt 12, Lobositz. «Min. Petr. Mitt.», 28, 1909, S. 1. Cp. № 1461.
1475. *Rzehak A.* Über einige geol. bemerkenswerthe Mineralvork. Mährens. «Verhandl. naturf. Ver. Brünn», 48, Br., 1910, S. 163.
1476. *Seemann F.* Neue Mineralfundorte d. böhmisch. Mittelgebirges. Aussig, 1912.
1477. *Slavík F.* Nerostopis Cesh. Pr., 1916.
1478. *Zeliško J.* Geol. mineral. Notizen aus Südböhmen. I–III. «Verhandl. Geol. Reichsanst.», 1916, S. 262; 1918, S. 50; 1920, S. 69.
1479. *Jahn J.* Pamětný spis o nerostných pokladech Moravy. B., 1917.
1480. *Kettner R.* Z novějších výzkumů o rudních nalezištích v Čechách. Pr., 1917.
1481. *Slavík F.* Užítokve nerosty zemí českých. Pr., 1917.
1482. *Slavík F.* Nerostopis Moravy, Sleszka a Slovenska. Pr., 1917.
1483. *Rzehak A.* Beiträge z. Kenntniss d. Mineralien Mährens. «Verh. Naturforsch. Ver. Brünn», 1920, 57, S. 119–166.
1484. *Kučera B.* Seznam nerostii moravských a jich nalezištích. Sbornik. Kl. přírodov., v Brne, 1922, 5, B., 1923, č. 70–279.

**ЮГО-ВОСТОЧНАЯ ЕВРОПА И БАЛКАНСКИЙ ПОЛУОСТРОВ
(БОЛГАРИЯ, ГРЕЦИЯ, РУМЫНИЯ, ЕВРОПЕЙСКАЯ ЧАСТЬ ТУРЦИИ,
ЮГОСЛАВИЯ)**

- См. *Leonhard* (№ 840); *Zepharovich* (№ 1398); *Hintze* (№ 23); *Ahlburg* (№ 1418); *Slavík* (№ 1482); *Fellenberg* (№ 1429); *Fouqué* (№ 156); *Boué* (№ 1540); *Nacken* (№ 1550); *Doelter* (№ 1485).
1485. *Doelter C.* Die Mineralschätze d. Balkanländer u. Kleinasiens. St., 1916, 145 pp.
1486. *Stevanovic S.* Ann. Géol. de la pen. Balcan. 77, 1922, p. 83.
1487. *Walter B.* Beiträge z. Kenntniss d. Erzlag. Bosniens, 1887.
1488. *Herder.* Bergmännische Reise in Serbien. Pesth., 1846.
1489. *Cotta B.* Erzlagerstätten in Benat u. Serbien. Fr., 1869.
1490. *Hauer F.* Erze u. Mineralien aus Bosnien. Jb. Geol. Reichsanst., 34, 1884, S. 751.
1491. *Жујовић I.* Геологи Србије. I–II (II уз. сар. Т. Урошевића). В., 1893–1900.
1492. *Voss W.* Die Mineralien d. Herzogth. Krain. Laib., 1894 (также в Mittheil. Landes-Museum Krain, 1893–1894).
1493. *Антула Д.* Преглед рудника у крал. Србију. В., 1900; и по-французски: *Antoula.* Revue générale des gisements métallifères en Serbie. P., 1900.
1494. *Kišpatic M.* Rude u Hrvatskoj. «Rad Jugoslav. Akad.», 147, Zagr., 1901.
1495. *Kišpatic.* Mineralogicke bilješke iz Bosne. «Rad. Jugoslav. Akad.», 151, Zagr. 1902, c. 28.
1496. *Iwanowitch I.* Bergbau u. Berbaupolitik in Serbien. Berlin, 1903.
1497. *Antoula D.* L'industrie minérale en Serbie. B., 1905.
1498. *Tučan F.* Prilog poznav. Kemijskoga sastava ruda u Hrvatskoj. «Glasnik naravosl. društva», 19, Z., 1906.
1499. *Iwanowitsch D.* Les richesses minérales de la Serbie. I. P., 1907.
1500. *Schubert R.* Die nutzbaren Minerallagerstätten Dalmatiens. «Zschr. prakt. Geol.», 16, 1908, S. 49, 508.
1501. *Katzer F.* Die Minerale d. Erzgeb. v. Sinjako u. Jezero in Bosnien. «Jahrb. d. K.-K. montan. Hochschulen», 4, 1908, S. 285.
1502. *Schubert R.* Geologija Dalmacije. Zara, 1909.
1503. *Kišpatic M.* Über einige Mineralien aus Bosnien. «Min. u. Petr. Mitt.», 28. 1909, S. 297.
1504. *Antoula D.J.* Les richesses minérales de la Serbie. Marseille, 1916, 32 pp.
1505. *Krusch.* Die nutzbaren Lagerstätten Serbiens. Halle, 1916.
1506. *Rainer.* Die Erzlagerstätten von Serbien. B., 1916.
1507. *Tucan F.* Naše rudne blaho. Z., 1919.
1508. *Wray D.A.* The geology a. mineral resources of the Serb-Croat-Slovene state. L., 1921, 107 pp.

1509. *Tušan F.* Prinosí za poznavi minerala Jugoslavie. Споменита С. Лозанич, 1922.
1510. *Златарски Г.* Материали по геологията и минералогията на България. «Периодическо Списание на Българското Книжовно Дружество», II–IX, Сръд., 1882–1884.
1511. *Бончев Т.* Малък принос за минералогията на България. «Труды на Българското Природописно Дружество». I. С., 1900.
1512. *Ковář.* Chemický výzkum některých bulharských mineralů. «Rozpravy Česke Akademie», 11, Pr., 1900.
1513. *Бончев Т.* Принос към петрографията на Източният Родоп в България. «Годишник на Софийския Университет за 1904–1905», С., 1906.
1514. *Бончев Т.* Принос към петрогр. и минералог. на Рила Планина. С., 1912 (списание на Бълг. Акад. Н., II).
1515. *Weiss-Bartenstein W.* «Zschr. prakt. Geol.», 23, 1915, S. 89.
1516. *Wray D.A.* The mineral resources of Bulgaria. «Mining Mag.», L., 30, 1924, p. 73–84.
1517. *Fridvalsky J.* Mineralogia Magni Principatus Transylvaniae. Claudiopoli, 1767.
1518. *Эйхфельд.* Краткое известие о минералах, найденных в Молдавии, Валахии и Бессарабской обл. «Технолог, журн.», 11, СПб., 1814, с. 99.
1519. *Лизель.* Описание минералогических наблюдений в Молдавии и Валахии. «Горн. журн.», 1833, с. 1.
1520. *Ackner J.M.* Mineralogie Siebenbürgens. Herm., 1855 (1 Aufl. – 1847).
1521. *Rath G.* Siebenbürgen. Reisebeobachtungen u. Studien. Bonn, 1880.
1522. *Koch A.* Критический обзор минералов Трансильвании на венгерском языке в «Orvos-Természettudományi Értesítő». Kol., 9, 1884; 10, 1885 и отдельно. Немецкий подробный реферат в «Zschr. Kryst.», 10, S. 96; 11, S. 262; 13, S. 65. Дополнения под заглавием «Mineralogische Mittheilungen aus Siebenbürgen» помещены в «Értesítő», 13, 1888, S. 228; 15, 1890, S. 229. Его выводы приняты во внимание (с дополнениями) у *Zepharovich*, № 1398.
1523. *Benkő G.* Mineralogische Mittheilungen aus Siebenbürgen. «Orvos-Természettudományi Értesítő», 11, Kol., 1886, S. 15; 12, 1887, S. 272; 13, 1888, S. 236; 14, 1889, S. 183 (есть немецкое изложение).
1524. *Cremer.* Richesse minérale de la Roumanie. Liège, 1888.
1525. *Bielz E. A.* Die in Siebenbürgen vorkommenden Mineralien u. Gesteine. «Verhandl. u. Mittheil. d. Siebenbürgischen Vereins f. Naturwis.», 39, Herm., 1889.
1526. *Budai J.* Mineralogische Mittheilungen aus d. Siebenbürgischen Erzgebirge, «Orvos-Természettudományi Értesítő», 15, Kol., 1890, S. 364.
1527. *Primics G.* Mineralogisch-geologische Notizen aus Siebenbürgen. «Orvos-Természettudományi Értesítő», 16, KL, 1891, S. 175.
1528. *Mártonfi L.* Beiträge z. mineralogisch-geologischen Kenntniss d. Siebenbürgischen Beckens. «Orvos-Természettudományi Értesítő», 17, Kl., 1893, S. 387.
1529. *Semper.* Beiträge z. Kenntniss d. Goldlagerstätten d. Siebenbürgischen Erz gebirges. Berl., 1900 (Abhandl. d. Preuss. geol. Landesanst.).
1530. *Poni P.* Etudes sur les minéraux de la Roumanie. Jassy, 1900 (из Annal. Scient. Univers. Jassy).
1531. *Muteanu-Murgoci.* Minerali din Dobrogea. «Public. Soc. Natur. d. Romania», Buc., 1901, № 21.
1532. *Boblay P. de et Virlet T.* Geologie et Mineralogie. Expedition scient. de Morée, II, 2, P., 1833.
1533. *Fiedler K.G.* Reise durch alle Theile d. Königreichs Griechenland. I–II, L., 1840–1841.
1534. *Landerer.* Beschreibung d. Insel Melos, ihrer Thermen u. Mineralprodukte. «Ausland», 1846, S. 640.
1535. *Cordella.* La Grèce sous le rapport géologique et minéralogique. Paris, 1878.
1536. *Cordella.* O metallenticos pioutoc tec Elladas. At., 1902 (на греч. языке).
1537. *Zenghelis.* Les minerais et minéraux utiles de la Grèce. «Compt. Rend. V congrès de la chim. appliquée», 1903.
1538. *Grill E.* I minerali dell'isola Nisiro (Mar Egeo). R., 1915.
1539. *Hall F. a. Silliman B.* Notice of oriental minerals. «Amer. Journ. Sci.», 33, N. H., 1838, p. 249.
1540. *Boué A.* La Turquie d'Europe. I. P., 1840 (по-немецки в 1889 г.).
1541. *De Launay L.* Etudes géol. sur la mer Egée. «Ann. Mines», P., 1898.

1542. *Bonkowski C.* Essais analitiques sur quelques mineraux de la Turquie d. Europe et de la Turquie d'Asie. P., 1865.
1543. *Boué A.* Mineralogisch. u. geognostisches Detail über einige meine Reiserouten in d. Europäischen Türkei. «Sitzb. Wien. Akad.», 61, 1, 1871, S. 203.
1544. *Weiss.* Über Bergbaugetrieb u. Mineralvorkommnisse in d. Türkei. Bern, 1889.
1545. *Foullon H.* Über d. Gesteine u. Mineralien d. Insel Rhodus. «Sitzber. Wien. Akad.», 100, 1901, S. 144.
1546. *Цвијич I.* Основе за географију и геологију Македоније и Старе Србије. I–II. Б., 1906.
1547. *Pribil F.* Bohatství nerostů v Makedonii. «Hornické a hutní Listy», 10, 1909.
1548. *Scherka.* Bergwerke u. Erzlagerverzeichniss d. Türkei. 1916.
1549. *Blanckenhorn M.* Die nutzbaren. Minerallagerstätten d. südl. Türkei, besonders im Bereich d. Hedschebahn., 1916.
1550. *Nacken.* Die Mineralschätze d. Balkanländer. Budap., 1917.
1551. *Freeh F., Honig A. u. Sack A.* Die Grundlagen türk. Wirtschaftsverjüngung. B., 1917.

АЗИЯ

Общая

1552. *De Launée L.* La géologie et les richesses minérales de l'Asie. P., 1911.
1553. *Schwarzmann M.* Mineralogie u. Petrographie: в книге *K. Futterer*; Durch Asien. III, 2, B., 1911, S. 1.

МАЛАЯ АЗИЯ

АЗИАТСКАЯ ЧАСТЬ ТУРЦИИ

См. *Doelter* (№ 1485); *Bonkowski* (№ 1542).

1554. [*Чухачев*] *Tschihatcheff De.*, L'Asie Mineure. Géologie. I–III. P., 1866–1869.
1555. *Kannenberg.* Kleinasien's Naturschätze. B., 1897.
1556. *Weiss K.E.* Kurze Mittheilungen über Lagerstätten in Westlichen Anatolien. «Zschr. prakt. Geol.», 1901, S. 249.
1557. *Simmersbach B.* Die nutzbaren mineralischen Bodenschätze in d. Kleinasiatischen Türkei. «Zschr. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen», 1904, S. 515.
1558. *Schmeisser C.* Bodenschätze u. Bergbau Klein-Asiens. «Zschr. prakt. Geol.», B., 1906, S. 186.
1559. *Frech F.* Mineralvorkommen Anatoliens. «Glückauf», 61, 1915, Heft 16–19.
1560. *Hagen W.* Der Bergbau Kleinasien. «Zschr. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen». 68, B., 1920, S. 33.

ИРАН¹

1561. [*Гревингк К.*] *Grewingk C.* Die geognostischen u. orographischen. Verhältnisse d. nördlichen Persiens. «Verhandl. Min. Ges. in St.Petersbourg», SPb., 1853, S. 97.
1562. *Tietze.* Die Mineralreichthümer Persiens. «Jb. Geol. Reichsanst.», 29, 1879, S. 565.
1563. *Helmhacker R.* The mineral ores of Persia. «Eng. a Min. Journ.», L., 1898.
1564. *Schmeisser C.* Die nutzbare Mineralien Persiens. B., 1906.

АФГАНИСТАН

1565. *Drummond H.* On the mines a. miner. resources of North Afghanistan. «Journ. Asiat. Soc. Bengal.», 10, Calc., 1841, p. 74.
1566. *Hutton.* Notes on geology a. mineralogy of Afghanistan. «Journ. Natur. Hist.», 6, Calc., 1846, p. 562.

¹ [В первом изд. – Персия].

ПАЛЕСТИНА

1567. *Hall F.* Description of minerals from Palestine. «Amer. Journ. Sci.», 9, N. H., 1825, p. 337.
1568. *Silliman B.* Notice of minerals from Palestine, Egypt etc. «Amer. Journ. Sci.», 10, N. H., 1826, p. 23.
1569. *Разумовский Д.* Минералогия Палестины. «Душеполезное чтение», М., 1890, авг.– сент.
1570. *Sacchse K.* Zur chemischen Kenntniss d. Mineralien, Gesteine u. Gewässer v. Palaestina. Erl., 1896.
1571. *Blanckenhorn M.* Die Mineralschätze Palaestinas. «Mittheil. u. Nachrichten d. Deutsch. Palaestina Vereins», 8, Lpz., 1902, S. 65.

О-В СОКОТРА

1572. *Forbes H.* The natural history of Sokotra a. Add-el-Kuri. L., 1903.

ИНДИЯ И ПАКИСТАН¹

См. *Leonhard* (№ 840); *Hintze* (№ 23); *Haughton* (№ 983); *Posewitz* (№ 1625); *Bournon De* (№ 583); *Mallet* (№ 628); *Smith* (№ 637).

1573. *Newbold T.* List of minerals for presentation to the Society, collected fr. various parts of Nizam's territories etc. «The Madras Journ. of Lit. a. Sci.», 12, M., 1840, p. 16 (минералы Индии).
1574. *Newbold T.* Mineral resources of South. India. «Journ. Asiat. Soc.», J., 1843, p. 212.
1575. *Marsh.* Notes on the occurrence of gold a. other minerals in Mysore. Bangalore, 1887.
1576. *Mallet J.* Mineralogy of India. L., 1887. (A manual of geology of India, IV).
1577. *King W.* Provisional index of local distribution of important minerals, miscell. minerals, gems etc. of the Indian Empire. «Records Geol. Surv. India», 22, C., 1889, p. 227; 23, 1890, p. 130.
1578. *Finot L.* Les lapidaires indiens. P., 1896.
1579. *Ball V.* A manual of economic geology of India. 2 ed., I, Calc., 1898 (by T.H. Holland); 1 ed. – 1881.
1580. *Rudra S.* Mineral resources of Brit. India. «Trans. Amer. Inst. Min. Eng.», 34, 1904, p. 823.
1581. *Holland T.H.* Sketch of mineral resources of India. Calc., 1908.
1582. *Fermor L.* The mineral resources of Central provinces. «Record Geol. Surv. India», 1, 1919, p. 273.

ЦЕЙЛОН

1583. *Davy J.* On the geology a. mineralogy of Ceylon. «Geol. Transact.», 5, L., 1821, p. 311.
1584. *Bournon de.* Observations sur quelques uns des minéraux soit de l'île de Ceylon, soit de la côte de Coromandel. Paris, 1823.
1585. *Gyax R.* On the mineralogy of Ceylon. «Journ. Ceylon Branch of Asiat. Soc.», 1847–1848. Reprinted, Col., 1870, p. 1.
1586. *Dixon A.* The rocks a. minerals of Ceylon. «Journ. Ceylon Branch. Asiat. Soc.» (1880), II, Col., 1881, p. 39.
1587. *Modder F.* A geol. a. mineral. sketsch of the North West Province Ceylon. «Journ. Asiat. Soc. of Ceylon», 15, 1897, p. 39.
1588. *Grünling F.* Über d. Mineralvorkommen von Ceylon. «Zschr. Kryst.», 33, 1900.
1589. *Coomaraswamy A.K.* Mineralogical Survey. Administrations reports of Ceylon. 1905, Col., 1904–1908 (за 1907 г. – *Parsons J.*).
1590. *Coomaraswamy A.K.* The rocks a minerals of Ceylon. «Spolia Zeylonica», 3, C., 1906, p. 50. Дополнения даны им же, ib., p. 198.
1591. *Coomaraswamy A.K.* Bibliography of Ceylon geology. Mineral. Survey. Administration reports of Ceylon f. 1906. C., 1907, p. 10.

¹ Для Индии критика старой литературы с точки зрения ее достоверности – *Mallet* (№ 628). Его замечания приняты во внимание при указании литературы.

ИНДОКИТАЙ (БИРМА, ВЬЕТНАМ, КАМБОДЖА, ЛАОС, ТАИЛАНД)

1592. *O'Riley E.* Remarks on the metalliferous deposits a. mineral productions of the Tennasserim prov. «Journ. Ind. Archipel.», 3, 1849, p. 733.
1593. *Strover G.A.* On the metals a minerals of Upper Burmah. «Geol. Mag.», 10, L., 1873, p. 356 (перепечатано из «Gazette of India», 1873).
1594. *Dayle.* A contribution to Burman mineralogy. Calc., 1879.
1595. Papers on geology a. mineralogy of British Burma (reprinted by order of C. Bernard). Calc., 1882.
1596. *Mason F.* Burma; its people a. productions, 3 ed. (rewritten a. enlarged by Theobald W.), I, Hertf., 1882 (1 ed. Mason – 1850).
1597. *Noetling.* Notes on the mineral resources of Upper Burma. Rang., 1893.
1598. *Ponzer N.M.* The mineral resources of Burma. L., 1922, 183 pp.
1599. *Cotter G. de P.* The mineral deposits of Burma. Rangoon, 1924, 83 pp.
1600. *Bourgeois L.* Collections d'échantillons minéralogiques recueillies dans le royaume de Siam. «Bull. Soc. Minéral. France», 6, 1883, p. 13.
1601. *Louis H.* The ruby a. sapphire deposits of Moug Klung, Siam. «Min. Mag.», 1894, 10, p. 267–272.
1602. Les mines de Siam. «Bull. Musée Commerc. Bruxelles», 1902, p. 1775.
1603. L'étain au Siam. «Bull. Musée Commerc. Bruxelles», 1903, p. 1444–7.
1604. *Arnoux.* Minéraux de Cocbinchina. «Ann. Mines», 1855, p. 605.
1605. *Fuchs E. et Saladin E.* Mem. sur l'exploration des gîtes de combust, et de quelques uns des gîtes métall. de l'Indo-Chine. «Ann. Mines», (8) 2, 1882, p. 185.
1606. *Bel.* Gîtes minéraux de l'Indo-Chine centrale. «Bull. Soc. Ind. Min.», 12, P., 1898, p. 381.
1607. *Pelatan.* Les richesses minérales des colonies françaises. P., 1902 (сперва в «Revue Universelle des Mines», 52, 1900).
1608. *Laurent.* Les produits coloniaux d'origine minérale. P., 1903.
1609. *Lantenois N.* Notice sur la carte géol. et les mines de l'Indo-Chine, 1906.
1610. *Dupouy G.* Contribution a l'étude de la minéralogie de l'Indo-Chine. Minéraux et Minerais de Tonkin. P., 1909.
1611. *Dupouy G.* Etudes minéralogiques sur l'Indochine française. P., 1913, 438 pp.

МАЛАЙЯ

1612. *Morgan J. de.* Note sur la géol. et sur l'ind. min. du royaume de Pérak. et des pays voisins (presqu'île de Malacca). «Ann. Mines», (8) 9, 1886, p. 368.

ИНДОНЕЗИЯ

1613. *Prinsep J.* Examination of minerals from Ava. «Journ. Asiat. Soc. Bengal.», 21, 1832, p. 15.
1614. *Horsfield J.* Mineralogical description of the Island of Bânkâ. «Journ. Indian Archipelago a. Eastern Asia», 3, 1848 (минералогическая часть перепечатана в «Amer. Journ. Sci.», (2) 7, N.H., 1849, p. 86).
1615. Bijdragen tot de geologische en mineralogische Kennis van Nederland Indië, door de ingenieurs v. het myjnwezen. 1–31, Bat., 1851–1868.
1616. *Junghuhn F.* Java. II–III, 2-е изд., s'Grav., 1853 (1-е изд. – 1849; немецкий перевод Н.К. Hasskarl, L., 1852–1854).
1617. *Nelson¹.* Mineralogy of Madura district. «Madura Manual», Madr., 1868, p. 23.
1618. *Frenzel A.* Mineralogisches aus d. Ostindischen Archipel. «Miner. Mittheil.», W., 1877, S. 299; (2) 3, 1880, S. 289.
1619. *Yerbeek R.D.M.* Topographische en geologische beschrijving van Sumatra westkust. I–II. Bat., 1883.
1620. *Hooze J.* Topographische, geologische en mineralogische beschrijving der afd. Martapoera, Borneo. Am., 1893 («Jaarboek v. h. mijnwezen. in Nederl. O. Indië»).

¹ Данная работа относится не к о-ву Мадурa, а к окрестностям г. Мадурa в Индии.

1621. *Martin K.* Reisen in d. Molukken, in Ambon, d. Uliassern, Saran u. Bura. Leyd., I–IV, 1894–1904.
1622. *Verbeek R.D.M. et Fennema R.* Description géologique de Java et Madoura. I–II. A., 1896 (есть и голландское издание).
1623. *Verbeek R.* Geologische Beschrijving v. Biliton on Bangka. A., 1897.
1624. *Verbeek R.* Krakatau. I–II, s'Grav. (ed.), 1885–1886.
1625. *Posewitz T.* Borneo. B., 1889.
1626. *Groot C. de.* Herinneringen aan Blitong, s'Grav. (ed.), 1887.
1627. *Molengraaf G.* Geological explorations in Central Borneo. Leid., 1903 (по-голландски в 1900 г.).
1628. *Wing Easton N.* Geologie eines Teiles von West Borneo. «Jaarboek v. h. Mijnwezen en Ned. O. Indië». Bat., 1904.
1629. *Bousquet J.G.* Les richesses minér. des Indes Orient. Néérl. «Mem. Soc. Ing. Civ.», P., 1904.
1630. *Verbeek R.D.M.* Description géologique de l'île d'Ambon. Bat., 1905 (есть голландское издание).
1631. *Черник Г.* К минералогии о. Борнео. «Труды Геол. музея Акад. наук», 6, СПб., 1912.
1632. *Grutterink I.* Ennele minder benende mineralen nit Indie. Verslag Geol. Sectie Geol.-Mijnbouw Genootsch. v. Nederland en Kolon., II, s'Gr., 1915, S. 17.

ФИЛИППИНСКИЕ ОСТРОВА

1633. *Centeno y Garcia J.* Memoria geológico-minera de la Islal Filipinas. Madr., 1876.
1634. *Frenzel A.* Mineral del archip. de las Indias Orient. Filipinas. «Bol. Comis. Mapa Geol. d. España», 6, Madr., 1879, p. 87.
1635. *Abella y Casariego E.* Rápida description fisica, geologica y minera de la isla de Sebu. «Bol. Comis. Mapa Geol. de España», 13, Madr., 1886.
1636. *Becker.* Memoirs on mineral resources of Philippine Islands. «XIX Ann. Report U. S. Geol. Surv.», 6, Wash., 1898, p. 687.
1637. El Archipelago Filipino. Colleeiòn de datos geograficos, estadisticos, cronológicos y científicos. I–II. Wash., 1900.
1638. The mineral resources of Philippine islands (ed. W. D. Smith). Man., 1910 (1 ed.– 1907). Выходит ежегодно.
1639. *Eddingfield F.* Ore deposits of the Philippine Islands. «Philip. Journ. Sci.», April, 1913.
1640. *Smith W.D.* Geology a. mineral resources of the Philippine Islands. Manila, 1924, 559 pp. (List of minerals, p. 333–350).

КИТАЙ И МОНГОЛИЯ

См. *Hintze* (№ 23).

1641. *Pumpelly R.* Geological researches in China, Mongolia a. Japan. «Smithsonian Contributions to Knowledge», 15, Wash., 1867.
1642. *Richthofen F.* Letters on the prov. of Chekiang a. Ngahwei. Shangh., 1871.
1643. *Давыдов.* О минеральных богатствах Кульджи. «Горн. журн.», СПб., 1872, I.
1644. *Richthofen F.* China. I–II. Lpz., 1877–1882; III (ред. E. Thiessen). Berl., 1912 (Южный Китай).
1645. *Пфаффуус А.* Очерк Минералогических богатств Квантунского пол. «Изв. Общ. горн. инж.», СПб., 1899, № 5.
1646. *Geerts A.J.C.* Les produits de la nature japonaise et chinoise. Partie inorganique et minéralogique. I. Yok., 1878.
1647. *Duclos P.* Rapports sur les mines et la metallurgie. «La mission Lyonn.. d'explor. com. en Chine», 2, L., 1898.
1648. *Richthofen F.* Shantung u. seine Eingangspforte Kiautschau. B., 1898.
1649. *Leclère M.* Etude géologique et minière des provinces chinoises voisines de Tonkin. P., 1902.
1650. *Анерт Э.* Путешествие по Маньчжурии. СПб., 1904.
1651. *Lantenois N.* Résultats de la mission géol. et minière du Yunnan méridion. «Ann. Mines», (10) 11, 1907, p. 298.
1652. *Willis B.* The mineral resources of China. «Econ. Geol.», 3, Lanc., 1908, p. 1, 118.

1653. *Грум-Гржимайло Г.* Западная Монголия и Урянхайский край. I. Пг., 1914.
 1654. *Wong-Wen-Hao.* The mineral resources of China. «Mem. Geol. Surv. China», (B), 1, 1919.
 1655. *Brown J.C.* Mines a. mining resources of Yunnan. «Mem. Geol. Surv. India», 47, C., 1920.
 1656. *Wong-Wen-Hao.* Металлогенические провинции Китая. «Bull. Geol. Surv. China», 1920, № 2, p. 61.

КОРЕЯ

1657. *Gottsche.* Über d. Mineralreichtum v. Korea. 1889.
 1658. *Nischiwada K.* Die nutzbaren Lagerstätten von Korea. «Zschr. prakt. Geol.», 1898, S. 167.
 1659. *Inouye K.* Geology a. mineral resources of Corea. «Mem. Geol. Surv. Japan.», 1, Tok., 1907, p. 1.
 1660. *Fukuchi N.* Mineralogy of Chösen (Korea). «Beitr. Min. Japan», 1915, № 5, p. 207–227.
 1661. Minerals of Chösen (Korea). «Bull. Mineral Surv. Korea», 1923, № 2, 104 pp.

ЯПОНИЯ

См. *Hintze* (№ 23); *Milne* (№ 623); *Pumpelly* (№ 1641).

1662. *Geerts.* Useful minerals a. metallurgy of Japan. «Transact. Asiat. Soc. Japan», 3, Yok., 1875, p. 1, 26, 85; 4, 1876, p. 34, 89.
 1663. *Milne.* On Japanese minerals. «Min. Mag.», 3, 1879, p. 96.
 1664. *Wada T.* The Mining industry of Japan. Tok., 1893.
 1665. *Jimbo K.* Notes on the minerals of Japan. «Journ. Sci. Univ. Tokyo», 9, 1889, T., p. 213.
 1666. *Wada T.* Минералы Японии (на японском языке), 1-е изд. – Tok., 1916, 2-е изд. – 1921. По-английски: Minerals of Japan (transl. by Ogawa J.), T., 1904, 151 p. Second ed. by Jimbo K. Takimoto T. a. Fukuchi N. Tokyo, 1916, 480 pp.
 1667. Outlines of geology of Japan. Published by Geological Survey. T., 1902 (полезные ископаемые).
 1668. *Wada T.* Beiträge z. Mineralogie Japans. I–II. T., 1905–1906; III–IV, T., 1911–1912; V – 1915.
 1669. Les mines du Japon, réd. par le Bureau des Miner. Exposition Univ. de Paris. P., 1900.
 1670. *Iwasakai C.* The metallogeny of Japanese Islands. Journ. Coll. Sci. Univ. Tokyo, 32, T., 1912.
 1671. *Jimbo K.* A supplement to the list of Japanese minerals in Wada's Minerals of Japan. Beitr. Min. Japan., 1915, № 5, p. 304–305.
 1672. *Ichikawa S.* Notes on Japanese minerals. Amer. Journ. Sci., 42, 1916, p. 111; 48, 1919, p. 124.

СЕВЕРНАЯ АМЕРИКА

Общая

1673. *Nicles J.M.* Geologic literature on North America 1785–1918. Bull. U. S. Geol. Surv.; 1923–1924, № 746, 747, 1825 pp.
 1674. *Schöpf J.D.* Beiträge z. mineralogischen Kenntniss d. östlichen Theils von Nord-Amerika. Erl., 1787.
 1675. *Schütz A.* Beschreibung einiger Nordamerik. Fossilien. L., 1791.
 1676. *Struve H.* Beiträge z. Mineralogie u. Geologie d. Nordlichen Amerikas, nach Amerikanischen Zeitschr. bearbeitet. Hamb., 1822.
 1677. *Mend W.* Localities of minerals. «Amer. J. Sci.», 7, N.Y., 1824, p. 54.
 1678. *Robinson S.* Catalogue of American minerals¹ with their localities. Boston, 1825.
 1679. *Melville W.H. a. Lindgren W.* Contributions to the mineralogy of the Pacific Coast. «Bull. U. S. Geol. Survey», № 61, 1890.
 1680. *Dana E.S.* Catalogue of American [U. S. A. a. Canada] localities of minerals. N.Y., 1893. (Отдельное издание из № 17).
 1681. *Kunz G.* Gems a. precious stones of North America. 3 ed., N.Y., 1903 (1 ed.– 1890).

¹ [U. S. A. a. Canada].

СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ СЕВЕРНОЙ АМЕРИКИ (США)

Общая

- См. *Gratacap* (№ 696); *Dana* (№ 17); *Kemp* (№ 236); *Leonhard* (№ 840); *Shepard* (№ 15).
1682. *Hall F.* Catalogue of minerals found in the State of Vermont a. in adjacent states. Hartf., 1824.
1683. *Shepard C.U.* Mineralogical journey in Northern New England. «Amer. Journ. Sci.», 17, N.H., 1830, p. 353; 18, 1830, p. 136, 389.
1684. *Leonhard G.* Topographische Mineralogie d. Vereinigten Staaten von Nord-Amerika. «N. Jb. Min.», 1849, S. 805.
1685. *Hough F.B.* New American localities of minerals. «Amer. Journ. Sci.», (2), 12, 1851, p. 395.
1686. *Gregory J.J.H.* Notices of localities in New England. «Amer. Journ. Sci.», (2), 12, N. H., 1851, p. 396.
1687. *Whitney J.* The metallic wealth of United States, Phil., 1854.
1688. *Dieffenbach O.* Bemerkungen über d. Mineralreichtum d. Vereinigten Staaten v. Nord Amerika. «N. Jb. Min.», 1855, S. 527; 1856, S. 385.
1689. *Joy C.A.* Examination of a few American minerals. «Ann. of N.York Lyceum of Natural History», 8, N. Y., 1865, p. 120.
1690. *Еремеев П.* Заметки о некоторых североамериканских минералах. Горн. журн., СПб., 1866, II, с. 439.
1691. *Smith L.* Reexamination of American minerals. «Original Researches». St-L., 1884, p. 136 (перепечатка статей из «Amer. Journ. Sci.» за 1853–1854).
1692. Mineral resources of United States. 1–4 by *Williams A.*, 5–21 by *Day D. W.*, 1883–1905.
1693. *Chamberlin B.B.* Minerals of States Islands. «Transact. New York Acad. Sci.», 5, N.Y., 1886, p. 228.
1694. *Emmons S.F.* Geological distribution of useful metals in United States. «Transact. Amer. Inst. Min. Eng.», 22, 1893, p. 53.
1695. *Tarr.* Economic Geology of United States. L., 1894.
1696. Contributions to Economic Geology. I–VI, f. 1902–1906 (I–III изд. *Emmons S. a. Hayes C. W.*; IV–VI изд. *Emmons S. a. Eckel E.*), W., 1903–1907 («Bull. Un. St. Geol. Surv.»). Новые тома: f. 1908–1911, W., 1909–1912.
1697. *Whitlock H.* List of New York mineral localities («New York State Museum Bull.», № 70), Alb., 1903.
1698. *Ries H.* Economic geology of United States of America, N. Y., 1905; 3 ed. – 1911; 4 ed. – 1916.
1699. Papers of the conservation of mineral resources. W., 1909 («Bull. Un. St. Geol. Surv.», № 394).
1700. *Clarke F.W.* Analysis of rocks a. minerals in the labor. of U. S. Geol. Surv., 1880–1908. Wash., 1910 («Bull. Un. St. Geol. Surv.», № 419).
1701. *Henning C.L.* Die Erzlagerstätten d. Vereinigten Staaten v. Nordamerika. St., 1911.
1702. *Lindgren W.* Geol. introduction to the mining districts of the Western Un. States. «Bull. Un. St. Geol. Surv.», 1912, № 507, p. 1.
1703. *Hill J.* The mining districts of the Western United States. «Bull. Un. St. Geol. Surv.», № 507, W., 1912.
1704. *Sanford S. a. Stone R.W.* Useful minerals of United States. W., 1914 («Bull. Un. St. Geol. Surv.», № 585); 2 ed. – W., 1920 («Bull.», № 624).
1705. АЙДАХО. *Lindgren W.* The mining districts of the Idaho Bas. a. the Boise Ridge, Idaho. «18 Ann. Rep. U. S. Geol. Surv.», 3, 1897, p. 617.
1706. АЛАБАМА. *Smith E.A. a. Mac Galley H.* Index to mineral resources of Alabama. «Alabama Geol. Surv.», 1904.
1707. АЛЯСКА. *Mendenhall W. a. Schrader F.C.* The mineral resources of the Mount Wrangel district, Alaska. W., 1903 («Prof. Paper. U. S. Geol. Surv.», № 15).
1708. *Palache G.* Notes on minerals collected «Harriman Alasca Exped.», IV, N.Y., 1904, p. 91.
1709. АРИЗОНА. *Lindgren W. a. Hillebrand W.F.* Minerals from the Clifton-Morensi distr., Arizona. «Amer. Journ. Sci.», (4), 18, 1904, p. 448. (То же в «Bull. Un. St. Geol. Surv.», № 261, 1905, p. 422).

1710. *Lindgren W.* The copper deposits of the Clifton-Morensy distr., Arizona. Wash., 1905 («Prof. Papers U.S. Geol. Surv.», № 43).
1711. *Blake W.P.* Minerals of Arizona. Tucson, 1909.
1712. *Schrader C.* Mineral deposits of the Cerbat Range, Black Mountains a. Grand Wash Cliffe Mohave C-y, Arizona. Wash., 1909 (Bull. U. S. Geol. Surv., № 397).
1713. *Guild F.N.* The mineralogy of Arizona. East, 1910.
1714. АРКАНЗАС. *Owen.* The minerals a. springs of Arkansas. «De Bow Review», 25, N. O., 1958, p. 189.
1715. *Mac Ray.* The minerals a. rocks of Arkansas. Phil., 1886.
1716. ВАЙОМИНГ. *Peale A.C.* The thermal springs of Yellowstone National Park. «12 Ann. Report of U. S. Geol. a. Geograph. Surveys of the territories», 2, Wash., 1883, p. 65.
1717. ВАШИНГТОН. *Clapp F.C.* Economic geology of the Amity Quadrangle, East Washington. 1906 («Bull. Un. St. Geol. Surv.», № 300).
1718. ВЕРМОНТ. *Silliman B.* Notices of minerals of Berkshire. «Amer. Journ. Sci.», 4, 1822, p. 40.
1719. *Perkins.* Mineral resources of Vermont. «6 Report of State Geol.», Verm., 1908.
1720. ВИРГИНИЯ. *Mac Creath.* The mineral wealth of Virginia. Harrisb., 1883.
1721. *Watson T.L.* Mineral resources of Virginia. Lynchb., 1907.
1722. ВИСКОНСИН. *Rivot L.* Notice sur le Lac Supérieur. «Ann. Mines», (5), 10, 1856, p. 365.
1723. *Faster a. Whitney J.D.* Report on the geology of Lake Superior Land District, 1851. Дополнения: *Whitney J.D.* «Amer. Journ. Sci.», 28, (2) 1859, p. 8.
1724. *Irving R.D.* The mineral resources of Wisconsin. «Transact. Amer. Inst. Min. Eng.», 8, 1880, p. 478.
1725. *Irving R.D.* Minerals a. lithology of Wisconsin. «Geology of Wisconsin», I, Bel., 1883, p. 309 (раньше предварительный список минералов: *Lapham.* «Ann. Rep. Geol. Surv. of Wisconsin», 2, 1873).
1726. *Blake W.P.* The mineral deposits of Southwest. Wisconsin. «Transact. Amer. Inst. Min. Eng.», 22, 1893, p. 558.
1727. *Hobbs W.* A contribution to the mineralogy of Wisconsin, 1895, I, p. 105.
1728. ГЕОРГИЯ. *Stephenson.* Geology a. mineralogy of Georgia. Atlanta, 1871.
1729. *Mac Gallie S.W.* A preliminary report on the mineral resources of Georgia. «Bull. Geol. Surv. Georgia», № 23, 1910, 208 pp.
1730. ИЛЛИНОЙС. *Crook A.B.* The mineralogy of the Chicago area. «Bull. Nat. Hist. Surv. of the Chicago Acad. Sci.», № 5, Ch., 1902.
1731. ИОВА. *Keyes C.R.* Annotated catalogue of minerals of Iowa. «Ann. Report of Iowa Geol. Surv.», 1, Des Moines, 1893, p. 183.
1732. КАЛИФОРНИЯ. *Whitney J.D.* Report on the geology of California. S. Fr., 1865.
1733. *Blake W.* Annotated catalogue of the principal mineral species hitherto recognised in California a. the aljoined states a. territories, Sacr., 1866.
1734. *Whitney J.D.* Mineral species in California. «Proceed. California Acad. Sci.», 3, S. Fr., 1868 (по-немецки: *Richthofen F.* «Zschr. Deutsch. geol. Ges.», 21, B., 1869, p. 741).
1735. *Hanks H.G.* Catalogue a. description of the minerals of California. «4 Ann. Rep. State Mineralogist», 1884, p. 61–398.
1736. *Cross W. a. Hillebrand W.F.* Contributions to the mineralogy of the Rocky Mountains. «Bull. Un. St. Geol. Surv.», 1885, № 20.
1737. *Trelan.* The mineral resources of State California. «Eighth Report of California State Mineralogist», S. Fr., 1888.
1738. *Fairbanks H.W.* Geology a. mineralogy of Shasta Co (California). «XI Report of California State Mineralogist», S. F., 1892, p. 24.
1739. *Benjamin.* California mines a. minerals. S. Fr., 1899.
1740. *Blasdale W.* Contributions to the mineralogy of California. «Bull. Depart. Geol. Univers. of California», 2, Berk., 1901.
1741. *Eacle A.* Notes on some Californian minerals. Berk., 1908. («Bull. Calif. Geol. Inst. University»), 5, p. 225.
1742. *Eacle A.S.* Minerals of California. «Bull. Calif. Mining Bur.», 1914, № 67, 226 pp.; 2 ed., ibid., 1923, № 91, 328 pp. Sacr., 1924.

1743. КАНЗАС. *Schrader C. a. Haworth E.* Economic geology of Independence Quadrangle Kansas. Wash., 1906 («Bull. Un. St. Geol. Surv.», № 296).
1744. КОЛОРАДО. *Frazer P.* Mines a. minerals of Colorado. «First. 2 a. 3 Ann. Reports of U.S. Geol. Surv. of the territories f. 1867–1869», Wash., 1873, p. 201. (Первый отчет появился в 1869 г. в «Preliminary Field Report», W., 1869, p. 103).
1745. *Loew O.* Investigations upon mineralogical a. agricultural conditions, observed in portions of Colorado, New Mexico a. Arizona, «Report of the geological a. geographical explorations a. surveys West of the 100 Meridian», 3, Wash., 1875, p. 573.
1746. *Endlich F.M.* Catalogue of minerals found in Colorado. «Tenth Ann. Report of U. S. Geol. a. Geogr. Surv. of the territories», Wash., 1878, p. 135.
1747. *Comstock T.B.* Notes of the geology a. mineralogy of San Juan C-у, Colorado. «Transact. Amer. Inst. Min. Eng.», 11, 1883, p. 165.
1748. *Cross Whitman.* A list of specially noteworthy minerals of Colorado. «Proceed. of the Colorado Scient. Soc.», 1, Denv., 1884, p. 134.
1749. *Hillebrand W.* Mineralogical notes. «Proceed. of the Colorado Scient. Soc.», 1, Devn., 1884.
1750. *Randall J.S.* Minerals of Colorado. Geogr. town., 1887.
1751. *Lindgren W. a. Ransome F.* Geology of gold deposits of Cripple Creek distr., Colorado. Wash., 1907 («U. S. Geol. Surv. Prof. Papers»).
1752. КОННЕКТИКУТ. *Shepard C.U.* Report on the economical mineral resources a. on the scientific mineralogy of Connecticut. New Hav., 1838.
1753. ЛУИЗИАНА. *Peck C.* Minerals of Louisiana. «De Bow Review», 11, New Orl., 1851, p. 220.
1754. МАССАЧУЗЕТС. *Freeman J. a. Dana S.L.* Outlines of mineralogy a. geology of Boston a. its vicinity. B., 1818 («Mem. Amer. Acad. Sci.», 4, 1818, p. 129).
1755. *Hitchcock E.* Report on the geology, mineralogy, botany a. zoology of Massachusetts. 2 ed., Amherst, 1835 (1 ed. – 1832–1833).
1756. *Hitchcock E.* Report on a. reexamination of economic geology of Massachusetts. Bost., 1838.
1757. *Shepard C.U.* Catalogue of minerals found within about 75 miles of Amherst College. Amh., 1876.
1758. *Wadsworth M.E.* Notes on the mineralogy a. petrography of Boston a. vicinity. «Proceed. Boston Soc. Nat. Hist.», 19, B., 1878, p. 217.
1759. *Emerson B.* A mineralogical lexicon of Franklin Hampshire a. Hampden C-ies, Massachusetts. Wash., 1895. (Добавления его же в «Monographs of U. S. Geol. Surv.», W., 1899, p. 754).
1760. *Sears J.H.* The physical geography, geology, mineralogy a. palaeontology of Essex C-у, Mass., Salem, 1905. (Издание Essex Inst.).
1761. МИННЕСОТА. *Berkey C.P.* Notes on Minnesota minerals. «Ann. Report of the Geol. a. Natur. History Surv. of Minnesota», 23, Min., 1895, p. 194.
1762. *Winchell H.* Mineralogy a. petrology of Minnesota. «Final Report of Minnesota Geol. Surv.», 5, 1900, p. 937.
1763. МИССИСИПИ. *Crider A.F.* Geology a. mineral resources of Mississippi. W., 1906 («Bull. Un. St. Geol. Surv.», № 283).
1764. МИССУРИ. *Leonhard A.* Notes on the mineralogy of Missouri. «Transact. Acad. Sci. of St. Louis», 4, S. L., 1884, p. 440. (Добавление: *Wheeler.* Recent additions to the mineralogy of Missouri, ib., 7, 1895, p. 126).
1765. МИЧИГАН. *Koch.* Die Mineralregionen d. Halbinseln Michigan u. Isle Royale. Gött., 1853 («Studien d. Götting. Vereins Bergmänn. Freunde», 6, 1853).
1766. *Wright F.E.* Notes on the rocks a. minerals of Michigan. Houghton, 1905.
1767. *Nore R.* Mineral resources of Michigan. Lane., 1915 («Publ. Mich. Geol. a. Biol. Surv.», 19).
1768. МОНТАНА. *Chamberlin B.B.* Minerals of Harlem a. vicinity. «Transact. New York Acad. Sci.», 5, N.Y., 1885, p. 74.
1769. *Barrell J.* Geology of Marisville Mining distr. Montana. Wash., 1907 («Prof. Papers U. S. Geol. Surv.», № 57).
1770. *Weed W.* Geology a. ore deposits of the Butte distr., Montana. «Prof. Papers U. S. Geol. Surv.», № 74, Wash., 1912, 202 p.
1771. МЭН. *Clarke F.W.* The minerals of Lichtfield, Maine. «Bull. of U. S. Geol. Surv.», № 42, Wash., 1887, p. 28.

1772. МЭРИЛЕНД. *Tyson*. A description catalogue of the principal minerals of Maryland. «Transact. Maryland Acad. Sci.», 1, 1837, p. 102.
1773. НЬЮ-ГЕМПШИР. *Hawes G.W.* Mineralogy a. lithology of New Hampshire (Geology of New Hampshire, III, Concord., 1878).
1774. НЬЮ-ДЖЕРСИ. *Canfield F.A.* Catalogue of minerals found in New Jersey. «Final Report of State Geologist of N. Jersey f. 1889», 2, 1891, p. 1.
1775. *Valiant W.* New Jersey mineral localities. «Mineral Collector», N. Y., 1904, p. 122, Добавления – *ib.*, 13, 1906, p. 17.
1776. ШТАТ И ГОРОД НЬЮ-ЙОРК. *Akerly S.* On the geology a. mineralogy of the Island of New York. «Amer. Min. Journ.», 1, 1814, p. 191.
1777. *Finch*. Essay on mineralogy a. geology of St. Lawrence C-у. «Amer. Journ. Sci.», 19, N. H., 1831, p. 220.
1778. *Shepard C.U.* A sketch of mineralogy of the counties of Orange a. Sussex, N. Y., «Amer. Journ. Sci.», 21, 1832, p. 321.
1779. *Crawe a. Gray*. A sketch of mineralogy of Jefferson a. Lawrence C-ies. N. Y., «Amer. Journ. Sci.», 25, 1834, p. 346.
1780. *Beck L.C.* Mineralogy of New York. Alb., 1842 (даёт полный список американских минералов, даже не встреченных в Нью-Йорке, с. 447). Добавления даны им же в «Amer. Journ. Sci.», 46 (1), 1844, p. 25; затем *Hough F.B.*, *ib.*, 5, (2) N. H., 1848, p. 132; 9, 1850, p. 288.
1781. *Horton W.* List of minerals found in Orange C-му, N. Y., «Geology of New York», 1-st Distr., 1843, p. 577.
1782. *Hough F.B.* Mineral localities in New York. «Amer Journ. Sci.», 5, (2), N. H., 1848, p. 132. Добавления – *ib.*, 9, 1850, p. 288.
1783. *Hough F.B.* On the existing mineral localities of Lewis, Jefferson a. St. Lawrence C-ties, New York. «Amer. J. Sci.», 9, (2), N. H., 1850, p. 424.
1784. *Bauley S.C.H.* On the mineralogy of New York Island. «Ann. N. Y. Lyceum Nat. Hist.», 8, N.Y., 1865, p. 185.
1785. *Darton N.* The mineral localities in a. around New York. «Scient. Amer.», N. Y., 14, Suppl., 1882; 16, Suppl., 1883.
1786. *Nason F.L.* Some New York minerals a. their localities. «Bull. N. Y. State Museum Nat. Hist.», Alb., 1888, I, № 4.
1787. *Chamberlin B.B.* The minerals of New York County. «Transact. N. York Acad. Sci.», 7, N. Y., 1888, p. 211.
1788. *Newland D.H.* The mining a. quarry industry of New York state. Alb., 1907 («Bull. N. York State Mus.», № 112).
1789. НЬЮ-МЕКСИКО. *Jones F.* New Mexico mines a. minerals. N. M. Santa Fe, 1904.
1790. *Lindgren W., Craton C.C. a. Cordon C.H.* The ore deposits of New Mexico. Wash., 1910 («Bull. Un. St. Geol. Surv.»).
1791. *Jones F.* Mineral resources of New Mexico. Socorro, 1915.
1792. ОКЛАХОМА (Инд. территория). *Gould C., Hutchinson L. a. Nelson G.* Prelim. report on the miner. res. of Oklahoma. «Bull. Oklah. Geol. Surv.», 1, 1908.
1793. ПЕНСИЛЬВАНИЯ. *Rogers A.* Final report on the geology of Pennsylvania, 1858.
1794. *Genth F.* Preliminary report on the mineralogy of Pennsylvania («Geol. Surv. Pennsylv.»), Harrisburg, 1875–1876.
1795. *Wheatley C.M.* Some new Pennsylvania mineral localities. «Proceed. Acad. Natur. Sci. Philadelphia», Ph., 1882, p. 36.
1796. *Eyermann J.* The mineralogy of Pennsylvania. I. Easton, 1889. Новое изд. – I–II, 1911.
1797. *Carpenter G.* On the mineralogy of Chester County (Pa) with an account of minerals of Delawar, Maryland a. other localities. «Am. J. Sci.», 14, N. H., 1828.
1798. *Smith E.F.* О некоторых минералах из Berks Pennsylvania. «Proceed. Acad. Nat. Sci. Philadelphia», 62, 1910, p. 538.
1799. *Gordon S.G.* The mineralogy of Pennsylvania. «Acad. Nat. Sci. Philadelphia», 1922, 259 pp.
1800. СЕВЕРНАЯ КАРОЛИНА. *Genth F.* Mineral resources of North Carolina. «Journ. Franklin Inst.», 62, Phil., 1871.
1801. *Wadsworth M.E.* Minerals of North Carolina. «Amer. Natur.», 15, 1881, p. 380.

1802. *Hidden W.* Notes on mineral localities of North Carolina. «Proceed. Acad. Nat. Sci.» и «Amer. Journ. Sci.», 22, (3), 1881, p. 21, 489; 21, 1881, p. 159; 24, 1882, p. 372; 29, 1885, p. 279; 32, 1886, p. 483.
1803. *Hidden W.* Notes on some North Carolina minerals. «Amer. Journ. Sci.», 24, (3), 1882, p. 372.
1804. *Genth F.* The minerals of North Carolina. «Bull. Un. St. Geol. Surv.», Wash., 1891. (Еще раньше, в 1881 г.).
1805. *Pratt J.H.* Notes on North Carolina minerals. «Journ. of E. Mitchell Scient. Soc.», 14, Chap. Hill, 1897, p. 61.
1806. *TEXAS. Simonds J.W.* The minerals a. mineral localities of Texas. «Bull. Univ. Texas Miner. Surv.», № 5, 1902.
1807. *Paige S.* Mineral resources of the Llano-Burnet County, Texas. Wash., 1911 («Bull. Un. St. Geol. Surv.», № 450).
1808. *Phillips W.* Mineral resources of Texas. «Bull. Univ. Texas», № 365, 1914.
1809. *ТЕННЕССИ. Ashley G.H.* Outline introduction to the mineral resources of Tennessee. «Bull. Tenness. St. Geol. Surv.», 2, A., 1910.
1810. *Pardue A.H.* The minerals of Tennessee. Resources of Tennessee. Octob., 1913.
1811. *ФИЛАДЕЛЬФИЯ. Rand T.D., Jefferis W. a. Cardeza J.T.W.* Mineral localities of Philadelphia a. vicinity. «Proceed. Philad. Acad. of Arts a. Nat. Hist.», Ph., 1892, p. 174.
1812. *Benge E. a. Wherry E.T.* Directory of the mineral localities in and around Philadelphia. «Miner. Collect.», 12, N. Y., 1905, p. 159; 13, 1906, p. 12, 106. Дополнения – «Miner. Collect.», 14, 1907, p. 47; 15, 1908, p. 107.
1813. *ЮЖНАЯ ДАКОТА. Jenney W.P.* The mineral resources of Black Hills, Dakota. «U. S. Geol. a. Georg. Surv.». Report of Black Hills, Wash., 1880, p. 233.
1814. *Carpenter.* Upon the mineral resources of Black Hills. «Preliminary Report of Dacota School of Mines upon the geology of Dacota», 1888, p. 107.
1815. *O'Harra C.C.* The mineral wealth of S. Dacota. «Bull. S. Dakota Geol. Surv.», № 3, 1902 и «Bull. S. Dakota School Mines», № 6, 1902.
1816. *Irving J.D.* Economic resources of the northern Black Hills. W., 1904 («Prof. Papers U. S. Geol. Surv.», № 26).
1817. *Ziegler V.* The minerals of the Black Hills. «Bull. S. Dakota School Mines», 1914, № 10, 250 pp.
1818. *O'Harra C.C.* Bibliography of the geology a. mining interests of the Black Hills region. «Bull. S. Dakota School Mines», 1917, № 11, 223 pp.
1819. *ЮЖНАЯ КАРОЛИНА. Sloan E.* Catalogue of the mineral localities of South Carolina. «Bull. S. Carol. Geol. Surv.», (4), 2, 1908.
1820. *ЮТА. Butler B.S. a. Shaller W.T.* Some minerals of Beaver C-y, Utah. «Amer. J. Sci.», 32, N. H., 1911, p. 418.
1821. *Bartley, Butler B.S.* The ore deposits of Utah. «Prof. Paper U. S. Geol. Surv.», 1920, № 111.

КАНАДА

См. *Dana* (№ 17); *Hintze* (№ 23).

1822. *Bigsby* A list of minerals occurring in Canada. «Amer. Journ. Sci.», 8, 1824, p. 60.
1823. *Alger F. a. Jackson.* A description of mineralogy a. geology of a part of Nova Scotia. «Amer. Journ. Sci.», 14, 1829, p. 305; 15, p. 132, 201.
1824. *Baddeley.* An essay on localities of metallic minerals of Canada. «Transact. Quebeck liter. a. hist. Soc.», 2, 1831, p. 332.
1825. *Jackson.* Remarks on the mineralogy a. geology of Nova Scotia, «Mem. Amer. Acad.», 1831, p. 217.
1826. *Gesner A.* Remarks on the mineralogy a. geology of Nova Scotia. Halifax, 1836.
1827. *Alger F.* Remarks on mineralogy a. geology of Nova Scotia. Bost., 1841 (1 ed. – 1831).
1828. *Logan W.E.* General report of the progress of the Geol. Survey of Canada f. 1843–1863. 1863. (Для минералогии – *T.S. Hunt*).
1829. *Logan W.E.* Annual report of the progress of the Geol. Survey of Canada 1845–1859 (заключают обзоры по минералогии – *T. S. Hunt*).

1830. *Logan W.E.* Descriptive catalogue of a collection of economic minerals of Canada. Montr., 1862.
1831. *Logan W.E.* Geology of Canada. Montr., 1863 (есть и французское издание).
1832. *Bailey S.* Report on mines a. minerals of New Brunswick. Fred., 1864.
1833. *Sterry Hunt.* Géologie et minéralogie des calcaires laurentiens. «Rapports des opérations de l'exploration géologique du Canada», Ott., 1866, p. 187 (то же издано по-английски).
1834. *How H.* Contributions to the mineralogy of Nova Scotia. «Phil. Mag.», 31, (4), 1866; 41, 1871; 1, (5), 1876. Продолжение в «Min. Mag.», 1, 1876, p. 257; 2, 1877, p. 134.
1835. *Charman I.* On some minerals from Lake Superior. «Phil. Mag.», 31, (4), 1866, p. 176.
1836. *How H.* Notes on the economic mineralogy of Nova Scotia. «Proceed. a. Transact. of Nova Scotia Inst. Sci.», 1–2, Halifax, 1867–1870.
1837. *How H.* Mineralogy of Nova Scotia. Halifax, 1869.
1838. Descriptive catalogue of a collection of economic minerals of Canada. Montr., 1876 (для Филадельфийской выставки «compiled by the geological corps of Canada»).
1839. *Dawson G.M.* Note générale sur les mines a. minerais d'une valeur économique de la Colombie Britannique. «Rapport Comm. Géol. du Canada. Opérations de 1876–1877». Montr., 1878, p. 119. (То же вышло по-английски, 1887).
1840. *Harrington.* Catalogue des minéraux du Canada à l'exposition universelle. L., 1878.
1841. *Howley.* List of Newfoundland minerals. «Min. Mag.», 4, L., 1880, p. 26.
1842. *Selwyn A.* Descriptive catalogue of a collection of the econ. minerals of Canada. L., 1886 (Colonial a. India Exhibition of 1886).
1843. *Dawson G.M.* The mineral wealth of British Columbia. «Reports Geol. Surv. of Canada», 2, (3), Report R., Montr., 1888.
1844. *Merritt.* The minerals of Ontario. «Transact. Amer. Inst. Min. Eng.», 17, 1889, p. 293.
1845. *Obalski J.* Mines et minerais de la prov. de Québec, 1890.
1846. *Ells R.W.* Sur les ressources de la prov. de Québec. «Rapport annuel Com. Géol. et hist. nat. du Canada», IV, Rapp. K, Ott., 1890. (То же вышло по-английски).
1847. *Hoffmann G.C.* Liste annotée des minéraux du Canada. «Rapport annuel Com. géol. et hist. nat. du Canada», IV, Rapp. T, Ott., 1890. (То же по-английски, также в «Transact. R. Soc. Canada», 7, 1889).
1848. *Miller W. C.* Economic geology of Eastern Ontario. «Reports Bureau of Mines of Ontario», 7, 1898, p. 207.
1849. *Dawson G.M.* Descriptive catalogue of a collection of economic minerals of Canada. P., 1900. Измененное изд. – Ott., 1904; Suppl. – Ott., 1905.
1850. *Jordan P.* Notes sur la Colombie Britannique. «Ann. Mines», 17, 1900, p. 216.
1851. *Miller W.C.* Minerals of Ontario. «Report Bureau of Mines of Ontario», 1901, p. 192.
1852. *Gilpin.* The minerals of Nova Scotia. Halifax, 1901.
1853. *Ells R.W.* Geol. a. mineral resources of N. S. Brunswick. Ott., 1907.
1854. *Young G.A.* A descriptive sketsch of the geology a. economic minerals of Canada. Ott., 1909.
1855. Minéraux industr. et industries minières du Canada. Ott., 1913. (Есть и английское издание).
1856. *Johnston R.* Summary report of the Geol. Surv. Depart. of Mines (Канада) печатает отчеты по минералогии; для 1913 г. – Ott., 1914, p. 32; также и след. годы.
1857. *Johnston R.A.* A list of Canadian mineral occurrences. «Mem. Geol. Surv. Canada», 1915, № 74, 278 pp.
1858. *Camsell C.* Géologie et gisements minér. du distr. de Tulamun. C. B., Ott., 1916 (Mét. Com. Géol., 26).
1859. *Ledoux A.* Miner. exploration of East Templton distr. Quebec. Summ. report of Geol. Surv. Bureau Mines, f. 1915. Ott., 1916, p. 162.

ЮЖНАЯ И ЦЕНТРАЛЬНАЯ АМЕРИКА (ЛАТИНСКАЯ АМЕРИКА)

Общая

См. *Leonhard* (№ 840); *Domeyko* (№ 19); *Hintze* (№ 23); *Herrgen* (№ 1114).

1860. *Sainte Claire Deville Ch.* Voyage géol. aux Antilles, îles de Teneriff et Fogo. I–VII. Paris, 1851–1864.
1861. *Forbes D.* Researches on the mineralogy of South America. «Phil. Mag.», 29, 1865, p. 129; 30, 1865, p. 139; 32, 1866, p. 135; 33, 1867, p. 131.

1862. *Sapper K.* In den Vulkangebieten Mittelamerikas u. Westindiens. St., 1905.
 1863. *Miller B.J.* a. *Singewald J.T.* The mineral deposits of South America. N.Y. a. L., 1919, 607 pp.
 (Bibliographies for each country).

МЕКСИКА

- См. *Castillo del* (№ 603); *Hintze* (№ 23); *Leonhard* (№ 840).
1864. *Sonnenschmidt.* Mineralogische Beschreibung d. vorzüglichen Bergwerks distrikten v. Mexico. Schleiz, 1804.
 1865. *Rio A.M. del.* Mineralogia. Carta dirig. al S. abate Haüy. «Semanao polit. y liter. de Mexico», 2, M., 1821, p. 173, 246.
 1866. *Humboldt A.* Essai politique sur le royaume de la Nouvelle Espagne. 2 éd., III, Paris, 1827 (1 éd. – 1811).
 1867. *Burkart H.J.* Aufenthalt u. Reisen in Mexico. I–II, St., 1863.
 1868. *Sainte Claire Dupont.* Dela production des métaux précieux en Mexique. Paris, 1843.
 1869. *Castillo A. del.* Cuadro de las especies mineralogicas de la Republica Mexico, 1846.
 1870. *Castillo A. del.* Cuadro de la mineralogica mexicana. «Bol. Sociedad de Geografia Mexicano», (1), 10, p. 564, M., 1864.
 1871. *Castillo A. del.* Gatalogo de las especies minerals que se encuentr. en Mexico. M., 1864.
 1872. *Burkart H.J.* Über einige mexikanische Mineralien. «N. Jb. Min.», 1866, S. 409.
 1873. *Vignoti A.* Coup d’oeuil sur les richesses métallurg. de la Mexique. M., 1868.
 1874. *Alfaro y Piña L.* Noticia de los minerales que hay en la Republica Mexicana. M., 1868.
 1875. *Taryare G.* Rapport sur l’exploration minéralogique des régions mexicaines. «Archives de la Commission scientifique du Mexique», 3, P., 1869, p. 173.
 1876. *Burkart H.J.* Exámen y classifficacion de algunas especies minerales de Mexico. «Naturaleza Mex.», 3, M., 1874–1876, p. 248, 288, 336.
 1877. *Burkart H.J.* Über neue mexikanische Fundorte einiger Mineralien. «N. Jb. Min.», 1874, S. 587.
 1878. *Ramirez P.* Notizia historica de la riqueza minera de Mexico. M., 1884.
 1879. *Landero C.F. de.* Informe sobre las especies minerals del Estado de Jalisko. Guadal., 1884.
 1880. *Felix C.* u. *Lenck H.* Beiträge z. Geologie. Paläontologie von Mexico. I–III. L., 1890–1893.
 1881. *Landero G.F. de* Synopsis mineralogica. Mex., 1891.
 1882. *Zagas E.R. de.* Los Estados Unidos Mexicanos. M., 1893, p. 137.
 1883. *Hunt T.* Los minerales mexicanos. «El Minera Mexicano», 27, M., 1895.
 1884. *Garcia T.* Los minerales mexicanos. M., 1895.
 1885. *Aguilera J.G.* Catalogos sistem. y geogr. de las especies mineralogicas de la Rep. Mexicana. M., 1898 (Bol. «Ist. Geol. de Mexico», № 11).
 1886. *Sellerier C.* Minerals of Mexico. Buf., 1901.
 1887. *Kunz G.* Gems and precious stones in Mexico. «Transact. Amer. Inst. Min. Eng.», 32, 1902, p. 55.
 1888. *Aguilera J.G.* The geographical a. geological distribution of the mineral deposits of Mexico. «Transact. Amer. Inst. Min. Eng.», 32, 1902, p. 497.
 1889. *Bergeat A.* Die Erzlagerst. v. Mexico. «Comptes Rendus Congrès Géol. Intern.», 1906.
 1890. *Ungemach H.* Contribution à la minéralogie du Mexique. «Bull. Soc. Minér. Fr.», 33, 1910.
 1891. *Wittich E.* Notas mineral. sobre el distr. de Guanajuato. «Memorias Soc. Cient. A. Alzate», 28, Mex., 1910, p. 247; по-немецки – ib., p. 259; 1. с., 37, 1916, Mex.
 1892. *Hish E.W.* Estudio de algunas minerales rocos de Est. de Chihuahua. «Bol. Soc. Geol. Mexicano», 8, M., 1912, p. 47.
 1893. *Paredes J.P.* Apuntes sobre algunas minerales de l’Est. Chihuahua. «Bol. Soc. Geol. Mexicano», 8, M., 1912, p. 27.

ВЕСТ-ИНДИЯ

- См. *Sainte-Claire Deville* (№ 1860); *Sapper* (№ 1862).
1894. *Martin J.L.M.* Bericht über eine Reise nach Niederländischen West-Indien. I–II, Leid., 1888.
 1895. *De Launay L.* Les richesses minières de Cuba. «Ann. Mines», (9), 3, 1893, p. 548.
 1896. *Hamilton S.H.* Minerals from Santiago, prov. Cuba. «Proceed. Amer. Acad. Sci.», 54, Phil., 1902, p. 744.
 1897. *Cadman J.* Mineral resources of Trinidad. «Transact. Min. Inst. of Newcastle», 35, 1908, p. 453.

ГВАТЕМАЛА

1898. *Chandler* Die Minerale d. Republik Guatemala. «Berg u. Hüttenmännische Zeitung», 1897, S. 90.

ПЕРУ

См. *Domeyko* (№ 19); *Hintze* (№ 23); *Leonhard* (№ 840); *Pöhlman* (№ 653); *Damour* (№ 1931).

1899. *Acchiardi A. d'*. Sopra alcuni minerali e rocce del Peru. «Nuovo Cimento», 3, Pisa, 1870, p. 297.

1900. *Raimondi A.* El departamento de Ancachs i sus riquezas minerales. Lima, 1873.

1901. *Raimondi A.* Minerale del Perú y catalogo razonado. L., 1878 (французский перевод, Paris, 1878).

1902. *Raimondi A.* El Peru. Estudios mineral. y geolog. Lima, 1902 (перепечатка статей).

1903. *Málaga Santolalla F.* Recursos minerales de la prov. de Hualgáyoс («Boletin Cuerpo Ing. de Minas del Perú», № 6), L., 1904.

1904. *Ochoa N.G.* Recursos minerales de la prov. de Huánaco («Boletin Cuerpo Ing. de Minas del Peru», № 9), L., 1904.

1905. *Málaga Santolalla F.* La provincia de Cajatambo y sus asientos minerales. L., 1904 («Boletin Cuerpo Ing. de Minas del Perú», № 10).

1906. *Dueñas F.J.* Recursos minerales de los distritos de Chacas y San Luis. L., 1904 («Boletin Cuerpo Ing. de Minas del Perú», № 15).

1907. *Málaga Santolalla F.* La provincia de Cajabamba y sus asientos minerales. L., 1905 («Boletin Cuerpo Ing. de Minas del Perú», № 15).

1908. *Málaga Santolalla F.* La prov. de Otuzco y sus asientos minerales («Boletin Cuerpo Ing. de Minas del Perú», № 22), L., 1905.

1909. *Málaga Santolalla F.* Importancia minera de la prov. de Cajamarca («Boletin Cuerpo Ing. de Minas del Perú», № 31), L., 1905.

1910. *Málaga Santolalla F.* Los yacimientos minerales de la prov. de Celendin («Boletin Cuerpo Ing. de Minas del Peru», № 32), L., 1905.

1911. *Málaga Santolalla F.* La provinzia de Cotumaza y sus asientos minerales («Boletin Cuerpo Ing. de Minas del Perú», № 38), L., 1906.

1912. *Dueñas F.J.* Recursos minerales de Jauja y Huancayo («Boletin Cuerpo Ing. de Minas del Perú», № 35), L., 1906.

1913. *Málaga Santolalla F.* Riquezas minerales de la prov. de Santiago de Chuco («Boletin Cuerpo Ing. de Minas del Perú», № 46), L., 1906.

1914. *Málaga Santolalla F.* Monografia minera de la prov. de Huamachuco («Boletin Cuerpo Ing. de Minas del Perú», № 51), L., 1907.

1915. *Dueñas E.J.* Fizionomica minera de las prov. de Tayacaya, Angraes y Huancavelia. L., 1908 (ib., No 62).

1916. *Jochimowitz A.* Recursos minerales del dep. de Apurimac. L., 1908 (ib., № 58).

КОЛУМБИЯ

См. *Hintze* (№ 23).

1917. *Reiss W. u. Stübel A.* Reisen in S. Amerika. Geologische Studien in d. Republik Columbia, I–II (bearb. v. R. Küch u. W. Bergt), B., 1892–1899.

1918. *Nichols H.W.* The ores of Columbia. Ch., 1899 («Publ. of Field Columbian Museum». Geolog. series, 1).

1919. *Codazzi R.* Introducción al estudio de los minerales de Colombia. Bogota, 1903.

1920. *Codazzi R.L.* Minerale alcalinos y terrosos de Colombia. Bogota, 1904.

1921. *Codazzi R.* Clasificación de los minerales de Columbia. «Trabajos de la Oficina de Historia Natural de Colombia». Bogota, 1904.

1922. *Codazzi R.L.* Gemas i minerales litoides de la Rep. de Colombia. Bogota, 1904 («Trabajos de la Oficina de Historia Natural»).

1923. *Codazzi R.L.* Estudio de las menas Colombianas. Bogota, 1910.

1924. *Codazzi R.L.* Contrib. al estudio de los minerales de Colombia. Bogota, 1916.

ЭКВАДОР

1925. *Reiss W.* u. *Stübel A.* Reisen in S. Amerika. Das Hochgebirge d. Republik Ecuador. I–II. Petrogr. Untersuchungen ausgeführt in Mineral.-Petrogr. Inst. d. Univers. Berlin. B., 1886–1902.
1926. *Reiss W.* Ecuador 1870–1874. Petrogr. Untersuchungen ausgeführt in Mineral.-Petrogr. Inst. d. Univers. Berlin, I–II (von Ehlich, Reiss, Tannhäuser, Wolff), Berl., 1901–1904.

БРАЗИЛИЯ

1927. *Mawe J.* Travels in the interior of Brazil. 2 ed., L., 1822 (1 ed. – 1812).
1928. *Andrada e Silva J.B.* et *Andrada M.F.* Voyage minéralogique dans la prov. Saint Paul d. Brésil. «Journ. d. Voyages», 36, 1827.
1929. *Pohl J.E.* Reise im Innern von Brasilien. I–II. W., 1832–1837 (во второй части замечания *P. Partsch*).
1930. *Eschwege W.* Pluto Brasiliensis. Über Brasils Gold-, Diamant u. andere Mineralreichthümer. Berl., 1833.
1931. *Damour A.* Catalogue des minéraux recueillis par M. de Castelnau dans les gîtes métallifères du Brésil, de la Bolivie, du Chili et du Pérou. В книге: *Castelnau F. de.* Expédition dans les parties centrales de l'Amérique du Sud. Histoire du Voyage, V, Paris, 1851, p. 430.
1932. *Hartt C.F.* Geology a. physical geography of Brazil. Boston, 1870.
1933. *Rosenbusch H.* Mineralogische Notizen aus einer Reise in Südrasilien. Fr., 1870.
1934. *Cordeira da Graca E.* Relation dos estudos mineral. e geol. de prov. de S. Pedro do Rio Grande do Sul. R. J., I, 1883.
1935. *Sena.* Naticia sobre a mineralogia e geologia de una parte da prov. de Minas Geraes. «Anales d. Escola de Minas de Ouro Preto», 1883, № 2, p. 111.
1936. *Sachsen-Coburg P.A.* Beiträge z. Mineralogie Brasiliens. «Min. Petr. Mitt.», 10, 1889, S. 451.
1937. *Gorceix H.* Minéralogie, в книге: *S-ta Anna*, Le Brésil en 1889. Paris, 1889, p. 61.
1938. *Hussak E.* Estado de S. Paolo. Coiitribucoes mineralogicas e petrooraficas «Bol. Com. geogr. e geolog. do Estado de S. Paolo». S. P., 1890.
1939. *Hussak E.* Mineralogische Notizen aus Brasilien. I–III, «Min. Petr. Mitt.» 12, 1891, S. 457; 15, 1894, S. 395; 18, 1899, S. 334.
1940. *Praguer H.* Riqueza mineral do Est. da Bahia. I–III. «Revista do Instituto geograf. e hist. da Bahia», 4–6, B., 1897–1899.
1941. *Medrado* Mines a. minerals in the states of Minas Geraes a. Bahia «Monthly Bullet. of Bureau of American Republics», 12, W., 1902, p. 100.
1942. *Calogeras P.* As Minas do Brazil. I, R. d. J., 1904.
1943. *Spezia G.* I minerali del Brasile all' Esposizione intern. di Torino. «Natura», 2, 1911.
1944. *Calvert A.F.* Miner. resources of Minas Geraes. L., a. N. Y., 1915.
1945. *Betim Paes Leme.* As jezigas mineraes Brasileires. S. Paolo, 1918.

ЧИЛИ

- См. *Domeyko* (№ 19); *Damour* (№ 1931); *Hintze* (№ 23); *Leonhard* № 840).
1946. *Molina J.J.* Saggio sulla storia naturale del Chile. I–II, Bol., 1782 (есть немецкий перевод, L., 1786).
1947. *Domeyko I.* Notes sur quelques minéraux de Chili. «Ann. Mines», 3, 1843; 6, (4) 1844, p. 153; 16, 1869.
1948. *Domeyko I.* Mémoire sur la constitution géologique du Chile. «Ann. Mines», 9, 1846; 14, 1848.
1949. *Smith L.* Minerals of Chile. Naval Astronomical Expedition, vol. II, Wash., 1854; перепечатано в «Origin. researches...», см. № 736.
1950. *Domeyko I.* Ensayo sobre los depositos metaliferos de Chile. Santjago, 1875 («An. de la Universidad de Chile», 49, 1876, p. 441).
1951. *Domeyko I.* Minéraux de Chile. «Bull. Soc. Min. France», 5, 1882, p. 299.
1952. *Zegers.* Catalogue de la collection minéralogique de Chile à l'exposition de Paris. Santjago, 1889.

1953. *Darapsky L.* Über einige Mineralien aus Atacama. «N. Jb. Min.», 1890, I, S. 42 (Дополнения в «Zschr. Kryst.», 29, 1898, S. 213).
1954. *Dietze.* Einige neue chilenische Mineralien. «Zschr. Kryst.», 19, 1891, S. 445.
1955. *Hohmann Th.* Americ. Mineralojia. I–II. «Bull. Soc. Nat. de Santjago», 6, S. J., 1894; 8, 1896.
1956. *Darapsky L.* Das Departement Taltal. В., 1900.

БОЛИВИЯ

См. *Damour* (№ 1931).

1957. [*Арцуну А.*] *Arzruni A.* Über einige Mineralien aus Bolivia. «Zschr. Kryst.», 9, 1884, S. 73.
1958. *Spencer L.* A description of mineral specimens brought fr. Bolivia. В книге: *Conway M.* The Bolivian And. L., 1901.
1959. *Spencer L.* Notes on some Bolivian minerals. «Min. Mag.», 14, 1907, p. 308.

АРГЕНТИНА

1960. *Graty A. de.* Mémoire sur les productions minérales de la Confédération Argentine. P., 1855.
1961. *Rickard F.L.* Informe sobre los distritos minerales, minas etc. de la Rep. Argentina. Buenos Aires, 1869.
1962. *Stelzner A.* Mineralogische Beobachtungen im Gebiete d. Argentinischen Republik. «Miner. Petr. Mitt.», 1873, S. 219.
1963. *Brackebusch L.* Las especies mineralógicas de la repúbl. Argentina, 1879.
1964. *Stelzner A.* Beiträge z. Geologie d. Argentinischen Republik. Cas. u. B., 1885.
1965. *Ramirez P.* La minera en San Juan. S. J., 1889.
1966. *Bodenbender G.* Los minerales con especi alidad de los existentes en la Repúbl. Argentina. Cordoba, 1899.
1967. *Bodenbender G.* La Sierra de Córdoba. Constitución geologica y productos minerales. Buenos Aires, 1905.
1968. *Stappenbeck R.* Übersicht über d. nutzbare Lagerstätten Argentinien u d. Magelhaensländer. «Zschr. prakt. Geol.», 1910, S. 67.
1969. *Stappenbeck R.* Los yacimientos de minerales y rocos de aplicación en la Republ. Argentina. Buenos Aires, 1918.

АФРИКА

Общая

См. *Leonhard* (№ 840); *Hintze* (№ 23); *Pelatan* (№ 1607); *Laurent* (№ 1608).

1970. *Jameson R., Wilson J. a. Murray H.* Narrative of discovery a adventure in Africa with illustrations of the geology, mineralogy a. zoology. Ed., 1830.
1971. *Hehl.* Mittheilungen über verschiedene Mineralien u. Gebirgsarten d. Südlichen Halbkugel. «N. Jb. Min.», 1837, S. 505.
1972. *Russegger J.* Reisen in Europa, Asien u. Africa. I–VII, St., 1841–1850.
1973. *Höhnel, Rosiwal, Toula, Suess.* Beiträge z. geol. u. miner. Kenntniss d. Oestl. Africa. Wien, 1891.
1974. *De Launay L.* Les richesses minérales de l’Afrique. Paris, 1903.
1975. *Lacroix A.* Minéralogie de la France et ses colonies. Vol. 5, pp. 380–417. (Указатель месторождений минералов). Paris, 1913.

ЕГИПЕТ

См. *Silliman* (№ 1568).

1976. *Coyat J.* Sur quelques minéraux d’Egypte. «Bull. Soc. Min. France», 31, 1908, p. 341.
1977. *Couyat J.* Quelques minéraux d’Egypte et du Sinai. «Bull. Soc. Min. France», 35, 1912, p. 560.

АЛЖИР, ТУНИС, МАРОККО

См. *Lacroix* (№ 25); *Peletan* (№ 1607); *Hintze* (№ 23); *Laurent* (№ 1608).

1978. *Renou E.* Notes sur quelques minéraux de l'Algérie. C. R. Acad. Sci. Paris, 23, 1846, p. 547.
1979. *Fournel H.* Richesse minérale de l'Algérie. I, 1849; II, 1854.
1980. *Garelle N.* Notice minéralogique sur la province d'Alger. A., 1850.
1981. *Ville L.* Notice minéralogique sur les provinces d'Oran et de l'Alger, 1857.
1982. *Curie J. et Flamand.* Etudes sur les roches éruptives de l'Alger. Paris, 1889.
1983. *Gentil L.* Matériaux pour la minéralogie de l'Algérie. «Bull. Soc. Min. France», 17, 1891, p. 399; 19, 1896, p. 22; 20, 1897, p. 210.
1984. *Flamand G.* Aperçu génér. sur la géologie et les productions minér. du bassin de l'Ouest Savure et des régions limit. Alger, 1897. (Documents pour servir à l'étude de Nord Ouest Afr.).
1985. *Chalon P.F.* Les richesses minérales de l'Algérie et de la Tunisie. Paris, 1907.
1986. *Schiffmacher L.* Les richesses minérales du dép. de Constantine. Alger, 1910.
1987. *Dussert.* Etude sur les gisements métallifères de l'Algérie. «Ann. Mines», (10) 17, 1910, p. 24, 91.
1988. *Berthon L.* L'industrie minérale en Tunisie. T., 1922.
1989. *Bartoux J.* Notes sur les gisements métall. du Maroc. «Ann. Mines», 3 (2), 1923, p. 261.

ЗАПАДНАЯ И ЭКВАТОРИАЛЬНАЯ АФРИКА

1990. *Doelter C.* Vulcane d. Cap Verde u. ihre Produkte. Gr., 1882.
1991. *Johnston H.* The Uganda protectorate, Ruwenzori a. the Semliki forest. «Geograph. Journ.», 19, L., 1902, p. 43.
1992. *Prior.* Minerals in rocks from British East Africa. «Min. Mag.», 13, 1903.
1993. *Tornau F.* Die nutzbaren Mineralvorkommen, insb. d. Goldlagerstätten Deutsch. Ost Africas. «Monatsber. Deutsch. geol. Ges.», 59, 1907, S. 60.
1994. *Chautard J.* Les mines de l'Afrique Occident. franç. «Bull. offic. Colon.». Juin, 1909, Suppl.
1995. *Baldacci L.* Studio sui giacimenti minerari d. Colonia Eritrea. R., 1910.
1996. *Cohyat J.* Sur quelques gisements des minéraux de l'Erythrée italienne. «Bull. Soc. Min. France», 35, 1912, p. 236.
1997. *Buttgenbach H.* Description des minéraux du Congo Belge. «Ann. Musée Congo», № 1, Br., 1910, 36 p.; «Ann. Soc. Géol. Belg.», 1912, 39, p. 83; 1913, 40, p. 31; 1914, 41, p. 11; «Mém. Acad. Belg.», 1921, 6, (2) № 61,33 p.; 1923, 7, № 6, 33 p.
1998. *Malaise C.* Les espèces minérales du Congo Belge; dans «Manuel de minéralogie», 4 ed., Mons, 1913, pp. 577–597.
1999. *Guillemin C.* Zur Kenntniss d. Lagerst. in d. Prov. Katanga. «Zschr. prakt. Geol.», 1913, S. 320.
2000. *Ball S.H.* a. *Shaler M.K.* Econ. geology of the Belgian Congo. «Econ. Geol.», 9, 1914, p. 605.
2001. *Hubert H.* Substances minérales utiles de l'Afrique Occidentale. P., 1922.

ЮЖНАЯ АФРИКА

2002. *Gürich G.* Geologisch-mineralogische Mittheilungen aus Südwest. Africa. «N. Jb. Min.», 1890, I, S. 103.
2003. *Elterlein A.* Zur Frage über d. Vorkommen v. nützlichen Mineralien in Deutsch. Süd.-West Africa. «Ausland», 66, 1893.
2004. *Schmeisser C.* Vorkommen u. Gewinnung d. nutzbaren Mineralien in d. Südafrikanischer Republik. 2 Aufl., B., 1895 (1 Aufl – 1894).
2005. *Nascimento.* Exploração geografica e mineralogica do distr. de Mossamedes «Portugal en Africa», L., 1898.
2006. *Prior.* Minerals from Swaziland. «Min Mag.», 12, 1900, p. 96.
2007. *Passarge S.* Die Kalahari. I–II, B., 1904.
2008. *Mabson R.* Mines of Transvaal. L., 1906.
2009. *Macco A.* Die Aussichten d. Bergbaues in Deutsch. Süd-West Africa. B., 1907.
2010. *Voit F.W.* Übersicht über nutzbaren Lagerstätten Südafricas. B., 1908.

2011. *Johnson*. The ore deposits of South Africa, I–II, L., 1909.
2012. *Gagel C.* Die nutzbaren Lagerstätten v. Deutsch. Süd-West Africa. «Zschr. Berg-Hütten u. Salinenwesen im Preus. St.», 57, B., 1909, S. 173.
2013. *Hatch F.* Report on the mines a. mineral resources of Natal. L., 1910.
2014. *Armstrong J.* Notes on the geology a mineralogy of Natal. «S. Afric. Journ. Sci.», 6, Cape Town, 1910, p. 122.
2015. *Dahms*. Über Erzlagerstätten in sauren Eruptivgesteinen Deutsch. Südwestaficas. «Zschr. prakt. Geol.», 1912, S. 240.
2016. *Range P.* Geologie d. deutschen Namalandes. Beiträge zur geol. Erforschung d. deutsch. Schutzgeb., II, B., 1912.
2017. *Rufahl O.* Mitteilungen über Mineralien u. Erze f. Südwestafica, besonders solche v. Tsumb. «Cbl. Min.», 1920, S. 289.
2018. *Wagner P.A.* The geology a. mineral industry of South-West Africa. «Mem. Geol. Surv. S. Africa», 1916, № 7, 135 pp.
2019. *Range P.* Geologie und Mineralschätze Angolas. «Zschr. prakt. Geol.», 28, 1920, S. 181.

МАДАГАСКАР

См. *Lacroix* (№ 25, 1975).

2020. *Lacroix A.* Matériaux pour la minéralogie de Madagascar. «Nouv. Archives du Mus. d'hist. nat.», 4 (4), Paris, 1902.
2021. *Lacroix A.* Notes sur la minéralogie du pays Mahafaly (Madagascar). «Bull. Soc. Min. France», 30, 1907, p. 36.
2022. *Merle A.* Les richesses minérales de Madagascar. Paris, 1908.
2023. *Duparc L., Wunderet Sabot.* Les minéraux des pegmatites des environs d'Antsirabé à Madagascar. Gen., 1910 («Mém. Soc. Sci. phys. et nat.»).
2024. *Lacroix A.* Les syénites néphélin. de l'Archipel de Los et leur minéraux Paris, 1911 («Nouv. Archives de Museum»), 3 (5).
2025. *Levat D.* Les richesses minérales de Madagascar. Paris, 1912, 375 pp.
2026. *Lacroix A.* Les richesses minér. de Madagascar. Paris, 1913.
2027. *Ungemach H.* Contribution à la minéralogie de Madagascar «Bull. Soc. Min. France», 39, 1916, p. 5.
2028. *Lacroix A.* Minéralogie de Madagascar, 3 v., Paris, 1922–1923, 1799 pp.

ОСТРОВА КАНАРСКИЕ, АЗОРСКИЕ, МАДЕЙРА

2029. *Buch L.* Physical Beschreibung d. Canarischen Ins., B., 1825.
2030. *Hartung* Die Azoren. L., 1861.
2031. *Ackermann E.* L'île de Madère, consid. au point de vue de ses richesses minér. «Bol. Soc. Geogr. Lisboa», L., 1909, p. 259, 307, 355, 391.

АВСТРАЛИЯ И ОКЕАНИЯ

Общая

См. *Hintze* (№ 23); *Leonhard* (№ 840).

2032. *Alger F.* Notice of minerals from New Holland. «Boston Nat. Hist. Journ.», B., 1841, 3, p. 306.
2033. *Calvert.* Mineralogy of Australia. «Mining Journ.», 1853, 23, p. 580.
2034. *Anderson C.* Bibliography of Australian mineralogy. Mineral resources. Geol. Surv. New South Wales, 1916, № 22, 164 pp.
2035. *Anderson C.* Mineralogical Notes: IX, Records Austral. Mus., 8, Sidney, 1910, p. 120; XI, ib., 13, 1922.
2036. *Andrews E.* Geograph. distribution of ore deposits of Australia. «Econ. Geol.», 18, 1923, p. 1.

АВСТРАЛИЯ

(по штатам)

2037. КВИНСЛЕНД. *Lindon E.B.* A catalogue of such minerals as are at present known to occur in Queensland. «Proceed. Roy. Soc. Queensl.», 4, 1887, p. 32–78.
2038. Minerals of Queensland. Report of the Meeting Australasian Assoc. advanc. of Sci., 1890, p. 232.
2039. *Berge J.S., Brownlee J.H.* а. *Ringrose R.C.* List of minerals of Walsh а. Tinaroo distr., N. Queensland. «Proceed. Roy. Soc. Queensland», 15. Brisbane, 1900, p. 47.
2040. *Dunstan B.* Queensland mineral index а. guide. «Queensl. Geol. Surv.», 1913, publ. № 241, 1014 pp., 13 maps.
2041. НОВЫЙ ЮЖНЫЙ УЭЛЬС. *Strzelecki P.E. de.* Physical description of N. S. Wales а. van Diemen's Land. L., 1845.
2042. *Carne J.E.* Notes on the mineral resources of N. S. Wales. «Records Geol. Surv. N. S. Wales», 1, Sydney, 1889, R. 33.
2043. *Liversidge A.* The minerals of New South Wales. 3 ed., L., 1888, 334 pp. (1 ed. – 1875). Дополнения: *Liversidge*, Notes on some N. S. Wales minerals. «Trans. Roy. Soc. N. S. Wales», 1888, 22, p. 362; 1891, 25, p. 234. Reports of Meeting Australasian Association advanc. Sci., II, S., 1890, p. 207.
2044. Descriptive catalogue of exhibits of metals, minerals, fossils а. timbers. Commis. Sydney, 1889 (Melbourne Centennial Exhibition, 1888).
2045. *Card G.W.* Mineralogical а. petrolog. notes. I–X, «Records Geol. Surv. N. S. Wales», 3–8 1893–1907, Sidney.
2046. *Porter D.A.* Notes on some minerals а. miner. localities in the north. distr. of New S. Wales. «Journ. а. Proceed. Roy. Soc. N. S. Wales», Sydney, 28, 1894, p. 39.
2047. *Gurran J.M.* On the occurrence of precious stones in N. S. Wales. «Journ. Roy. Soc. N. S. Wales», 1897, 30, p. 214–284.
2048. *Pittman E.* The mineral resource of New South Wales. Sydney, 1901, 495 pp., 68 pls., 2 maps (Dept. Mines).
2049. *Trickett O.* Bibliography of the econ. minerals of N. S. Wales. «Miner. Res., Geol. Surv. N. S. Wales», 1919, № 28, 171 pp.
2050. *Smith G.* Notes on the mineralogy. В книге: *E.C. Andrews.* The geol. of Broken Hill distr., «Mem. Geol. Surv. N. S. Wales», 1922, № 8, p. 403–416.
2051. ВИКТОРИЯ. *Smyth*, Catalogue of minerals, rocks а. fossils, wich have been collected in the colony Victoria. Melb., 1866.
2052. *Selwyn а. Ulrich.* Notes on physical geogr., geol. а. mineral. of Victoria. Melb., 1866.
2053. *Ulrich G.F.H.* Contributions to the mineralogy of Victoria. Melb., 1870, 32 pp.
2054. *Nicholas W.* Localities of minerals, wich occur in Victoria. Rep. Geol. Surv. Victoria, 1876, № 3, p. 280.
2055. *Atkinson J.A.* A locality list of all the minerals hitherto recorded from Victoria. «Proceed. Roy. Soc. Victoria», 1897, 9, p. 68–119.
2056. *Clark D.* Minerals of eastern Gippsland. «Rep. Austral. Assoc. Adv. Sci.», 4, f. 1892, Sydney, 1893, p. 285–289.
2057. *Walcott R.H.* Additions а. corrections to the census of Victorian minerals. «Proceed. Roy. Soc. Victoria», f. 1900, n. ser., 13, 1901, p. 253–272.
2058. *Gregory J.W.* Bibliography of econ. geol. Victoria to the end of 1903. «Records Geol. Surv. Victoria», 1907, 2, № 3, 135 pp.
2059. О-в ТАСМАНИЯ. *Petterd W.F.* A catalogue of Tasmania. Launc., 1896, 115 pp. (раньше в 1893 г. в «Proceed. Roy. Soc. of Tasmania»). Новое издание: 1910 г., *Hobart*, 221 pp.
2060. *Petterd W.F.* The minerals. of Tasmania. Handbook of Austral. Assoc. Advanc. Sci., Hobart, 1902.
2061. ЮЖНАЯ АВСТРАЛИЯ. *Harcus*, South Australia. L., 1876, p. 297. (*Austin*, Mines а. minerals of S. Australia).
2062. *Cloud T.C.* A catalogue of South Australian minerals. «Trans. Roy. Soc. S. Australia», 1883, 6, p. 72–93.
2063. *Goyder G.* List of minerals found in South Australia. Ann. Rep. Gov. Geol. for 1883, 1884, p. 14–20.

2064. *Woods J.E.T.* Report upon the geol. a. miner. of the Northern Territory of S. Australia. 38 pp. Palmerston, 1886.
2065. *Cloud T.C.* Minerals of S. Australia. Report of the Meeting Australasian Assoc. advanc. of Sci., 2, Syd., 1890, p. 217.
2066. *Brown H.Y.L.* Catalogue of S. Australian minerals with the mines a. other localities where found. Adel., 1893, 34 pp.
2067. ЗАПАДНАЯ АВСТРАЛИЯ. *Calvert*, Mineral resources of Western Australia. L., 1893.
2068. *Pittman E.F.* Notes on the geol. a. miner. deposits of portion of Western Australia. «Records Geol. Surv. of N. S. Wales», Sydney 1898, 6, p. 1.
2069. *G. Maitland*. The mineral wealth of Western Australia. «Bull. Geol. Surv. W. Austr.», Perth, 1900, № 4.
2070. *Simpson E.S.* Census of minerals of Western Australia. «Bull. Geol. Surv. W. Austral.», 1900, № 4, p. 144–149; 1902, № 6, p. 86–89.
2071. *Krusch P.* Beitrag z. Kenntniss. d. nutzbar. Lagerstätten Westaustraliens. «Zschr. prakt. Geol.», 1903, S. 321, 369.
2072. *Gibson C.G.* a. *Simpson E.S.* The distribution a. occurrence of baser metals in West. Australia. Perth, 1907 («Bull. Geol. Surv. of W. Austral.», № 30).
2073. *Montgomery A.* Some geological considerations affecting Western Australian ore deposits. «Transact. Austral. Inst. Min. Eng.», 13, 1909, p. 160.
2074. *Maitland A.* a. *Montgomery A.* The geology and mineral. industry of W. Australia. Perth, 1924 («Bull. W. Austral. Geol. Surv.», 9).

ОСТРОВА ТИХОГО ОКЕАНА

См. *Lacroix* (№ 25, № 1975, v. 5).

2075. НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ. *Dieffenbach E.* Travels in New Zealand. I–II, L., 1843. (Добавления в «Phil. Mag.», 25, L., 1844, p. 495).
2076. *Hochstetter F.* Neu Seeland. St., 1863.
2077. *Hutton F.W.* a. *Ulrich G.H.T.* Report on the geology a. goldfield of Otago. Dunedin, 1873. Дан список минералов.
2078. *Liversidge A.* Note on some New Zealand minerals belonging to the Otago Museum. «Transact. N. Zealand Inst.», 10, Wellington, 1878, p. 490.
2079. *Ulrich*. Mineralogisches aus New Zealand. «N. Jb. Min.», 1880, II, S. 192.
2080. *Cox S.H.* Notes on the mineralogy of New Zealand. «Trans. Wellingt. Phil. Soc.», 1881, 14, p. 418; 1882, 15, p. 361.
2081. *Hector J.* Minerals of New Zealand. Сост. комитетом Австралийской ассоциации, при секр. *Jack R. L.* «Report of the Meeting of Australasian Association f. advanc. of Sci.», II, Sidney, 1890, p. 263. Также: «Report of New Zealand Geol. Surv.», 1890–1891, p. 105. Добавления: *Marshall P.* «Transact. N. Zeal. Inst.», 41, W., 1908, p. 105.
2082. *De Launay L.* Les richesses minérales de la Nouvelle Zélande. «Ann. Mines», 5, (5) 1894, p. 523.
2083. *Guppy H.B.* Observations of a naturalist in the Pacific between 1896 a 1899, I, L., 1903.
2084. *Sollas*. The rocks of Cape Colville, penins. Auckland, New Zealand. I–II, Well., 1905–1906.
2085. *Fraser C.* The geology of the Coromandel Subdiv. Hauraki, Auckland. Wellington, 1907.
2086. *Wilckens O.* Die geol., paläont. u. petrograph. Literatur über Neu Seeland bis z. J. 1907. «N. Jb. Min.», 1909, 2.
2087. *Marshall P.* Additions to the list of New Zealand minerals. «Trans. N. Zealand Inst.», 1909, 41, p. 105–110.
2088. *Park J.* List of minerals found in New Zealand (в книге «The geology of New Zealand»). Christchurch, 1910, p. 398–408.
2089. *Morgan P.G.* a. *Bartrum J.A.* List of minerals of New Zealand. Geol. Surv. N. Zeal., 1913, 32 pp.
2090. НОВАЯ КАЛЕДОНИЯ. *Trihidez*, Géographie minéralogique de la Nouvelle Calédonie. Assoc. Franf. avanc. Sci., 1881.
2091. *Liversidge A.* Notes on some minerals from New Caledonia. «Journ. Roy. Soc. New S. Wales», f. 1880, 14, 1881, p. 227–246. Перепечатано в его работе № 2043, 1888, p. 271–290.
2092. *Bernard L'* Archipel de la Nouv. Calédonie. Paris, 1895.

2093. *Power E.D.* The mineral resources of New Caledonia. «Trans. Inst. Mining Metall.», 8, Lond., 1900, p. 426–469.
2094. *Glasser E.* Les richesses minérales de la Nouv. Calédonie. «Ann. Mines», 1903, 4, (10) p. 299–392, 397–536; 1904, 5, p. 29–154, 503–701. Reprint., Paris, 1904, 560 pp., 6 pis.
2095. *Jardin E.* Essai sur l'histoire naturelle de l'archipel Marquises, comprenant: la géologie et la minéralogie, 100 pp., Paris et Cherb., 1862 («Mém. Soc. Sci. Nat. Cherb.», 1858, 6).
2096. ГАВАЙСКИЕ ОСТРОВА. *Dutton.* Hawaiian volcanoes. «IV Report of Un. St. Geol. Surv.», Wash., 1884.
2097. *Dana.* Characteristics of volcanoes. N. Y., 1890 (о. Гавайи).
2098. НОВАЯ ГВИНЕЯ. *Macco.* Bodenschätze d. Deutsch. Schutzgebiete: Kais. Wilhelm Land, Bismarck Archipel etc. «Zschr. prakt. Geol.», 1903, S. 28, 193.
2099. О-ВА ТОВАРИЩЕСТВА. *Lacroix A.* Note sur la minéralogie de Tahiti. «Bull. Soc. Min. France», 27, 1904, p. 272.

АНТАРКТИКА

2100. *Traill T.S.* Description of some minerals found on the newly discovered Antarctic Land. «Annales philos.», New ser., 2, L., 1821, p. 147.
2101. *Kaiser E.* Beiträge z. Geologie u. Petrographie d. deutsch. Südsee Inseln. «Jahrb. Preuss. geol. Landesanst.» (1903), 24, B., 1904, S. 91.
2102. *Gourdon E.* Géographie physique, glaciologie, pétrographie. «Expéd. antarct. franç. comm. par D-r J. Charcot». Paris, 1908.
2103. *Thomas H.* On the Innes Wilson Collection of rocks a. minerals from South Shetland Islands a. Trinity Island. «Transact. Ed. Soc.», 53, 1, Ed., 1922, p. 81.

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ МИНЕРАЛОГИИ

ЗАДАЧИ МИНЕРАЛОГИИ В НАШЕЙ СТРАНЕ (1917–1927)

*(Речь, произнесенная в Клубе научных работников
19 ноября 1927 г.)*

«Природа», 1928, № 1, с. 21–40

I

Минералогия – наука о «камнях» – одна из древних наук в области естествознания. Сохранились трактаты о камнях за 2 тыс. лет до нашего времени. С начала XVI столетия – уже пятое столетие – идет непрерывный, продолжающийся до сих пор, ее рост. В России минералогия имеет долгую историю. Со времен Петра, еще раньше основания нашей Академии, в нашей стране уже шла – в связи с начавшимся горным делом – разработка ее проблем, а к середине XVIII века М.В. Ломоносовым здесь, в старом Петербурге, создавалась самостоятельная творческая работа в этой области знания.

В истории нашей духовной жизни минералогия имеет место уже третье столетие. В считаемом столетиями ее бытии десять лет – малый промежуток времени, но последние десять лет XX века занимают в нем большое, исключительное место.

Эти десять лет входят в тот великий взрыв научной мысли, научного творчества, какой переживает сейчас человечество. Наше время по своему значению напоминает то, когда за пять столетий до нашей эры начало создаваться научное систематическое творчество, когда в ярком усилии в греческом мире, в свободных городах Малой Азии, получила начало минералогия, тогда – наука о камнях, сейчас – химия нашей планеты, иная совсем наука в нашем современном понимании, чем ее древний прообраз.

Ибо в долгой, тысячелетней истории минералогии понимание ее содержания изменялось до неузнаваемости. От старого осталось слово, но в него вложено новое содержание. И это содержание подвижно, оно меняется, углубляется, движется с ходом времени. При этом изменении понимания науки из нее выделяются новые отрасли звания, самостоятельные новые науки.

Наука древняя – минералогия вначале – в неполном и неглубоком, но широко анализе явлений захватила огромную научную область – сейчас область многих наук, частью больших по объему, чем она сама. Постепенно, в течение столетий, они из нее выделяются. Это выделение новых наук есть характерная, основная черта ее истории.

Из нее выделилась в XVIII веке геология – наука об истории нашей планеты, а в начале XIX века – палеонтология, наука об истории жизни на ней. В прошлом веке отошла от нее в особую отрасль знания петрография, изучающая горные породы, и кристаллография – наука о кристаллах, разрастающаяся в наше время в одну из основных научных дисциплин, теснейшим образом связанную с физикой и с химией, но сейчас сосредоточивающую в себе еще более глубокие представления, не укладывающиеся в рамки даже этих наук всеобъемлющего значения. К этому вопросу мне еще придется вернуться.

В XX веке, в переживаемое десятилетие, мы наблюдаем новый, яркий процесс того же рода. Из состава минералогии выделяется новая наука – геохимия, изучающая историю химических элементов в нашей планете, наука, тесно связанная с явлениями жизни, с новыми представлениями об атомах, подходящая к большим проблемам космологии и философии.

Выделение геохимии приводит к новому углублению минералогических исканий. Мы еще далеки от окончания процесса. Но мы уже видим, что сейчас за пределами геохимии вырисовывается новый неожиданный облик минералогии – облик *пространственной химии планеты*, где все явления идут в особом пространстве, мало еще охваченном нашим пониманием. Это пространство кажется странным даже для нашей современной научной мысли, быстро привыкающей к небывалым в истории человечества переменам. Явления идут в пространстве, подчиненном симметрии, в геометрическом пространстве – векториальном, т.е. в таком, в котором *приходится считаться не только со временем, но и с направлением...*

Создается химия планеты в структурном пространстве. Происходят новые глубокие выявления построения космоса, существенно отражающиеся на нашем миропонимании.

Здесь мы подходим к таким проявлениям свойств пространства и его симметрии, которые в полном развитии имеют место лишь в твердой среде – могут изучаться лишь в небесных телах, а не в космической пустоте, не в основном эфире; только в небесных телах проявляются для современного научного изучения космические излучения. Мы видим их полное проявление и можем их изучать только тогда, когда они отражаются в твердой среде, в векториальном пространстве. Они совсем неуловимы в космической пустоте или в эфире.

Одно из интереснейших достижений космологии истекшего десятилетия, может быть недостаточно еще осознанное, – это выявляющееся значение в космосе твердой материи, т.е. векториального пространства. Поля этого пространства могут быть крупные и мелкие. И мелкие могут производить крупные эффекты. Такова, например, богатая кальцием межзвездная пыль, та твердая пыль, которую спектроскопическое изучение всюду начинает открывать.

В минералогии нам доступно небольшое планетное поле векториального пространства – наша Земля. Но в ней, в этом небольшом теле космоса, мы изучаем гораздо более общие, не земные только законы. Учение о метеоритах – нарождающаяся наука величайшего философского значения и огромного научного интереса – обнаруживает это без всякого сомнения.

Наряду с глубочайшими проблемами в этой области истекшее десятилетие одновременно выдвинуло в минералогии цикл крупных и интереснейших задач резко иной логической категории. Это проблемы *прикладной минералогии*. Учение о полезных ископаемых, о рудах резко меняется в своем содержании. Оно, по существу, отходит от геологии; в нем на первом месте становятся не геологические условия, а минералогические. Оно захватывается и проникается минералогической мыслью и минералогическими знаниями. Его нельзя изучать в современном масштабе без теснейшей связи с минералогическим исследованием. И это – процесс растущий, с каждым годом все более усиливающийся.

Здесь мы подходим к явлениям совершенно иного значения в народной жизни, чем те, которые создаются ростом теоретической науки.

Хотя *sub specie aeternitatis* (с точки зрения вечности) достижения чистой науки,двигающие на новый высокий уровень человеческую мысль, по сути вещей гораздо более значительны и в конце концов в истории и планеты и человечества более могущественны, чем величайшие завоевания прикладного знания, – в текущей жизни, для современников, гораздо большее значение имеют крупные достижения прикладного знания. Отойти от их всеохватывающего влияния никто не может.

И именно то, что сейчас в минералогии происходит чрезвычайно глубокая и интенсивная переработка – коренная переработка ее прикладных проблем, заставляет нас внимательно и сознательно вдумываться и следить за ее новым историческим поворотом, который так ярко сказался в истекшее десятилетие. Ибо правильный учет ее значения в этой области практического знания, широкое его проявление в жизни являются делом огромного жизненного значения для страны.

Тот народ, который сумеет возможно полно, возможно быстро, возможно совершенно овладеть новым открывающимся в человеческой жизни знанием, совершенно развить и приложить его к своей жизни, – получит ту мощь, достижение которой и направление которой на общее благо является основной задачей всякой разумной государственной политики.

Это новое знание только что перед нами открывается, и понять это быстро, сейчас же, приспособить формы жизни для его использования – является практической задачей дня в тех областях, где могут иметь значение рудное дело и полезные ископаемые, эти основы нашей цивилизации.

II

В сегодняшней своей беседе я остановлюсь только на этих двух группах проблем. Очевидно, обычный ход научной работы в минералогии продолжался неуклонно: собирались новые факты, описывались месторождения минералов, открывались новые, лучше изучались старые месторождения. Основной субстрат минералогии, ее жизненная почва – топографическая минералогия и научный каталог минералов – улучшались и упрочивались, и в связи с этим решались бесчисленные проблемы. Но хроника этой работы может интересовать главным образом только специалиста. Я же здесь хочу коснуться лишь новых и крупных задач, связанных с переживаемым историческим моментом развития минералогии – с циклом проблем, связанных с пространственной

химией планеты и с прикладной минералогией. Я оставляю без рассмотрения и ту новую область минералогии – *минералогию осадочных пород*, рост которой столь характерен для нашего времени.

Проследим в беглом обзоре, в зависимости от находящегося в моем распоряжении времени, как в указанных двух группах научных исканий шла за эти десять лет наша научная работа, чего мы достигли, что мы подготовили и, главное, что *сейчас важно для нас* сделать, насколько современная постановка минералогии у нас обеспечивает наше будущее в этих важных областях научных исканий истины и источников реальной силы цивилизованной жизни.

В прежнее время наиболее разработанной и наиболее общей частью минералогии являлась еще не отделенная тогда от нее *кристаллография*. Несомненно, кристаллография уже тогда была отраслью знания, достигшей высокого совершенства, резко отличавшейся этим от других частей минералогии.

Только во второй половине прошлого века, к его концу, сознание, что наука о кристаллах является частью физики, а не минералогии, получило реальную силу. Перелом в понимании кристаллографии прошел на моей памяти; тридцать пять лет назад мне, в столь блестящем тогда по научной высоте физико-математическом факультете Московского университета, не раз приходилось – долго без отголоска – доказывать такое ее положение в системе наук: оно едва тогда сознавалось. Кажется, только немногие французские, как, например, Дюхем, и немецкие ученые, как Фойт, пытались в это время проводить идею полного разделения минералогии и кристаллографии в преподавании в высшей школе. Но сознание, что это две по существу резко разные науки, с конца прошлого века росло и мало-помалу охватывало научное понимание. Оно очень глубоко отразилось и на организации преподавания и на организации научной работы. Сейчас физики XX века – после борьбы – окончательно для себя приняли это положение; оказалось, кристаллография, как я это преподавал с университетской кафедры, является особой, очень важной физической дисциплиной – учением о твердом состоянии материи. Раз кристаллография отходила к физике – минералогия становилась химией земной коры, или химией Земли.

Логически казалось все ясным. Но наша логика никогда не отвечает сложности природных явлений и на всяком шагу ход развития научного мышления разбивает логические построения современников.

Развитие научной мысли, как мы сейчас видим, пошло по неожиданному пути, и начавшееся резкое разделение минералогии и кристаллографии в организации научной работы и в преподавании не может, по-видимому, принять те простые формы, какие нам рисовались и казались логически неизбежными.

Основа нашего точного знания, всякой науки, неизмеримо шире той базы, на которой строится наша логическая мысль. Поэтому выводы жизни – реального хода событий – и выводы логики не могут всегда совпадать. Чем глубже и чем крупнее поставленные на разрешение науки проблемы, тем расхождение ожидаемого и реального вывода будет чаще и значительнее.

Так случилось и здесь. В конце концов кристаллография не отделилась от минералогии, но охватила ее по-новому, проникла в ее самые основные построения, коренным образом их изменила. *Химически выведенные формулы минералов оказались представлениями кристаллографическими. Сила хи-*

мического сродства оказалась силой кристаллического, т.е. векториально-го, сцепления. Отмечу, что мы в конце концов целиком вернулись к великим интуициям, математически обоснованным одной из оригинальнейших личностей человечества, А. Ампера, высказанным 113 лет тому назад в мемуаре, долго не понятом.

Одновременно с этим изменением минералогии и в кристаллографии связь ее с минералогией усилилась. В специальной кристаллографической работе и в ее преподавании оказалось невозможным обойтись без использования все большего и большего минералогического материала. Ибо при разнообразии природного химического синтеза, изучаемого в минералогии, твердое вещество наших лабораторий бессильно заменить нацело твердый минерал – эту незаменимую, основную эмпирическую базу кристаллографии.

В минералогии постоянно находят все новые и новые формы твердой материи, которые не могут быть оставляемы в стороне в кристаллографии и которые искусственно не получены. Чем более уточняется научная работа в этих двух дисциплинах, тем связь между ними становится более тесной.

Начавшееся разделение не дошло до конца, до которого, как мы думали, оно должно было прийти, и оно остановилось. Истекшее десятилетие указало нам, что дело шло не об освобождении минералогии от ее, по сути вещей ей не принадлежащей, области физических наук, а о новой форме связи кристаллографии с минералогией, коренном изменении этой последней. Основные достижения десятилетней работы могут быть выражены в немногих положениях. *Силы химические, силы кристаллические и силы электрические суть разные выражения одного и того же явления.* Их проявление мы видим в химическом составе минерала. *Химия Земли, планетная химия, каковой является минералогия, идет в особом векториальном пространстве, законы которого изучаются кристаллографией.* С этим векториальным пространством теснейшим образом связаны все жидкие, газообразные минералы и все земные химические реакции, дающие начало минералам. Векториальные поля атомов могут быть прослежены и в жидком состоянии материи.

Это представление отвечает сути того огромного процесса, который происходит, но еще не завершился в истекшие десять лет. Все наши мерки условны, и в них редко когда укладывается не знающее их природное явление; таким природным процессом является, конечно, и ход человеческих научных исканий.

III

Новое содержание минералогии сложилось не в эти десять лет; оно содалось медленным историческим путем, долго подготавливалось. Оно еще не закончилось в своем творении.

Можно наметить два научных течения, к нему приведшие.

С одной стороны, углубление кристаллографических законов – работа, шедшая внутри минералогии, основанная на труде и исканиях ее работников и на собранных в ней фактах.

Другой путь указан был великими открытиями физики, открытием Рентгена и изучением свойств рентгеновских лучей.

Работа минералогов к началу XX века привела к одному из величайших научных построений – к точной научной теории строения кристаллов, одному из совершеннейших созданий человеческого гения. Ее отдаленные корни лежат в XVII столетии, их ясные следы могут быть прослежены даже еще глубже. Проблема в основной части обнаружилась уже ясно в XVIII веке, к его концу, в представлениях и открытиях аббата Гаюи в *Museum d'histoire naturelle* в Париже; еще глубже уже в прошлом столетии, почти сто лет назад, намечал теорию строения кристаллов и многое понял и знал, чего не знали и не понимали крупнейшие его современники, скромный марбургский профессор Гессель и, наконец, в конце XIX и начале XX века эти идеи в полной и яркой форме охватили всю кристаллографию.

Это было достигнуто в наиболее полной форме у нас – в тогдашнем Петербурге и в Москве – большим русским ученым, академиком Евграфом Степановичем Федоровым, умершим во цвете сил и в блеске ума от тяжелых материальных условий в 1919 г. Большой труд его жизни – основа созданного им кристаллохимического анализа, – отпечатанный еще во время войны в изданиях Академии наук, написанный на немецком языке, мог появиться только в год его смерти. Это «Царство кристаллов» – «*Das krystallreich*». Этот труд стал медленно и еще позже, сейчас, в последние годы, проникать в круги специалистов в Западной Европе и в Америке.

Влияние его еще не сказалось поэтому в полной мере, но я думаю, что не ошибусь, если скажу, что это одно из самых монументальных творений, касающихся основных проблем минералогии и кристаллографии за прошедшее десятилетие. Его полное выявление только что начинается.

В «Царстве кристаллов» Федоров охватил весь материал, все известные до 1914 г. и кристаллографически изученные минералы, численно связав химический состав их с внешней формой и с внутренним строением.

Сейчас и у нас и в Англии идет разработка его достижений, очень затрудненная его изложением, и делаются попытки придать им более удобную для работы форму. Она ведется в Федоровском исследовательском институте – профессором А.К. Болдыревым и его сотрудниками.

Главные достижения Е.С. Федорова, касающиеся теории кристаллического строения, были опубликованы за много лет до 1917 г., в окончательной форме еще в 1890 г. Е.С. Федоров был тот человек, который логическим путем и математическим творчеством, числом и мерой, начертал распределение атомов в кристаллах и, в частности, в минералах за тридцать два года до того, когда был открыт способ опытной установки распределения атомов в пространстве. Опыт блестяще подтвердил построения Е.С. Федорова в их основной части. Но больше того, он мог быть сделан и явление было открыто только потому, что Федоров дал раньше теорию кристаллического строения материи. Можно сказать, что вся новая минералогия построена на его великом обобщении. С ним же связаны и все те практические приложения, которые сейчас вытекают из изучения рентгенограмм, например многочисленные проблемы техники металлов. Я говорю о распределении в пространстве атомов, употребляя наш современный язык. Явление понималось Федоровым вначале иначе.

Эти работы не были оценены сразу, хотя Е.С. Федоров дожил до полного признания своей работы, что является не частым уделом идущих своим путем в науке исследователей, каким был всю жизнь Евграф Степанович.

Корни этих идей глубоко скрыты в прошлом. С одной стороны, наш академик Аксель Вильгельмович Гадолин, не зная забытых в это время работ Гесселя, самостоятельно вывел в 1865 г. все возможные многогранники кристаллографии и возможные для них типы симметрии. Из этих работ исходил в основе Федоров. Почти одновременно с Гадолиным в Вене крупный механик профессор Винер указал, в натурфилософском трактате, на возможность нового толкования кристалла не как полиэдра, свел его однородность и векториальность к пространственной системе точек, обладающих одними и теми же физическими свойствами. Идея Винера в такой форме не вполне отвечает тому представлению, какое мы сейчас имеем об этих явлениях и какое выросло из ее математической разработки. Эта разработка была начата вскоре же, в 1860-х годах, мюнхенским физиком Л. Зонке, который не смог привести ее к общей форме, но доказал, что такие бесконечные системы точек проявляют новые явления симметрии, которые не могут иметь места в симметрии замкнутых многогранников кристаллографии, до тех пор с этой точки зрения только и изучавшихся.

В общей форме как раз эта задача и была разрешена Е.С. Федоровым, изучавшим геометрические свойства систем точек, правильно распределенных в безграничном пространстве, одинаковых во всех его местах и связанных с кристаллическими многогранниками, заполняющими пространство своим повторением.

Долго и минералоги считали абстрактными, далекими от реальных задач их науки представлениями системы полиэдров и точек, геометрия которых изучалась Федоровым. Но не прошло и тридцати лет, как эти работы привели к полному перевороту всех исканий минералогии.

Федоров ввел в изучаемую им геометрию пространства одно условие, основанное на минералогических наблюдениях, одно эмпирическое обобщение, придавшее всей его работе реальный характер и связавшее ее с эмпирическим естествознанием.

Многогранники, однородное заполнение пространства которых изучал Федоров и от которых можно было перейти к точкам-атомам, были только *многогранники минералов. Они отвечали химическим реакциям планеты.* И системы точек-атомов, заполнявшие правильным образом пространство, были этим путем связаны с естественными телами. Федоров нашел, что разных типов такого распределения систем тел в пространстве, не противоречащих кристаллографическим законам, отвечающих химии планеты – минералогии, может быть только 230, причем геометрически могут быть отмечены и более частные их подразделения.

Несколько позже, но в конце концов одновременно с Федоровым, тот же вывод был подтвержден другим, новым, не чисто геометрическим путем мюнхенским математиком Шенфлисом.

Дальнейший вывод, шедший в разрез с господствующими в то время идеями, был сделан из достижений Федорова в начале нашего столетия недавно скончавшимся мюнхенским минералогом П. фон Гротом. Он предположил, что точки Федорова – Шенфлиса отвечают реальному положению в пространстве атомов различных химических элементов в кристаллах их соединений и, в частности, в минералах. Грот здесь стал в противоречие с господствующими взглядами. Он отрицал существование молекул в кристаллах

и тождественный характер разных точек пространства теории кристаллического строения.

Правильность выводов Грота, основывавшегося на огромном эмпирическом материале и на достижениях Федорова и Шенфлиса, была доказана при его деятельном содействии в 1912 г. мюнхенским математиком и физиком фон Лауэ при участии Книппинга и Фридриха. Лауэ нашел метод, позволивший видеть ряды точек-атомов и знать распределение этих рядов в пространстве путем изучения явлений дифракции рентгеновского света. При пропускании рентгеновских лучей через минерал получались атомные скелеты минералов; они могли быть связаны с химическим составом и с симметрией тел.

Это одно из величайших открытий точных наук быстро сдвигает минералогию на новый путь и открывает перед ней негаданные, огромные перспективы. Мы не знаем, куда мы придем на этом пути. Никогда до сих пор человеческая фантазия и человеческая угадка не могли в своих построениях даже подойти к тому, что в действительности достигалось реальным движением научного искания в области точного знания.

Исходя из этого эмпирического обобщения, можно с уверенностью утверждать, что будущее вступившей на этот путь минералогии чревато величайшими последствиями.

Все истекшее десятилетие в минералогии находится под влиянием и впечатлением этого открытия. Сейчас идет энергичная переработка всего научного материала и приспособление его к новым представлениям.

Работа сделана огромная. Особенно за последние 3–4 года, благодаря чрезвычайному улучшению и упрощению научной техники и приборов, темп работы – особенно в странах английского языка, в скандинавских странах, в немецких государствах, частью во Франции – чрезвычайно усилился. Уже добыто огромное количество измерений, и весь облик минералогии изменяется до неузнаваемости. С каждым годом темп получения новых числовых величин растет и захватывает область научного мышления.

К сожалению, наша страна в этом движении мысли и научной работы почти не участвует. Среди тысяч количественных определений рентгеновских констант естественных тел, кажется, нет ни одного, сделанного в нашей стране. Вначале проф. Юрий Викторович Вульф, умерший в 1925 г. в полном расцвете научного творчества, был одним из первых, разобравших диаграмму фон Лауэ, но его работа остановилась... И заместителей нет.

Десятилетние итоги, которые сейчас сводятся в этих публичных лекциях, важны не только благодаря указаниям на то, что делается, но и указаниям на пробелы, которые открываются и которые, раз они узнаны, могут быть полнены.

Такой пробел стоит перед нами, пробел, который касается научного течения, основной путь которого был так блестяще заложен у нас упорной, и долготелней работой Е.С. Федорова.

Положение дел должно быть изменено, ибо вопрос идет об области основных в развитии наук явлений величайшего значения.

Сейчас у нас нет, насколько знаю, ни в одном высшем учебном заведении ни одной полной рентгеновской установки. Те талантливые русские минералоги, которые у нас есть, лишены возможности работать в этой области, а

наша молодежь лишена возможности получить в нашей стране знание минералогии, отвечающее современному уровню ее состояния.

Будем надеяться, что это нетерпимое положение будет быстро исправлено. Именно здесь промедление смерти подобно, так как правильная постановка минералогии сейчас имеет не только огромное, незаменимое значение для теоретической мысли, но она затрагивает практические первостепенного значения интересы нашей страны.

IV

Эти практические интересы связаны с развитием прикладной минералогии, полное значение которой стало ясно именно в этом десятилетии.

Благодаря особым условиям нашей научной организации, учет и восприятие свершившихся научных достижений имеет особое, гораздо большее для нашей страны значение, чем для других стран.

Замечу, что превращение минералогии в планетную химию в векториальном пространстве все больше и больше начинает отражаться и на прикладных ее проблемах. Я не могу здесь останавливаться на этих новейших исканиях.

Только в общих чертах я коснусь и положения учения о рудных, или полезных, ископаемых за указанное время. От общих идей и величайших охватов Вселенной мы сходим здесь на нашу Землю, к жизненным, житейским явлениям.

Учение о полезных для нас ископаемых получило лет сто назад в вековом опыте немецких, чешских, английских и французских горных деятелей свои первые научные выражения; оно является общей областью геологии и минералогии. На Западе все время на первое место выдвигались минералогические основы; так осталось и до сих пор.

За XIX и особенно XX век – за истекшее десятилетие – это значение *минералогической основы* учения о рудных ископаемых чрезвычайно усилилось. Оно усилилось не только потому, что выросла новая наука – геохимия, что создалась физическая химия, что минералогия получила указанный выше сдвиг в своем развитии: оно усилилось благодаря *резкому изменению объектов изучения* учения о полезных ископаемых. Такими оказывались не только те относительно немногие органические и металлические тела природы, которые в ходе человеческой цивилизации веками имели практическое значение, – в нее вошли *все химические элементы и все их природные соединения*. Ибо за это время человек подошел к использованию всех химических элементов, всех форм потенциальной химической энергии биосферы.

Совершен за это время, а особенно за последнее десятилетие, огромный сдвиг в экономике рудного дела, тесно связанный с той стихийной работой, которую цивилизованное человечество ведет в химии биосферы и в конце концов в химии планеты, т.е. в области минералогических проблем.

Это усиление химического характера объекта учения о полезных ископаемых неизбежно чрезвычайно усиливает в нем значение минералогии за счет геологии.

Учение о полезных ископаемых является сейчас, в своей основе, *прикладной минералогией*, и прикладная геология играет в нем с ходом времени

все меньшую и меньшую роль. Может быть, это явление временное, но я не заглядываю здесь в далекое будущее; в вопросах практической жизни нам важнее всего учитывать настоящее и ближайшие перспективы.

В этих пределах мое утверждение мне представляется несомненным.

Исходя из этого, обратимся к ходу явлений в этой области научных исканий в нашей стране за последнее десятилетие.

Надо еще отметить, что за это десятилетие центр научной работы в этой области научных знаний коренным образом переместился. Значение западноевропейских работ резко померкло – центр научной работы и мысли переместился в Северную Америку и главным образом в Северо-Американские Соединенные Штаты. Здесь минералогический характер научной, работы в этой прикладной дисциплине не только получил глубочайшее обоснование, но явно все усиливается и придает новое, своеобразное реальное содержание научным исканиям.

Если мы обратимся к положению этой научной работы в нашей стране, то наше внимание прежде всего невольно останавливается на сложности и незаконченности наблюдаемой картины.

Несомненно, за эти десять лет здесь, в нашем Союзе, нет остановки в научной работе, наоборот, количество научных фактов и частных достижений все увеличивается. Но в то же время у нас одновременно существуют два течения – геологическое и минералогическое; причем, в отличие от научного уклада других стран, наша государственная организация дела резко выдвигает геологическую постановку изучения этих явлений в ущерб минералогической.

Нельзя забывать, что сознание правильности такого решения было недавно так крепко, что еще во время войны, когда минералогическое течение в этой области впервые выступило в серьезном масштабе в жизнь, оно вначале встретило и недоумения и возражения. У многих работавших в этой области сложилось тогда впечатление вторжения чуждой стихии в их налаженную работу. У них не было сомнения в правильности привычных им точек зрения.

Полезно поэтому в немногих словах коснуться того, как сложилось в нашей среде это новое, для многих неожиданное, минералогическое течение в изучении полезных ископаемых. Оно связано с созданием геохимии и минералогии осадочных пород.

Было время, еще недавно – в конце прошлого века, когда кафедры минералогии почти всех наших высших школ, за исключением Горного института, тогда единственного, были заняты геологами. Они преподавали минералогию, но научно работали в области геологии.

Лишь с поколения профессоров, к которому принадлежу я, с начала 1890-х годов, произошло коренное изменение, и к 1917 г. мы видим в России резко иную картину. Количество кафедр минералогии и ученых минералогов, их занимающих, было в нашей стране в это время наибольшим в Европе, и лишь американская высшая школа нас превосходила.

Изменение научного преподавания, совершившееся в конце XIX и начале XX века, и создание новых научных дисциплин привели к большому росту научной минералогической работы в нашей стране и к созданию в ней больших минералогических институтов, каким являлся в то время Минералогиче-

ческий кабинет Московского университета, тогда (к 1911 г.) один из наиболее богатых и могущественных по средствам в Европе.

С интересующей меня здесь точки зрения важно отметить, помимо работы в области геохимии, в то время сосредоточенной в Москве и в тогдашнем Петрограде, то направление русской минералогической работы, которое связано с изучением динамической стороны минералогических процессов – с изучением истории минералов в земной коре и с разработкой минералогии осадочных пород. Корни обоих направлений были, мне кажется, общие. Работа развилась в Москве, но начало ее, мне кажется, было положено здесь, в тогдашнем Петербурге, и было связано с работой мысли моего учителя проф. В.В. Докучаева, с созданием здесь того нового течения в почвоведении, которое носит часто название «русского почвоведения». Докучаев ярко выдвигал и в своих лекциях и в окружающей его молодой среде проблемы генезиса минералов. И в этом направлении нельзя здесь не вспомнить жизненной работы другого ученика В.В. Докучаева, проф. П.А. Земятченского, неуклонно работавшего в этой области в течение всего рассматриваемого десятилетия.

Да будет позволено мне вспомнить здесь, среди московских минералогов, жизненную работу в той же области ушедшего от нас в 1925 г. в полном блеске научного творчества моего заместителя по московской кафедре и моего ученика Я. В. Самойлова. Он был одним из тех, которые и в области геохимии, и в области минералогии осадочных пород, и в области прикладной минералогии оставили глубокий след; его работа ярко выделяется в десятилетии 1917–1927 гг. Его потеря, особенно при недостаточности у нас научных сил, является большим несчастьем, незаменима.

Независимо изучение минералогии осадочных пород шло в Киеве, – было выдвинуто проф. П.Я. Армашевским (1919 г.) и его учениками. Оно привело к новым исканиям в учении о полезных ископаемых. В 1917–1927 гг. эти идеи развивались в Киеве В.Н. Чирвинским и в Новочеркасске П.Н. Чирвинским и его учениками. П.Н. Чирвинский – один из немногих в нашей стране – ввел в нашу научную мысль проблемы изучения метеоритов.

В Московском университете на первое место в преподавании и в научной работе была выдвинута история минералов, а не система минералов. Это неизбежно привело к выделению из минералогии геохимии, к развитию минералогии осадочных пород и к новому охвату учения о полезных ископаемых.

Но в этом последнем течении мысли русские минералоги могли выступить более систематически только в эпоху последней войны, когда в 1915 г. выяснилось огромное значение полезных ископаемых для нужд момента и для экономической и государственной структуры нашей страны. С 1915 г. могли быть созданы нужные формы для организации минералогической работы в этом направлении. Впервые явилась возможность широко по-новому охватить проблемы минеральных производительных сил. Работа эта сосредоточилась в Академии наук; она охватывает, медленно увеличиваясь, все десятилетие. Мне достаточно напомнить имя одного из ее руководителей, академика А.Е. Ферсмана. В Москве за это время был создан особый Институт прикладной минералогии. К сожалению, этот Институт не получил возможности в нужной мере развить научную работу и сейчас силами внешних обстоятельств перешел к чисто практическим изысканиям, фактически уже

уходит в сторону от этой столь нужной для страны научно-исследовательской работы, столь жизненно для нее важной.

Одновременно – в 1915–1916 гг. – проф. К.И. Богданович, тогда директор Геологического комитета, ярко направил деятельность Комитета к изучению полезных ископаемых; неизбежно, по характеру знаний членов Комитета, он положил в основу их изучения геологическую базу. Это течение, выдвигавшее геологическую базу этой работы, давно подготовлялось, с начала работ по постройке Сибирской железной дороги, и давно проникало в Геологический комитет. Мне думается, такая основа в частном случае сибирских работ для области, представлявшей во многом геологическую *terra incognita*, была, по существу, правильной и необходимой. Но она является крупной ошибкой и представляет все растущий анахронизм, когда она распространяется на области Союза, геология которых в основных чертах изучена. Она, кроме того, вредит основной задаче Геологического комитета – составлению им геологической съемки и карты во все более и более подробном масштабе, требующей по сути дела напряжения всех сил Комитета. К сожалению, эта работа, без которой немислимо точное изучение минеральных производительных сил, сильно затормозилась за это десятилетие; одно время она даже приостановилась.

Направление, данное К.И. Богдановичем, еще более усилено в новом уставе Комитета, сейчас выработанном.

Жизнь требует сейчас более широкой базы для изучения полезных ископаемых. Ее создать необходимо теперь же, так как дело идет об одной из величайших потенциальных сил нашей страны. Их изучение не может вестись ни одними геологами, ни одними минералогами; нужна работа и тех и других, а в равной мере и химиков, – но все же *исследование неизбежно должно вестись на минералогической основе*, а не на геологической.

Мне кажется, что развитие минералогии, идущее в своем главном течении вне нашей страны по новым путям, не может быть оставлено без внимания. С ним должна считаться государственная организация исследования минеральных производительных сил нашей страны. Иначе получаемые результаты не будут отвечать требованиям жизни. При быстром росте науки это скажется быстро.

Правильная, иная, чем сейчас, форма этой организации есть очередная важная государственная задача. Это надо сознать и к этому надо направить и нашу волю и наше творчество.

Прикладная минералогия должна получить в ней более основное значение.

Мы видим, в каком вихре научных исканий и в каком новом охвате их приложений развивалась в течение этих десяти лет минералогическая мысль.

Мы должны понять, что мы видим явление не остановившееся, но растущее и текущее.

К нему мы должны прилагать нашу государственную мысль и для открытия в нашей стране возможностей широких научных исканий и для выковывания их в формы, удобные для использования потенциальной энергии нашей страны, доступной нашему народу благодаря ходу его исторической жизни.

О ЗЕМНЫХ АЛЮМОФОСФОРНЫХ И АЛЮМОСЕРНЫХ АНАЛОГАХ КАОЛИНОВЫХ АЛЮМОСИЛИКАТОВ

«Доклады Академии наук СССР», 18, 1938, с. 287–294

1. В химии природных силикатов в последнее время выяснились факты, которые, мне кажется, имеют большое значение для выявления химической структуры силикатов и алюмосиликатов. Они найдены минералогами своими методами, а не химиками, которые до сих пор оставляют без достаточного внимания, держат в застое основную область соединений нашей планеты – соединений кремния и алюминия.

В этой области химии в текущей научной работе нельзя опираться на существующие химические теоретические представления. Чуть не на каждом шагу мы встречаемся здесь с фактами и явлениями, с точки зрения химии кремния и алюминия и их аналогов неожиданными или ломающими привычные химические теории. На одно такое новое наблюдение я считаю важным обратить сейчас же внимание химиков и минералогов: оно не может остаться бесследным для наших теоретических и эмпирических обобщений.

Недавняя работа (1937 г.) Мак-Коннеля¹ позволяет точнее определить взаимные отношения каолиновых алюмосиликатов с алюмосульфатами (квасцами) и с алюмофосфатами, на аналогию химической структуры которых я обращал внимание в своих лекциях в Московском университете еще в прошлом столетии².

Мак-Коннель вернулся к более точному исследованию свойств *иклеита* (из Кристмор в Калифорнии), минерала контактового генезиса, установленного в 1914 г. Иклем и Роджерсом³, богатого кремнеземом и серой, но принадлежащего, по их мнению, к группе апатитов, т.е. сложных фосфатов. Данные Икля и Роджерса не были учтены в науке и требовали нового исследования⁴. Его дал на новом материале (оттуда же) Мак-Коннель.

¹ F. Mac Cownel, «Amer. Min.», 22, 1937, с. 977.

² Выявление одинаковой химической роли окисей алюминия и кремния в силикатах заставило меня с начала моих лекций в Московском университете в 1891 г. переработать с этой точки зрения не только группу силикатов, но и все минералы, содержащие окись алюминия и ее аналоги (окись железа, окись хрома и т.д.), в том числе алюмосульфаты (квасцы) и алюмофосфаты. Это явилось следствием признания окиси алюминия в параметрах земных реакций за кислотный ангидрид. Я убедился еще раньше, что такое понимание их химии вполне химически допустимо и никаких серьезных затруднений с химической точки зрения не представляет (см. В.И. Вернадский, О группе силлиманита и роли глинозема в силикатах, 1891, с. 44 и сл. «Bull. Soc. Nat. Moscow», 1891 и мое введение в книгу В. Вернадский и С. Курба-това). Земные силикаты, алюмосиликаты и их аналоги, 1937, с. 25 и сл.) [см с. 19 настоящего тома]. В печати для алюмосульфатов и алюмофосфатов, мне кажется, я в первый раз остановился на этом в издании моих лекций в Сорбонне. См. W. Vernadsky, La géochimie, P., 1924, с. 173. В русском издании этой книги «Очерки геохимии», 1927, с. 316, я указал на теоретическую вероятность фосфорных и серных аналогов (без кремнезема) каолинового ядра, дал формулы. Те же формулы я перепечатал и в немецком издании 1930 г. «Geochemie», Lpz., 1930, с. 315. В русском 4-м издании. «Очерков геохимии», 1934, я выбросил эти схемы, желая вернуться к ним более подробно, что сейчас и делаю.

³ A. Eacle a. A. Rogers, «Amer. Journ. Sci.», (4), 37, 1914, с. 263.

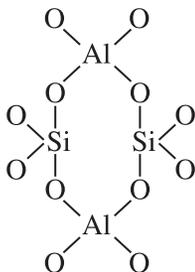
⁴ Например В. Форд (E.S. Dana, Textbook of Mineralogy, 4 ed., N. Y., 1932, с. 706) относит его «вероятно» к группе апатита. В сводке Дёльтера (C. Doelter, Handbuch d. Mineralchemie, III, 1918, с. 592) Г. Лейтмейер ставит его совершенно отдельно от апатитов в группе кремнесульфокarbonофосфатов.

Он подтвердил и развил идеи Икля и Роджерса, доказал, пользуясь новой методикой, неизвестной в 1914 г., принадлежность икклита и нового совместно встречающегося минерала, *элластадита*, им открытого, к пространственной решетке апатитов. Анализы были сделаны Р. Элластадом.

Элластадит содержит, по одному единственному анализу, 20,29% SO_3 ; 17,51% SiO_2 ; 3,06% P_2O_5 ; 0,61% CO_2 и вполне укладывается в рамки фторапатита – $3\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_7\text{CaF}_2$ (из Фарадей-Тауншип в Онтарио), с которым Мак-Коннель его сравнивал в своих измерениях и рентгенограммах.

Мак-Коннель доказал, что P, Si и S во фторапатите и в элластадите образуют атомные тетраэдрические комплексы. В центрах тетраэдров находятся атомы P, C¹, Si и S, а в углах тетраэдров – атомы кислорода. Это как раз тетраэдрические атомные комплексы, вполне аналогичные тем, которые строят каолиновое ядро и характерны для каолиновых алюмосиликатов.

Исходя из такого строения элластадита, мы должны заключить, что химические элементы, химически столь различные, как Si (четырёхвалентный), S (шестивалентная) или P (пятивалентный), *не под влиянием их валентности или их «изоморфизма»* могут в твердом кристаллическом веществе планеты замещать друг друга, не нарушая пространственных решеток.



Когда кислотные ангидриды этого типа², может быть (CO_4), встречаются или образуются вместе, они, в условиях земных химических реакций, дают, соединяясь парами вместе, новые, более сложные тетраэдрические *кольцевые комплексы*, на значение одного из которых и на совершенно исключительную его роль в веществе нашей планеты – каолинового ядра $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ или метанакрита – я давно³ обратил внимание.

2. Исходя из критической переработки по возможности всей литературы химии и минералогии силикатов и проделав большую экспериментальную работу, я пришел в 1891 г. к заключению *о большой химической аналогии окиси алюминия и окиси кремния* в земной коре, о существовании *алюмокремневых кислот* и их солей и о химической сложности природных силикатов, которые далеко не все являются солями кремневых кислот, как это тогда являлось

¹ Мак-Коннель допускает нахождение в элластадите атомных тетраэдрических комплексов (CO_4), заменяющих (PO_4) и (SiO_4). Но в группе апатита углеродные атомы с точки зрения химического их состава могут (франколит) замещать CaF_2 в виде CaCO_3 .

² Существование тетраэдров (PO_4) в фосфатах простых и сложных было выведено путем наблюдения в 1927 г. Гендрихсом (*S. Hendrichs*, «Amer. Journ Sci.», 14, 1927, с. 269), а в 1930 г. – Д. Уэстом, С. Нарай-Сабо (*J. West*, «Zschr. Kryst», 74, 1930, с. 832; *S. Naray-Szabo*, *ibid.*, 78, 1930, с. 576) и М. Мемелем (*ibid.*, с. 313).

³ См. мое введение в книгу: *В. Вернадский и С. Курбатов*. Земные силикаты, алюмосиликаты и их аналоги, 1937; *W. Vernadsky*, «Zschr. Krist.» 84, 1933 [с. 228 настоящего тома] (литература); *В. Вернадский*, Очерки геохимии, 1934 (литература) [Избр. соч., I, 1954].

общепринятым. Можно утверждать сейчас, что новый метод рентгенометрического исследования кристаллов, выявленный для силикатов в 1927 г., подтвердил в основном правильность моих выводов.

Сейчас можно идти дальше и утверждать как факт, что «каолиновое ядро» есть только *частный случай*. Значительное число минералов имеет в основном то же строение.

Каолиновое ядро в наиболее простом его выражении состоит из двух кислородноалюминиевых атомных тетраэдров, связанных с двумя кислороднокремневыми атомными тетраэдрами, а алюмосиликаты каолинового строения могут содержать на одно каолиновое ядро до 12 и, может быть, больше лишних кислороднокремневых атомных тетраэдров. Для кремнеалюминиевых солей и гидратов каолинового строения находящиеся в них атомы кремния и алюминия захватывают *все атомы кислорода* данных соединений. Получаемая при этом ячеистая структура из атомных тетраэдров $2(\text{AlO}_4)_2 + n(\text{SiO}_4)$ (в указанных отношениях) и отвечает структуре каолинового ядра¹.

Сейчас ясно, что в известных условиях кремнекислородные атомные тетраэдры могут быть без резкого нарушения кристаллических решеток замещаемы в каолиновом ядре аналогично построенными атомными фосфорнокислородными, сернокислородными (может быть, углеродными) тетраэдрами. Это происходит нередко в природе при образовании водных алюминиевых, фосфорнокислых и сернокислых солей, которые уже в 1891 г. мной сводились не к солям, а к производным комплексов алюмофосфорных и алюмосерных ангидридов. Соединения этих ангидридов с водой должны рассматриваться как их свободные кислоты, аналогичные глинам. В таких квасцах, как алунит, или в таких минералах, как минервит, мы имеем их соли.

Я остановлюсь здесь вкратце на этих представлениях, получающих эмпирическую опору с открытием элластадита. Строение апатитовой группы, установленное Мак-Коннелом, подтверждается данными строения алюмосульфатов и алюмофосфатов (соответственно их аналогов ферри-, хром- и т.д. фосфатов и сульфатов), которые вытекают из точных данных минералогии.

Эти данные противоречат господствующим представлениям химиков.

3. Мы имеем, как я указал в 1924 г.², серьезные указания на существование алюмофосфорных и алюмосерных соединений, генетически связанных с алюмосиликатами каолинового строения, образующихся в процессах выветривания, гидротермальных и после вулканических изменений; их образование связано с заменой кремнекислоты окисью фосфора или окисью серы.

К сожалению эти вопросы недостаточно изучены и точная химическая формула некоторых главных минералов, сюда относящихся, требует уточнения. Процесс образования этих алюмосульфатов и алюмофосфатов не может быть сведен к химическим явлениям, излагаемым в трактатах неорганической химии, так как динамика химических природных реакций иная, чем та, которая положена в их основу в химии, и мы имеем здесь дело с параметрами и фактами, ею не учитываемыми и резко меняющимися ее теоретические пост-

¹ Для «каолиновых» ядер и их аналогов это верно для ангидридов, кислот и солей, например для полевых шпатов. Для более сложных тел, как например для содалита, ядра захватывают большую часть атомов кислорода.

² *W. Vernadsky, La Géochimie, 1924, с. 133–134 [Избр. соч., I, 1954, с. 105].*

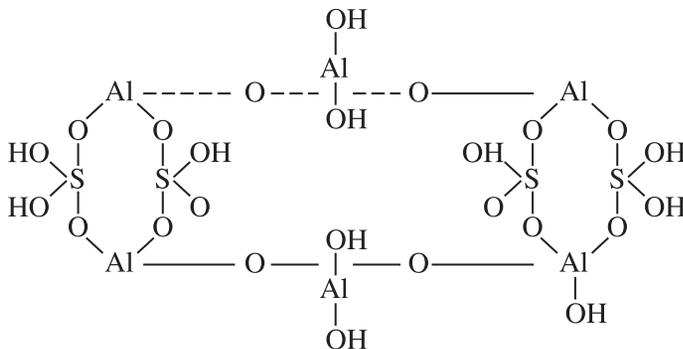
роения. Прежде всего часто этот процесс связан с биогеохимическими явлениями, на значение которых вообще не обращают должного внимания.

Но, кроме того, процесс идет одновременно в твердой, жидкой и газообразной фазах. Природный процесс их генезиса совершается *без перехода в жидкий или коллоидный раствор* значительной части твердого вещества исходных каолиновых алюмосиликатов. В структуре получаемых алюмосульфатов и алюмофосфатов сохраняется материальный отпечаток каолинового ядра. Часть атомов каолинового ядра при реакции может не смещаться. Реакции, в результате дающие природные минералы, выявляют благодаря этому просто и четко атомную структуру алюмофосфата или алюмосульфата.

4. Два минерала главным образом образуются в больших количествах в природных процессах этого рода – *алунит* и *минервит*¹. Эмпирическая формула алунита не возбуждает сомнений, но формула алюмофосфата – минервита часто неправильно указывается. Я принимаю поправку, внесенную Ф. Замбонини².

Ясно уже из анализов, что оба эти калиевые соединения, генетически связанные с каолиновыми, часто калиевыми же, алюмосиликатами – полевыми шпатами, слюдами или каолиновыми глинами, – проявляют в своей структуре *алюмосерные* и *алюмофосфорные ядра*, *аналогичные каолиновому ядру*, и атомные кислородные тетраэдры, характерные для апатитов и элластадита.

Вот формула алунита, выведенная, исходя из данных его анализов и этих соображений:



Она отвечает следующей эмпирической формуле: $K_2Al_6(OH)_{12}(SO_4)_4$, или $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 2Al_2(OH)_6$.

В этой формуле *алунита* гипотетическим является кольцевое, аналогичное каолину, расположение тетраэдрических кислородных комплексов с серой. Избыток атомов алюминия в формуле этого минерала распределяется вне «каолиновых» алюмосерных ядер. Необходимость существования двух «каолиновых» ядер вытекает из чисел анализа. Мы видим здесь то же строе-

¹ В ряде распространенных сводок минералогии, перешедших и в нашу литературу благодаря русскому переводу ненадежной обработки Фордом прекрасного для своего времени труда Дана (Textbook of Mineralogy), минервит спутан с несуществующим минералом «пальмеритом». Ошибочно или вследствие опечатки так назван Ф. Замбонини в реферате работы Казориа («Zschr. Kryst.», 12, 1907, с. 89) минерал *пальмерит*, описанный Э. Казориа в 1904 г. в мало распространенном итальянском журнале. После того пальмеритом был назван Лакруа сульфат Везувия.

² F. Zambonini, «Zschr. Kryst.», 12, 1907, с. 89.

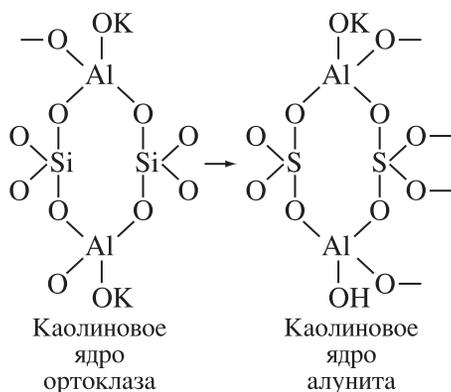
ние, которое характерно для каолиновых алюмосиликатов: все атомы кислорода алунита располагаются в углах тетраэдров, в центре которых находятся атомы алюминия или серы. Все другие атомы – водород и калий – связаны с тетраэдрами через кислород. Добавочные атомы алюминия должны давать атомные тетраэдры алюминия $(AlO)_4$, которые находятся вне каолинового ядра¹.

До известной степени можно судить по формуле о генезисе *алунита*.

Во-первых, описаны из разных мест псевдоморфозы алунита по *ортотлазу*, связанные с уходом SiO_2 и с заменой ее SO_3 и H_2O . В конце концов:



Две трети атомов алюминия остаются в алуните в «каолиновом» ядре:



Одна треть атомов алюминия ортотлаза дает атомные тетраэдры алюминия с двумя гидроксильными группами, два алюмосерных «каолиновых» ядра связаны с ними через кислород.

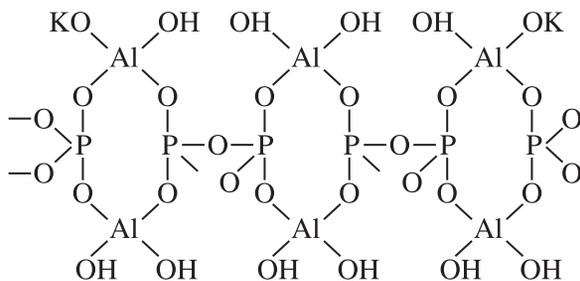
Алунит *образуется* очень часто в вулканических областях, давая мощные отложения. Химическая связь его с полевым шпатом ясна, но процесс четко объяснен пока быть не может. Действующими агентами являются H_2SO_4 и SO_3 .²

Тот же процесс может идти вне вулканических областей под действием серной кислоты и может быть в виде биогеохимических проявлений в процессах гидротермальных и выветривания, причем из каолиновых алюмосиликатов образуются алунит, каолин, боксит и гидраты кремнезема. Область этих явлений требует научного внимания.

¹ Указывается минерал *алюмиан*, формула которого и отвечает $Al_2S_2O_{12}$, т.е. насыщенному «каолиновому» алюмосерному ядру. См. *В. Вернадский*. Очерки геохимии, 4-е изд., 1934, с. 111 [Избр. соч., I, 1954, с. 120]; *его же*. Введение в книгу: *В. Вернадский и С. Курбатов*, Земные силикаты, 1937, с. 40 [с. 19 настоящего тома]. Но она не может считаться доказанной. Необходим синтез, тем более что искусственные алюмосульфаты с отношением, равным единице, очень плохо изучены и оригинальны по своим свойствам. Комплекс $Fe_2S_2O_{12}$ представлен в природе в ряде распространенных тел (амарантит, фиброферрит и т.д.). Об алюминане см. критическую сводку *С. Hlawatch*. Doelter's Handbuch f. Mineralchemie, 4, 1929, с. 381.

² *С. Камецкий и М. Голынский*, Неметаллические ископаемые СССР, 1, 1936, с. 125.

5. Для алюмофосфатов, для главного минерала *минервита* получается следующая формула:



Она отвечает эмпирической формуле минервита по анализу Э. Казориа (1904 г.), исправленному Ф. Замбонини (1907 г.). Она дает несколько больше алюминия, чем нашел Казориа, но отношение между алюминием и фосфором, равное единице, доказано неопровержимо рядом анализов Карно. Я удваиваю эту формулу; тогда она будет: $\text{H}_4\text{K}_2\text{Al}_6(\text{PO}_4)_6 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$. Я не ввожу в структурную формулу воду, выделяемую ниже 180°C , и принимаю во внимание только ту, которая выделяется при красном калении. Характер распределения воды, как известно, не может быть точно, без гипотез, определяем из изучения рентгенограмм.

Эта формула минервита не включает никаких гипотез; она выражает строение данного минерала в форме трех кольцевых комплексов из двух алюминиевых атомных тетраэдров и соответственно двух фосфорных атомных тетраэдров. *Все кислороды* минервита¹ ими захватываются. Формула вполне отвечает данным анализа и трем «каолиновым» алюмофосфорным ядрам. Атомы калия и водорода соответственно соединяются с атомными тетраэдрами через кислород. Это и есть «каолиновое» ядерное строение. Огромное большинство природных алюмофосфатов, по-видимому, ему отвечают.

Конечно, эти формулы должны быть и для алунита и для минервита прежде всего проверены рентгенометрически.

Для минервита основные черты процесса в первом приближении намечены А. Лакруа. Это процесс биогеохимический, идущий в широкой области жаркого климата на 17° широты по обе стороны экватора². Минервит образуется из каолиновых алюмосиликатов массивных и метаморфических пород (полевых шпатов, слюд и т.п.) под действием растворов фосфорных солей, главным образом аммония и щелочных металлов, при биохимическом изменении гуано. Совместно образуются кислые фосфаты. Известны полные и неполные, плохо изученные псевдоморфозы минервита по каолиновым алюмосиликатам. Процесс сопровождается выделением кремнезема, частью в виде опалов. Каолиновое строение ядра в очень многих случаях сохраняется с потерей всего кремнезема и отчасти калия и поглощением воды. Три «молекулы» ортоклаза дают одну «молекулу» минервита. Очевидно, часть атомов каолинового ядра при этом не смещается.

6. Как вывод из изложенного вытекает основное эмпирическое обобщение, что способность в структуре земных минералов давать атомные кислород-

¹ С. Hlawatch, I. c., с. 508.

² В. Вернадский. Очерки геохимии, 1934, с. 134–135 [Избр. соч., I, 1954, с. 143].

ные тетраэдры (MO_4) не вызывается химической валентностью входящего в них, находящегося в центре кислородного тетраэдра атома М.

Трехвалентный алюминий, четырехвалентные углероды и кремний, пятивалентный фосфор, шестивалентная сера одинаково соединяются с четырьмя атомами кислорода. Эти тетраэдры способны в структуре минерала без нарушения однородности замещать друг друга.

Но химические свойства проявляются. Из свойств каолинового ядра известно, что *изоморфные ряды элементов* М могут служить надежным указанием для допущения геометрически близких кислородных тетраэдров с элементом М в центре.

Исходя из изучения прочно установленных каолиновых ядер для Al и Si, можно утверждать, что трехвалентные атомы Fe, Mn, Ti, V и др. могут давать в земных минералах геометрически близкие атомные тетраэдры: (FeO_4), (MnO_4), (CrO_4) и т.д. То же должны давать все 16 химических элементов редких земель. Для Si мы имеем соответственно тетраэдры (TiO_4), (CeO_4), (SnO_4) и т.д. Таким образом, *не менее 40 химических элементов могут давать в химии планеты геометрически близкие атомные кислородные тетраэдры.*

Изоморфные ряды выведены не из химического состава твердых минералов в параметрах термодинамических полей земной коры. Связь с валентностью явно существует, но она сложная, и *существование близких тетраэдров из валентности не вытекает.*

Еще резче проявляется независимость или сложная зависимость этих явлений от чисто химических сил *в способности атомных тетраэдров, геометрически очень близких и химически очень отличных, давать сложные комплексы из 4 тетраэдров, попарно различных, – каолиновые ядра.*

Тетраэдрическая структура, столь устойчивая в земной химии, должна поэтому обуславливаться какой-то другой, более мощной или более близкой к свойствам планеты причиной, причиной планетного, а не чисто химического характера.

7. Ярко выявляется в химии Земли способность атомных кислородных тетраэдров давать «каолиновые» ядра.

Исходя из строения группы апатитов, можно утверждать, что эта способность атомных кислородных тетраэдров «изоморфно» замещать друг друга связана с геометрической их близостью и стоит вне химических свойств атомов, занимающих в атомном тетраэдре центральное положение. *Изоморфные ряды здесь перестают проявляться.* Это свойство атомных тетраэдров, а не атомов М. Очевидно, и сложные – каолиновые – комплексы атомного тетраэдра определяются не химическими силами.

8. На примере кремнеалюминиевого каолинового ядра легко убедиться, что мы имеем здесь дело с большим *земным* явлением, обусловленным силами, более мощными, чем химические силы алюминия и кремния.

Мне не раз приходилось касаться исключительного значения в истории нашей планеты эндотермического эффекта образования каолинового ядра¹. Значительная часть тепла радиоактивного распада поглощается при его об-

¹ В. Вернадский, Очерки геохимии, 1934, с. 137 [Избр. соч., I, 1954, с. 145, также с. 201 настоящего тома].

разовании еще в жидкой магме. Каолиновые ядра в образовавшихся из них породах играют первостепенную роль в массе литосферы.

Приходится искать причину не в химии, а в свойствах земной коры.

9. В земной коре и ее химии бросаются в глаза следующие обстоятельства.

Во-первых, резкое преобладание в ней атомов кислорода, кремния, алюминия, железа (всего 75,5% ее атомов)¹ и, во-вторых, резкое преобладание в объеме литосферы в пространственных ее решетках атомов кислорода (91,7% объема твердой земной коры по В.М. Гольдшмидту)² и, в-третьих, необычная прочность химических структур литосферы – *неподвижность подавляющего большинства строящих ее атомов в течение миллиардов лет*. Химические реакции являются для массы литосферы исключением.

Из этих общих эмпирических обобщений неизбежно следует, что в литосфере должны преобладать такого рода химические тела, которые:

1) прочно захватывают максимальное количество атомов кислорода и

2) образуют наиболее прочные пространственные решетки, т.е. дают такие, для которых в единице объема заключается максимальное количество атомов.

«Каолиновые» ядра отвечают первому условию. Отвечающие им простые соединения, «каолиновые» ангидриды, гидраты и соли, захватывают *все атомы кислорода соединения без исключения*, а в более сложных телах подавляющее большинство атомов кислорода. *Можно рассматривать «каолиновые» тела как структурные формы максимального захвата атомов кислорода в твердом веществе нашей планеты.*

Атомные тетраэдры отвечают второму условию, ибо это случай геометрического распределения точек, – будут ли то атомы или другого рода дисперсные проявления, – который является наиболее прочным и устойчивым и вследствие этого в единице объема содержит возможно максимальное их количество.

Эти два явления в действительности являются следствием *длительности существования нашей планеты в условиях, аналогичных современным, миллиарды лет*. Создалось устойчивое динамическое равновесие, при котором свободная энергия планеты отвечает минимуму.

10. Заканчивая свою заметку, мне хочется обратить внимание на две проблемы, вытекающие из всего раньше сказанного и доступные экспериментальной проверке.

Во-первых, являются ли все «каолиновые» ядра *эндотермическими соединениями*, что мне кажется, отвечает тому же принципу минимальной свободной энергии твердого вещества нашей планеты?

И во-вторых, доказано ли существование атомных тетраэдров с атомами углерода в центре и вероятное существование «каолиновых» для них ядер? Каковы, например, свойства $Al_2C_2O_7$? Такие углеродистые тела, очевидно, должны образовываться вне условий биосферы, и в них *должна проявляться та химическая аналогия между углеродом и кремнием*, которой мы не видим в обычных соединениях углерода нашей лабораторной и земной химии, ибо живое вещество не дает места для проявления этой аналогии, с существованием которой химии считаются в течение нескольких поколений и ищут ее реального выявления.

8 XII 1937

¹ А. Ферсман, Геохимия, I, 1934, с. 150.

² В.Н. Goldschmidt, «N. Jb. Min.», 59, 1928, с. 1128.

О ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБОЛОЧКАХ ЗЕМЛИ КАК ПЛАНЕТЫ

(Доклад, прочитанный для академиков и научных работников
Академии наук СССР 18 января 1942 г.)

«Известия Академии наук СССР, серия географическая
и геофизическая», 1942, № 6, с. 251–262

Я прошу собрание извинить меня, что я не буду сам читать свой доклад. Подходя к 80-му году жизни, я должен считаться с ее бренностью. Но я хочу объяснить, почему я все-таки при этих условиях доклад делаю.

Моя научная работа сложилась так, что с моих молодых лет и до сих пор я научно работаю на границе достигнутого научного понимания реальности. В этой области чувствуется резкое расхождение между теми представлениями, которыми мы руководимся в нашей научной работе, и теми, которые преподаются в нашей школе, даже высшей, и которые проникают в популярную литературу, доступную нашей народной интеллигенции.

Школа и популярная литература в этой области отстают от основ современной научной работы на десятки лет. Несомненно, такое положение дел вредно для нашей культуры, оно должно быть изжито возможно быстрее. Этим определяется выбор моей темы.

Неожиданное нашествие варваров на нашу страну задержало большую работу, организацией которой мы были в это время заняты и которая, я уверен, возродится, как только враг исчезнет из наших пределов.

В Биогеохимической лаборатории Академии наук мы были заняты в последние месяцы перед войной организацией определения точного химического состава области жизни – биосферы – на глубину трех километров от земной поверхности для Московской области. Мы хотели таким образом дать ее первую точную *геохимическую карту*. Тема эта была поддержана Академией наук СССР и должна была дать в руки наших геологов новое мощное орудие геологической разведки полезных ископаемых.

Для этого мне лично пришлось проделать предварительную работу, одним из результатов которой является то представление о строении биосферы и ее окружения, которое содержится в моем докладе.

I

1. Летом 1916 г., больше 25 лет тому назад, я подошел в моей научной работе к вопросам жизни – к биогеохимии – с геологической, т.е. планетной, точки зрения. Для этого надо было выразить явления жизни в другом аспекте, чем сталкивается с ними биолог в основной своей работе. Как планетное – геологическое – явление жизнь проявляется нам как совокупность живых организмов, а отдельный индивид, изучение которого играет столь большую роль в биологических науках, отходит на второй план.

Пришлось ввести новую терминологию, и я буду иметь дело в дальнейшем не с жизнью, а с живым веществом. Живое вещество есть совокупность живых организмов, которые населяют нашу планету и которые в мириадах неделимых, как видимых, так и не видимых простым глазом всюду нас окружают.

Таких живых веществ столько же, сколько может научно различить их биолог. Так, сейчас описано больше 800 000 различных видов животных и растений, т.е. биологией установлено больше 800 000 видовых живых веществ.

Их много больше, больше нескольких миллионов. Живое вещество будет интересовать нас постольку, поскольку оно проявляется в земных геологических, т.е. планетных, процессах. Оно будет поэтому выражаться в химическом составе, в весе, в размножении и в росте и в воздействии на окружающую природу.

Роль живого вещества на нашей планете совершенно исключительная. Достаточно сказать, что воздух, которым мы дышим, который нас всюду окружает, во всей своей массе, т.е. вся атмосфера, создается почти всецело живым веществом и поддерживается им в неизменном составе миллиарды лет.

Таким образом, атмосфера всецело создана жизнью, она биогенна. Элементы воздуха: кислород – создается только хлорофилльными растениями, а азот – только глубинными и поверхностными микробами. Вся вода атмосферы проходит непрерывно через живое вещество. Углекислота в большей своей части также явно биогенна, и перед биогенной угольной кислотой отходят на задний план другие процессы ее образования, независимые от жизни. Может быть, в конце концов таких независимых от жизни процессов образования угольной кислоты и нет.

Создание нашей атмосферы есть одна из основных функций живого вещества в строении нашей планеты.

Человек понял это только недавно, в XX столетии. До 1915 г. – 27 лет тому назад – считали, что атмосфера Земли есть астрономическое явление, что состав ее определяется всемирным тяготением, что газы распределяются в ней согласно их массе, что в свободной атмосфере, чем дальше от земной поверхности, тем количество кислорода, более тяжелого, чем азот, уменьшается, и он может там совсем сойти на нет. В конце XVIII века Лаплас, исходя из закона всемирного тяготения, дал формулу, которая должна была выражать это явление и которой учили как истине, как точному достижению науки и в мои молодые годы. Теперь анализы воздуха с высот 15–20 км и выше от уровня геоида показали, что это не так. Оказалось, что кислород и азот находятся на этих высотах в тех же количественных соотношениях своих масс, как и у земной поверхности.

Свободный кислород – активный газ – производит громадную работу, непрерывно входит в химические соединения, поддерживает жизнь, меняет горные породы, но живое вещество в форме хлорофильных организмов поддерживает неизменным его количество в атмосфере.

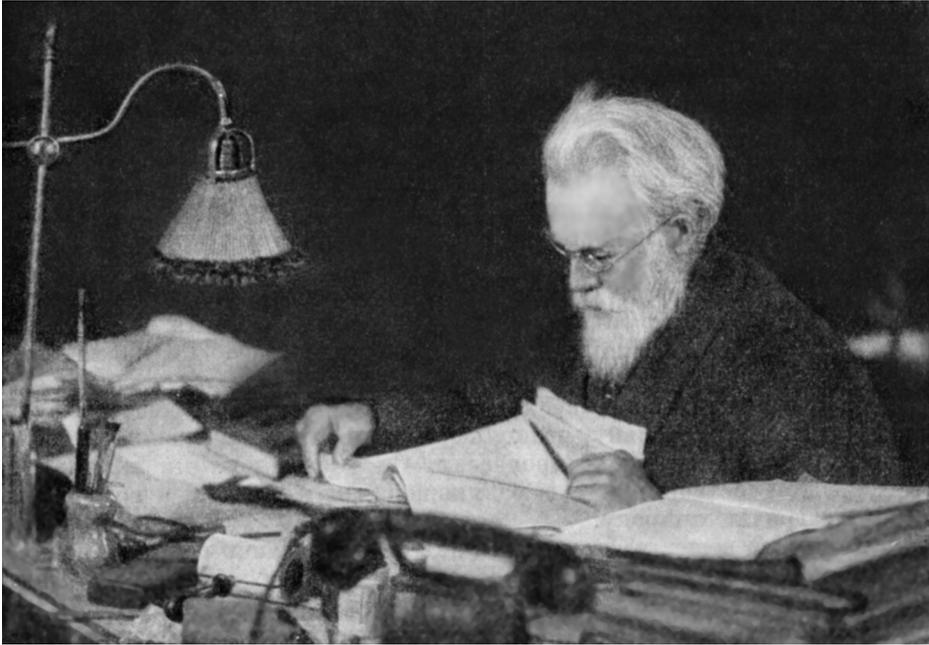
Таким образом, равновесие между кислородом и азотом сохраняется неизменным.

Такое же в планетном аспекте проявление живого вещества мы видим на каждом шагу, если только вдуматься в то, что представляет собой живое вещество с планетной точки зрения.

Я приведу только один пример.

Что представляет собой туча саранчи в ее миграциях в планетном аспекте?

В 1889 г. английский натуралист доктор Карутерс точно описал ежегодно наблюдаемый над Красным морем перелет тучи саранчи с берегов Север-



В.И. Вернадский за работой
1940 г.

ной Африки в Аравию. Одна такая туча 25 ноября проходила перед ним целый день. Пространство, ею занятое, было равно 5967 км^3 . Вес ее составлял $4,40 \cdot 10^9$, т.е. 4,40 млрд т. Для того чтобы образней понять это явление, выражу его иначе; оказывается, что одна эта туча по массе почти отвечает тому количеству меди, свинца и цинка, вместе взятых, которые были добыты человеком в течение целого XIX столетия – $4,47 \cdot 10^9$ т, или 4,47 млрд т.

Я даже уменьшил числа Карутерса, так как в его вычислениях была ошибка благодаря путанице понятий миллиарда и биллиона. А между тем крупные биологи – Д. Шарп и Н.Я. Кузнецов – спокойно принимали его числа, считали такую мощь возможной. И действительно, тучи саранчи бывают значительно больше.

Что же представляет собой туча саранчи с биогеохимической точки зрения? Это как бы дисперсная горная порода, чрезвычайно химически активная, находящаяся в движении.

2. Живое вещество в земном масштабе в виде тонкой пленки занимает определенную область планеты, определенную ее геологическую оболочку, охватывающую всю планету, которая была названа биосферой в 1875 г. австрийским геологом Э. Зюссом, но понятие о которой существовало много раньше.

Биосфера есть область жизни, но живое есть геологическая функция биосферы, проявление ее структуры – организованности, а не является независимым от нее, свободно живущим на ней в свободном космическом пространстве телом, как думал Клод Бернар, а за ним К.А. Тимирязев.

Медленно вошло это понимание в научное сознание человека, и далеко не все последствия из него он охватил и понял.

Теперь мы знаем, что живое вещество идет от поверхности до величайших глубин океана, до 10 км и глубже, и наибольшая часть всего земного живого вещества в нем находится и резко меняет его газовую структуру, перестраивает весь его газовый режим. Средняя глубина океана – 3,8 км.

На суше жизнь сосредоточивается на земной поверхности, поскольку в нее проникает наша земная атмосфера, богатая кислородом, – тропосфера. Это одна из геосфер.

Но живые существа, главные из них по массе – микробы и грибы, проникают на несколько километров в глубь планеты, в среднем, вероятно, более 3 км, живое вещество сгущается здесь в подземных водах, в илах, в нефтях, в органогенных породах и в больших и малых пустотах, которые постоянно создаются горообразовательными процессами в верхних частях суши. Предел проникновения жизни в глубину ставит высокая температура, близкая к 100° С, наблюдаемая везде на суше на немногих километрах от уровня геоида. Эта подземная жизнь, к сожалению, чрезвычайно мало изучена биологами, но значение ее в биогеохимии не может быть игнорировано, – азот воздуха в значительной своей части создается ею.

Биосфера, геологической функцией, закономерной частью которой является живое вещество, есть геологическая оболочка, та, в которой мы живем и которую лучше всего знаем. Из пределов ее человек редко выходит в своей жизни; он может понимать явления, происходящие за ее пределами, только опираясь на те знания, которые он получает в биосфере.

3. Земля есть одно из ряда близких ей природных тел – планет солнечной системы. Логически неизбежно, что среди явлений, на ней происходящих, основными будут такие, которые являются общими для планет. Планетная астрономия сделала в последние годы большие успехи, и геология должна чрезвычайно считаться с нею.

Академик В.Г. Фесенков на конференции в Пулкове в честь столетия Пулковской обсерватории, бывшего в 1940 г., отметил особенность солнечной системы, не имеющую пока никакого объяснения, но резко отличающую Солнце от всех других звезд нашей галактики, галактики Млечного пути.

Эта галактика, т.е. закономерная система звезд, одной из миллиардов которых является наше Солнце, имеет форму как бы сплюснутой линзы. Галактика всем известна и видна в виде проекции на небосвод. Это Млечный путь. Другие звездные миры – галактики, чуждые нашей, представляются в Млечном пути в виде редко видимых простым глазом спиральных туманностей.

«По сравнению с другими звездами, – говорит Фесенков, – как будто планеты находятся на ненормально больших расстояниях от Солнца, а скорость вращения самого Солнца вокруг его оси является аномально малой по сравнению со скоростью вращения других звезд». Можно утверждать по его заключению, что два миллиарда лет тому назад физико-химические условия жизни, например климат, были теми же, что и теперь. Два миллиарда лет – это отвечает, примерно, археозою, т.е. древнейшей геологической эпохе, нам известной, когда жизнь уже ярко проявлялась в геологических процессах¹.

¹ Удобно принимать новое деление, принимаемое североамериканскими геологами: «Криптозойский эон». Этот криптозойский эон по времени втрое превышает все дальнейшее геоло-

Одно явление, которое сейчас выражается главным образом в приливах и отливах, вызывало тогда, кроме этого, бóльшую длину суток, так как луна была тогда ближе к нам, чем теперь.

Спутники планет не могут быть сравнимы с планетами, и на Луне, например, мы не видим атмосферы.

Два точных вывода современной геологии имеют значение не только для Земли, но и для всех других планет. Это, во-первых, значение в них космических сил и, во-вторых, значение в них атомной энергии.

Основные геологические явления на нашей планете, можно сказать, всецело связаны с космическими силами. Я буду называть космическими силами все те явления, которые связаны с движениями материальных частиц, превышающими скорость 11,3 км/сек, т.е. такую скорость, медленнее которой движущееся материальное тело, попавшее в поле земного тяготения, не может из него выйти¹.

Космические проявления на Земле, нам известные:

- 1) земные радиоактивные процессы,
- 2) солнечные излучения,
- 3) проникающие космические излучения.

Источник последних лежит вне нашей галактики. Возможно, что это есть величайшее проявление энергии в Космосе, нам известное. Оно открыто в 1912 г., 30 лет назад. Непрерывно через все тела на Земле, через всех нас, здесь сидящих, невидимо и неощутимо проходят эти излучения и совершают в наших телах свою, пока для нас таинственную, работу.

Второй, столь же важный, вывод современной геологии – это то, что геологические явления, самые грандиозные, всецело сосредоточены на поверхностной пленке нашей планеты в немногие километры мощностью и тесно связаны с атомной энергией ее вещества. Эта атомная радиоактивная энергия, а не остаточная теплота остывающей планеты, как это думали еще совсем недавно, есть основной источник той теплоты, которая объясняет все геологические процессы, идущие на Земле.

Этот факт был установлен в 1908–1910 гг. Джоли и Стрёттом (лорд Рэлей), которые доказали, что количество тепла, получающееся при радиоактивном распаде атомов, достаточно для объяснения того увеличения теплоты по мере углубления в планету, которое давно эмпирически установлено. Максимум радиоактивного распада лежит относительно недалеко от земной поверхности, и с глубиной теплота эта должна уменьшаться. Раньше теплота эта объяснялась космогоническими гипотезами о расплавленной некогда планете, чему до сих пор, к сожалению, учат в наших школах.

В строении земного вещества и, насколько мы знаем, для космических тел в метеоритах проявляется другое явление, неизбежно сопровождаемое огромным тепловым эффектом, которое было названо мною 32 года тому назад рассеянием химических элементов в земном веществе. Оно состоит в том, что, например, в каждом кубике морской воды или в грамме известня-

гическое время, начиная с кембрия и до современности (Ч. Шухерт и К. Денбар, 1941). Биосфера существовала все это время.

¹ Если оно не получает большей скорости, например при столкновении с другими материальными телами.

ка – во всяком веществе – мы всегда найдем все химические элементы или их большинство.

Эти элементы находятся не в химической связи, т.е. находятся в форме свободных атомов.

Теперь можно думать, что такое их состояние есть проявление проникающих космических излучений, которые разрушают встречающиеся им на пути химические элементы, переводят их в другие атомы, создают новые. Разрушение одних атомов, так называемых изотопов, и создание новых сопровождается огромным выделением тепла. Это есть на нашей планете грандиозный экзотермический процесс, т.е. процесс, вносящий в планету свободную тепловую энергию.

Это есть не только земное явление, но есть неизбежное отражение действия космических лучей как в веществе Земли, так и других планет.

Пока что это – научная рабочая гипотеза. Но для натуралиста она чрезвычайно удобна и заслуживает внимания, так как может быть точно проверена. Ибо, если эта научная гипотеза верна, то атомный вес рассеянных элементов будет другой по сравнению с атомным весом тех же элементов в минералах и горных породах.

4. К сожалению, астрономы в своих заключениях в планетной астрономии оставляют совершенно в стороне выводы радиогеологии. Так, они исходят при определении температуры планет из положения, которое было ярко сформулировано в прошлом году одним из самых выдающихся астрономов – Д. Джинсом – следующим образом: «Планета дает ровно столько света и тепла, сколько она получает от Солнца». Для света это верно, но для тепла – нет, как это показывает пример нашей Земли. А так как химический состав Солнца и планет одинаков и радиоактивные элементы доказаны для Земли и Солнца, мы можем утверждать, что определение температуры планет астрономами сильно понижено, не отвечает действительности и требует пересмотра.

В том же самом году и годом раньше, чем Джинс, другой астроном, Г. Спенсер Джонс, королевский астроном Великобритании, дал сводку наших знаний о планетах в двух своих работах. Пользуясь ими, а также сводкой Р. Вильдта (1939 г.), немецкого астронома, живущего теперь в Америке, и сводкой Д. Джинса 1941 г., можно сделать следующие выводы:

1. Все планеты являются среди небесных тел в основной части как бы твердыми и холодными. Форма их приближается к геометрическим телам вращения.

Во всех планетах ясно проявляется разделение на планетные оболочки (все имеют атмосферу)¹. Эти оболочки отвечают геологическим оболочкам Земли.

3. Все планеты индивидуально различны, и планетные их оболочки состоят из физически и химически различных тел.

4. Для двух планет допустимо из астрономических данных существование биосферы: для Венеры и Марса.

5. Газы атмосфер всех планет, когда они наблюдаются на Земле, всегда биогенны. Они ближе всего по химическому составу к биогенным газам подземной тропосферы Земли, создаваемой микробами.

¹ Для Плутона наблюдений нет.

Вопрос о существовании жизни на планетах в сводках астрономов считается нерешенным. Джинс, например, высказывает сомнение в этом, в том числе для Венеры, поле тяготения которой очень близко к полю тяготения Земли. Он правильно обратил внимание на значение в биологических вопросах этого фактора – тяготения, определяющего в конце концов все основные явления жизни на нашей планете.

Здесь уместно вспомнить, что другой крупный шведский ученый и мыслитель, Сванте Аррениус, незадолго до своей смерти конкретно поставил этот вопрос для Венеры. Он дал научную гипотезу, которую можно проверить, что только Венера является источником термофильных бактерий на Земле, которые могут быть принесены световым лучом Венеры, этой вечерней и утренней нашей звезды, в течение нескольких минут на нашу Землю.

Термофильные бактерии – это такие бактерии, которые могут жить и развиваться только в условиях температуры выше $+50^{\circ}\text{C}$ ¹. Условия их жизни и существования на Земле в основном не ясны. Проблема эта была поставлена в Микробиологическом институте Академии наук проф. В.Л. Исаченко, но война остановила решение этого вопроса. Арктические экспедиции показали поразительный факт: что илы и льды арктических областей переполнены спорами термофильных бактерий. Объяснить массовое распространение их в большом количестве видов, до 15, и в большом количестве особей, в этих холодных областях совершенно не удастся. Открытие это было сделано научной сотрудницей института А.А. Егоровой.

5. Мне кажется, важно обратить серьезное внимание на выясненный факт, не учтенный Джинсом и Джонсом, что все газы, которые открыты в атмосферах планет, на нашей планете, когда они на ней существуют, связаны с жизнью, всегда биогенны. Это следующие газы: азот, вода, аммиак, углеводороды, муравьиный альдегид, кислород (последнее требует подтверждения). Если брать аналогию с Землей и явно неправильное, слишком низкое определение астрономами температуры планет, без учета для них радиоактивных тепловых явлений, то можно сделать вывод, что существование микробной жизни на всех планетах весьма вероятно и является сейчас реальной научной проблемой, которую надо решить.

II

6. Перейдем теперь к оболочкам Земли как планеты, к так называемым геологическим оболочкам.

В прилагаемой схеме я свел оболочки нашей планеты к одному общему разрезу, начиная сверху с космического пространства, где сказывается впервые земное тяготение, и до центра Земли. Понятно, что соблюсти во всей схеме один масштаб оказалось невозможным. Он соблюден только в прилегающей к геоиду части схемы.

При изучении геологических оболочек надо иметь в виду два обстоятельства:

¹ Температура поверхности Венеры, как она нам проявляется по прямым измерениям, равна $+55^{\circ}\text{C}$.



Геологические оболочки и геосферы Земли

Для каждого из нас это будет ясно, если мы посмотрим на рельеф суши, который нас окружает. Он является нижней границей концентрической оболочки, отделяющей газовую оболочку – воздух – от твердой оболочки – поясов ландшафтов суши, или так называемых геохор. Эта поверхность суши в горной стране, в степи, на равнине более или менее явно неровная. Но эти

1. Основное явление, что в строении Земли существует разрыв сплошности – цельности – геологических оболочек, начиная с биосферы.

В лекциях моих в Сорбонне, в Париже, в 1923 и в 1924 гг., я назвал это явление диссимметрией поверности нашей планеты.

2. Что две замечательные области планеты находятся в связи с этим разрывом. Одна из них – биосфера, с диссимметрией связана жизнь, живое вещество. А другая – это область, которую американский геолог Ван Хайз в конце XIX века назвал астеносферой, «областью напряжения», а другой, ныне здравствующий ученый, проф. Дэли, в XX столетии назвал, может быть, проще и лучше – «подвижной землей» (mobile earth). Это область, где проявляются движения земных глыб – землетрясения, вулканические извержения, горообразовательные процессы, складки, сдвиги и т.д., которые изучаются нами уже в остановившемся законченном процессе, в геологических разрезах.

Геологические оболочки концентричны, но поверхности, отделяющие их друг от друга, почти всегда неправильны.

неровности исчезают в своем значении, когда мы примем во внимание средний радиус геоида, т.е. того геометрического тела, которое принимается для Земли в геодезии близким к эллипсоиду о трех осях.

Средний радиус геоида больше 6600 км, и самая высокая гора Гауризанкар составляет только 0,0012 его величины. В моделях Земли радиусом в 1 м эта неровность для нашего глаза была бы едва заметна. Над океаном поверхность геологической оболочки отвечает точно геометрической поверхности геоида – уровню океана. Обращаясь к схеме, я начну сверху.

Влияние на материальные частицы поля тяготения нашей планеты сказывается на высотах, доходящих до 1000 км от уровня геоида. Здесь проявляются еще полярные сияния, причем электромагнитное поле Солнца реально уже здесь проявляет свою силу. Оно временами, а может быть и всегда, перекрывает электромагнитное поле Земли; например, ионизированные атомы водорода из извержений солнечной фотосферы, т.е. вещество Солнца, могут в несколько минут его достигнуть. Мы этим путем материально с Солнцем связаны.

Условно эту первую оболочку – электромагнитное поле Земли, – материально по массе для нашей Земли ничтожную, можно принять простирающейся от 500 до 100 км выше уровня геоида. Она следует суточному вращению планеты. Солнце в ней никогда не заходит и не восходит, она всегда освещена Солнцем. В нее проникают постоянно мельчайшие материальные и энергетические частицы Солнца и нашей галаксии, и через нее проходят мельчайшие материальные земные частицы – пыль, атомы, молекулы, уходящие в солнечную систему и дальше, в космическое пространство. Это физический вакуум.

Здесь и ниже, в ионосфере, мы имеем химические соединения, которые нигде на нашей планете не встречаются и которые характерны для космического пространства; таковы ионизированный легкий одноатомный кислород, граница нахождения которого указывает, может быть, границу между ионосферой и стратосферой, двумя оболочками, лежащими ближе к поверхности геоида, чем электромагнитное поле. Таковы же положительно заряженные атомы натрия и, наконец, соединения водорода с углеродом – радикал СН. Они проникают в ионосферу.

7. Прежде чем пойти дальше, надо сказать несколько слов о характере геологических оболочек. Можно в них различать, с одной стороны, геологические оболочки, которые были установлены Зюссом в 1875 г., с другой стороны, более дробное разделение – геосферы. Это последнее деление было дано знаменитым английским натуралистом Джоном Мёрреем, руководителем экспедиции Челленджера 1910 г.

Так, в биосфере, как вы видите на схеме, мы различаем следующие геосферы: 1) тропосферу – газовую геосферу – наш воздух; 2) водную геосферу – гидросферу, или Всемирный океан; 3) континенты и острова, заполненные наземной жизнью, так называемые геохоры, или зоны ландшафтов, установленные А. Гумбольдтом; 4) область подземной жизни под геохорами и океанами с подземной тропосферой.

Гидросфера распадается в свою очередь на две части: на Тихий океан¹ и на другие океаны. Илы Тихого океана резко отличаются от плов других океанов. Они исключительно богаты радием, больше чем граниты и все горные породы. В них есть и еще одна особенность. Стратисфера, та оболочка осадочных пород, которую вы видите на схеме, залегающей под областью подземной жизни, образовалась в значительной мере из осадков дна океана; но нигде в стратисфере мы не встречаем пород, которые могли бы образоваться из красных илов Тихого океана. Получается впечатление, что эти илы никогда не были сушей.

Это подтверждается и еще одним фактом: метаморфическая и гранитная оболочки, лежащие под сушей и под другими океанами ниже стратисферы (см. схему), отсутствуют под Тихим океаном, как показывают сейсмические наблюдения. Эти оболочки являются окончательным продуктом твердых частей биосферы, измененных метаморфическим процессом. Фактически это бывшие биосферы.

Независимо от этих соображений, геологические наблюдения показывают, что суши на месте Тихого океана не было, по крайней мере с начала палеозоя, в течение полмиллиарда лет, а может быть и раньше. Иловые и придонные воды Тихого океана, к сожалению мало изученные, должны быть резко другие, чем соответственные воды для других океанов. Под илами Тихого океана должна лежать подгранитная тяжелая оболочка (см. схему).

Подгранитная тяжелая оболочка является общей, сплошной для всей планеты. Здесь кончается та область диссимметрии, которая так ярко выявляется для планеты, захватывая ряд оболочек.

8. Надо отметить, что каждую геологическую оболочку, или геосферу, мы можем рассматривать с разных точек зрения, исходя из разных их проявлений: температуры, давления, химического состава, физического состояния вещества – твердого, жидкого, газообразного, глубинно-планетного, вакуума.

Я остановлюсь на одном проявлении, имеющем особое значение, на термодинамической характеристике оболочек, т.е. на явлениях давления и температуры.

Вы найдете еще до сих пор в учебниках геологии и геофизики указания, что, идя от электромагнитного поля Земли, т.е. физического земного вакуума, к центру Земли, мы видим повышение давления и температуры.

Повышение давления в общем, действительно, наблюдается, но оно идет скачками от физического вакуума в электромагнитном поле Земли до гипотетического металлического ядра в центре планеты, так как для него имеет значение не столько рост земного тяготения, как удельный вес, плотность того вещества, которое строит планету.

Но во всяком случае справедливо, что самые тяжелые части планеты находятся в ее центре, а самые легкие – на ее поверхности.

Но для температуры такой закономерности нет. Так, в электромагнитном поле Земли мы имеем температуру, близкую к температуре космического пространства, если только мы можем говорить для него о температуре. При-

¹ Надо думать, что в частях других океанов (Арктического, Индийского и Атлантического) есть участки, отвечающие строению Тихого океана. Шельфы Тихого океана имеют строение, резко отличное от его главной массы.

водимые в литературе данные об этой температуре, или очень высокой, или низкой – близкой к абсолютному нулю, являются гипотетическими, основания их вызывают сомнения. Тепловой режим газовых оболочек планеты – ионосферы, стратосферы, тропосферы (см. схему) – чрезвычайно сложен и сейчас интенсивно изучается.

В тропосфере мы знаем, что до высоты 12–15 км от уровня геоида температура постепенно снижается и достигает минимума на этой высоте. Здесь наблюдались температуры, даже в экваториальных широтах, -90°C и даже холоднее. Можно считать, что температура падает по крайней мере до -100°C .

Это явление было открыто и уточнено Тейссеран де Бором и Ассманом в 1902–1909 гг. Эта поверхность минимальной температуры является подвижной границей между тропосферой и следующей газовой оболочкой – стратосферой. Она названа Тейссеран де Бором точкой инверсии; в действительности она является поверхностью инверсии. Выше этой поверхности, т.е. в стратосфере, температура повышается. Это повышение идет, по-видимому, от начала стратосферы до ионосферы включительно, есть колебания. Температура в ионосфере может превышать $+100^{\circ}\text{C}$.

Земля как бы окружена горячей оболочкой. Точного объяснения этого явления мы не имеем, но оно связано, по-видимому, с образованием озона и его тепловыми свойствами. Область этих явлений еще недостаточно ясна, но факт реален.

Любопытно, что в океане мы имеем обратное явление, понижение температуры воды ко дну океана, где она достигает $-1,5^{\circ}\text{C}$, временами ниже.

Я только что упомянул об озоне. Озон состоит из молекулы с тремя атомами кислорода кольцевого строения и является телом первостепенного значения на нашей планете. Так как мы не знаем на Земле ни одного процесса вне хлорофилльного живого вещества, который давал бы нам свободный кислород, и так как озон получается из свободного кислорода, например при электрических разрядах, а также другим путем, то можно сказать, что озон может существовать на Земле только благодаря биогенному процессу, что он есть в ней в конце концов продукт живого вещества. Но если бы в свободной атмосфере не было озона, то на нашей планете не было бы живого вещества, т.е. жизни, так как озон поглощает ультрафиолетовые лучи Солнца, которые разрушают всякую жизнь.

Это одно из характерных проявлений той организованности планеты, которую я уже отмечал и которая резко проявляется в геологических оболочках. Оболочки не имеют строения, аналогичного механизмам нашей науки и техники.

Это есть проявление динамического равновесия, которое устанавливается около статического состояния, колеблющегося в небольших пределах. При этом в зоны веков никогда материальная точка не возвращается на прежнее место.

9. Еще на двух явлениях надо остановиться.

Во-первых, мы живем и живое вещество может существовать только в «мире» трехмерного пространства и трех состояний материи: твердого, жидкого, и газообразного.

Область такого состояния вещества захватывает в планете всю биосферу, идет ниже в земную кору геологов, хотя этого они не отмечают и выводов из этого не делают.

Уже в верхах стратосферы, низы которой сейчас захватываются человеком и таким образом вступают в биосферу, мы существовать не можем. По Б. Левину, средняя длина свободного пробега молекул достигает 1 см на высоте 100 км, т.е. столкновения молекул происходят в среднем на таком расстоянии, а на высоте 200 км длина свободного пробега молекул исчисляется километрами. Это уже не газ, а вакуум. В нем мы жить не можем.

С другой стороны, на континентах под геохорами мы встречаемся с состоянием вещества, для которого не может быть и речи о твердом, жидком, газообразном состоянии. Здесь сохраняются в веществе без искажения молекулы, но едва ли могут быть неискаженными мельчайшие кристаллы, величина которых достигает 10^{-5} см.

Это особое состояние планетного вещества – глубиннопланетное состояние. Вещество, находящееся в этом состоянии, похоже на жидкость, но твердость его (упругость) больше стали. Геологи выражают это явление, называя его особым состоянием – стекловатым, или пластичным.

Для некоторых веществ мы встречаемся с таким состоянием и на меньшей глубине, гораздо ближе к нам, например для льда – на земной поверхности, а для каменной соли и для гипсов, которые текучи подобно жидкости, – на небольших глубинах. Чем дальше вглубь, тем чаще мы встречаемся с отклонением от твердого состояния даже при низкой температуре.

Я уже упоминал, что температура повышается при углублении внутрь планеты благодаря радиоактивному распаду атомов. Создаваемая этим путем горячая область достигает максимума температуры на некоторой глубине, за пределами гранитной оболочки, в тяжелой подгранитной оболочке (см. схему).

Температура может достигнуть здесь, вероятно, нескольких сот градусов, едва ли превышая $1000\text{--}1200^\circ\text{C}$, точку плавления наших вулканических массивных пород при обыкновенном давлении.

По достижении максимальной температуры идет медленное ее охлаждение вследствие сильного уменьшения количества радиоактивных атомов в подгранитной оболочке.

Под континентами и под всеми океанами, кроме Тихого, или Великого, расплавленные очаги, которые, по нашим представлениям, связаны с вулканическими процессами или с глубинными землетрясениями, не доходят до 200 км от уровня геоида, редко превышают 100 км, обычно меньше, а под Тихим океаном они проявляются на глубине от 200 до 800 км. Эти максимальные по глубине землетрясения очень редки. Мы не можем сейчас объяснить эти глубокие землетрясения, так называемые батисейсмы, иначе как взрывами. Для Тихого океана такие батисейсмы, которые превышают глубину 200 км от уровня геоида, не редки, а за его пределами не констатировано до сих пор ни одного такого случая.

Надо однако заметить, что мы находимся здесь на границе точного знания: только в 1939 г. были найдены в космических лучах нейтроны – материальные частицы веса водорода, находящиеся в движении с космической скоростью. В 1941 г. нейтроны были найдены при распадении тяжелых ато-

мов урана, тория и протактиния в циклотронах. Их нахождение дает нам возможность подойти к решению проблемы образования вулканических очагов внутри планеты.

Ни одна теория, в том числе и Кант-Лапласовская, не давала нам до сих пор возможности подойти к этой проблеме. Сейчас мы видим путь искания. Необходимо изучение вулканических извержений и пород с точки зрения нахождения в них нейтронов.

Для того чтобы понять состояние материи ниже гранитной оболочки, где проявляются землетрясения, необходимы сейчас опыты, которые нигде серьезно, кроме Соединенных Штатов и до войны – Парижа, не делались. Надо ждать новых открытий, без которых философские и даже логические построения останутся беспочвенными.

10. Я хочу сказать еще несколько слов о тропосфере. Можно различить три ее проявления: 1) наземную тропосферу, 2) подземную тропосферу и 3) подводную тропосферу.

Везде, где вода соприкасается с газами, с наземной тропосферой, до самых больших глубин океана, вода проникается свободным кислородом в большем количестве по отношению к азоту, чем это имеет место в воздушной тропосфере. Это обуславливает мощное развитие живого вещества водных бассейнов.

То же, но в другом аспекте, мы видим в подземной тропосфере. Здесь мы обычно не учитываем мощности подземного живого вещества. Свободный кислород быстро им поглощается и заменяется угольной кислотой. Таким образом, и в областях подземной жизни, в почве и подпочвах суши нет свободного кислорода. Он исчезает на глубине нескольких метров.

В осадках, илах дна водных бассейнов, морей и океанов, свободный кислород сохраняется только в тонкой поверхностной пленке – пелогене, а глубже поглощается организмами и заменяется углекислотой.

В подводной тропосфере, главной области жизни – гидросферы – во всех водах, сохраняющих связь с наземной тропосферой, кислород сохраняется и проникает их до пелогена. Нельзя забывать, что, хотя это явление называют раствором кислорода в воде, это не есть раствор, сколько-нибудь аналогичный раствору соли в воде. Это есть проникновение газа в воду. Столб газа в океане на самых больших глубинах находится под давлением тропосферы, не превышая 2–4 ат, тогда как одновременно морская вода, в которую этот газ проникает, находится под давлением, превышающим 1000 ат, доходящим до 10 000 ат и больше.

Это можно понять, только допустив неразрывную связь газа в океане с воздушной тропосферой.

11. Наконец еще несколько слов о причине диссимметрии геологических оболочек, как видно из схемы, резко сказывающейся в строении планеты, – в Тихом океане.

Мне кажется, геологи должны считаться с выводами астрономов по отношению к Луне. Такой большой единственный спутник есть среди спутников планет исключительное явление. Я уже указал на вывод академика В.Г. Фесенкова, что в археозое вращение Земли вокруг своей оси шло медленнее, сутки были дольше благодаря лунным приливам и отливам, и Луна была ближе к Земле.

Впервые Д. Дарвин, сын знаменитого натуралиста Ч. Дарвина, выдвинул в 1912 г. теорию, принятую рядом астрономов, что Луна образовалась из Земли, отделившись от нее на месте теперешнего Тихого океана.

Это мог быть совсем не катастрофический процесс, а процесс, растянувшийся на миллиард – два миллиарда лет. Он столь же не катастрофичен, как не катастрофично идет образование горных цепей, которого человек не замечает, хотя оно происходит на его глазах, в течение тысяч его поколений. Так, при жизни человека образовались величайшие вершины Восточных Гималаев. Живший здесь в это время человек этого не замечал, так медленно для него оно шло.

Но надо иметь в виду, что это явление может быть объяснено и проще, что мне кажется более вероятным. Под Тихим океаном не только нет гранитной оболочки, но, как это вытекает из биогеохимических данных, и не могло ее быть, под ним в течение более полмиллиарда лет не было суши, а гранитная оболочка образуется только из биосферы суши, т.е. есть продукт суши.

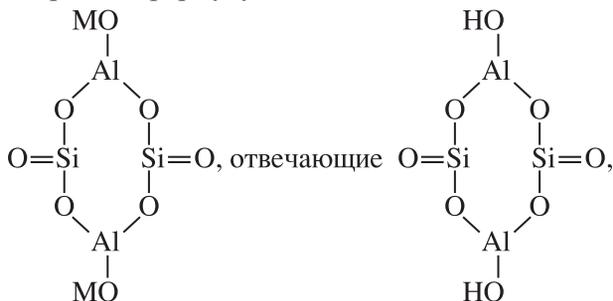
12. Еще два слова. Существование металлического ядра весьма вероятно, так как удельный вес Земли – самой тяжелой планеты по удельному весу – превышает 5,5. Такие большие удельные веса на Земле известны только для металлических тел.

Возможно, что ферромагнитная разность железа здесь играет господствующую роль, но она одна недостаточна для объяснения среднего удельного веса нашей планеты, и она одна не может объяснить магнитного поля Земли.

ОБ АНГИДРИДАХ ГЛИН (ГРУППЕ ЛЕВЕРЬЕРИТА)

«Доклады Академии наук», 1923, январь–июнь, с. 27–29

Для важнейших групп алюмосиликатов, к которым принадлежат полевые шпаты, цеолиты, большая часть слюд, бериллы, нефелиновая группа, эпидоты, гранаты и т.п., можно, до известной степени, выявить их структуру и доказать, что они являются или солями глин или продуктами присоединения к этим солям. Для них всех характерно присутствие группы $M_2Al_2Si_2O_8$, отвечающей кислоте $H_2Al_2Si_2O_3$. Этой группе элементов приходится придавать кольцевое строение, рассматривая ее как каолиновое (мусковитовое) ядро, которому можно придать формулу:



Теоретически надо было бы ожидать, что при потере воды глина строения $H_2Al_2Si_2O_8$ должна была бы дать ангидрид $Al_2Si_2O_7$. Чистые глины такого строения на самом с несомненностью не известны. Наиболее чистые и доступные каолины имеют формулу $H_2Al_2Si_2O_8 \cdot H_2O$. При их нагревании до высоких температур – выделении воды – мы получали, однако, не ангидрид $Al_2Si_2O_7$, а более простой ангидрид Al_2SiO_5 (полиморфные разновидности силлиманиита).

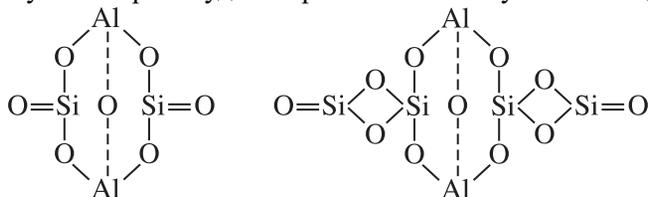
По-видимому, все указывает на то, что при нагревании до выделения воды получается сперва $Al_2Si_2O_7$ (при потере воды при $400-500^\circ C$), который при температурах высоких (выше $800-1000^\circ C$?) распадается:



В природе тело $Al_2Si_2O_7$, однако, не наблюдалось. Мне кажется, на существование его и его аналогов указывают любопытные наблюдения, приведенные Ларсеном и Уирри¹. Они выяснили, что ряд глинистых минералов (частью богатых Fe_2O_3 , т.е. аналогами нонтронитовой группы) могут быть сведены к формуле $Al_2Si_{2+n}O_{7+2n} \cdot mH_2O^2$, где вся вода *цеолитного характера* и выделяется при температурах частью ниже $110^\circ C$, частью не выше $300^\circ C$. При этом выделении воды ни оптические свойства, ни однородность кристаллов не нарушаются. Сюда относятся батчелориты, криптиты, леверрьериты, ректориты, делануиты.

Эти тела можно рассматривать как гипотетические ангидриды глин: $Al_2Si_2O_7$, $Al_2Si_4O_{11}$, $Al_2Si_6O_{15}$ и их изоморфные смеси.

При этом приходится допустить очень своеобразные свойства ангидридов глин, формула которых будет выражаться замкнутым кольцом типа:



Нельзя не отметить, что при такой формуле ангидридов сильно выраженная способность их присоединять к себе частицы H_2O и, по-видимому, судя по анализам, другие окислы (K_2O , CaO и т.д.) не должна была бы существовать, если бы мы имели дело с определенными химическими соединениями. Но существование таких ядер отнюдь не противоречит существованию тех лабильных химических соединений, какие представляют соединения с так называемой цеолитной водой (и ее заместителями). Эти соединения получают как будто только в твердом виде и представляют переходы в кристаллические абсорбционные (диссоциационные) системы.

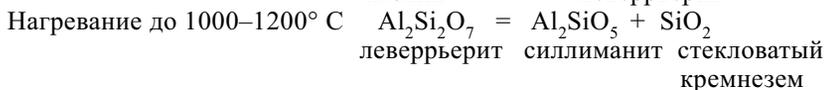
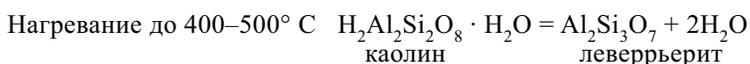
По-видимому, эти ангидриды очень распространены в земной коре, но смешиваются обычно с глинами. Очень вероятно, они характеризуют цеолит-

¹ E. Larsen a. T. Wherry, «Journ. Washington Acad. Sci.», 7, 1917, с. 208. Здесь приведена литература. См. еще о распространении леверрьерита H. Cayeux, Introduction à l'étude des roches sédimentaires, P., 1916.

² Авторы дают другое выражение формуле, так как они относят полуторные окислы к основаниям и соединяют их с CaO , K_2O , H_2O .

ные свойства почв, и было бы чрезвычайно интересно произвести опыты поглощения солей каолинами, лишенными воды, выделенной при возможно низкой температуре.

Разложение каолина при нагревании идет, по-видимому, по следующей формуле:



Как известно, каолин, нагретый до 400–500° С и на немного сот градусов выше, отличается способностью относительно легко «растворяться» в таких кислотах, как соляная кислота. Очевидно, это «растворение» отвечает не ему, а его ангидриду (леверрьериту) и должно быть связано с той же способностью давать диссоциационные соединения, какую мы наблюдаем для него по отношению к воде. К сожалению, свойства этих растворов не изучены.

О ПОВЕДЕНИИ КАОЛИНА ПРИ НАГРЕВАНИИ

On the behaviour of kaolin on heating

«Transact. of Ceramic. Soc.», Stoke on Trent, 22,
1922–1923, p. 398–401

Перевод с английского А.Д. Шаховской

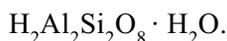
В недавней статье Худсворт и Кобб дают некоторые новые данные, касающиеся поведения каолина при нагревании. К сожалению, авторы выбрали для своей работы не вполне чистый каолин, а содержащий некоторые количества неисследованных примесей, что видно из их анализов. Вследствие этого возможно, что некоторые критические точки, полученные ими, связаны не с изменениями каолина, но с поведением некоторых из примесей (слюд, гидрослюд, цеолитов). Впрочем, основные явления, несомненно, относятся к каолину, так как они сходятся с наблюдениями, сделанными предшествующими исследователями, причем некоторые из них работали с очень чистым материалом.

Авторы не предлагают никакой теории, основанной на их результатах, ссылаясь на уже имеющиеся объяснения. Хотя я не мог найти между последними соответствия с теми фактами, которые наблюдались мной и другими работниками, я попытаюсь обсудить эти результаты в настоящей статье.

Химически каолин – алюмокремневая кислота очень своеобразного характера. Он содержит две молекулы воды, но только одна из них (эквивалентная двум водородам) может быть замещена металлом, как в лаборатории, так и при реакциях, происходящих в природе. Формула каолина



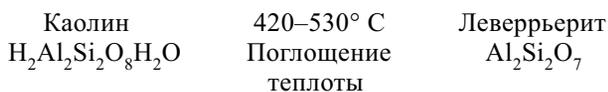
может быть таким образом написана так:



Особенность воды, содержащейся в каолине, была открыта только в последнее время на основании поведения каолина при нагревании. Отсутствие подходящих методов мешало до сих пор точному определению температуры, при которой каолин теряет всю свою воду. В опытах Худсворта и Кобба критическая точка (420–450° С), при которой происходит резкое уменьшение в весе, не согласуется с температурой 500–530° С, полученной на кривых нагревания. Разница в характере двух молекул воды каолина обуславливается химическими свойствами вещества. Возможно, что вторая молекула воды, которая не входит в состав кислоты $H_2Al_2Si_2O_8$ (каолиновой кислоты), имеет свойства растворенной воды. Молекула воды будет, согласно такой гипотезе, испаряться при определенной температуре (выше 400° С) соответственно парциальному давлению водяного пара.

Потеря воды при нагревании, несомненно, сопровождается поглощением теплоты и изменением химических свойств вещества. Из многих исследований, как например П. Земятченского, А. Соколова, В. Искуля и других, мы знаем, что при нагревании до температуры 450–500° С ранее нерастворимый каолин делается легко растворимым в кислотах, в частности в соляной кислоте. Отношения между алюминием и кремнием, извлеченными таким способом, те же, что и в каолине, и, по Земятченскому, остаток $Al_2Si_2O_7$ растворим. Много теорий было опубликовано в отношении представлений о структуре этой минеральной окиси, но они большей частью не согласуются со своеобразными химическими функциями этого вещества. Когда вода удалена, каолин превращается в ангидрид $Al_2Si_2O_7$. До сих пор в природе не было известно вещества, соответствующего этому ангидриду, но недавно Уирри и Ларсен показали, что минерал, задолго до этого описанный Термье и названный леверрьеритом, может считаться $Al_2Si_2O_7 \cdot Aq$. Вода, которую содержит это соединение, подвижная (labile) и выделяется при температуре ниже 300° С. Надо отметить, что леверрьерит не вполне совпадает с этой формулой, так как он часто содержит маленькие количества окиси железа, известь и окись калия. Уирри и Ларсен не рассматривали возможной связи этого вещества с каолином или каким-нибудь другим видом глины, они, скорее, стремились установить самостоятельность группы леверрьерита. Эта группа минералов, по-видимому, принадлежит к типу, который отвечает ангидридам каолиновой и подобных ей кислот, которые все содержат подвижные молекулы воды. Результаты указанных исследований вместе с результатами Кайё, Термье и Уирри могут быть приняты за указание, что эта группа минералов входит в состав глин или аналогичных соединений, чего раньше не подозревали. Между тем вполне вероятно, что группа леверрьерита может оказаться обычной среди поверхностных минералов.

Из поведения обезвоженного каолина по отношению к кислотам мы можем предположить, что переход из этого соединения в леверрьерит может быть выражен следующей схемой:



Критическая точка, наблюдаемая при спаде кривой, отвечает полиморфным изменениям в леверрьерите. Например, известно, что при нагревании

каолина до температуры несколько более высокой, чем та, при которой выделяется вода, получается осадок, не растворимый в кислоте, и это изменение может соответствовать одной из критических точек на кривой. Критическая точка (930–950° С) сопровождается выделением теплоты, и этот факт, который был описан Ле Шателье, имеет большой теоретический интерес. Он, вероятно, указывает на коренное изменение в структуре минерала и должен быть в будущем обсужден более подробно.

Главной характерной чертой той группы минералов, к которой принадлежит каолин, является то, что они заключают комплекс $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$, по большей части в виде $\text{M}'_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ или $\text{M}''\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ (каолиновое ядро), который остается неизменным при многочисленных химических реакциях. Все минералы этой группы образуют глины каолиновой структуры в зоне выветривания земной коры и могут быть получены синтетически из каолина. При переходе как в природе, так и в лаборатории веществ этого типа одно в другое каолиновое ядро (или, как я его прежде называл, слюдяное ядро) $\text{M}'_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ или $\text{M}''\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ остается без изменения.

Самые обычные минералы – полевые шпаты, слюды, гранаты, эпидоты, нефелин, лейцит, скаполиты, цеолиты и т.д. – принадлежат к этой группе алюмосиликатов. При различных переходах одних в другие, которым постоянно подвергаются эти минералы, как в условиях глубинных, так и в поверхностных, радикал $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ остается без изменения и поэтому может считаться очень устойчивым соединением.

Среди многих тысяч химических реакций как в лаборатории, так и в природе не известно ни одной такой, при которой связь между алюминием и кремнием могла бы быть нарушена при низкой температуре.

Случай, когда эта связь нарушается при низкой температуре (при образовании латерита), стоит особняком: это процесс биохимический. Все другие химические изменения, которым подвергаются алюмосиликаты в земной коре, происходят без разрушения и без образования каолинового ядра; оно разрушается тем не менее при некоторых второстепенных вулканических процессах под действием кислых газов, а также в условиях поверхностной зоны под действием сильных кислот в свободном состоянии при низкой температуре. В земной коре образование каолинового ядра идет только при высоких температурах как при магматических, так и при гидротермальных процессах. То же самое остается верным и для лабораторной работы, при которой синтез может иметь место только в водном растворе при температурах выше 200–300° С, при высоком давлении, или при плавлении силикатов. Во всяком случае термический эффект значителен. Все мы знаем о термических условиях образования каолинового ядра: соединения $\text{M}'_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ или $\text{M}''\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ относятся к эндотермическим, и все алюмосиликаты, имеющие структуру каолина, образуются с поглощением теплоты.

Очень мало вероятно (имея в виду наши современные сведения об алюмосиликатах), чтобы каолиновое ядро могло подвергнуться разрушению в алюмосиликатах (или в других соединениях) при такой сравнительно низкой температуре – 420–450° С – без сильно заметного теплового эффекта, поглощения теплоты, которое необходимо, чтобы извлечь химически связанную воду.

П.А. Земятченский недавно показал отсутствие свободных силикатов и свободных алюминатов в осадке, полученном при такой температуре. Разложение оставшегося каолина ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ – леверрьерит) происходит при высокой температуре (920–950° С) с выделением тепла, и оно представляет вторую критическую точку на кривой нагревания каолина, как это описано Ле Шателье. При этом разрушении леверрьерита не образуется непосредственно силлиманит. Это сложный процесс, который еще не вполне изучен, и кристаллы, здесь образующиеся, обычно содержат (конечно, в начале реакции) больше алюминия, чем это требуется формулой силлиманита – Al_2SiO_5 . Наиболее важным термическим эффектом является, однако, разрушение каолинового ядра. Разрушение этого ядра при высоких температурах может наблюдаться во многих процессах в природе, например при образовании силлиманита или мелилита в кристаллических породах, а также и при работах по синтезу. Так, в случае, если присутствует калий, при температуре выше 1000° С образуются соли с ядром типа силлиманита ($\text{K}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_6$), а при более низких температурах – соли, отвечающие леверрьериту (например $\text{K}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$), как это было указано С.А. Вейбергом.

Выводы

1. При потере воды каолин образует ангидрид – $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ – леверрьерит. Этот процесс сопровождается поглощением теплоты при температуре 420–530° С.
2. Критическая точка на кривой нагревания, наблюдаемая при более высоких температурах, вероятно, соответствует изменениям, связанным с полиморфизмом.
3. Экзотермическая реакция при температуре 930–950° С, открытая Ле Шателье, отвечает разрушению каолинового ряда, которое должно поэтому рассматриваться как эндотермическое соединение.
4. Разрушение этого ядра – сложный процесс, в котором происходит постепенное освобождение молекул кремния из соединения ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$)ⁿ.

ПРОДУКТ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ КАОЛИНА

(Совместно с В.К. Агафоновым)

Le produit de la dehydration du kaolin

«Comptes-rendus Acad. Sci. Paris», 178, 1924, с. 1082–1984

Перевод с французского А.Д. Шаховской

Существуют две различные точки зрения на структуру продукта обезвоживания каолина. С одной стороны¹, на это вещество (полученное нагреванием до 450–550° С) смотрели как на *гетерогенное*, т.е. как на механическую смесь Al_2O_3 и SiO_2 ; с другой стороны, его признавали телом *гомогенным*,

¹ G. Tammann et W. Pope. «Zschr. anorg. Chem.», 127, 1923, с. 45; J. Mellor, «Transact. Coram. Soc.», 22, 1923, с. 401.

имеющим формулу $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ и являющимся свободным ангидридом каолина¹ (безводным леверрьеритом²).

Следующие опыты и наблюдения ставят однородность вещества вне всякого сомнения.

1. Мы изучали белый каолин из Аин-Барбар (Константин) в Алжире³ (из коллекции Музея). Под микроскопом он однороден. Он состоит из маленьких волокнистых кристаллитов (очертания которых не ясны), которые частично в отдельных участках действуют на поляризованный свет; поперечные разрезы имеют отрицательное удлинение.

Вода извлекает из него SO_3 и Cl в очень малых количествах.

Анализ дал следующие числа:

Числа анализа	Теоретические числа для $\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8\text{H}_2\text{O}$
$\text{SiO}_2 - 46,65$	$\text{SiO}_3 - 46,5$
$\text{Al}_2\text{O}_3 - 40,17$	$\text{Al}_2\text{O}_3 - 39,5$
Потеря при прокаливании 13,78	Потеря при прокаливании 14,0

Продукт обезвоживания был получен путем нагревания в электрической печи до $450-550^\circ\text{C}$.

2. Удельный вес порошков был определен при помощи бромформа (в смеси с эфиром) при температуре лаборатории:

Каолин из Аин-Барбар	2,58–2,59
Обезвоженный каолин	2,32–2,38

Если взять смесь Al_2O_3 и SiO_2 в порошке, то после нагревания до $550-600^\circ\text{C}$ он остается разнородным в бромформе. В бромформе, плотность которого равна 2,75, одна часть (SiO_2) плавает на поверхности, другая (Al_2O_3) – осаждается на дне. В жидкости плотности 3,3 большая часть Al_2O_3 остается на дне (его плотность таким образом больше 3,3).

3. При рассмотрении под микроскопом обезвоженный каолин оказывается однородным. Потеря воды не изменила заметным образом вида порошка каолина; видны те же кристаллиты, двупреломляющие в некоторых участках, с оптически отрицательным удлинением в поперечных сечениях.

Показатели преломления (при белом свете, методом иммерсии) следующие:

Каолин из Аин-Барбар	1,555
Обезвоженный	1,513

4. Поглощение раствором метиленовой сини каолина и продукта его обезвоживания дает густую окраску, *вполне однородную*: наоборот, искусственная смесь SiO_2 и Al_2O_3 в тех же условиях оказывается неоднородной, зерна SiO_2 не окрашиваются, зерна глинозема окрашиваются, они располагаются согласно их плотности (алюминий – внизу).

¹ П.Земятченский, К познанию русских глин. Пг., 1923, с. 48; W. Vernadsky, «Transact. Ceram. Soc.», 22, 1923, с. 398 [стр. 187 настоящего тома].

² В. Вернадский, «Докл. Акад. наук», А, 1923, с. 27–29 [с. 185 настоящего тома].

³ А. Lacroix. Minéralogie de la France, 4, 1910, с. 748.

5. Итак, можно сделать следующее заключение: после потери воды (до 550 °С) каолин дает однородный продукт $\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_7$. Разложения на Al_2O_3 и SiO_2 не происходит.

Такое разложение принимали, опираясь на термическое изучение каолина. Но термические явления могут иметь другое объяснение¹.

Ангидрид каолина, полученный этим способом, растворим в кислотах.

ДЕЙСТВИЕ НАГРЕВАНИЯ НА КАОЛИНИТ И КАОЛИНОВЫЕ ГЛИНЫ

The action of heat on kaolinite and, kaolinitic clays
«Transact. of Ceramic. Soc.», Stoke on Trent, 24, 1924–1925, p. 13–22

Перевод с английского А.Д. Шаховской

В недавней статье Меллора и Скотта¹ о действии нагревания на каолинит и другие глины авторы выдвигают объяснение полученных фактов, относящихся к очень сложным явлениям.

Однако при современном состоянии наших знаний эти факты, мне кажется, можно объяснять по-разному, и задача этой небольшой статьи – дать набросок возможного иного объяснения. Только после испытания основательности этих представлений новыми опытами и наблюдениями может быть выработана теория этих очень важных явлений. Эта теория будет представлять не только научный, но и практический интерес.

Мне кажется, что поведение каолинита в термическом поле наших опытов (0–2000 °С) показывает, что *все наблюдаемые превращения представляют один общий процесс.*

Эти изменения согласуются в конце концов с химической структурой и химическими функциями каолинита и каолиновых глин². Процесс разложения каолинита состоит в постепенной потере воды и кремния и соответственно этому в химическом изменении алюмосиликатного остатка. *Мы наблюдаем постепенное превращение комплекса алюмокремневой кислоты – $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_6(\text{HO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (каолинита) в определенный алюмокремневый ангидрид, формула которого – $\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$ или $\text{Al}_8\text{Si}_3\text{O}_{18}$ (муллит или керамит).*

ОБЕЗВОЖИВАНИЕ КАОЛИНИТА

Процесс начинается обезвоживанием каолинита, т.е. образованием алюмокремневого ангидрида из алюмокремневого гидрата.

С химической точки зрения каолинит и каолиновые глины могут рассматриваться как алюмокремневые кислоты со своеобразной химической структурой. Разный химический характер молекул воды в каолините доказан несомненно³. В каолините – $2\text{H}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ – *только одна моле-*

¹ *W. Vernadsky.* «Transact. of Ceramic. of Soc.», 22, 1923, с. 399–400 [с. 187–190 настоящего тома].

¹ *J. W. Mellor a. A. Scott.* The action of heat on kaolinite and other clays, 1924.

² *W. Vernadsky.* La Géochimie. P., 1924 [Избр. соч., I, 1954].

³ Явления гидролиза алюмосиликатов очень сложны; группы гидроксидов отличаются большими особенностями, но это не может нарушить общего характера явлений.

кула воды может быть замещена основаниями. Тысячи случаев подобных реакций наблюдались в земной коре и в лаборатории. Больше того, нетрудно опытным путем получить в большом количестве разные безводные и имеющие воду соли каолиновой кислоты – как $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$, $\text{K}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$, $\text{GaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$, $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и т.д. – из каолинита и каолиновых глин или, производя обратные реакции, превратить эти соли в каолинит и каолиновые глины. Если характер одной молекулы воды ясен, то относительно химической природы другой может быть высказано только предположение, что это *вода цеолитная*.

Формула каолинита – $2\text{H}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ – может быть написана:



Наши современные знания о свойствах цеолитной воды в общем очень неполны. Это одна из форм растворенной воды, *случай твердого раствора*, но очень своеобразный. Это раствор в кристаллической пространственной решетке. Силы, которые вводятся в действие в явлениях цеолитных растворов, принадлежат по природе к кристаллическим векториальным силам. Простые молекулярные отношения между цеолитным растворенным веществом, с одной стороны (в нашем случае – водой), и кристаллическими пространственными решетками [в нашем случае – $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_6(\text{HO})_2$] являются выражением правильности структуры кристаллического поля кристаллических решеток. Они соответствуют только полному равновесию и могут существовать только в определенном термодинамическом поле. При других температурах цеолитный раствор находится в состоянии диссоциации; цеолитная часть может входить и выделяться без изменения или с очень маленьким изменением кристаллической структуры (кристаллической решетки), которая определяется свойствами растворителя.

Есть некоторая отдаленная аналогия между водой цеолитной и водой коллоидальной, но разница между ними больше, чем сходство. Коллоидальная вода удерживается поверхностными силами кристаллических частиц (мицелл), цеолитная вода – внутренними силами кристаллов (пространственной решетки). В первом случае векториальные свойства вещества невидимы, во втором – они определяют явление.

В процессе нагревания двоякий характер воды каолинита не очень заметен при обычных условиях наших опытов. Этот факт должен иметь свое объяснение, но сейчас оно не может быть высказано с полной уверенностью.

Но при объяснении явлений нагревания двоякий характер воды каолинита, который доказан химическими наблюдениями и опытом, не может быть оставлен без внимания.

Очевидно, что двоякий характер воды должен так или иначе отразиться при явлении нагревания. Если он ясно не проявляется, он может быть осложнен второстепенными явлениями, вероятно связанными с особенностями цеолитной воды.

Но он ясно выражен *в различном термическом эффекте*, который сопровождается потерю воды этих двух типов. Большая часть воды выделяется при определенной температуре (450–460 °С), и это сопровождается *поглощением тепла*, как это было установлено Ле Шателье.

Вторая часть воды выделяется при нагревании пропорционально росту температуры *без заметного термического эффекта*. Кажется, что количество воды, потеря которой сопровождается скрытой теплотой, отвечает одной молекуле (около 7% по весу, например в опытах Я. Самойлова 1912 г., В. Агафонова 1924 г. и т.д.)

Проявление термического эффекта характерно для химического процесса и должно отвечать разрушению соединения $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_6(\text{OH})_2$, которое образует пространственную решетку каолинита. Выше точки поглощения тепла кристаллическая структура соединения (растворителя) изменяется и каолинит как таковой перестает существовать. Как показывают опыты, каолинит превращается в ангидрид, левеэррьерит¹ – $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$.

По обезвоживанию начинается еще раньше, чем будет достигнута эта температурная точка. Эта потеря воды не проявляется сама по себе в температурных кривых. Начало этого обезвоживания не связано с определенной точкой температуры, но колеблется для разных видов каолинита и при разных условиях опыта. По-видимому, для кристаллического каолинита (т.е. когда отдельные кристаллиты видны под микроскопом) эта вода начинает выделяться при температуре выше 100 °С. В этот момент каолинит показывает все особенности вещества в состоянии диссоциации. Мы должны представить себе эту воду как воду цеолитного характера. Цеолитная вода начинает выделяться *раньше*, чем химически связанная вода, но эта потеря не кончается на точке разложения алюмосиликатного гидрата и прерывается поглощением теплоты, связанным со скрытой теплотой химического изменения кристаллического соединения (образованием левеэррьерита).

Когда это химическое превращение закончилось, температура начинает расти, и цеолитная вода снова начинает выделяться. Последние следы цеолитной воды в кристаллических решетках могут быть извлечены только с большим трудом при высоких температурах.

Процесс обезвоживания может быть представлен следующей таблицей:

Обычная температура	Каолинит	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_6(\text{HO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
	↓	↓
>100–450° С	Каолинит в состоянии разложения	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_6(\text{HO})_2 (1 - q) \text{H}_2\text{O} + q\text{H}_2\text{O}$
	↓	↓
450–460° С	Водный левеэррьерит	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7 (1 - q) \text{H}_2\text{O} + q\text{H}_2\text{O}$
	↓	↓
>600° С	Безводный левеэррьерит	$\text{Al}_3\text{Si}_2\text{O}_7$

Температура 450–460 °С – определенная ступень температуры – должна разделять поле каолинита и поле левеэррьерита. Оба эти соединения могут заключать цеолитную воду.

¹ V. Agafonoff a. W. Vernadsky. «C.R. Acad. Sci. Paris», 178, 1924, с. 1082 [с. 191 настоящего тома].

Характер изменения каолинита при 450–460 °С

Существование безводного леверрьерита выше 460 °С установлено, как мне кажется, опытами, которые только что опубликованы¹. Выше этой температуры обезвоженный каолин однороден и имеет кристаллическую структуру. В нем нет аморфного или стекловатого вещества. Безводный леверрьерит, полученный таким образом, имеет определенные оптические свойства, которые отличаются от каолинита, и свой удельный вес. Определения плотности обезвоженного продукта уже достаточно для проверки гипотезы о разложении обезвоженного каолина на свободный кремнезем и свободный глинозем.

Подсчет показывает, что смесь одной молекулы Al_2O_3 и двух молекул SiO_2 (кристобалит) должна иметь плотность 3,08; мы находим плотность 2,32–2,38, которая близко подходит к определениям Таммана и Попа²: 2,50–2,56. Эта низкая плотность продукта обезвоживания несовместима с гипотезой об образовании смеси Al_2O_3 и SiO_2 .

Важно отметить, что эта гипотеза о разложении $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ противоречит всем нашим знаниям в области химии алюмосиликатов и истории природных алюмокремневых минералов. Мы имеем здесь очень большое накопление фактов, которые должны быть приняты во внимание. Всякое объяснение наблюдаемых явлений, которое не находится в согласии с этими хорошо установленными химическими и минералогическими числовыми данными, должно быть отброшено.

Твердо установлено, что комплекс $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ – одно из очень стойких среди естественных и искусственных соединений. Он не изменяется при тысячах химических реакций и остается неизменным при многих превращениях алюмосиликатов. В земной коре каолиниты и каолиновые глины всегда происходят благодаря изменению алюмосиликатов (полевых шпатов и др.), которые содержат этот характерный комплекс элементов.

Этот каолиновый комплекс никогда не образуется на поверхности из свободного кремнезема и свободного глинозема. Каолинит и каолиновые глины обычно переходят, благодаря метаморфизму, в такие алюмосиликаты, которые также содержат комплекс $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$.

Этот комплекс образуется из свободного кремнезема (или силикатов) и свободного глинозема (и алюминатов) только при высоких температурах в магмах или при высоком давлении в гидротермальных средах выше 180 °С. Мы не добились получения его в лаборатории при других термодинамических условиях. По-видимому, образование $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ – эндотермический процесс.

Гипотетическое предположение о распаде $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ при температуре 450–500 °С не имеет аналога в известных нам явлениях, происходящих в земной коре или в лаборатории.

Факты, изложенные в предыдущем разделе, могут быть обобщены в эмпирическое представление о том, что комплекс $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ образует в соеди-

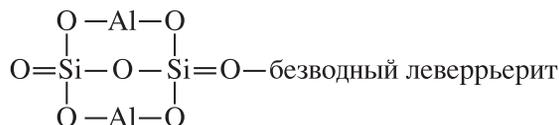
¹ V. Agafonoff a. W. Vernadsky. 1. c., c. 1082.

² G. Tammann a. W. Pope. «Zschr. allgem. Chem.», 127, 1923, c. 45.

нениях, где он встречается, своеобразное постоянное ядро, которое имеет реальное независимое существование.

Его стойкость при многочисленных и разнообразных реакциях может быть выражена замкнутой структурой, аналогичной другим циклическим структурам, известным для естественных органических соединений (бензолы, нафты).

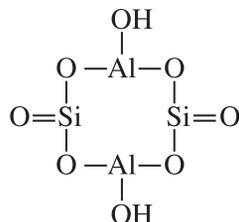
Самое простое представление о таком *каолиновом ядре* будет:



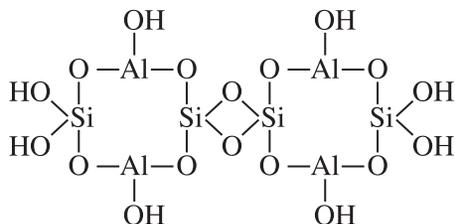
Для того чтобы объяснить известные факты из химии алюмосиликатов, мы должны принять: 1) что гидроксильные группы связаны с атомами алюминия и 2) что несколько каолиновых ядер могут быть связаны вместе.

Тогда мы получаем следующие формулы:

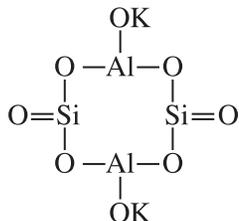
Каолиновая
кислота (неизвестная)



Каолинит



Фацелит



Характер изменения при 900–1060 °С

Много лет тому назад Ле Шателье показал в первый раз очень ясное выделение теплоты около 900–1000 °С во время нагревания каолина. Это освобождение теплоты часто объясняют полиморфным изменением свободного A_2O_3 . Мы видели, что существование свободного A_2O_3 в обезвоженном ка-

олините очень сомнительно и противоречит однородности этого вещества. Температуры выделения теплоты при полиморфном изменении глинозема и в каолините не совпадают. Полиморфное изменение глинозема имеет место при 800–900° С, между тем выделение теплоты при нагревании каолинита происходит при 900–1000° С.

Выделение теплоты получает простое объяснение, если принять существование безводного леверрьерита в обезвоженном каолините.

Леверрьерит не может существовать при высоких температурах. Он нигде не найден в соответственных условиях земной коры и разлагается при нагревании. Это разложение *сопровождается выделением теплоты, так как леверрьерит – $Al_2Si_2O_7$ и каолиновое ядро вообще – соединения эндотермические.* Эта температура показывает границы существования поля леверрьерита. Выше ее леверрьерит не может существовать.

Образование силлиманита

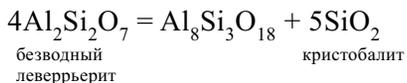
Природа продукта, получающегося при разрушении леверрьерита, в этих условиях окончательно не определена. По-видимому, как следует из недавних опытов Боуэна и Грига¹, процесс разложения $Al_2Si_2O_7$ сопровождается образованием не *силлиманита* Al_2SiO_5 , но алюмокремневого ангидрида, более богатого глиноземом, – *муллита*², или *керамита*³. Несомненно, что при этом разложении свободный кремнезем (кристобалит, по Боуэну и Григу) выделяется, но во *многих* случаях реакция идет не по уравнению



Она идет по уравнению:



или



Боуэн и Григ никогда не могли получить силлиманит при нагревании каолиновых глин при различных условиях; они всегда получали муллит, которому они давали формулу $Al_6Si_2O_{13}$. Опубликованные анализы были бы, однако, лучше выражены формулой $Al_8Si_3O_{18}$, которую я предложил много лет тому назад⁴.

Но силлиманит, конечно, существует в природе, где он образуется в условиях, очень сходных с лабораторными, по-видимому, под действием теплоты или высокого давления на каолиновые глины.

¹ N. Bowen a. T. Grieg. «Journ. Amer. Ceram. Soc.», 7, 1924, с. 238.

² N. Bowwen, T. Grieg a. E. Zies. «Journ. Washington Acad. Sci.», 14, 1924, с. 183.

³ J.W. Mellor a. A. Scott. I.c., 1924.

⁴ В. Вернадский. «Бюлл. Моск. об-ва испыт. природы», 1891, № 1, с. 45.

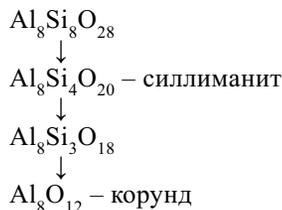
В моих ранних опытах¹ я получил кристаллы, которые могли быть анализированы и давали формулу Al_2SiO_5 (силлиманит). При двух определениях SiO_2 я получил 36,8–37,31%, и для Al_2O_3 – 63,65%. Другие опыты дали мне продукт, который под микроскопом не отличался от силлиманита, но анализы которого дали 28,6–29,5% SiO_2 ². Это муллит или керамит. Я не могу определить условий, в которых образовался силлиманит. Мне казалось, что он образовался близко к температуре выделения теплоты³. Подбавка 1–2% окиси магния, кажется, является благоприятной для образования силлиманита.

Образование муллита (керамита)

Как правило, в данных условиях образуется не силлиманит, а продукт более богатый Al_2O_3 , – *муллит*, или *керамит*.

Недавние опыты американских химиков подтверждают мои прежние результаты и выводы. Моя работа была опубликована по-русски как диссертация в Московском университете и была напечатана (с резюме на французском языке) в «Бюллетене Московского общества испытателей природы»⁴. Сейчас я убеждаюсь, что специалисты не знакомы с этой работой.

В 1891 г. действие нагревания на каолин было мною представлено в виде следующей схемы⁵:



Эта схема очень похожа на схему Боуэна и Грига. Разница только в признании существования поля силлиманита и в формуле муллита, которую я дал в виде $4\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$, а не $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$. В 1891 г. я указывал, что невозможно было для меня различить отдельные разности ромбических алюмосиликатов оптическими методами⁶. Теперь, благодаря большим достижениям в наших оптических методах и прекрасному оборудованию лаборатории Института Карнеги, американские ученые пришли практическим путем к тем же заключениям⁷. Ромбиче-

¹ Ibid., с. 74–76.

² При нагревании топаза однородный кристаллический осадок давал 29,8–30,4% SiO_2 [ibid., с. 78–79].

³ 1000° С; силлиманит, по-видимому, является первым продуктом разложения $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ (ibid., с. 74).

⁴ В. Вернадский. 1. с., с. 1–100; резюме – с. 165.

⁵ Ibid., с. 77.

⁶ Ibid., с. 72.

⁷ Алюмокремневый ангидрид $\text{Al}_4\text{Si}_3\text{O}_{12}$, полученный Фреми и Фейлем, может быть моноклинным или триклинным – по Фреми и Фейлю (*Jeannetaz*. «C.R. Acad. Sci. Paris», 85, 1877, с. 1033). Повторяя их опыты, я получил ромбические кристаллы (В. Вернадский. 1. с., с. 70).

ские разности могут быть отделены одна от другой обычными оптическими методами.

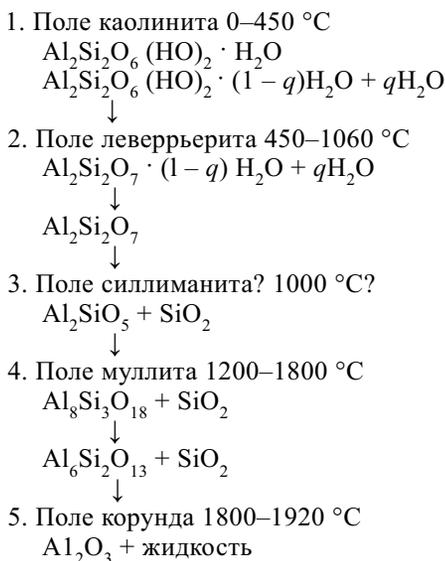
Мы должны, следовательно, вернуться к химическому анализу. Из таблицы видно, что эти анализы не могут дать нам возможности решить, которая из формул – $Al_6Si_2O_{13}$ или $Al_8Si_3O_{18}$ – лучше. Может быть, существуют оба соединения? Только дальнейшие исследования могут это решить.

Таблица анализов муллита

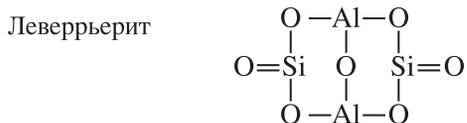
	$Al_6Si_2O_{13}$	$Al_8Si_3O_{18}$	Сент-Клер Девиль	Вернадский
SiO_2	28,2	30,6	29,1–29,5	29,7
Al_2O_3	71,8	69,4	70,2–70,9	70,3
	Вернадский	Вернадский (каолинит)	Литльтон	Боуэн
SiO_2	29,8–30,7	29,9–30,1	27,35–27,60	29,36
Al_2O_3	–	–	72,87–73,16	69,05
	Цис Кокс	Кокс		
SiO_2	29,04	30,07	28,89	
Al_2O_3	69,63	69,93	71,11	

Существование мало отличающихся алюмокремневых ангидридов, богатых Al_2O_3 , очень вероятно. Некоторые группы алюмосиликатов, как дюмортьерит и грандидьерит, не могут быть иначе объяснены.

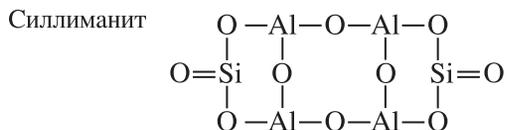
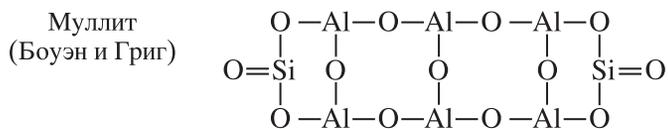
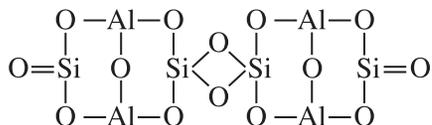
При современном состоянии нашего знания мы можем представить общий процесс нагревания каолинита следующей схемой:



Интересно отметить, что очень простые структурные представления об этих соединениях, находящихся в согласии со многими их химическими формулами, могут быть легко построены, например:



или



О КАОЛИНОВОМ ЯДРЕ АЛЮМОСИЛИКАТОВ И ИХ ЗНАЧЕНИИ В ЗЕМНОЙ КОРЕ

Über den Kaolinkern der Alumosilikate und ihre Stellung in der Erdrinde

«Die Naturwissenschaft in der Sowjet-Union»,
Berlin, 1929, S. 337–351

Перевод с немецкого А.Д. Шаховской

1

Одна из самых важных особенностей структуры Земли весьма мало затронута нашей теоретической мыслью; это преобладание в ней соединений трех химических элементов – кислорода, алюминия и кремния, особенно заметное в поверхностных частях земного шара.

По-видимому, преобладание этих элементов, которые образуют больше 83% веса земной коры, не ограничивается только нашей планетой. Мы находим в самых новых астрофизических работах (например в работе Ц. Пейн) очень важные указания на это же явление в структуре самых отдаленных звездных миров, доступных нашему наблюдению. Многие метеориты показывают нам, может быть не в той же степени, те же особенности их состава.

Преобладание этих элементов можно считать несомненным для всей земной коры – до 60 км мощности, и весьма вероятно, что оно простирается еще дальше в глубь Земли. Эту зону Земли можно продолжить мысленно, что не противоречит установленным фактам, до 1200, может быть до 1600 км.

Масса, которая отвечает этой зоне, характеризуется огромными цифрами – $1,5 \cdot 10^{21}$ т (гексалионами тонн), так что она составляет больше, чем одну пятую часть общей массы всей планеты.

Но если даже мы оставим в стороне эти еще не вполне точные, хотя и заслуживающие доверия, построения нашего ума и не будем отрываться от эмпирических данных, то и в окружающей нас природе мы находимся в мире, где исключительно преобладают эти три элемента. Несомненно, что больше 60%, а вероятно до 75% окружающего нас неорганического мира состоит из химических соединений этих трех элементов, что соответствует массам, равным квинтиллионам тонн.

Эти химические соединения – алюмосиликаты – являются телами очень своеобразными. Их химические свойства играют исключительную роль не только в общем облике окружающей нас природы, но также и в составе входящих в нее твердых, жидких и даже газообразных тел. Их воздействие проникает глубоко в динамику земного шара. Здесь наши знания еще не достаточны, но тем более мы должны направить наше внимание на эти явления, так как они представляют большую важность.

Алюмосиликаты окружающей нас природы – твердые тела; при действии высокой температуры они большей частью разлагаются раньше, чем приходят в жидкое состояние. При 1800° С они все расплавляются или при разложении теряют летучие части.

По всей вероятности, твердые фазы алюмосиликатов продолжают и глубже во всей земной коре, не без перерыва конечно, и возможно, что они находятся и еще глубже во внутренних частях планеты.

Только одна эта твердая фаза алюмосиликатов и будет нас сегодня занимать.

Уже больше ста лет проблема химической структуры природных алюмокремневых минералов стоит в центре химико-минералогических исследований. До сих пор еще нет полного единства мнений об основных чертах этой структуры. Но мне кажется, что давно уже пришло время отбросить еще распространенное, но противоречащее фактам воззрение, которое рассматривает алюмосиликаты как соли различных кремневых кислот, и принять возможность существенного отличия в химическом строении силикатов и алюмосиликатов. Это последнее представление имеет уже очень длинную историю.

Первые зачатки его мы находим больше чем за сто лет до нас у финляндского минералога фон Бонсдорфа (P.A. von Bonsdorf, 1791–1839). В последующее время многие исследователи, независимо друг от друга, высказывали подобные взгляды.

Вероятно, мы должны искать у швейцарского химика-женевца Галиссар де Мариньяка (Y.C. Gallissard de Marignac, 1817–1894) начало глубокого основания наших современных воззрений. Но Мариньяк мало об этом печатал и только бегло между прочим высказал свои взгляды около 60–70-х годов.

Я буду в моем сегодняшнем докладе стоять на почве коренного химического различия между алюмокремневыми минералами, с одной стороны, и солями кремневых кислот – с другой. Только при таком подходе может быть охвачена история этих тел в земной коре, могут быть выяснены их химические особенности.

Я буду рассматривать эти соединения как *алюмосиликаты*¹. Между этими минералами надо различать тела с различными химическими функциями. Все они – типа солей, но не все – соли в обычном смысле этого слова. Между ними имеются некоторые тела, химическая природа которых нам не ясна; однако это редкие, не вполне исследованные минералы. Между остальными, часто в сложных соединениях, мы можем различать ангидриды, кислоты и соли, с одной стороны, и продукты присоединения к ним – с другой. Почти все они могут существовать только в твердом состоянии.

Есть три различных ряда алюмосиликатов, которые отличаются большим или меньшим богатством глиноземом.

Первый ряд, наиболее богатый глиноземом, характеризуется сложным ангидридом формулы $p\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot q\text{SiO}_2$, в котором p всегда больше q . Сюда принадлежат некоторые редкие минералы пегматитов. Они мало известны, и наш химический синтез не проник в эту область исследования.

Для алюмосиликатов второго ряда отношение между глиноземом и кремнеземом равно единице, $p = q$. Ангидрид Al_2SiO_5 принадлежит к важной группе силлиманита. Отвечающая ему кислота $\text{AlSiO}_4(\text{OH})_2$ находится, например, как изоморфная примесь в одном из наших известных драгоценных

¹ См. библиографические указания: *W. Vernadsky. La Geochimie*, P., 1924, с. 167 [Избр. соч., I, 1954, с. 319].

камней – *топазе*, который надо считать фтористым ангидридом этого ряда – $\text{Al}_2\text{SiO}_4\text{F}_2$.

Наконец третий ряд содержит самые распространенные и важные алюмосиликаты Земли. Они преобладают в земной коре. Отвечающие им ангидриды наиболее богаты кремнием: q всегда больше p .

Мы можем между минералами или между продуктами нашего синтеза найти несколько тысяч соединений, которые надо рассматривать как производные этого ряда ангидридов.

Этот ряд ангидридов обнимает соединения от $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ до $\text{Al}_2\text{Si}_{12}\text{O}_{27}$; для наиболее изученных тел p всегда равно единице.

3

Этот самый важный ряд алюмосиликатов, который содержит многие сотни минералов, может быть с химической, но также и с минералогической точки зрения разделен на две группы тел – группы, химическая структура которых совершенно разная.

Я буду обозначать эти две группы как группу хлоритов и группу каолинов.

Разница состоит не в их ангидридах – они одинаковы, но в их производных: в солях и в продуктах присоединения.

Для каолиновой группы алюмосиликатов характерно, что отвечающие им кислоты двухосновные, что всегда только один атом кислорода замещается двумя гидроксильными группами и что другие атомы кислорода не затрагиваются химическими реакциями. Так можно представить себе ряд кислот и соответственных им солей – многие получены искусственно, а многие находятся в природе. Отношение между атомами Al и атомами металла в солях – постоянно и зависит от валентности металла, например мы наблюдаем такие соотношения атомов – $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{K}_2\text{Al}_2\text{CaAl}_2$ и т.д.

Кислоты, как каолин $\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8\text{H}_2\text{O}$, пирофиллит $\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$, соли, как анортит $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$, ортоклаз $\text{K}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$, сподумен $\text{Li}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$ и т.д., могут служить примерами *каолиновой группы*.

Коренным образом отличается *группа хлоритов*. Они состоят из многоосновных производных от тех же известных для каолина ангидридов. Здесь многие атомы кислорода замещаются гидроксильными группами или соответствующими им металлами. Формулы этих тел очень сложны, так как мы имеем здесь дело главным образом с кислыми солями.

Свободные кислоты, например $\text{Al}_2\text{Si}_2(\text{HO})_{14}$, мало известны, и, по-видимому, в свободном состоянии не способны существовать; может быть, сюда принадлежат аллофаны.

Я не могу здесь углубляться в структуру группы хлоритов. Но самые новые экспериментальные работы и анализы В. Искуля в России и Ж. Орселя во Франции, по-видимому, подтверждают такое толкование этих трудно химически характеризуемых минералов. Также и все другие многочисленные, самые новые и полные химические анализы как будто бы приводят к формулам, которые отвечают этим воззрениям.

Я хочу подчеркнуть одно.

Обе эти группы алюмосиликатов распространены в определенных и разных областях Земли. Их главные скопления пространственно строго разделены. Скопления минералов группы хлоритов характерны для метаморфической оболочки; они не встречаются в свежих массивных горных породах.

Только при определенных, особых условиях, в ограниченных областях выделяются некоторые хлориты при застывании магмы. Но эти хлориты отличаются особым, необычным, мало известным минералам, структура которых, к сожалению, еще не определена. История хлоритов вообще строго обособлена от истории минералов каолиновой группы. Переходы путем природных химических процессов от хлоритов к каолиновым алюмосиликатам или обратно наблюдаются очень редко. Эти переходы должны вообще рассматриваться как результат очень редких и сложных природных химических реакций. Во время этих реакций сильно меняется структура минералов, и по видимому, хлориты и каолиновые минералы не могут образовываться прямо друг из друга, без промежуточных ступеней.

В биосфере не известно никаких обоюдных превращений обеих этих групп алюмосиликатов. Здесь никогда не было отмечено перехода хлоритового алюмосиликата в каолин или каолиновую глину.

5

Совершенно другой является история каолиновых алюмосиликатов в земной коре.

Все они самым тесным образом связаны переходами друг с другом. Мы можем их все искусственно получить друг из друга в лабораториях путем химических манипуляций без разрушения каолиновой структуры, и для большей их части, наиболее важных, наблюдался в биосфере переход в каолины или в каолиновые глины.

При всех этих возможных или действительно происходящих химических реакциях характерно то, что остается неизменный *остаток*, который во всех случаях *один и тот же*. Этот остаток образован следующими комплексами:



или



где $\overset{\text{I}}{\text{M}}$ относится к одновалентным металлам, как калий, натрий, или к водороду, а $\overset{\text{II}}{\text{M}}$ – к двухвалентным металлам, как кальций.

Этот стойкий, неизменяемый остаток я буду называть *каолиновым ядром* и буду его рассматривать как характерную особенность структуры каолиновых алюмосиликатов.

Сам каолин – кислота, формула которой – $\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8\text{H}_2\text{O}$ – представляет в большей своей массе такое каолиновое ядро. То же самое остается в силе и для каждой соли каолина, куда входит металл, например для анортита $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$.

Важен тот факт – это подтверждает и название, – что все каолиновые силикаты в биосфере могут переходить или переходят в действительности при выветривании в каолин или в каолиновые глины.

Так как в каолиновом ядре металлы и водород могут друг друга заменять без нарушения связи между атомами алюминия и кремния, то мы должны признать характерным признаком каолинового ядра прочность связи между этими атомами.

6

Мы должны теперь указать на некоторые химико-минералогические особенности каолинового ядра, чтобы понять его положение в процессах земной коры.

Необходимо обратить внимание на большое значение, которое имеет каолиновое ядро – устойчивый атомный комплекс – в твердой материи земной коры. Оно образует, так сказать, скелет твердой земной коры, составляющий, несомненно, много больше 60% ее веса. Минералы с каолиновым ядром мы видим всюду вокруг. Они есть в глинистых сланцах, в слюдяных сланцах, в гнейсах, в гранитах; в большинстве массивных пород они сильно сконцентрированы, составляя нередко больше 90% их массы.

Две особенности каолинового ядра выделяются с геохимической точки зрения; обе требуют при этом критического исследования и подробного изучения.

Во-первых, важно выяснить для каолинового ядра его термохимические числа. Ясно, что термический эффект образования каолинового ядра должен играть большую роль в энергетическом балансе земной коры.

Этот баланс будет совсем разным, в зависимости от того, будет ли термохимический эффект образования каолинового ядра положительным или отрицательным, представляют ли каолиновые ядра эндотермические или экзотермические атомные комплексы.

Термохимия алюмосиликатов – это поле работы, еще почти не затронутое научным исследованием. Имеется мало опытных числовых данных на этот счет, они не систематизированы и не проверены. Эндотермическое образование ангидрида каолинового ядра алюмосиликатов в высокой степени вероятно, если вообще не вполне достоверно.

Русские исследователи С. Вологдин и Д. Чернобаев уже давно выяснили такой характер силлиманита – Al_2SiO_5 , и этот факт, по-видимому, в основном подтвержден самыми новыми работами проф. Эйтеля.

Для каолинового ангидрида – $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ – мы должны вывести то же заключение из изучения термических процессов при нагревании каолина. При распадении обезвоженного каолина – $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ (леверрьерита) – наблюдается *выделение свободной теплоты* приблизительно при 900 °С, которое происходит при реакции:



Синтез каолина действием SiO_2 на Al_2SiO_5 (силлиманит) должен, следовательно, быть *эндотермической* реакцией, т.е. осуществляться с поглощением тепла.

К сожалению, эта важная область химии до сих пор еще находится в большом пренебрежении.

Необходимо, однако, сначала получить точные числовые данные, чтобы иметь вполне ясное представление о фактах. Но и теперь уже невозможно оставлять без внимания немногие известные, но все же точные данные.

Они указывают на одну важную особенность в химической структуре земной коры – нашего окружения. Господствующие здесь тела принадлежат не к обычным экзотермическим соединениям, но по крайней мере наибольшая их часть, по весу и химически самая важная, принадлежит к *эндотермическим* соединениям.

Такая энергетическая их структура показывает, что эти тела имеют происхождение, которое не соответствует господствующим сейчас термодинамическим условиям.

Этот вывод надо считать бесспорным, так как он установлен эмпирическими наблюдениями, путем изучения образования каолиновых алюмосиликатов в земной коре и их значения.

7 [8, 9]

Можно ожидать эндотермических реакций в областях, совсем необычных для окружающих нас условий, – при высокой температуре и высоком давлении. Там они должны быть постоянными и широко распространенными.

Как раз к таким областям земной коры принадлежит область синтеза каолинового ядра, установленная минералогическими наблюдениями.

При современном состоянии наших знаний можно представить себе следующую картину изменения каолиновых алюмосиликатов в земной коре.

В биосфере – в поверхностных слоях планеты – синтез каолинового ядра не имеет места; никакого синтеза каолиновых алюмосиликатов из отдельных «свободных» кремнекислых или алюмокислых соединений не происходит. Здесь все без исключения алюмосиликаты с каолиновым ядром превращаются в каолины или каолиновые глины, если только промежуток времени достаточно длителен. Все алюмокремневые соли распадаются в этих областях Земли, и благодаря действию угольной кислоты и воды выделяются их твердые остатки – нерастворимые водоупорные свободные алюмокремневые кислоты. Эти свободные кислоты отвечают нашим минералам: каолину, глине, монтмориллониту, галлазиту и т.д.

Они образуют громадные массы, может быть многие десятки квадриллионов тонн, среди окружающей нас природы. На поверхности мы видим их на каждом шагу. Они образованы большой силой химически активной, свободной углекислоты – углекислоты, которая в своей главной массе, благодаря солнечной энергии, является важнейшим продуктом жизни на нашей планете.

Образование карбонатов из алюмосиликатов – это один из важнейших химических процессов биосферы. Этим путем осуществляется огромная миграция земных атомов. Когда мы видим каолины и каолиновые глины вокруг нас, мы должны всегда думать о том, какие неисчислимые массы углекислоты нужны были для их образования. Эти количества во много раз превосходят содержание CO_2 в нашей атмосфере. Каждый год многие десятки миллиардов

тонн углекислоты тратятся на разложение алюмосиликатов. Большая часть этой углекислоты поглощается, каолиновыми алюмосиликатами.

Связь между атомами алюминия и кремния в каолиновом ядре не нарушается при обычном выветривании. Для этого нужны другие, более мощные силы. В биосфере это большей частью сила жизни (живого вещества), которая производит такое разрушение.

Синтез каолиновых ядер идет в более глубоких областях земной коры. Мы знаем два таких процесса, которые, однако, вероятно, стоят в глубокой причинной взаимосвязи как части *одного* процесса. Более могущественный и более важный из них отвечает петрогенезу, застыванию магмы, образованию массивных пород.

В исключительно сложном химическом комплексе такой застывающей магмы образуются каолиновые ядра, и образование их вызывает миграцию больших количеств атомов в магме. Есть массивные породы, которые состоят почти целиком из каолиновых ядер – таковы различные лабрадориты и анортозиты. Но и во всех породах каолиновое ядро играет большую роль.

Таким образом, каолиновые ядра – это характерные продукты высоких температур и, вероятно, большого давления.

Самая низкая температура такого застывания – около 600–700 °С – определяет нижнюю границу температуры при образовании этих атомных комплексов.

Другая область этих синтезов отвечает более поверхностным частям нашей планеты. Здесь синтез идет при более низких температурах. Это гидротермальные процессы, которые идут при температурах от 100 до 400 °С. Подобные синтезы при более низкой температуре на поверхности Земли не наблюдались.

Химические синтезы в наших лабораториях идут в полном согласовании с этими результатами минералогических исследований.

Содержащие кремнезем и глинозем тела легко соединяются в расплаве при 700–800 °С и выше. Можно снизить температуру их соединения до 200–300 °С, если ввести вещества, придающие им легкоплавкость. В таких случаях синтез каолина происходит исключительно легко. Самая низкая температура подобного синтеза (соединение окиси алюминия с кремнеземом) отвечает 170 °С. При этой температуре Г. Сент-Клер Девиль получил один из цеолитов – шабазит из гидроокиси алюминия и солей кремнезема.

Многочисленные более поздние опыты, по-видимому, уже не снизили дальше этой температуры. Легко получить различные алюмосиликаты при обычных низких температурах, но только из других алюмосиликатов, в которых имеется уже *готовое* каолиновое ядро.

Некоторые из этих реакций, по-видимому, играют большую роль в круговороте вещества в земной коре – в ее наружных слоях.

Я уже упоминал, что глины и каолины непрерывно образуются в биосфере, в области жизни, из содержащих металлы алюмосиликатов. Обратный процесс идет также непрерывно.

В более глубоких слоях биосферы и еще глубже, за ее пределами, наблюдается всюду превращение глин и каолинов в каолиновые алюмосиликаты, содержащие металлы. Оно идет при обычных, часто очень низких, температурах. Недалеко от нуля по Цельсию образуются двойники гармотома на

морском дне, или цеолиты в снеговой воде, или дипировые породы в области выветривания в Пиренеях.

При более высоких температурах, но еще далеко до точки кипения воды, образуются в более глубоких областях Земли калиевые полевые шпаты в известняках или в рыхлых моренных породах (за счет белых слюд гидромусковитов).

Это синтезы каолиновых алюмосиликатов, переходы от свободных кислот биосферы к их солям, но не синтезы каолинового ядра. Эти последние требуют концентрации химической энергии, которой обыкновенно в этих зонах Земли не находится.

Вокруг нас – в биосфере – каолиновые алюмосиликаты по своей химической структуре представляют чужеродные тела. Они вносят сюда большие запасы чуждой химической энергией, которая может освободиться только при разрушении каолинового ядра. Но и для этого разрушения также надо применить энергию, приложить большую силу. Химически сильные средства, как сильные кислоты и очень высокая температура, вероятно также очень высокое давление, необходимы для этого.

Мы наблюдаем в химической истории нашей земной коры вполне определенные области, где эти процессы разрушения каолинового ядра всегда происходят. Они образуют характерную часть общего механизма земной коры.

Такая область отвечает поясам высокого давления и относительно низкой температуры – зоне образования метаморфических пород; здесь распадаются каолин и каолиновая глина. Здесь выделяются триллионы тонн (или более) своеобразных свободных алюмокремневых ангидридов – дистена и андалузита – Al_2SiO_5 , которые получить искусственно до сих пор не удавалось. Каолиновое ядро разрушено, но не до конца. Температура или соответствующие ей условия давления должны лежать, несомненно, *ниже* температуры превращения этих минералов в силлиманит. Каолиновые соли здесь не разрушаются. Важно отметить, что это разрушение должно идти с положительным термическим эффектом, с образованием свободной теплоты, с отдачей тепла. В еще более глубоких областях земной коры, где повышается не только давление, но и температура, мы наблюдаем другие своеобразные черты в распространении каолинового ядра. Это области массивных пород, где каолиновое ядро разрушено и выделяется силлиманит. Они должны отвечать зонам с очень высокой температурой, так как силлиманит обладает одной из самых высоких точек плавления, больше чем $1700\text{ }^\circ\text{C}$. Его образование из каолинового ядра, безусловно, связано с отдачей теплоты, и это выделение тепла должно играть некоторую роль в ходе другого процесса – разрушения каолинового ядра окружающих пород. Мы знаем теперь, что структура каолинового ядра чистых каолиновых алюмокремневых ангидридов разрушается при относительно более низкой температуре, при $900\text{ }^\circ\text{C}$; она гораздо устойчивее в солях.

Но не только образование силлиманита характерно для такой магматической области с нестойкими каолиновыми ядрами. Породы, богатые глиноземом, как кыштымит и др., отвечают земным областям, которые требуют более высоких температур для расплавления и показывают своеобразные особенности. В этом отношении очень показательны новые работы С. Кузнецова о происхождении русских (уральских) корундов. Мне кажется, что здесь, в

механизме застывания магмы, выделение свободной теплоты при разрушении каолинового ядра не должно быть оставлено без внимания. Также и для другой области магматических пород – для мелилитов – мы должны считаться с тем, что мелилитовая группа показывает совершенно особую структуру: это силикаты, соли и кремневые кислоты, которые связаны с каолиновыми ядрами как продукты присоединения. Они никогда не дают каолинов при выветривании.

10

Мы находимся здесь в очень еще для нас темной области исследований. К сожалению, механизм выделения обыкновенных породообразующих минералов, среди которых алюмосиликаты с каолиновым ядром играют выдающуюся роль, очень мало изучен в отношении их структуры. Между тем химическая структура выделившихся минералов должна играть большую роль. Тем более мы должны привести здесь отличную от господствующей точку зрения.

Ввиду трудности вопросов, перед которыми мы здесь стоим, мы должны проверить все отправные точки. Очень характерно, что в общем из породообразующих металлов только K, Na и Ca образуют каолиновое ядро, и еще два другие элемента¹ Fe и Mg, которые стоят несколько особняком. Они скопляются в силикатах или в темных слюдах – в биотитах и т.д., каолиновые ядра которых отвечают соединению $\text{KNaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ (resp. Na и Li).

Но в более глубоких земных слоях, где давление и, вероятно, температура повышаются, или в глубоких частях, где отсутствуют пары воды, которые необходимы для образования слюд (и метасиликатов) массивных пород, мы находим каолиновые ядра, которые содержат атомы Mg и Fe (кордиерит, пироп и другие гранаты).

Таким образом создается представление, что каолиновое ядро по мере углубления в земную кору меняется; в нем появляются атомы магния и железа, которые в минералах обычных массивных пород отсутствуют.

Если теоретические воззрения П. Эскола, В. Гольдшмидта, Д. Джоли соответствуют истине, когда они думают, что эколлитовые породы лежат в глубине и не только в основании земной коры, но и в более глубоких частях планеты (область Sima), тогда это своеобразное изменение каолинового ядра приобретает еще большее значение.

11

Если теперь от этих, еще так мало известных, земных недр, лежащих, вероятно, на глубине многих сотен километров, мы обратимся к поверхности Земли, к нашему окружению, то здесь мы можем также установить очень заметное и поразительное явление распада каолинового ядра.

Здесь действует при определенных, но очень широко распространенных условиях одна сила, которая ведет к разрушению каолинового ядра, к разрушению глин и каолинов. Эта сила есть сила жизни. Д. Мёррей первый над этим задумался во время экспедиции Челленджера, когда он стал искать

¹ Трехвалентное железо может во многих случаях заменять в каолиновых ядрах алюминий, образуя нонтронитовое ядро (например $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$ – эгирин).

источник кремния у живых диатомей. Он думал найти его в глинистых частицах, взвешенных в морской воде. Вместе с Р. Ирвином он делал опыты с пресноводными диатомеями и установил способность этих организмов извлекать из глин кремневую кислоту.

Эти опыты были позднее повторены для каолинов и каолиновых глин мною и другими исследователями с таким же результатом. Если сам механизм нам еще непонятен, все же мы должны признать самый факт правильным.

Диатомовые или бактерии оказываются способными разрушать каолиновое ядро. Этот процесс, по-видимому, играет большую роль в химии Земли и морского дна; он может вызвать образование латеритов, может быть даже отложение бокситов.

Известны некоторые другие воздействия жизни в этом же направлении; к сожалению, они мало исследованы. Все они указывают на проявления бактериальной жизни как на разрушающую силу. Они вызывают образование гидратов окиси алюминия, алюмофосфатов, своеобразных хлоритов, может быть алюмосульфатов из каолиновых алюмосиликатов. Все они связаны с химическим расщеплением каолинового ядра. В целом они представляют большой процесс выветривания в биосфере. Так как это разрушение сопровождается выделением тепла, этот тепловой процесс должен быть полезен для жизни организмов. Может быть, в этом и лежит причина биохимического разрушения каолинового ядра.

12

Итак, мы можем указать область существования каолинового ядра, ее границы. Жизнь разрушает каолины, глины и их соли в тонких донных осадках. Вне этой самой поверхностной оболочки планеты каолиновые ядра в общем устойчивы. Свободные каолиновые кислоты, каолины и глины начинаются в метаморфических слоях, в областях большого давления и умеренной температуры, чтобы снова разрушиться, образуя дистен и андалузит; каолиновые силикаты, заключающие железо, остаются устойчивыми. Только в наибольших нам доступных глубинах Земли находим мы указания на их коренное изменение и разрушение.

Много проблем и много вопросов возникают перед нами при рассмотрении этих явлений. Я хочу здесь коснуться еще двух из них.

Одна – это проблема самой структуры каолинового ядра. Можем ли мы составить себе представление об этой структуре? Можем ли мы построить гипотезу, которая отвечала бы фактам и вела бы нас дальше?

Тридцать лет тому назад (1891–1901), когда я начал изучать эти явления и занимался синтезом силлиманита, я пытался установить теорию алюмосиликатов, в которой я опирался на тогдашний эмпирический материал. Мне кажется, что эта теория находится в полном согласии и с новым, гораздо большим фактическим материалом, который собран с того времени.

Я думал, что исключительно устойчивые ядра алюмосиликатов образуются замкнутым комплексом атомов и должны обладать кольцевой структурой. Мы имеем здесь дело с явлением, которое нам уже давно известно в химии органических соединений. Наши каолиновые ядра должны быть аналогами ядер бензола, тиофена, хинолина и многочисленных других постоянных атомных комплексов в химии Земли.

Я не могу входить здесь в дальнейшее обсуждение этой темы. Я только хочу заметить, что наиболее новые рентгеновские исследования Л. Струтинского в Ленинграде устанавливают возможность такой структуры каолинов.

Вторая проблема кажется мне имеющей гораздо большее значение и более широкой.

Если каолиновые ядра – эндотермические соединения и имеют такое большое распространение в земной коре, образуя самую значительную часть ее материи, то этот факт должен иметь первостепенное значение в тепловом режиме планеты. Теплота, нужная для образования земных каолиновых ядер, должна быть огромной. Мы должны установить ее возможные источники.

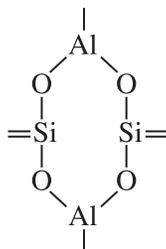
По-видимому, мы уже сейчас можем указать этот источник, и энергетические условия возникновения природных алюмосиликатов как раз соответствуют его эндотермической природе.

Самые новые исследования радия дали неожиданно очень своеобразную картину термического состояния Земли, ее оболочек. Они открыли постоянное выделение свободной теплоты. Так как земная температура не поднимается в связи с этим, то значит, эта вновь возникающая теплота идет не на повышение температуры земной коры, а тратится как-то иначе.

По принципу Ле Шателье мы должны ожидать, что в более глубоких областях земной коры, где происходит нагревание, должна лежать область эндотермических химических соединений. Это область, где сосредоточивается образование каолиновых ядер. Происходящая от радиоактивных процессов теплота должна вызывать химические синтезы, между этими синтезами большую роль должен играть синтез каолинового ядра. Его большое распространение соответствует большому поглощению тепла. Итак, процессы образования каолинового ядра должны играть большую роль в тепловом состоянии всей планеты, и на них может затрачиваться большая часть радиоактивной энергии.

Я пришел к концу моего доклада. Но я хочу сделать еще несколько замечаний. Рассмотрение кремнекислых минералов как комплексных алюмосиликатов вместо прежних воззрений на них как на соли кремневых кислот позволяет ставить перед научным исследованием новые проблемы, которые не представляют особенно больших затруднений для работы.

Некоторые из этих проблем я хочу здесь наметить. Эндотермические ли соединения алюмосиликаты с каолиновым ядром? Сколько калорий потребно для их образования? Имеют ли каолиновые алюмосиликаты кольцеобразную замкнутую структуру? Возможно ли подтвердить существование каолинового ядра в виде кольца



например на пластинках слюды (подобно структуре графита), на грани базопинакоида нефелина и т.д.?

Силлиманит, андалузит и т.д., комплексные ли это ангидриды, а не соли кремневой кислоты? Кислоты ли глины и каолины?

Указанные проблемы – немногие из многих. Эта возможность ставить новые научные проблемы делает законным введение новых воззрений вместо старой теории строения алюмосиликатов.

О ЦВЕТНОСТИ АЛЮМОСИЛИКАТОВ

(Доклад в заседании Отделения математических и естественных наук Академии наук СССР, 5 октября 1931 г.)

1

Алюмосиликаты и, в частности, алюмокремневые кислоты (каолиновые и другие глины, пирофиллит и т.п.) и алюмокремневые ангидриды (силлиманит и т.д.) должны обращать на себя в технике гораздо большее внимание, чем это сейчас имеет место. Ибо в них мы имеем широко распространенные тела, нас всюду окружающие, в общем легко доступные в любых количествах. Алюминий и кремний и их соединения ввиду этой их общности – основа технологии будущего.

Это будущее мы должны предвидеть и учитывать при том размахе экономической государственной деятельности, какой сейчас проявляется в нашей стране. Новые, во многом неожиданные, применения к жизни нефелинов, осуществляемые сейчас работой нашей Академии наук, А.Е. Ферсманом и его сотрудниками, в частности открытое Н.В. Беловым применение к дублированию гелей каолиновой кислоты¹, заставляют внимательнее относиться к тем практически важным возможностям, какие вскрываются выяснением химического строения алюмосиликатов.

Это химическое строение никогда систематически не изучалось, и сейчас, насколько знаю, оно совершенно стоит вне поля зрения наших исследовательских силикатовых и керамических институтов. Оно изучается до известной степени в Силикатовом институте в Далеме-Берлине, основанном в 1927 г. и находящемся под руководством проф. Эйтеля. Но и здесь некоторые, мне кажется, самые очередные, основные проблемы оставлены в стороне.

Это и понятно, так как изучение строения алюмосиликатов и силикатов сейчас находится в переходном состоянии. Нет еще господствующих структурных представлений, как это имеет место в органической химии.

Главное внимание – к сожалению, не у нас – в последние годы обращено на новый могущественный метод проникновения в строение химических соединений – на рентгеноскопический метод. Но один этот метод недостаточен

¹ Н. Белов. «Изв. Отд. мат. и ест. наук Акад. наук СССР», 1932, с. 315; его же, «Хибинские апатиты», 3, Л., 1931, с. 100; ср. А. Ферсман и В. Влодавец, *ibid.*, с. 35. Название «каолиновая кислота» для соединения $H_2Al_2Si_2O_8$ дано впервые С.А. Вейбергом в работе, напечатанной в «Тр. Геол. и мин. музея», 5, СПб., 1911.

для выявления интересующих здесь нас вопросов химической технологии, даже в том новом его, чреватом будущим значением, направлении, которое сейчас строится В. Гольдшмидтом в форме кристаллохимического анализа. Распределение атомов в пространстве в твердых телах, даже с учетом атомных полей, не может подойти к выявлению строения алюмосиликатов в химических процессах в той степени, как это необходимо для понимания технически важных химических свойств этих тел. Я считаю – оговариваюсь, чтобы не было недоразумений, – путь изучения поведения химических элементов, открытый Гольдшмидтом, чрезвычайно важным и открывающим широкие горизонты и в области техники. По нему необходимо энергично идти и на него необходимо и нам вступить – чем скорее, тем лучше.

Но рентгеноскопическое исследование алюмосиликатов и изучение поведения химических элементов, в их структуру входящих, явно недостаточно для решения основных вопросов строения этих тел, связанных с применением их свойств к потребностям жизни. Огромная область основных, практически важных химических свойств твердых тел не охватывается рентгеноскопическим анализом. Он один не достаточен.

Необходимо идти не одним, а всеми возможными путями, причем надо исходить из сейчас ясных основных условий правильной и широкой постановки научной работы, особенно рассматриваемой с точки зрения ее приложения к жизни: страна, которая хочет использовать науку для жизни в полной мере, хочет учитывать будущее, а не жить моментом дня, должна в своей научной организации обладать наибольшей *научной мощностью*, возможной в данный момент. А то, что она находится в состоянии наибольшей научной мощности, выявляется тем, что она может в *своих пределах сама* научно охватывать всякую научную проблему, которая ставится сейчас в науке или вызывается потребностями жизни, в полной, доступной данному времени, мере.

Научная мощность работы нашей страны в области алюмосиликатов ничтожна, и задачей моего доклада является обратить внимание на необходимость ее достижения в одном определенном направлении, совершенно, мне кажется, упущенном.

Это направление – химическое изучение строения алюмосиликатов, необходимое и неизбежное, в частности, и для правильного и глубокого выявления поведения химических элементов.

Разумная и широкая организация опытной и наблюдательной работы в этом направлении, в данный момент – особенно опытной, является, по моему убеждению, основной задачей в области химии кремния, и ее отсутствие в работе наших прикладных научно-исследовательских учреждений по химии кремния мне представляется коренной ошибкой.

Сейчас, к сожалению, мы не можем при работе в этой области всецело стоять на почве основного орудия мысли естествоиспытателя – на эмпирическом обобщении¹. Необходимо дать большое место научной гипотезе и на ней строить научную теорию. Но для того, чтобы гипотеза могла иметь реальное значение, была научно плодотворной и достаточно устойчивой, необходимым условием является, чтобы она опиралась на широкую основу эмпирических обобщений и эмпирических научных фактов.

¹ В. Вернадский. Биосфера, Л., 1926, § 12.

Мне кажется, что таким условиям удовлетворяет та теория строения алюмосиликатов, которая была мною выработана сорок лет тому назад¹. Прошло тридцать лет с тех пор, как она была в первый раз изложена в сжатой форме, и двадцать лет, как она была применена к обзору всех природных тел. Недавно новый пересмотр ее мною с геохимической точки зрения подтвердил, что весь накопленный за 40 лет научный материал свободно укладывается в эту теорию и требует внесения хотя и важных, но мало меняющих основные положения теории, поправок, позволяющих дальнейшее ее развитие без нарушения основных линий данного ею строения².

Мне кажется, что это указывает на то, что эмпирический материал, принятый во внимание при построении теории, был достаточно широк и путь намечен был правильный.

Я надеюсь доказать это в другом месте. Здесь же хочу остановиться на одном частном приложении теории, которое, мне кажется, может иметь большое практическое значение. Оно было выставлено мною тридцать лет тому назад³, но не обратило на себя внимания. Мне кажется, однако, что оно подтверждается всем имеющимся научным материалом, в том числе и накопившимся с 1901 г.

Это вопрос о причине цветности, окраски алюмосиликатов, связанной, согласно этой теории, с их строением и выявляющей любопытные аналогии с цветностью органических соединений, красок органической химии.

Прежде чем перейти к этой проблеме, необходимо в немногих чертах остановиться на основах устанавливаемых мною теоретических представлений.

В основу их положен огромный эмпирический материал минералогии и химии, связанный с природным и лабораторным синтезом и распадением алюмосиликатов и с таким же изучением их химических свойств.

3

Алюмосиликаты и их аналоги, хромосиликаты, феррисиликаты, ванадиосиликаты, церосиликаты, итросиликаты и т.п., с одной стороны, и с другой – алюмотитанаты, алюмоцирконаты, алюмостаннаты, алюмотораты и т.п., и соответственно феррититанаты и пр. являются производными полуторных окислов и окислов типа SiO_2 , одинаково обладающих в термодинамических полях земной коры характером кислотных ангидридов. Для полуторных окислов и для многих окислов четырехвалентных элементов, например для ThO_2 , это слабо проявляется и иногда совсем не проявляется в обычных реакциях наших лабораторий и в биосфере. В земной коре такой характер этих окислов наиболее резко проявляется для минералов глубоких геосфер, для фреатических и особенно ювенильных минералов.

¹ Литературу см. *W. Vernadsky. Geochemie in ausgewählten Kapiteln*, Lpz., 1930, с. 304–305 [Избр. соч., I, Очерки геохимии, 1954].

² *В. Вернадский. О группе силлиманита и значении глинозема в силикатах*, М., 1891 («Bull. Soc. Nat. Moscou», М., 1891, с. 1); его же, «Zschr. Kryst.», 34, Lpz., 1901. с. 37; его же, *Минералогия*, I–II, М., 1911–1912; его же, *Geochemie*, P., 1924.

³ *W. Vernadsky. «Zschr. Kryst.»*, 34, Lpz., 1901 [с. 116 настоящего тома].

Отсюда исходным положением, основанным на наблюдении генезиса минералов, является обобщение, что *все полуторные окислы и все окислы четырехвалентных элементов являются в их строении кислотными ангидридами и что их кислотные свойства проявляются все более резко по мере увеличения давления и температуры*. Поэтому многие из их производных, образовавшихся в более глубоких геосферах земной коры, являются неустойчивыми в биосфере.

В этих утверждениях нет никаких гипотетических представлений – это эмпирическое обобщение из наблюдаемых фактов и явлений. Может казаться, что распространение этого утверждения на все окислы типов RO_2 и R_2O_3 является гипотезой. Но легко убедиться, что это тоже эмпирическое обобщение, ничего не вводящее в научное наблюдение. Ибо мы встречаем все окислы этих типов, кислотные функции которых сомнительны с точки зрения современной химии, в природных алюмосиликатах в таких количественных соотношениях, которые заставляют придавать их соединениям такие же формулы и функции, какие устанавливаются для алюмосиликатов, являющихся растворителями в минералах. Другими словами, чисто эмпирически, не строя гипотез, надо придавать им всем те же кислотные химические функции, как и окислам растворителя.

В сводках и в изложениях химии такое положение не высказывается, так как обычно не принимается во внимание изменение химической функции окислов в связи с изменением термодинамических параметров. Опытным путем эти явления почти не изучены, и только сейчас внимание начинает обращаться к этой проблеме. Но уже одно наблюдение здесь достаточно для точного констатирования явления. Конечно, опыт необходим, но он пойдет в пределах установленного наблюдением эмпирического обобщения, и все указывает на то, что он не выйдет за его пределы – он его только уточнит и отчеканит.

Здесь полезно вспомнить, что это явление резко сказывается и среди окислов другого строения. Обычная вода – характерный нейтральный, иногда основной окисел в биосфере и в обычном термодинамическом поле химических лабораторий является резкой кислотой в области фреатических и ювенильных минералов, как показал С. Аррениус и как это отражается на формулах кремневых природных соединений¹.

В частности, по отношению к алюмосиликатам (и к феррисиликатам), нас сейчас интересующим, по отношению к окислам алюминия, кремния, трехвалентного железа их кислотный характер не вызывает того сомнения в химической среде, которое существовало 40–30 лет тому назад. Это сомнение было господствующим, когда теория вырабатывалась, и признание с ходом времени этого явления для алюмосиликатов явно указывает на то, что ход развития научной мысли пошел как раз по пути, который ожидался при построении данной теории строения алюмосиликатов 30–40 лет тому назад.

Так как в данной статье я касаюсь только наиболее простого случая – алюмосиликатов – то я и не буду дальше останавливаться на основном общем положении о кислотном характере всех окислов R_2O_3 и RO_2 в пределах земной

¹ К сожалению, на это не обращают внимания. Я надеюсь вернуться к этому в другом месте.

коры, неизбежно, мне кажется, вытекающем из данных точного и обширного наблюдения в минералогии.

Отмечу только, что все, что дальше говорится о цветности алюмосиликатов, должно в не меньшей, если не в большей степени относиться и к их аналогам, в том числе к телам, не заключающим ни кремния, ни алюминия.

Это должно учитываться при постановке работ в области химии алюмосиликатов, связанных с прикладными задачами.

4

Природные и искусственные алюмосиликаты представляют с химической точки зрения сложную группу.

Они не являются целиком солями, как это долго принимали химики и минералоги и как сейчас некоторые из них утверждают.

Среди них мы имеем ангидриды (сложные), кислоты, соли разного характера и, наконец, продукты присоединения ко всем этим трем разным типам соединений. Мне кажется, что последний тип – продукты присоединения, – как раз наиболее важный с точки зрения цветности алюмосиликатов – при дальнейшем изучении выявит в некоторых своих представителях новые и своеобразные химические функции и тоже окажется сложным. Выяснение химической функции продуктов присоединения есть одна из первых проблем систематического изучения строения алюмосиликатов, стоящих сейчас на очереди.

Мне кажется, что сознание сложности алюмосиликатов по их химической функции сейчас проникло уже до известной степени в научную мысль и что, например, оно сейчас стало обычным представлением для глин, в частности для каолиновых глин. Теперь уже очень часто, все больше и больше рассматривают их как свободные алюмокремневые кислоты – положение, высказанное мною впервые в 1891 г.¹ Глины характерны для биосферы и верхней стратисферы; едва ли их генезис происходит в верхних частях метаморфической геосферы; ниже они явно неустойчивы. Химически выраженный этот генезис указывает, что происходящий здесь процесс связан с выделением из алюмосиликатов их свободных кислот. Вместо алюмокремневых солей металлы, в них входящие, дают более устойчивые в биосфере и стратисфере карбонаты, сульфаты, нитраты и т.п., но в более глубоких земных оболочках алюмокремневые соли устойчивы.

¹ Работая над группой силлиманита в 1889–1890 гг. в Париже в Collège de France и придя к заключению о ее ангидридном характере и о кислотной функции глин, я углубился по первоисточникам в исторический ход наших знаний о силикатах. При этом я нашел забытых предшественников этих своих идей. Я свел эту мою работу в первой главе моей диссертации «О группе силлиманита и роли глинозема в силикатах» (М., 1891 и в «Bull. Soc. Nat. Moscou», М., 1891, с. 1). Этот исторический очерк, ставивший работу моей мысли в рамки шедшего в научном творчестве процесса, тогда забытого, был почти целиком переведен в книге братьев Аш на немецкий язык (*Asch. Die Silikate in technischen u. chemischen Beziehung*, В., 1911), и его результаты стали таким образом широко доступны на Западе. Идея о силлиманите как об ангидриде, о сложных алюмосиликатах и т.п. выявилась для меня во время экспериментальной работы; со своими предшественниками, работы которых в то время не вошли в минералогические и химические сводки, я ознакомился позже и их указал в сводной форме впервые в литературе в своей книге 1891 г.

Сложность, с точки зрения химических функций, группы алюмосиликатов представляется мне не гипотезой, а эмпирическим обобщением, ибо она устанавливается простой классификацией различных, свойственных разным алюмосиликатам, химических реакций.

Я буду называть выделенные таким путем среди алюмосиликатов тела разной химической функции типами алюмосиликатов; таких типов пока установлено четыре: 1) ангидриды, 2) гидраты, или кислоты, 3) соли разного характера и разных кислот и 4) продукты присоединения – к ангидридам, к гидратам и к солям.

Я оставляю в стороне одновременно проявляющиеся твердые растворы в формах изоморфных смесей и другие их виды.

Мне кажется, здесь я останавливаться на этом не могу, эти типы не охватывают полностью известные алюмосиликаты, и дальнейшее изучение выявит новые типы, т.е. новые функции этих сложных тел.

5

Дальнейшее рассмотрение этих типов указывает на то, что каждый из них в свою очередь является химически сложным. Но эта сложность проявляется не в различии химических функций, а в группировке тел одного типа в разные семейства алюмосиликатов, охватывающих в одно целое соединения разного типа.

Эта группировка основана на генетическом признаке – на существующем в природе или осуществляемом в лаборатории переходе одних алюмосиликатов (каков бы тип их ни был) в другие.

Изучая взаимные переходы алюмосиликатов друг в друга путем химических реакций, можно было выделить резко выраженные три их семейства, которые мною были названы семействами каолиновых, хлоритовых и хлоритоидных алюмосиликатов.

В земной коре переходы минералов одного семейства в минералы другого семейства отсутствуют в пределах одной геосферы (например в пределах биосферы) или происходят в ней в особых, явно исключительных случаях. Путем процессов выветривания, т.е. в пределах биосферы, они совсем не происходят. При переходе минералов из одной геосферы в другую путем геологических процессов они могут иметь место.

К сожалению, *синтезы* в лаборатории *воспроизведены* с достаточной полнотой *только в пределах одного семейства – каолиновых алюмосиликатов*. Хлориты и хлоритоиды до сих пор искусственно почти не воспроизведены: имеющиеся синтезы или неполны и единичны, или же возбуждают сомнения и требуют проверки. Материал лабораторных синтезов не сравним в количественном и в качественном отношении для этих семейств с данными минералогического наблюдения. Почти вся огромная лабораторная работа в области алюмосиликатов охватывает только семейство каолиновых алюмосиликатов.

Систематическое изучение синтеза и химических свойств хлоритовых и хлоритоидных алюмосиликатов является в связи с этим одной из первых проблем изучения химии кремния и алюминия.

После выделения этих трех семейств среди природных тел, минералов, осталась небольшая группа мало или недостаточно изученных редких минералов. Все обычные природные и все искусственные тела попали в эти три семейства.

В дальнейшем выявилось четвертое семейство – *богатых алюминием алюмосиликатов* (например сапфирин), изучение строения которого со всех точек зрения – и с научной и с прикладной – представляет огромный интерес и, мне кажется, должно быть поставлено тоже в одну из первых очередей в научной работе в этой области. Оно отличается от других уже своими ангидридами.

Для первых трех семейств ангидриды одинаковы, но химическая структура их производных резко различна для каждого семейства.

Наиболее отлично *семейство хлоритов*, которое охватывает гидраты, соли и продукты присоединения многоосновных кислот. Исходные кислоты (гидраты)¹ заключают, если их выразить в наиболее простой формуле, больше двух гидроксильных групп, водород которых замещен металлом, т.е. хлориты являются производными многоосновных алюмокремневых гидратов. Но в них всегда есть свободные, не замещаемые гидроксильные группы. Впредь до дальнейшего изучения их можно учитывать как *кислые* соли многоосновных кремнеалюминиевых кислот, но очевидно, такое представление возбуждает сомнение. Отчего нет их средних солей? Водород не всех гидратных групп, по-видимому, способен замещаться металлами.

Алюмосиликаты хлоритоидные или алюмосиликаты каолиновые отвечают кислотам только с двумя гидроксильными группами, способными замещаться металлами, т.е. двухосновными кислотами. Есть и кислые и средние соли.

Так, например, для хлоритов мы имеем производные многочисленных ангидридов, каждый из которых дает ряд разных кислот и соответственных многочисленных солей (см. ниже, раздел 7); таковы, например, ангидриды: $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$, отвечающий кислоте $\text{Al}_2\text{Si}_2(\text{OH})_{14}$ (прохлориты), или же $\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_9$, отвечающий кислоте $\text{Al}_2\text{Si}_3(\text{OH})_{18}$ (клинохлоры); соответственно для хлоритоидов кислота $\text{Al}_2\text{Si}_4(\text{OH})_2$ (ангидрид Al_2SiO_5); соответственно для каолиновых алюмосиликатов кислота $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_6(\text{OH})_2$, например $\text{K}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ (факелит) – ангидрид $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ или кислота $\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{HO})_2$ (например, лейцит $\text{K}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$ – ангидрид $\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{11}$) и т.д.

По существу, различия между хлоритоидами и каолиновыми алюмосиликатами столь же глубоки, как и между каолиновыми и хлоритовыми алюмосиликатами.

Для того чтобы это стало ясным, нам впервые придется выйти из области эмпирических обобщений, в которой до сих пор мы шли, и прибегнуть к помощи научной гипотезы. Но сперва остановимся еще на нескольких эмпирических обобщениях другого характера.

6

Изучая природный генезис и изменения алюмосиликатов каолиновых и хлоритовых и данные наших синтезов для каолиновых алюмосиликатов (хлоритовые, как было в 1891 и 1901 гг., так и сейчас, стоят вне работы химиков), резко бросается в глаза яркая особенность обоих этих семейств².

¹ Не изучены и в природе не устойчивы.

² Я оставляю в дальнейшем в стороне небольшое семейство хлоритоидных минералов, менее интересное с точки зрения рассматриваемых явлений. Это соли кислоты $\text{H}_2\text{Al}_2\text{SiO}_6$ (ангидрид Al_2SiO_5) и продукты присоединения к ним. Характерна устойчивость соединений *кальция* и *магния*.

Мы видим тысячи природных и искусственных переходов, совершающихся чрезвычайно легко и часто очень просто и в земной коре и в лаборатории для каолиновых алюмосиликатов, причем очень легко убедиться, что при всех этих бесчисленных химических реакциях в получаемых столь же бесчисленных продуктах сохраняется неизменно один и тот же остаток $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$.

В то же самое время нет ни одного простого и прямого перехода каолинового алюмосиликата в хлоритовый и в хлоритоидный, или обратно. Это, по-видимому, вполне верно для биосферы, для процессов выветривания. Явление усложняется в процессе метаморфизма, например для семейства черных слюд; здесь есть частые переходы в определенной структуры хлориты. Но очень возможно, что хлоритовый комплекс находится как таковой в структуре черных слюд. Он будет тогда играть роль радикала в продукте присоединения к калиевой соли кислоты $\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$.

Если это так [на что указывает и своеобразная окраска – чрезвычайно поглощение видимой части спектра, появление почти черных соединений из бесцветных компонентов: $(\text{KH})_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 + \text{R}$, где R – хлорит], то здесь нет перехода каолинового алюмосиликата в хлоритовый (или обратно), но происходит только распад комплекса на ядро и радикал.

Но для хлоритоидных тел есть, несомненно, в природе (в областях высокого давления, в метаморфической геосфере) синтеза из их ангидрида (дистена AlSiO_5) в белые слюды [господствует $(\text{KH})_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$].

Эти необычные в биосфере процессы, конечно, требуют изучения, но не нарушают общего правила – резкого перерыва – отсутствия переходов указанных трех семейств друг в друга в обычных реакциях лабораторий (т.е. при обычном или малом давлении) и в биосфере.

7

Прежде чем перейти к рассмотрению каолиновых алюмосиликатов с точки зрения их цветности, я считаю небесполезным в сжатой форме указать на *особенности строения семейства хлоритов*, так как и эти тела не должны быть оставляемы вне круга нашего зрения при рассмотрении проблемы о цветности алюмосиликатов в том ее объеме, в каком сейчас нужно поставить задачу их цветности. Больше того, многое указывает на то, что именно на этой группе может быть выяснено такое основное положение химии алюмосиликатов, как валентность кремния и алюминия, играющее важную роль в вопросе о цветности этих тел.

Очень характерно, что выветривание хлоритов резко отличается, мне кажется в связи с их структурой, от выветривания каолиновых алюмосиликатов. Хлориты устойчивы в биосфере; при выветривании они не дают алюмосиликатов, в частности глин. По-видимому, хлориты всегда богаты феррисиликатами и дают в биосфере в конце концов гидраты окислов железа и гидраты кремнезема. Впрочем, не играющий в биосфере большой роли процесс их выветривания изучен чрезвычайно недостаточно¹.

Другой характерной особенностью хлоритов является отсутствие переходов хлоритов одни в другие. Едва ли возможно объяснить это явление малой изученностью группы и ее устойчивостью в биосфере. Для хлоритов

¹ W. Vernadsky. Geochemie, Lpz., 1930, с. 126, 312 (Избр. соч., I, с. 134–135, 325–326).

мы часто наблюдаем резкие проявления зональности, т.е. изменение состава хлорита во время его образования в стратиферии или в метаморфической геосфере. Но это, очевидно, не переход одного хлорита в другой, а новообразование из того же раствора, в котором хлорит начал образовываться благодаря происшедшему в ходе процесса изменению раствора или его внешней среды.

В связи с этим стоит еще одно своеобразное проявление химии хлоритов, вытекающее из той теории их строения, которую, мне кажется, можно сейчас построить из имеющихся в настоящее время в нашем распоряжении фактов.

Сейчас довольно широко распространено в минералогии представление Г. Чермака о хлоритах как об изоморфных смесях немногих компонентов, одним из которых является силикат, а не алюмосиликат. Факты плохо укладываются в эту схему, и пользоваться ею при точном учете природных явлений, мне кажется, можно только в первом приближении.

Факты позволяют сейчас подойти к другому представлению о хлоритах, мне кажется, ближе к ним подходящему. Если оно окажется верным, то вскрывается очень любопытное и своеобразное свойство этих тел, частью связанное с их структурой, а частью – с их генезисом.

Два обстоятельства – эмпирического характера – могут быть положены в основу представления об их химическом характере.

Во-первых, то, что существует резкое отличие хлоритов от каолиновых алюмосиликатов. Оно сказывается не только в отсутствии переходов их друг в друга, но также в том, что для хлоритов нет общего комплекса элементов, являющегося для них характерным, каким является для всех каолиновых алюмосиликатов комплекс $Al_2Si_2O_7$, могущий быть выявлен во всех без исключения членах семейства и явно не меняющийся во время бесчисленных известных природных или лабораторных химических реакций. И, во-вторых, все без исключения хлориты могут быть сведены, подобно алюмосиликатам каолинового семейства, к формулам *медного типа*, резко отличного от формул каолинового характера.

Я могу здесь только отметить этот вывод из фактов, к обоснованию которого вернусь в другом месте.

Все без исключения хлориты, анализы которых критически установлены в монографии Ж. Орселя, могут быть сведены к производным гидратов, которые могут быть выражены единой общей формулой: $Al_2Si_{1+n}O_{5+2n-p}(HO)_{2p}$, причем для получаемых солей – хлоритов – имеем следующую общую формулу:



Два обстоятельства бросаются в глаза: во-первых, отсутствие или редкость примеси соединений кальция¹ и, во-вторых, неизбежное присутствие не замещенных (*и не замещаемых?*) металлами гидроксильных групп.

¹ Чрезвычайно характерно для кальция его отсутствие в слюдах и хлоритах и устойчивость его хлоритоидных и каолиновых солей. Это заставляет обратить внимание на гидроксильные группы в хлоритах и слюдах. Особая их химическая функция?

Можно высказать гипотезу, что эти два признака связаны между собою, что часть гидроксильных групп связана не с кремнием или алюминием (как в солях каолиновых гидратов), а с магнием (resp. Fe и Mn). В таком случае станет ясным, что нельзя говорить о хлоритах как о кислых солях. Мне кажется, это вытекает и из других соображений.

Опыт решит этот вопрос.

Не менее своеобразно – и важно – то обстоятельство, что существование одной обобщающей все члены семейства формулы с постоянными отношениями указывает на то, что *среди хлоритов мы имеем ограничение изоморфной, смешиваемости. Существуют изоморфные смеси только в пределах солей одних и тех же многоосновных кислот.* Это отличает их резко от каолиновых алюмосиликатов, для которых, например в семействе полевых шпатов, наблюдаются изоморфные смеси средних солей кислот $H_2Al_2Si_2O_8$ и $H_2Al_2Si_6O_{16}$.

Можно выразить тела этой формулы структурным образом, положив в основу представления Вернера о строении комплексов и о существовании дополнительных валентностей для алюминия, или для кремния, или для обоих элементов.

Я не буду здесь останавливаться на выявлении этой возможности, так как это отвлекло бы нас далеко от задач этой статьи, и я думаю это сделать в другом месте.

Это допущение приходится сделать не только специально для семейства хлоритов, но и для всех алюмосиликатов. Воззрения Вернера сейчас опираются на огромный материал химии, и алюмосиликаты входят как раз в класс комплексных соединений, на изучении которых они установлены и проверены.

Не входя в дальнейшее обсуждение этого вопроса, считаю необходимым все же сделать два замечания.

Во-первых, следует отметить, что, несмотря на тот новый мир явлений, который вскрывается нам в рентгеноскопическом изучении алюмосиликатов, стремление получить химические структурные формулы, в частности и вернеровские, остается незыблемым как орудие научной работы, ибо эти формулы синтезируют в удобные схемы результаты тысяч *химических фактов, химических реакций*, приобретенные опытом в лаборатории или наблюдением в природе. Эти химические проявления не могут быть выведены из строения твердых кристаллических соединений в той мере, как они выявляются химически. Конечно, химические структурные формулы не должны противоречить формулам пространственных решеток. Но они идут глубже в понимании химии тел, чем пространственные решетки.

И, во-вторых, что при приложении идей Вернера к алюмосиликатам является, что вся основа моих представлений об их строении не меняется; это указывает, мне кажется, опять-таки на то, что эмпирическая база, положенная мною в основу в 1891–1901 гг., была достаточно широка и что вновь накопленный за тридцать протекших лет научный материал по существу не изменил данной в 1891–1901 гг. теории.

Для хлоритов, анализированных или проверенных недавно в прекрасной работе Орселя¹, мы имеем производные ряда ангидридов от $\text{Al}_2\text{Si}_{14}\text{O}_{37}$ до Al_2SiO_5 (т.е. $\text{Al}_6\text{Si}_3\text{O}_{15}$), если считать только наиболее точно установленные члены этого семейства, в которых для некоторых ангидридов имеется до 19 анализов для одной и той же кислоты, как то для кислоты $\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}(\text{HO})_{26}$ ангидрида $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ [для всех его кислот от $\text{Al}_2\text{Si}_2(\text{HO})_{14}$ до $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_3(\text{HO})_8$ – 35 анализов]. Наиболее богатые кремнием хлориты превышают ангидрид $\text{Al}_2\text{Si}_{11}\text{O}_{25}$, и по-видимому, здесь не конец ряда.

При допущении лишних валентностей структурные формулы хлоритов выразятся рядом, *формулами в виде цепей*, которые характеризуют, как известно, определенные типы соединений углерода.

Эти формулы резко отличны, как увидим, *от кольцевых замкнутых ядер* каолиновых алюмосиликатов.

Из всего изложенного выше ясно, что при обсуждении цветности каолиновых алюмосиликатов, структурные формулы которых выражаются замкнутыми кольцевыми группировками атомов, мы должны оставить в стороне семейство хлоритов, тел резко иного строения.

Но и хлориты окрашены. Изучение их цветности должно идти, однако, иначе, чем изучение цветности каолиновых алюмосиликатов, ввиду резкого отличия в их строении. При правильной, широкой постановке работы над цветностью алюмосиликатов и ее приложении к потребностям жизни, т.е. углублении в алюмокремневые краски, нельзя упускать из виду и резко иное, но все же своеобразно окрашенное семейство хлоритов².

Не могу не отметить здесь двух явлений, вытекающих из изучения строения алюмосиликатов.

Во-первых, и здесь, как в химии углерода, резко выделяются разные по свойствам соединения со строением из замкнутых кольцевых группировок атомов (как соединения ароматические) – каолиновые алюмосиликаты – и соединения четкообразной структуры (как соединения алифатические) – хлориты, дающие легко и просто множество разных морфологических форм в зависимости от характера и количества так связанных окислов. Этим объясняется ограниченность для них изоморфных смесей.

И во-вторых, наиболее устойчивыми и основными являются в планетных – геологических – процессах кольцевые соединения, тогда как соединения цепеобразного строения образуются в исключительных условиях и захватывают меньшие массы элемента³.

¹ J. Orsel. Recherches sur la composition chimique des chlorites. Thèse, P., 1927 («Bull. Soc. fr. Min.»). Орсель принял во внимание все данные В.И. Исколя, совершенно уложившиеся в вытекающие из его работы представления. Превосходная работа В.И. Исколя (Экспериментальные исследования в области конституции силикатов. Хлориты, Пг., 1917), вышедшая в 1918 г., к сожалению, не обратила на себя того внимания, какого она заслуживает.

² Я отметил еще в 1901 г. резко разное цветное проявление хрома в алюмосиликатах каолиновых и хлоритовых. Думаю и сейчас, что эта реакция выражает разную структуру этих тел. Нахождение хрома в каолиновых алюмосиликатах (в каолиновом, ядре) проявляется зеленой окраской этих соединений (турмалины, гранаты и т.п.), в хлоритах получается резкая розовая окраска (родохромы и т.п.).

³ W. Vernadsky. Geochemie, Lpz., 1930, с. 116, 160 [Избр. соч., I, 1954, с. 124–125, 162–163].

Все каолиновые алюмосиликаты, искусственные и природные, могут быть сведены, как много раз мною указывалось, к соединениям следующих общих формул:

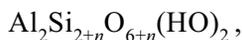
1. Ангидриды:



где

$$n = 1, 2 \text{ и т. д.}$$

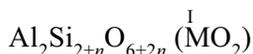
2. Гидраты:



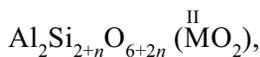
где

$$n = 1, 2 \text{ и т. д.}$$

3. Соли:



или



$$\overset{\text{I}}{\text{M}} = \text{K}, \text{Na}, \text{Li} \dots$$

где

$$\overset{\text{II}}{\text{M}} = \text{Ca}, \text{Mg} \dots,$$

где

$$n = 1, 2, \text{ и т. д.}$$

Все это соединения без ясной окраски – бесцветные, в порошке белые.

Существование во всех этих телах комплекса $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$, остающегося неизменным во всех многочисленных химических изменениях – при низких и при высоких температурах (в пределах больше 1000°C), и при низких и при высоких давлениях (в пределах больше 3000 ат), в пневматолитических и в гидротермальных реакциях, в водных растворах и в расплавах и в магмах – заставляет предполагать, что этот комплекс, существующий и в свободном состоянии, обладает особой прочной структурой¹.

Исходя из такой исключительной устойчивости этого соединения, я предположил, что каолиновые алюмосиликаты обладают кольцевым, замкнутым строением, отвечающим комплексу $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$, который я назвал *каолиновым ядром*. В очень многих каолиновых алюмосиликатах мы имеем несколько каолиновых ядер, соединяющихся между собою наподобие замкнутых ядер органических соединений.

В свободном состоянии каолиновое ядро встречается в виде леверрьерита $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7 + aq^2$ и легко получается при нагревании каолина ($\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{H}_2\text{O}$) не выше 440°C , образуя безводный $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ (метанакрит Ф. Ринне)³.

¹ *W. Vernadsky*. I. с., с. 113 [Избр. соч., I, 1954, с. 122].

² Вода нацело выделяется около 300°C .

³ См. *В. Вернадский*. «ДАН-А», 1923, с. 27; ср. *W. Vernadsky*. *Geochemie*, Lpz., 1930, с. 96, 111 [Избр. соч., I, 1954, с. 121–122].

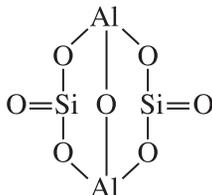
Совершенно ясно, что можно, исходя из метанакрита $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ или леверрьерита $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7 + aq$, т.е. из каолинового ядра, получить все без исключения алюмосиликаты каолинового строения, как бы сложны они ни были.

Природный леверрьерит – самый простой алюмосиликат этого семейства – и какой-нибудь самый сложный, как например турмалин или скаполит, резко связаны между собой в природе генетически.

Для каолинового ядра характерно поглощение тепла при его образовании, вытекающее из определений термического эффекта синтеза каолина С. Вологодиным и Д. Чернобаевым и недавно точно определенное. Это эндотермическое соединение¹.

Оно играет, мне кажется, важную роль в общем тепловом режиме земной коры².

Принимая здесь для алюминия четырехвалентность (четвертую связь иного порядка, что позволяет также разобраться в формуле хлоритов), можно выразить химическое строение каолинового ядра в чистом виде следующим образом³.



Каолиновые ангидриды, гидраты и соли чрезвычайно легко дают прочные соединения с другими группами элементов – с определенными радикалами – при сохранении каолинового ядра, в основной его части, ненарушенным.

Такие соединения – продукты присоединения к каолиновым алюмосиликатам – дают окрашенные тела.

9

Их изучение должно, мне кажется, явиться одной из очередных задач изучения химии кремния и алюминия.

Одна из красок, сюда относящихся, – ультрамарин – издревле обращает на себя внимание, имеет большое практическое значение.

Существует большая литература об ультрамарине и о его строении, и в последнее время получены новые окрашенные соединения того же типа⁴.

Но существование этого тела не рассматривается в связи со структурой алюмосиликатов в сколько-нибудь широком охвате, и опыты его синтеза идут до сих пор *вне данных* химии алюмосиликатов.

¹ S. Kordes u. E. Klever. «Veröff. aus d. Kaiser Wilhelm Inst. f. Silikatforschung», 3, В., 1929–1930.

² О значении этого характера каолинового ядра для термического режима планеты см. W. Vernadsky. Die Naturwissenschaft in Sowiet-Union, hg. v. O. Vogt. В., 1929, с. 337 и сл.

³ Возможно, что Al будет шестивалентным, как это предполагают Валь и Якоб. Но, может быть, надо принять лишние валентности для Si. Неясно, достаточна ли шестивалентность алюминия для построения структурной формулы хлоритов?

⁴ См. литературу и обзор J. Mellor: A comprehensive treatise on anorg. a. theoret. chemistry, VI, Lond., 1925 (pass.); F. Jaeger (и сотрудники), «Versl. Akad. Wettensch.», 36–37, Amsterdam, 1927–1928; F. Jaeger: The G. Fisher Baker Lectureship at Cornell Univ., N.Y., 1930, с. 403 и сл.

Исходя из данных химии алюмосиликатов и из факта, что окрашенными являются продукты присоединения к каолиновому ядру, причем цвет этих продуктов меняется в закономерном порядке, можно выставить гипотезу, которая, мне кажется, поможет идти более сознательно в области синтеза алюмосиликатовых красок.

Гипотеза эта следующая: каолиновое ядро является хромофором или хромофорной группой, и при введении в тело, заключающее каолиновую группу (т.е. в гидрат, ангидрид или соль) других радикалов, т.е. при образовании продуктов присоединения к каолиновым алюмосиликатам, может получаться алюмосиликатовая или каолиновая краска.

Если, как в данном случае, исходное, заключающее хромофору, тело бесцветно, различное проявление его цветности в видимом спектре будет проявляться закономерно и может быть предвидено при изготовлении каолиновых продуктов присоединения.

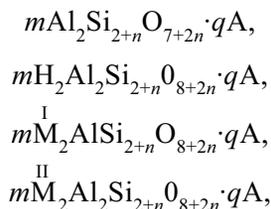
Опыт химии органических красок может быть здесь широко использован и дает уже сейчас интереснейшие наведения.

Следующие общие замечания могут быть сейчас отмечены.

10

Существующие продукты присоединения мною были сведены в 1901 и 1912 гг.¹

Можно различить продукты присоединения к ангидридам, гидратам и солям, общая формула которых будет:



причем m может быть равным 1, 2, 3, 4, 5... 8 (и больше), а A – равным 1 или 2.

Другими словами, при образовании продуктов присоединения *каолиновые ядра могут соединяться между собою в большие агломераты, тогда как число «радикалов» – приставка A – очень ограничено*².

К сожалению, систематическое строение продуктов присоединения к каолиновым алюмосиликатам не изучено, и здесь, очевидно, открывается почти непочатая область исследования.

¹ В. Вернадский. Минералогия, II, М., 1912.

² Основной задачей изучения структуры продуктов присоединения является изучение приставки A , радикала, как его удобно называть. Я думал раньше, что он связан с атомами кремния через кислород (см. В. Вернадский. Минералогия, II, М., 1912), но допущение добавочных связей выдвигает атомы алюминия, число которых, равное двум, находится в полном согласии с числом радикалов. «Радикалы» продуктов присоединения, к числу которых относятся каолиновые краски, требуют выяснения, так как входящие в них атомы, очевидно, не связаны, например для синего содалита $n\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{NaCl}$ – хлор и натрий радикала $\text{Na}-\text{Cl}$ едва ли связаны между собой. Здесь не место вдаваться в рассмотрение этих проблем: они решатся опытом и рассуждением, а не одними рассуждениями.

Важно то, что образование этих продуктов присоединения связано с резким появлением окрашенных продуктов из исходных бесцветных.

Явление изучено главным образом для минералов, в которых цвет может маскироваться как изоморфными примесями (своеобразными твердыми растворами) окрашенных соединений, так и разнообразными окрашенными растворами другого рода.

Но все же, учитывая все эти примеси и пользуясь для контроля лабораторными синтетами химически чистых соединений, можно считать несомненным образование цветных соединений из исходных бесцветных, нередко столь простых, что связь цветности со строением алюмосиликата не может возбуждать сомнения. Ряд синтезов был произведен в связи с ультрамаринным производством, при котором, однако, получаемые окрашенные тела (так же как и минералы) были обязаны своей окраской, по-видимому, не только структурной окраске продукта присоединения, но и ее изменению или усилению различными окрашиваемыми примесями.

Как пример структурной окраски достаточно привести семейство нефелина, указанное мною в 1912 г.:

	Ядро	А	
Содалиты	$p\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	NaCl	} – синие
Гакманиты	$p\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	Na ₂ S NaCl	
Лазуриды (ультрамарины)	$p\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	Na ₂ S NaHS	} – голубые
Гаюины	$p\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	Na ₂ SO ₄	
Канкриниты	$p\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	{ Na ₂ CO ₃ CaCO ₃ NaHCO ₃	– желтые
			– красные
			– розовые

Структурная окраска проявляется в слюдах, в эпидотах, в гранатах, в везувианах, в пренитах, в кордиеритах, в лавсонитах, в бериллах и т.п. – во всех продуктах присоединения.

II

Во всех этих телах мы имеем хромофорную группу $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ и затем радикал А, которым в природных условиях являются H_2O , NaCl, CaO, CaCO₃, Na₂S, NaHCO₃, Na₂SO₄ и т.п. Опыт показывает чрезвычайное разнообразие химических тел, которые могут входить в эти радикалы; синтез чрезвычайно увеличил их число, указав на органические соединения, по-видимому, самые разнообразные. Путь, давно указанный в этом отношении И.И. Лембергом и С. Тугуттом, требует сейчас настойчивого исследования¹.

Хромофорная группа $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ кажется нам бесцветной, но очевидно, если только верна гипотеза о ее хромофорном характере, она должна быть «окрашена», т.е. должна обладать полосами поглощения в ультрафиолетовой (или ультракрасной) части спектра. Ее белый, бесцветный, прозрачный характер связан с тем, что наш глаз не чувствителен к окраске, связанной с поглощением

¹ См. *J. Lemberg*. «Zschr. Deutsch. Geol. Ges.», В., 1877, 1878, 1885; *C. Tugutt*. Минералогические очерки. Варш., 1891; ср. для работ Лемберга указатель у Шнейдерхёна (*H. Schneiderhöhn*. «N. Jb. Min.», Beil.-Bd. 40, Stuttgart., 1916, с. 169).

лучей за пределами видимого спектра. При соединении хромофора с радикалами полосы спектра поглощения передвигаются определенным образом по длине спектра – это можно предвидеть, и бесцветное тело с поглощением в ультрафиолетовой части, например, дает новое окрашенное тело с поглощением в видимой части спектра¹.

Поэтому проверка правильности представления о каолиновом ядре как о хромофоре очень проста и может быть исполнена в хорошо оборудованной минералогической лаборатории. К сожалению, ни в одном из наших минералогических институтов и академических учреждений, насколько я знаю, нет современных установок для ультрафиолетового света, не говоря уже об инфракрасном. Мощность наших научных лабораторий – даже лучших, далека от современного научного уровня. Я не буду здесь останавливаться на моих неудачных попытках проверить это явление с помощью других наших лабораторий.

Как бы то ни было, представление о хромофорном характере каолинового ядра может быть легко проверено, ибо наш обыкновенный каолин – белая глина, которая является продуктом присоединения $\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{H}_2\text{O}$, должен быть в действительности не белым, а окрашенным², по крайней мере в своей хромофорной части.

Это прежде всего надо проверить.

То немногое, что мы знаем, указывает на очень широкое поглощение ультрафиолетовой части спектра каолиновыми алюмосиликатами.

12

Высказанные здесь соображения имеют целью обратить внимание на необходимость изучения свойств алюмосиликатов каолинового строения как красок.

Очень возможно, что мы имеем здесь дело с явлением большого будущего. Ультрамаринное производство с точки зрения теории алюмосиликатов мне представляется маленькой частью возможного большего использования алюмосиликатов каолинового строения как красок.

Наряду с органическими относительно нестойкими красками можно ждать красок каолиновых, стойких и прочных, исходный материал которых неисчерпаем. А в то же время вскрываемые сейчас свойства каолиновой кислоты как дубителя заставляют серьезно всмотреться в нее и ее производные и с точки зрения теории крашения.

К работе в этом направлении можно идти с надеждой на быстрый и полный успех только тогда, когда будет поставлено в мощном масштабе систематическое исследование строения алюмосиликатов, которое отсутствует в на-

¹ Аналогичные метанакриту – $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ – окрашены; так, $\text{Fe}^{III}\text{Si}_2\text{O}_7$, должно быть, желтоватый (нон-трониты, т.е. $\text{H}_2\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{O}_8$, палевые); $\text{Cr}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ – хромовые алюмосиликаты каолинового строения – зеленые и т.д.

² Нельзя не отметить нового, одного из первых, синтеза каолина, опубликованного в 1931 г. В. Пермяковым («Изв. Научн. комиссии», 1, Л., 1931, с. 69, Ком. по химиз.), произведенного в лаборатории академика В. Ипатьева. Это первый успех синтетической минералогии в нашей стране после большого перерыва. Синтез каолина, как это ни странно, впервые осуществлен в 1923 г. См. R. Schwarz u. A. Brenner. «Ber. Deutsch. chem. Ges.», 56, B., 1923, с. 1483; R. Schwarz. «Keram. Rundschau», 32, B., 1924, с. 528.

шей стране; по крайней мере серьезно оно не проявляется в изданиях наших силикатовых и близких институтов.

Мне кажется, Академия могла бы обсудить этот вопрос во всей его полноте и, если это обсуждение приведет к положительному заключению, ввести эту работу в свой план и добиться нужной для пользы дела организации работы серьезной научной мощности.

НЕКОТОРЫЕ СООБРАЖЕНИЯ О ХИМИЧЕСКОМ ИЗУЧЕНИИ АЛЮМОСИЛИКАТОВ¹

Quelques considérations sur l'étude chimique des alumosilicates
«Zeitschrift für Krystallographie», 84, Н. 5–6, 1933, S. 337–372

Перевод с французского А.Д. Шаховской

І. ВВЕДЕНИЕ

1. Кристаллохимия. Алумосиликаты и, в частности, алюмокремневые кислоты (глины, каолины, пирофиллит и др.) и алюмокремневые ангидриды (силлиманит и др.) должны привлекать к себе гораздо большее внимание технологов, чем мы это видим сейчас.

Минералы эти – тела очень распространенные, которые повсюду нас окружают и которыми можно всегда располагать в любых количествах. В силу этого алюминий, кремний и их производные, несомненно, будут лежать в основе технологии будущего.

Нужно представить себе будущее и действовать сообразно этому. Новые, не предвиденные ранее, практические применения нефелинов только что открыты в Академии наук СССР А.Е. Ферсманом и его сотрудниками, в частности Н.В. Беловым² открыто применение извлеченных из нефелина гелей каолиновой кислоты для дубления. Это выдвигает как задачу сегодняшнего дня обсуждение тех практических возможностей, которые может открыть перед нами химическая структура силикатов.

Такое обсуждение становится сейчас еще более необходимым ввиду тех существенных изменений, которые происходят в наших воззрениях на химию силикатов и которые глубоко изменяют понимание значения и границ привычных основных методов химии минералов, методов, бесспорно необходимых и весьма важных для технологии кремния и алюминия.

¹ Предлагаемая статья частично опубликована на русском языке: «Докл. Акад. наук СССР», А, 1932, № 5, с. 107–124. О цветности алумосиликатов. Французский текст статьи переработан, дополнен и учитывает новые достижения химии силикатов, с которыми я ознакомился во время моей научной командировки за границу летом 1932 г. и которые появились после моего доклада в Академии наук СССР (октябрь, 1931 г.).

² Н.В. Белов. «Изв. Отд. мат. и ест. наук (ОМЭН) Акад. наук СССР», Л., 1932, с. 315; *его же*, «Хибинские апатиты», 3, 1931, с. 100; А. Ферсман и В. Влодавец, *ibid.*, с. 35. Название «каолиновая кислота» для соединения $H_2Al_2Si_2O_8$ дано впервые С.А. Вейбергом (см. «Тр. Геол. и мин. музея», 5, вып. 3, 1911, с. 90).

Поэтому изучение химической структуры алюмосиликатов приобретает новую важность и новый интерес. Однако экспериментальное ее изучение никогда не было поставлено систематически. Так это осталось и до сих пор. Но сейчас в этой области науки происходят большие изменения; химия силикатов и алюмосиликатов входит в новую стадию своего развития. В эти последние несколько лет не только структура твердых кристаллических силикатов и алюмосиликатов создается заново, но и впервые становится возможным проследить с поразительной точностью устойчивые равновесия в атомных группировках твердого вещества. Становится возможным на основании структуры выводить новые свойства атомных группировок, строить по-новому химию твердого тела в виде равновесных состояний, в которых атомы кремния и алюминия играют преобладающую роль, являясь химически наиболее важными.

Успехи рентгенометрических методов позволили прежде всего найти точную основу для химии кристаллов и вообще для химии твердого вещества.

Впервые сложилась определенно как кристаллохимия химия атомных равновесий, однородных и векториальных, отвечающих бесконечному пространству. Кристаллохимия приняла новый облик и образовала новую отрасль химии. Это химия твердого состояния материи, векториального континуума атомов, распределение которых в пространстве (теоретически безграничном) – стереохимическая структура – может быть изучено с точностью, почти не имеющей подобной в других областях химии. Наряду с химией молекул для состояний газообразного и жидкого, которая для некоторых элементов, как например углерода, уже давно достигла большой степени совершенства, новая кристаллохимия заняла на равных правах место как часть химии – химии твердого состояния материи. Это, может быть, самое важное следствие из великого открытия рентгенометрии кристаллов, сделанного в 1911–1912 гг. Лауэ и предвиденного Гротом.

При современном развитии этих идей новая и удобная форма кристаллохимии, способная стать твердой базой для ее дальнейшего развития, была дана В.М. Гольдшмидтом и его сотрудниками¹.

Кристаллохимия, область атомной теории строения вещества в твердом состоянии, тесно связана с большими успехами теоретических идей в современной физике. И именно благодаря этому она находится в центре современного развития науки и использует его успехи. В то же время и задачи, относящиеся собственно к кристаллохимии кремния и алюминия, решаются также с большим успехом, возбуждающим самые смелые надежды. Это работы В.Л. Брэгга, который окончательно утвердил новый путь исследований в 1929–1930 гг. и показал возможность расшифровки рентгенограмм силикатов².

Большая работа, прекрасно им организованная, и одновременно с этим усовершенствование рентгенометрической техники, некоторые новые идеи,

¹ *V.M. Goldschmidt*. *Krystallochemie u. Stereochemie d. anorgan. Verbindungen*, Stereochemie, 1932, глава V, с. 17; *его же*, *Geochemische Verteilungsges. d. Elem.*, I–VII, Кт., 1926. Общий обзор: «*Ber. Deutsch. chem. Ges.*», 60, 1927, с. 1263; «*Transact. Faraday Soc.*», 25, 1929, с. 253; «*Erg. Techn. Röntgenkunde*», 2, 1931, с. 752.

² *W. Bragg*. «*Zschr. Kryst.*», 74, 1930; *его же*, *The structure of Silicates*. 2 ed., Leipzig, 1932. Первые публикации в «*Nature*», 1927.

отчасти связанные с эмпирическими обобщениями¹, позволили ему достигнуть больших результатов.

В.Л. Брэгг утверждает, что невозможно выделить в общем ходе научного движения имена творцов этих идей. Он дает два имени – Ф. Махачки и Л. Паулинга².

По пути, открытому В. Брэггом, последовали его сотрудники, школа В.М. Гольдшмидта, П. Ниггли, Е. Шибольд, Л. Паулинг, Ф. Махачки и многие другие.

Кристаллохимия силикатов и алюмосиликатов может рассматриваться сейчас как область знания, главные черты которой уже определились или стоят на пути к этому³; она быстро развивается.

2. Химические основы происхождения кристаллических структур. Все же кристаллохимия алюмосиликатов не может быть рассматриваема как окончательное решение всех особенностей их химии.

Остается большое число проблем, разрешение которых требует применения других способов, помимо кристаллохимии.

Прежде всего это проблемы происхождения алюмосиликатов, которые вытекают из изучения химических реакций, участвующих в образовании устойчивых систем атомов, изучаемых кристаллохимией.

Это главный путь химии молекул, который преобладает, например, в химии углерода и который в химии кристаллического твердого состояния материи имеет, конечно, другое значение и другой характер, но без которого нельзя обойтись.

Изучение химических равновесий алюмосиликатов, присущих им химических реакций, имеет неоспоримое и первостепенное значение для задач техники, о которых я говорил. Только систематическим экспериментальным изучением можно будет разрешить проблемы этого порядка.

Необходимо построить специальные лаборатории, как это давно было сделано для изучения химии углерода.

Конечно, есть лаборатории и для изучения химии кремния и алюминия, но это большей частью лаборатории технические, занимающиеся изучением стекол и произведений керамики; они не имеют независимых и достаточно больших средств, чтобы заниматься с необходимой глубиной вопросом о химических основах происхождения кристаллической структуры и об отношениях и изменениях, возникающих в результате химических реакций.

Только один Институт для исследования силикатов в Берлине – Эйтель и его сотрудники – может добиваться с необходимой интенсивностью разрешения этих важных задач. Среди них задачи, которые вызываются работой с аморфными силикатами (стеклами), а также задачи термохимии кристаллических структур, первостепенная важность которых ясна, стоят на первом плане.

3. Методы изучения химии алюмосиликатов. Изучение химических реакций алюмосиликатов может осуществляться тремя различными способа-

¹ В. Вернадский. Биосфера, 1926, с. 19.

² W. Bragg. 1. с., с. 1; ср. A. Reis. «Zschr. Phys.», 1, 1920, с. 205.

³ В указанных работах В.М. Гольдшмидта и В. Брэгга дана библиография. См. также E. Schiebold. «N. Jb. Min.», (A), Beil.-Bd. 64, 1931, с. 316; «Erg. exakt. Nat.-wiss.», 1931, с. 352.

ми. Минералогические методы стоят сейчас на первом месте в кристаллохимии алюмосиликатов, так же как при изучении химических реакций кремния и алюминия; это – следствие несовершенного состояния нашей научной техники. Синтез в наших лабораториях только начал проникать в область реакций силикатов, которая должна была бы быть для него широко открыта. Мы увидим, что в этой области мы не вышли еще за рамки одного большого семейства алюмосиликатов (каолина – § 10–11).

Большая часть кристаллических силикатов, изучаемых кристаллохимией, образуется при химических реакциях в земной коре.

Минералогия дает возможность понимать большую часть химических реакций (химических равновесий), которые дают начало кристаллическим системам атомов – алюмосиликатам, изучаемым в кристаллохимии.

Среди этих реакций можно установить два рода явлений. Во-первых, реакции, которые могут быть воспроизведены и поняты при помощи изучения наиболее важных видов *псевдоморфоз*, и, во-вторых, химические реакции, широко распространенные в земной коре, которые происходят при больших перемещениях химических элементов и определяют *парагенезис минералов* (что частично также может быть понято только путем изучения псевдоморфоз). Наиболее важные из этих реакций отвечают циклическим геохимическим процессам, в особенности процессам первичным¹. Подобного рода исследования могут точно восстановить генетические отношения между различными алюмосиликатами. Достаточно напомнить, для примера, процессы каолинизации, эпидотизации и т.д.

Опираясь на эмпирические обобщения такого рода, надо всегда иметь в виду, что природные реакции изображали в виде молекулярных формул. В то время не знали других представлений. Между тем наблюдаемые факты и результаты опытов совсем не связаны с молекулярными представлениями; в самом деле, алюмосиликаты – это кристаллохимические системы атомов, которые произошли во время этих реакций, а не молекулы, формулы которых писали. Числовые соотношения между различными атомами, которые принимают участие в этих реакциях, – вот единственные факты, которые нас интересуют. Они одни и те же в обоих случаях.

К этим двум методам – минералогическим – присоединяется химическое изучение алюмосиликатов в собственном смысле слова, которое заключается главным образом в синтезе. Более сложные химические исследования, такие, как изучение действия различных реактивов на алюмосиликаты, не получили того значения, которое должны были бы иметь.

Грандиозные химические изменения, которые происходят в кристаллическом веществе алюмосиликатов вследствие изменения температуры или давления, точно так же не привлекли того внимания, которого они заслуживают.

Эти две ветви исследований часто бывают тесно связаны с кристаллохимическими структурами.

Большие успехи кристаллохимии алюмосиликатов привели к глубокому изменению нашего представления о важности чисто химических методов для определения структуры алюмосиликатов.

¹ Об этом см. *W. Vernadsky. Geochemie*, 1930, с. 60, 70 [*В. Вернадский. Очерки геохимии*, с. 60, 73; Избр. соч., I, 1954].

Ясно, что рентгенометрический метод дает вообще средство, несравненно более надежное для определения этой структуры в устойчивых продуктах химических реакций, находящихся в твердом состоянии. Таковы алюмосиликаты, которым в большей их части присуще это состояние и которые разлагаются при переходе их в жидкость или газообразное состояние.

Принимая во внимание выводы, которые можно сделать чисто химическими методами, надо учитывать и структурные данные, полученные при кристаллохимическом изучении, так как они являются выражением эмпирических фактов.

В сложных случаях химические методы могут дать ценные указания для расшифровки рентгенограмм.

Больше того, все объяснения химизма псевдоморфоз должны быть сейчас пересмотрены, или, лучше сказать, он должен изучаться заново с критической точки зрения на основании кристаллохимической структуры, так как здесь идет речь о химических реакциях, которые происходят в твердой кристаллической среде. Старая химия встречалась с непреодолимыми трудностями в понимании и объяснении таких реакций, так как химия твердого состояния материи еще не существовала. Изучение псевдоморфоз – дело большой важности, которое сейчас на очереди. Даже простая систематизация и классификация псевдоморфоз не была сделана, как это требовалось жизнью после работ Блюма¹, т.е. больше 50 лет тому назад.

4. Значение химии и геохимии алюмосиликатов. Устанавливая таким образом, что чисто химическое изучение не может помешать построениям кристаллохимическим, в то же время надо признать, что оно затрагивает важные химические явления, которые остаются вне кристаллохимии. Надо всегда иметь в виду, что вообще не твердые тела, химическая структура которых изучается кристаллохимией, определяют течение химических реакций, которыми занимается химия алюмосиликатов. Только в исключительных случаях они преобладают в этих реакциях. Твердые алюмосиликаты образуют конечный продукт реакций, а не являются их действующей силой.

В геохимических явлениях только в образовании псевдоморфоз и в метасоматических процессах мы имеем твердые вещества, которые определяют ход химической реакции. Здесь они – действующие силы реакции.

Обычно реакция имеет место в среде газовой или жидкой. Алюмосиликаты могут принимать в ней участие в растворе или в виде коллоидов. Во всех этих случаях не кристаллохимия определяет химические свойства реакций.

Эти случаи отвечают обычным синтезам наших лабораторий и большей части геохимических процессов.

В некоторых случаях, правда, мало изученных, кажется несомненным существование *водных растворов алюмосиликатов*. Таковы водные растворы каолинов в биосфере или растворы глубоких пластов подземных вод стратисферы, существование которых установлено и требует дальнейшего изучения². В реакциях синтеза часто наблюдаются такие факты, например в опытах по синтезу некоторых цеолитов.

¹ Blum. Die Pseudomorphosen, Stuttg., 1843; Nachtr., 1–4, Stuttg., 1847–1879.

² В. Вернадский. «Социалистическая реконструкция и наука», 1932, № 2, с. 66.

Более сложные реакции должны происходить в областях земной коры, где господствуют гидротермальные и пневматолитические процессы, или в многочисленных случаях образования и видоизменения «коллоидальных растворов».

Таким образом, большое число минералов семейства алюмосиликатов, структура которых определена кристаллохимическим изучением, образовалась в среде, где существовали структурные взаимоотношения алюминия и кремния, отличные от тех, которые известны для твердого вещества.

Можно говорить и в данном случае о структурах, но эти структуры должны быть изучены химическими, а не кристаллохимическими методами, в то же время они не должны быть в противоречии со структурами, определенными кристаллохимическим анализом. Так, например, каолиновое ядро может существовать в стеклах и в кремнеалюминиевых магмах, принадлежать термодинамически к полям с высокой температурой и большим давлением; то же ядро, однако, должно существовать также в твердых структурах.

5. Химические функции алюмосиликатов. Красящая функция каолинового ряда. Значительная часть химии алюмосиликатов остается, таким образом, вне их кристаллохимии. Она должна быть создана в результате изучения химических реакций, в ходе которых образуются кристаллические алюмосиликаты, т.е. системы атомов, изучаемых кристаллохимией.

Такое изучение должно дать ценные данные, которые могут быть использованы при обсуждении кристаллохимических структур.

Две категории фактов особенно привлекают наше внимание в настоящее время.

Во-первых, свойства разных *химических функций* алюмосиликатов и больших *систематических делений* – групп и семейств силикатов, которые различают при помощи изучения их химических реакций.

В этой статье я хочу попытаться выделить новую химическую функцию этих соединений, которая мне кажется связанной с каолиновой структурой и значение которой для систематики минералов было указано мною больше тридцати лет тому назад. Это – *красящая роль каолинового ядра*, которая выясняется из экспериментального изучения химических реакций алюмосиликатов и, кажется, принадлежит только ему одному.

Я могу указать здесь только на возможность существования такой функции. Ее экспериментальное изучение должно проводиться в лабораториях, снабженных специальной установкой.

Нельзя сейчас, работая в этой области, использовать исключительно эмпирические обобщения, которые лежат в основе мысли натуралиста; необходимо отвести вместе с тем большое место научной гипотезе и создать на ее основании научную теорию. Но для того, чтобы теория имела реальное значение, была бы научно плодотворной и достаточно постоянной, необходимо, чтобы она в значительной мере опиралась на эмпирические обобщения и результаты опытов.

Современное создание кристаллохимии позволит подвергнуть эту теорию испытанию: она не должна идти в разрез с основными фактами кристаллохимии алюмосиликатов.

II. ХИМИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ АЛЮМОСИЛИКАТОВ

6. Я разработал эту теорию около сорока лет тому назад¹. Тридцать лет тому назад она была в первый раз изложена в законченной и систематической форме². Еще много раньше я ее выдвинул на первый план в моих курсах по минералогии в Московском университете.

Двадцать лет тому назад я опубликовал полный критический обзор природных силикатов (и алюмосиликатов), который соответствовал моему университетскому курсу³. Новый пересмотр, с геохимической точки зрения, которому я подверг в последнее время этот обзор, подтвердил, что все научные факты, собранные за 20 лет, не выходили за пределы этой теории и требовали только поправок, правда, значительных, но очень мало меняющих основные принципы теории и дающих возможность дальнейшего ее развития без нарушения ее основных черт⁴.

После того как этот пересмотр был сделан в 1923–1924 гг. и возобновлен в 1927–1930 гг.⁵, кристаллохимия силикатов приняла новый вид, и, как я указывал (§ 3), результаты ее могут быть взяты как основа для сравнения. Теория, основанная на изучении химических реакций, не должна идти вразрез с теорией структуры атомов в твердом веществе, выведенной из рентгенограмм для силикатов и алюмосиликатов. Мне кажется, что в данном случае это имеет место и из этого следует, что эмпирические факты, принятые во внимание во время создания моей теории, были достаточно многочисленны и что путь был намечен вполне правильно. Я надеюсь доказать это и в другом месте.

Я хочу остановиться здесь только на некоторых специальных вопросах и особенно на одном особом применении теории, которое кажется мне имеющим практическое значение. Я излагал этот вопрос еще 30 лет тому назад, но он не привлек к себе внимания. Мне кажется между тем, что сделанные выводы подтверждаются всеми научными фактами, собранными после 1901 г.

Это проблема, имеющая отношение к причине окраски каолиновых алюмосиликатов, которая связана, согласно моей теории, с их структурой.

Следует допустить, что в некоторых определенных случаях структура алюмосиликатов проявляется в виде *особой химической функции*, которая должна выявляться в кристаллической структуре алюмокремневых соединений аналогично *хромофорам* молекул в органической химии.

Мы имеем здесь дело с типом алюмокремневых соединений, аналогичных органическим красителям.

¹ См. «Бюлл. Моск. об-ва испыт. природы», 1891; «Zschr. Kryst.», 34, 1901, с. 37 [с. 116 настоящего тома]; «Минералогия», I–II, 1911–1912; «Geochimie», P., 1924; «Geochemie», 1930, с. 90, 304–305 [«Очерки геохимии», Избр. соч., I, 1954, с. 100, 318–319].

² «Zschr. Kryst.», 34, 1901, с. 37.

³ В. Вернадский. Минералогия, I–II, М., 1911–1912. Политическая обстановка заставила меня внезапно оборвать мой курс в Московском университете в 1911 г., а большие события, которые произошли в дальнейшем у меня на родине, не позволили мне своевременно осуществить новое издание этого университетского курса – единственного по полноте обзора силикатов, который существовал в научной литературе того времени. Этот критический обзор силикатов остался неизвестным вне России. Книга скоро стала редкостью у меня на родине.

⁴ «La géochimie», 1924, Лекции, прочитанные в Сорбонне в 1923 г.

⁵ «Geochemie in ausgewählten Kapiteln», Lpz., 1930.

7. Прежде чем перейти к этой проблеме, необходимо остановиться на теоретических предпосылках, которые я принимаю во внимание.

Они основаны на очень большом числе опытных данных – минералогических и химических, относящихся к составу алюмосиликатов, известных в земной коре, к синтезу их в лабораториях, а также полученных при изучении их химических свойств.

Если логический анализ эмпирических фактов был сделан тщательно и если сами эмпирические факты были установлены точно и определенно, то не должно быть противоречия между структурами, выведенными из совокупности особенностей химических реакций, и структурами кристаллохимии.

Однако во время разработки моей теории силикатов, стараясь применить ее ко всем химическим элементам, которые могли находиться даже в виде следов, я был вынужден опираться в некоторых случаях на понятие об *изоморфных смесях*. Я рассматривал их как твердые растворы в алюмосиликатах соединений, аналогичных по формуле алюмокремневым растворителям; при этом я старался оставаться в надежной области фактов, основываясь на парагенезисе минералов в земной коре. Эти понятия об изоморфных смесях долгое время казались прочными; однако для некоторых элементов сомнения становились все более серьезными. После геохимических работ В. М. Гольдшмидта¹ и достижений кристаллохимии алюмосиликатов после 1929 г. пришлось внести важные изменения в это понятие в связи со структурами алюмосиликатов.

Сейчас необходимо исключить из классификации алюмосиликатов (и их аналогов) те соединения, данные о структуре которых основаны не на химических реакциях, а на понятии об изоморфных рядах в тех случаях, когда это противоречит достижениям кристаллохимии. Дело идет о рядах химических элементов, изоморфных кремнию и алюминию.

Для проблемы собственно алюмосиликатов, если рассматривать только их, это не должно иметь большого значения.

Но один случай – случай редких земель – должен быть обсужден отдельно, так как с ними связаны очень важные проблемы, касающиеся геохимии редких земель.

Прежде принимали изоморфизм редких земель с алюминием. Новая кристаллохимия считает, что этот изоморфизм в случае алюмокремневых структур не существует, хотя до сих пор это не было еще строго проверено рентгенограммами.

Пересматривая с этой точки зрения известные геохимические факты в смысле природных химических реакций, я не вижу в них указаний, которые противоречили бы данным кристаллохимии. Мне кажется, что элементы редких земель подвержены в земной коре перемещениям, не зависимым от перемещений алюминия². С другой стороны, ясно, что химия редких земель и

¹ *V.M. Goldschmidt. Geochemische Verteilungsgeetze d. Elemente, I–VII, Oslo, 1925–1929.* См. также прим. к § 1.

² Один особый случай – эпидота и ортита – требует специального изучения. Рентгенометрическое изучение этих кристаллов еще не сделано с достаточной точностью. Нам не известны эпидоты (клиноцоизиты, цоизиты и т.д.) с редкими землями в изоморфной смеси. Эпидото-ортиты не были анализированы. Точно так же нет анализов первичных ортитов (resp. аланитов) основных пород. Может быть, существуют очень различные ортиты. Они содержат ске-

алюминия очень различна. Итак, с химической точки зрения ничто не противоречит отсутствию изоморфизма между алюминием и элементами редких земель.

То же самое и для титана – по крайней мере для алюмосиликатов. Химическое изучение не противоречит отсутствию изоморфизма между атомами Ti и Si (возможности их взаимного замещения) в кристаллических алюмокремневых структурах.

8. Перейдем теперь к обсуждению основных понятий теории.

Алюминий и кремний имеют в алюмосиликатах *кислотную химическую функцию*.

Все химические элементы, которые изоморфны кремнию и алюминию, в кристаллохимических структурах могут иметь такую же функцию в термодинамических условиях наших лабораторий и в химических реакциях земной коры.

В земной коре такой характер этих окислов проявляется наиболее ясно для минералов глубоких геосфер – минералов фреатических и особенно ювенильных.

Можно вывести из этого два эмпирических обобщения, одно из которых касается формулы окисей, могущих иметь кислую функцию в химических реакциях, другое же указывает на то, что сама кислая реакция зависит от параметров: температура – давление. Это может быть выражено следующим образом: *все полуторные окислы и все окислы четырехвалентных элементов могут действовать как кислотные ангидриды; их кислотные свойства всегда проявляются более ясно, когда увеличиваются температура и давление*. Вот почему большое число их производных, образованных в более глубоких геосферах земной коры, являются устойчивыми в биосфере.

Два эти положения: 1) кислотная функция *всех* полуторных и четырехвалентных окислов и 2) изменение этой функции в разных термодинамических полях земной коры – это не гипотетические представления, но эмпирические обобщения, которые опираются на большое число научных наблюдений. Однако теории, объединяющей эти факты, пока не существует. Так, например, кислотные функции осуществляются для окислов, редких земель в их чистых соединениях, которые, однако, не дают кристаллохимических структур, изоморфных с алюмосиликатами.

Я не могу останавливаться здесь на этих проблемах, столь важных и столь мало известных. Все же кажется, что основные изменения наших взглядов на изоморфизм элементов в кристаллохимических структурах алюмосиликатов не могут отразиться на изложенных основных положениях, даже если мы примем, например, замещение при известных условиях атома кальция атомами редких земель или алюминия магнием.

Вся область законов и причин кислотной и щелочной функций элементов в неорганической химии находится еще в довольно зачаточном состоянии. В руководствах и обзорах по химии такие вопросы не разбираются с надлежащей глубиной, так как исследователи обычно не отдают себе отчета в изме-

летообразные включения, которые как будто отвечают алюмосиликатам и которые должны были влиять на опубликованные анализы. Изоморфизм эпидота и ортита не может считаться установленным фактом.

нении кислотной функции окислов в связи с изменением термодинамических параметров. Эти явления не изучены экспериментально, и мы только начинаем понимать возможность подобной проблемы. Но, чтобы констатировать ее существование, достаточно и минералогически наблюдаемых фактов.

Опыт, конечно, необходим, но он отчасти может заменяться эмпирическим обобщением из уже установленных наблюдением фактов, и все указывает на то, что опыт уже не перейдет намечающихся границ, он только их уточнит.

Полезно вспомнить, что та же связь между химической функцией и термодинамическими параметрами ясно проявляется среди окислов другой структуры. Обыкновенная вода – типичный нейтральный окисел, и это ее состояние является преобладающим в биосфере. Вода также нейтральна в обычном термодинамическом поле химических лабораторий. Но в области фреатических и ювенильных минералов, как это показал С. Аррениус, вода является кислым ангидридом. Это должно иметь отражение в формулах естественных кремнекислых соединений¹.

В алюмосиликатах (и ферросиликатах) кислый характер алюминия, кремния, окиси железа, которые нас интересуют в настоящий момент, не вызывает сомнения среди химиков, как это было в отношении алюминия и железа 30–40 лет тому назад, во время разработки мною теории алюмосиликатов.

Происшедшее изменение – признание кислотного характера этих окислов – явно показывает, что ход научной мысли последовал со временем по тому пути, который был виден впереди во время разработки теории.

Так как я касаюсь в своей статье только самого простого случая, а именно, – чистых алюмосиликатов, я не буду останавливаться на основных и общих положениях, относящихся к кислотному характеру *всех окислов* R_2O_3 и RO_2 в земной коре, которые, мне кажется, неизбежно вытекают из результатов обширных и точных наблюдений минералогии.

Я ограничусь тем, что все то, что говорится дальше о цветности алюмосиликатов, должно также относиться к их аналогам, если только элементы, в них встречающиеся, могут заменять кремний и алюминий в алюмокремневых структурах. В этих случаях и без алюминия или кремния могут образоваться структуры с функцией окрашивания.

Это надо учитывать во время экспериментальной работы в области химии алюмосиликатов в связи с их применением.

9. Естественные и искусственные алюмосиликаты образуют с химической точки зрения разнородную группу. Это не исключительно соли, как думали долгое время химики и минералоги и как некоторые из них еще продолжают думать.

Между ними есть ангидриды (сложные), кислоты, соли разного рода и наконец продукты присоединения к этим трем типам разнообразных соединений.

Кажется, последний тип (продукты присоединения) как раз наиболее важен с точки зрения цветности алюмосиликатов; он, несомненно, выявит в ходе будущих исследований, в некоторых своих представителях, новые и своеобразные химические функции и сам окажется сложным. Выяснение

¹ К сожалению, на это не обращают внимания. Я надеюсь к этому еще вернуться.

химической функции продуктов присоединения – одна из первых задач систематического изучения структуры алюмосиликатов, разрешение которой стоит на очереди дня.

Мне кажется, что понятие о сложности алюмосиликатов в отношении ;их химической функции сейчас уже проникло до известной степени в научную мысль и что оно стало, например, обычным для глин, в частности для *каолиновых* глин. Их начинают рассматривать все чаще и чаще как *алюмокремневые кислоты* – мысль, высказанная мною впервые в 1891 г.¹

Глины – минералы, характерные для биосферы и для верхней части стратисферы; сомнительно, чтобы их зарождение происходило в верхних частях метаморфической геосферы; ниже они явно неустойчивы. Это происхождение показывает, что процесс, который здесь развивается, отвечает превращению алюмокремневых солей в их свободные кислоты. Вместо алюмокремневых солей металлы, которые входят в алюмосиликаты, дают карбонаты, сульфаты, нитраты и т.д., более стойкие в биосфере и в стратисфере, в то время как алюмокремневые соли устойчивы в более глубоких оболочках земной коры.

Сложность (с химической точки зрения) группы алюмосиликатов – не гипотеза, а эмпирическое обобщение, так как оно установлено просто классификацией химических свойств, наблюдавшихся для алюмосиликатов. Я буду различать под названием *типов* тела различных химических функций, выделенные из алюмосиликатов по этому признаку: 1) ангидриды, 2) гидраты, или кислоты, 3) соли разного характера и разных кислот и 4) продукты присоединения – к ангидридам, гидратам и солям.

Я оставлю в стороне твердые растворы, которые иногда проявляются в форме изоморфных и других смесей.

Несомненно, – я не могу здесь на этом останавливаться, – что эти типы не обнимают всех известных алюмосиликатов; дальнейшее изучение позволит установить еще новые типы, т.е. установит новые химические функции в этой сложной группе.

10. Более глубокое рассмотрение этих типов показывает, что каждый из них является в свою очередь химически сложным. Эта сложность проявляется не в разнообразии их химических функций, а в группировке тел разных типов алюмосиликатов, которые объединяют соединения различных типов

¹ Работа над группой силлиманита в 1889–1890 гг. в Париже в Collège de France и притя к заключению, что эта группа имела характер кислотных ангидридов и что глины имели функцию свободных кислот, я углубился в изучение первоисточников, показывающих историческое развитие наших знаний о силикатах, используя литературу, даже очень старую. Я нашел следы предшественников моих идей, забытых в то время. Я дал сводку этих поисков в первой главе моей диссертации «О группе силлиманита и роли глинозема в силикатах» (М., 1891, то же в «Бюлл. Моск. об-ва испыт. природы», 1891). Этот исторический очерк, который вводил работу моей мысли в рамки предшествующего процесса научного творчества, в то время забытого, был почти целиком переведен на немецкий язык в книге братьев Аш (*W. u. D. Asch. Die Silikate in technischen u. chemischen Beziehung*, В., 1911), и мои результаты сделались таким образом доступными ученым, не знающим русского языка. Мысль рассматривать силлиманит как ангидрид и мысль о сложности алюмосиликатов возникли во время моей экспериментальной работы. Я ознакомился тогда и с работами моих предшественников, которые не упоминались в руководствах по минералогии и химии, и я впервые указал на них в моей книге 1891 г.

в одно семейство. Эта группировка основана на генетическом принципе, на возможности превращения некоторых алюмосиликатов (какого бы то ни было типа) в другие алюмосиликаты, безразлично, наблюдалось ли это в природе или в результате опыта в лаборатории.

Изучая такие взаимные химические реакции превращения одних алюмосиликатов в другие, можно выделить три ясно выраженные семейства, которые я назвал семействами *каолиновых алюмосиликатов, хлоритов и хлоритоидов*.

Переходы минералов одного семейства в другое в земной коре не имеют места в пределах одной и той же геосферы или происходят в особых, совершенно исключительных случаях. Путем процессов поверхностного выветривания, т.е. в пределах биосферы, они также не происходят. Они могут иметь место во время переходов минералов из одной геосферы в другую, т.е. во время крупных геологических процессов.

До сих пор получение искусственных силикатов путем синтеза поставлено до некоторой степени удовлетворительно только в пределах одного семейства – каолиновых алюмосиликатов.

Хлориты и хлоритоиды почти не воспроизводились до сих пор искусственно: существующие синтезы их или неполны и случайны, или сомнительны и требуют проверки. Данные синтезов для этого семейства не сравнимы ни в качественном, ни в количественном отношении с данными минералогических наблюдений. Почти вся огромная лабораторная работа в области алюмосиликатов обнимает только семейство каолиновых алюмосиликатов.

Систематическое изучение синтеза и химических свойств хлоритов и хлоритоидов ввиду этого является одной из первоочередных задач изучения химии кремния и алюминия.

Кроме этих трех семейств естественных минеральных тел, остается маленькая группа редких минералов, мало или недостаточно изученная. Все обычные естественные тела и все искусственные тела попали в эти три семейства.

Четвертое семейство – алюмосиликаты, богатые алюминием, – было установлено позднее (например сапфирин). Оно изучено очень мало. Изучение структуры силикатов этого семейства представляет во всех отношениях – теоретическом и прикладном – большой интерес. Мне кажется, что это исследование должно быть поставлено в первую очередь в изучении химии силикатов. Ангидриды этого семейства очень отличаются от других.

Ангидриды солей и гидратов трех первых семейств одинаковы, но химическая структура их производных совершенно разная для каждого семейства.

Наиболее характерны члены семейства *хлоритов* (§ 12). Это не только производные многоосновных кислот, но, кроме того, и вода, которую всегда содержат хлориты, может не отвечать группе гидроксила (НО) с кислой химической функцией (§ 14).

Алюмосиликаты семейства хлоритоидов и алюмосиликаты каолиновые отвечают всегда кислотам с двумя группами гидроксильных, способных быть замещенными металлами, т.е. двухосновным кислотам. Соли бывают кислые и нейтральные.

По существу, различия между хлоритоидами и каолиновыми алюмосиликатами столь же глубоки, как те, которые существуют между каолиновыми алюмосиликатами и хлоритами.

11. При изучении происхождения и превращения каолиновых алюмосиликатов и хлоритов в природе, а также результатов синтеза для каолиновых алюмосиликатов (хлоритовые алюмосиликаты стоят вне работы химиков, что имеет место и сейчас так же, как это было и в 1891 и 1901 гг.), ясная особенность этих семейств резко бросается в глаза.

Тысячи переходов взаимных превращений алюмосиликатов в земной коре и искусственных имеют место между различными каолиновыми алюмосиликатами.

Очень легко убедиться в том, что все эти бесчисленные химические реакции и их бесчисленные продукты содержат один и тот же комплекс $Al_2Si_2O_7$, который остается всегда неизменным. Возможно и относительно легко получить все каолиновые алюмосиликаты при помощи этого, уже готового, соединения.

В то же время не существует никакого простого и прямого перехода от каолиновых алюмосиликатов к алюмосиликатам хлоритовым или хлоритоидным и обратно. Мне кажется, это – явление вполне проверенное для биосферы, т.е. для процессов поверхностного выветривания. Явление усложняется при процессах метаморфизма, например для семейства черных слюд; здесь имеются частые переходы к хлоритам с определенной структурой. Но очень вероятно, что «комплекс», характерный для хлоритов, входит как таковой в структуру черных слюд. Он играет тогда роль радикала в продукте присоединения к калиевой соли кислоты $H_2Al_2Si_2O_8$.

Если это так, то здесь нет перехода каолинового алюмосиликата в хлоритовый (или обратно), но есть простое расщепление комплекса (продукта присоединения) на ядро и радикал. Кроме того, это объяснило бы также своеобразную окраску черных слюд – крайнее поглощение видимой части спектра, появление почти черных соединений из бесцветных компонентов: $p(KH)_2Al_2Si_2O_8 \cdot R$, где R – хлорит.

Но, несомненно, в земной коре есть для хлоритоидов (в областях высокого давления, в метаморфической геосфере) переход их ангидрида (например дистена Al_2SiO_5) в белые слюды [преобладает $(KH)_2Al_2Si_2O_8$]. Эти необычные для биосферы процессы требуют изучения, но они не нарушают общего правила – резкого перерыва, отсутствия переходов указанных выше трех семейств друг в друга при обычных реакциях наших лабораторий (при обычном или близком к нему давлении) или в биосфере.

III. ХЛОРИТЫ

12. Прежде чем перейти к рассмотрению структуры каолиновых алюмосиликатов с точки зрения их цветности, я дам общий обзор другого семейства алюмосиликатов – хлоритов¹, так как эти тела не должны оставаться вне круга нашего внимания при рассмотрении проблемы окрашивания в тех границах, в которых может сейчас ставиться эта проблема.

¹ Я оставлю в дальнейшем в стороне *хлоритоиды* – маленькое семейство минералов, менее интересное с точки зрения явлений, которые мы исследуем. Это соли кислоты $H_2Al_2SiO_6$ (ангидрид Al_2SiO_2) и продукты присоединения к солям. Характерна устойчивость соединений с кальцием и магнием.

Больше того, есть много указаний на то, что как раз изучением этой группы может быть выяснена валентность кремния и алюминия, что так существенно и важно для химии алюмосиликатов (и для проблемы их цветности). Конечно, я говорю о валентности, проявляющейся при химических реакциях.

Для хлоритов характерно, что они *образуются в водных растворах* при температурах, которые кажутся не очень высокими и могут иногда быть очень низкими (на дне океанов), *и при больших давлениях*. Их кристаллохимическая структура должна отражать химический состав алюмокремневых комплексов, которые находятся в материнском растворе.

Вероятно, они являются продуктами подземных вод, находящихся под большим давлением и при температуре, которая не превышает критическую температуру воды.

Очень характерно, что поверхностное выветривание хлоритов резко отличается от выветривания каолиновых алюмосиликатов. Хлориты устойчивы в биосфере; они не дают водных алюмосиликатов, в частности глин. Большой частью хлориты богаты двухвалентным железом и в конечном счете дают в биосфере гидраты окиси железа и гидраты кремния. Впрочем, процесс их поверхностного выветривания, который не играет большой роли в биосфере, изучен чрезвычайно недостаточно¹.

Другой характерной особенностью хлоритов является отсутствие переходов одних хлоритов в другие. Едва ли возможно объяснить это явление просто их устойчивостью в биосфере², так как эта группа недостаточно изучена. У хлоритов часто встречается зональная структура их уплощенных кристаллов, которая указывает на изменение состава среды во время их образования в стратиферии или в метаморфической геосфере. По-видимому, эта структура не связана с переходом одного хлорита в другой.

Теория Г. Чермака о составе хлоритов, рассматривающая их как изоморфную смесь из двух составных частей, из которых одна – силикат, а не алюмосиликат, довольно распространена еще до сих пор.

Факты только приблизительно отвечают этой схеме. Изоморфные смеси, по-видимому, не очень характерны для хлоритов. Как мы увидим, они встречаются только в узких пределах.

Два эмпирических обобщения могут служить основой представления о химическом характере хлоритов.

Во-первых, существует резкое различие между хлоритами и каолиновыми алюмосиликатами. Оно основано не только на факте отсутствия переходов одних в другие, но также на том, что хлориты не обладают атомным комплексом, характерным и общим для всех каолиновых алюмосиликатов, – комплексом $Al_2Si_2O_7$, который имеется во всех членах семейства без исключения и явно остается неизменным при бесчисленных химических реакциях как в земной коре, так и в лабораториях.

¹ *W. Vernadsky. Geochemie, 1930, с. 126, 312 [Избр. соч., I, 1954, с. 135, 325–325].*

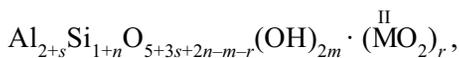
² Эта особенность хлоритов, так же как их зональность и отсутствие изоморфных смесей, может быть, в некоторых случаях является следствием их происхождения из глубоких подземных – фреатических – вод, которые находились в многовековом спокойствии. Это – конечное выпадение в твердом состоянии алюмо-(железо)-кремневого раствора.

Во-вторых, все хлориты без исключения могут быть сведены еще в большей степени, чем члены семейства каолинов, к формулам единого типа, резко отличного от формул каолинового ряда.

Я могу здесь только отметить этот эмпирический вывод и надеюсь обсудить его в другом месте.

Все хлориты без исключения, анализы которых критически разобраны в монографии Ж. Орселя, могут быть сведены к производным гидратов, выраженных общей единой формулой:

в которой n и s могут быть равны 0, 1, 2... и m всегда больше 1. Хлориты, которые представляют соли, отвечают все одной общей формуле:



в которой $\overset{\text{II}}{\text{M}} = \text{Mg}, \text{Fe} \dots$

Два обстоятельства бросаются в глаза: во-первых, отсутствие или редкость кальция между компонентами¹ и, во-вторых, неизбежное присутствие гидроксильных групп, водород которых не замещен (и не может быть замещен) металлами.

Можно высказать гипотезу, что эти два обстоятельства связаны между собой, что часть гидроксильных групп связана не с кремнием или алюминием (как в солях с гидратами каолинового ряда), но с магнием (resp. Fe, Mn). В таком случае окажется необходимым уже не говорить о хлоритах как о кислых солях. Мне кажется, это вытекает также и из других соображений.

В этом случае придется признать существование в хлоритах группы гидроксидов, химическая функция которых ясно отличается от групп гидроксидов в гидратах, отвечающих ангидридам.

Опыт решит этот вопрос.

13. Другое обстоятельство не менее любопытно и важно. Это существование единой формулы² с твердыми отношениями между химическими элементами, определенными и не многочисленными, позволяющей обнять все члены этого семейства без исключения. Этот факт показывает, что в группе хлоритов изоморфные смеси количественно ограничены.

Изоморфные смеси существуют только в пределах солей *одних и тех же многоосновных кислот*. Это резко отличает их от каолиновых алюмосиликатов, где в группе полевых шпатов, например, наблюдаются изоморфные смеси нейтральных солей кислот $\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$, и $\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$.

Можно выразить состав этих тел при помощи структурной формулы, основываясь на идеях Вернера о существовании дополнительной валентности для алюминия и для кремния или для обоих элементов вместе.

¹ Отсутствие кальция в слюдах и в хлоритах и стойкость его солей в хлоритоидах и в солях каолинового ряда очень характерны. Этот факт привлекает наше внимание к гидроксильным группам в хлоритах и в слюдах. Имеют ли эти группы особую химическую функцию? Существуют ли они как таковые?

² Эта формула вытекает также из изучения структуры, определенной X-лучами. См. об этом исследование С. Mauguin. Livre jubilé du Cinquantenaire de la Soc. fr. de Min., Annexe au tome 53 du Bull., 1930. Этим указанием я обязан Ж. Орселю.

Это допущение можно сделать не только для семейства хлоритов, но также и для всех алюмосиликатов. Воззрения Вернера опираются на многочисленные химические факты, и алюмосиликаты входят как раз в класс комплексных соединений, на изучении которых установлены и проверены его идеи.

Эти идеи дали также ценные указания для того, чтобы расшифровать снимки силикатов в X -лучах.

Я не могу дальше останавливаться на этом вопросе. Я надеюсь сделать это также в другом месте.

14. Но мне кажется полезным указать здесь, не входя в подробности, что важно не забрасывать изучения структуры алюмосиликатов приемами чисто химическими, учитывая результаты изучения структуры X -лучами. Химические формулы алюмосиликатов, полученные таким путем, – это эмпирические обобщения, выраженные графически, которые показывают только числовые соотношения между различными атомами и указывают на комплексы, которые могут там существовать. Опытная основа для таких формул более обширна, чем основа стереохимических построений из рентгенограмм их кристаллов. Эти рентгенограммы дают, в виде стереохимических формул, представление о химическом составе веществ, участвующих в реакции (например, при замещении ортоклазом каолина), но в жидком состоянии в водных растворах они участвуют в реакциях, в которых сплошная структура твердого тела нарушена и вещество представляет собой осколки; последняя отвечает формам более устойчивым, которых мы еще не знаем. Становится все более и более очевидным, что изучение естественных химических реакций позволяет нам рассматривать состояния алюмосиликатов, которые никогда не были воспроизведены синтезами. Таковы, например, алюмосиликаты, полученные из газовых возгонов или осажденные из «газовых растворов» выше критической точки их водных растворов под высоким давлением. Однако химические формулы не должны противоречить рентгенометрическим структурам, полученным для твердого тела. Это важное утверждение должно не только позволить нам ставить опыты над химической конституцией в том узком понимании, которое я здесь применяю, совершенно независимо от молекулярных структурных формул, но и понимать и даже расшифровывать во многих случаях анализы кристаллических тел при помощи X -лучей.

Ясно, что в результате химических опытов возможно установить различные формы валентности и комплексов, проявление которых в стереохимических структурах твердых алюмосиликатов не может быть указано другим путем.

Возможность применить к моим структурным схемам идеи Вернера показывает, мне кажется, что эмпирическая основа, которую я заложил в 1891–1901 гг., была достаточно широка и что научные факты, собранные за тридцать лет, не опрокинули теорию, данную мной в то время.

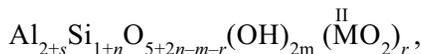
15. Следующие химические обобщения, которые касаются хлоритов, должны быть таким образом приняты во внимание при обсуждении их снимков, полученных в X -лучах.

Для хлоритов, анализированных Ж. Орседем¹ и для анализов, им проведенных и принятых после критического пересмотра, доказано существование в них производных комплексных ангидридов от $Al_6Si_{14}O_{37}$ и до $Al_6Si_3O_{15}$.

Для некоторых из этих ангидридов имеется до 19 анализов для одной и той же кислоты (часто хлориты из разных месторождений), например для кислоты $Al_4Si_4O(HO)_{26}$, которая происходит из ангидрида $Al_2Si_2O_7$. Для всех кислот этого ангидрида (простого каолинового ядра) от $Al_2Si_2(HO)_{14}$ до $Al_2Si_2O_3(HO)_8$ имеется 35 анализов.

Хлориты, наиболее богатые кремнием, по-видимому превышают ангидрид $Al_2Si_{11}O_{25}$, и, вероятно, ряд их еще не кончается, отношение атомов отвечает: Si/Al 5,5 (максимум, – предварительные данные).

Другое обобщение относится к общей формуле хлоритов:



где s и n могут быть равны нулю. Эта формула показывает, что у разных хлоритов нет общего атомного комплекса, так как не существует химических превращений хлоритов одних в другие; иначе такой комплекс являлся бы схематическим выражением возможности таких реакций.

Формулы такого рода для молекул (в двух измерениях) отвечают, может быть, структурам – правда, очень специфичным – в виде цепочек; для твердых тел (в трех измерениях) они могут отвечать структурам слоистого характера, очень устойчивым, разделенным промежутками, бедными атомами. Кажется, такова и есть структура хлоритов.

С этой точки зрения важно точно указать специфический характер гидроксильных групп, которые всегда находятся в хлоритах. Химическая функция этих групп не кислотная, как я уже указывал; их химический характер до сих пор не определен. Надо заметить, что аналогичные гидроксильные группы, как кажется, имеются в слюдах (с каолиновым ядром) и в каолине морфологически аналогичных хлоритам. Может быть, только такой характер этих групп облегчит понимание аналогии между хлоритами, каолином и слюдами (§ 21–22).

Итак, разница химической структуры между хлоритами и каолиновыми алюмосиликатами очень резкая.

16. Хлориты обычно, может быть всегда, окрашены. Их окрашивание, вероятно, отличается от окрашивания каолиновых алюмосиликатов.

Чтобы ориентироваться в этой очень сложной и очень мало изученной проблеме, я пока не буду учитывать хлоритов и их окрашивания².

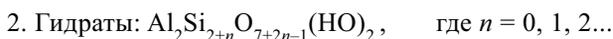
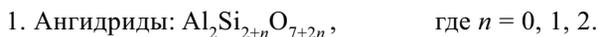
¹ *J. Orsel*. Recherches sur la composition chimique de chlorites. Thèse, P., 1927, «Bull. Soc. fr. Mm.». Орсель принимает во внимание все данные В.И. Искуля, которые полностью отвечают выводам, вытекающим из его работы. Прекрасная и важная работа Искуля, недавно умершего (1931 г.), «Экспериментальные исследования в области конструкции силикатов. Хлориты», Пг., 1917, появившаяся во время войны и революции, к сожалению, не обратила на себя внимания, которого она заслуживала, и остается, мне кажется, совершенно не известной вне России. Кроме работы Ж. Орседа, его анализы нигде не были учтены. Однако новые химические опыты, которые он делал, имеют серьезное значение, не менее важное, чем его очень точные анализы.

² Еще в 1901 г. я обратил внимание на резко разное окрашивание, которое вызывает хром в каолиновых алюмосиликатах и в хлоритах. Я и сейчас считаю, что эта реакция ясно показывает

Я рассматриваю здесь только хромофорную функцию каолиновых алюмосиликатов, резко отличных от хлоритов, так как структура окрашивающего комплекса у них четко выявлена и может быть подтверждена большим числом точных наблюдений.

IV. КАОЛИНОВЫЕ АЛЮМОСИЛИКАТЫ И ИХ ХРОМОФОРНАЯ ФУНКЦИЯ

17. Все каолиновые алюмосиликаты, искусственные и природные, могут быть сведены, как я уже несколько раз указывал, к соединениям, имеющим следующие общие формулы:



Все эти соединения не имеют ясной окраски; они бесцветны, в порошке они белые.

Комплекс $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$, имеющийся во всех телах, остается неизменным при всех многочисленных химических реакциях, при температурах низких и высоких (в пределах больше 1000°C), при малых и больших давлениях (в пределах 3000 ат), при реакциях пневматолитических и гидротермальных, так же как и в магматических растворах и расплавах. Это приводит нас к заключению, что этот комплекс (существующий и в свободном состоянии) обладает структурой особенно устойчивой¹.

Основываясь на этой исключительной устойчивости, я предположил, что каолиновые алюмосиликаты обладают структурой в форме замкнутого кольца, которое я назвал *каолиновым ядром*.

Во многих случаях химические реакции ясно указывают на существование более крупных комплексов, образованных путем усложнения первичных ядер. Это особенно обширный класс химических реакций, происходящих благодаря присоединению различных соединений к щелочным или щелочноземельным солям каолиновой кислоты $\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$, например содалиты $p\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{NaCl}$ или водные содалиты $m\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{NaCl} \cdot \text{H}_2\text{O}$ и т.д.

На научном языке того времени (1891–1901 гг.) можно было квалифицировать эти ядра и их «скопления» как молекулы, по аналогии с соединениями, известными в химии углерода, например с ядрами ароматического ряда.

Однако сейчас такой аналогии совершенно не требуется, так как молекулы в алюмосиликатах твердого кристаллического состояния не существуют.

разницу структуры этих тел. Присутствие хрома в каолиновых алюмосиликатах (в каолиновом ядре) проявляется *зеленой* окраской его производных (турмалины, гранаты и т.п.), в то время как окрашенные хлориты имеют отчетливую *розовую* окраску (родохромы и т.п.).

¹ *W. Vernadsky. Geochemie, 1930, с. 113 [Избр. соч., I, 1954, с. 123].*

То же свойство химической устойчивости может иметь и другое выражение. Понятие «ядро» – $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ или в более общей форме $\text{Al}_2\text{Si}_{2+n}\text{O}_{7+2n}$ (например, для полевых шпатов $\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$) – показывает только существование неизменного – при химических реакциях, которые в теории бесчисленны, а в практике наблюдались тысячами, – соотношения между атомами $\text{Al} : \text{Si} : \text{O}$, равные $2 : 2 : 7$ (или $2 : 2 + n : 7 + 2n$).

Самое простое – представить себе эти атомы, соотношения между которыми остаются неизменными при ходе химических реакций как основные постоянные группировки атомов, как комплексы атомов (Gitterträger Герлингера)¹, связанные между собой химическими силами в форму «ядра» – кольца атомов. Происходящие химические реакции не могут разбить кольца этих тел, содержащих не менее 11 атомов.

В структурах кристаллов алюмосиликатов, которые представляют системы атомов, не имеющие границ, расположенные в пространстве по законам симметрии и удерживаемые в неподвижном равновесии между собой благодаря атомным химическим силам, мы должны признать существование неизменных частей этих систем, образованных комплексами $(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7)^m(\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{11})^m(\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{15})^m$ и т.д., соответственно каолиновым ангидридам.

Наблюдения подтверждают это рассуждение. Каолиновое ядро, которое можно сравнить с ячейками сота в улье, представляет существенную черту структуры (Gitterträger Герлингера), выведенной из рентгенометрического анализа полевых шпатов²; такие же структуры находятся в других каолиновых алюмосиликатах (в группе нефелина, лазурита, цеолитов и т.д.), хотя обычно на это не указывают при описаниях³.

Я могу только указать здесь на этот факт⁴.

В свободном состоянии каолиновое ядро встречается в форме левеэррьерита – $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot aq^5$, и он легко образуется при нагревании каолина ($\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{H}_2\text{O}$) до 440°C , образуя ангидрид $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ (метакринит, по Ринне)⁶.

Несомненно, что, исходя из метакринита $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ или из левеэррьерита, т.е. из каолинового ядра, можно получить все без исключения алюмосиликаты каолиновой структуры какой бы то ни было сложности.

Природный левеэррьерит – алюмосиликат, наиболее простой из этого семейства, и алюмосиликаты самые сложные, как например турмалин или скаполит, ясно связаны между собой в земной коре химическими переходами.

Поглощение тепла характерно (и это единственный случай между силикатами) для образования каолинового ядра. Отрицательный термический

¹ E. Herlinger. «Fortsch. d. Min.», 13, 1929.

² E. Schiebold. «N. Jb. Min.», 64, 1931, с. 275.

³ Ср. W. Bragg. «Zschr. Kryst.», 74, 1930; *его же*, The structure of silicates, Leipz., 1932; E. Schiebold. I. с., с. 301, 312.

⁴ Обычно не указывают алюмокремневого комплекса, алюмокремневого скелета, т.е. каолинового ядра, так как не отдают себе отчета в химическом значении атомов алюминия и пренебрегают изучением химической функции алюмосиликатов. Ср. § 22.

⁵ Вода нацело выделяется выше 300°C .

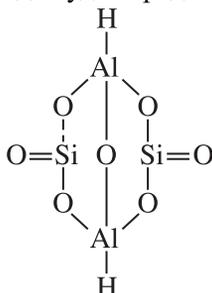
⁶ В. Вернадский. «ДАН СССР», 1923, с. 27; *его же*, Geochemie, 1930, с. 96, 111 [Избр. соч., I, 1954, с. 106, 121].

эффект был количественно определен Чернобаевым и Вологдиным в 1912 г., и их определение было подтверждено в 1929 г. Клевером и Кордесом¹.

Отрицательный термический эффект образования этого атомного комплекса – $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ – «каолинового ядра», по-видимому, играет большую роль в тепловом режиме нашего земного шара².

Изучение воды каолина и ее свойств, так же как и строения хлоритов, привело меня к необходимости в 1930 г. установить новую структуру для этого ядра. Я долго считал алюминий трехвалентным, однако более глубокое изучение чисто химических свойств каолина заставило меня признать в этом случае существование дополнительных валентностей Вернера³.

Принимая в расчет такую возможную четырехвалентность алюминия, каолиновое ядро, самое простое, надо будет представить следующей формулой⁴.



Такой вывод находит сейчас неожиданное подтверждение, так как атомы алюминия в алюмосиликатах в твердом состоянии должны обладать дополнительной валентностью Вернера.

Каолиновые ангидриды, их гидраты и соли дают очень легко соединения, очень стойкие, с другими группами элементов, с радикалами определенной структуры, причем каолиновое ядро сохраняется неизменным в своей существенной части.

Соединения этого рода – продукты присоединения к каолиновым алюмосиликатам – дают окрашенные тела.

18. Изучение продуктов присоединения к каолиновым алюмосиликатам мне кажется неотложной задачей. В этой группе тел надо искать красителей, которые могут иметь большое практическое значение.

Один из этих красителей уже издавна привлекал к себе внимание: это ультрамарин. Он уже сейчас имеет все возрастающее практическое значение.

Существует большое число работ об ультрамарине и его структуре; недавно получены новые соединения того же типа⁵.

¹ S. Wologdine et D. Tschernobajeff. «C.R. Acad. Sci. Paris», 154, 1912, с. 2061; «Изв. Донск. политехн. ин-та», I, 1912, с. 60; G. Kordes и E. Klever. «Veröffn. Kaiser Wilhelm Inst. Silikatforschung», 3, 1929–1930.

² Ср. W. Vernadsky. Die Naturwissenschaften in d. Sowjet-Union, 1929, с. 337; *его же*, Geochemie, 1930, с. 118 [Избр. соч., I, 1954, с. 124 и сл.].

³ Возможно, что алюминий может быть шестивалентным, как это предполагают Валь и Якоб. Но для хлоритов нужно будет, может быть, принять дополнительные валентности для Si. Неясно, достаточна ли шестивалентность алюминия для объяснения структуры хлоритов.

⁴ Ср. W. Vernadsky. Geochemie, 1930, с. 309.

⁵ См. литературу и обзор у J. Mellor. «A comprehensive treatise in inorg. a. theor. chemistry», 6, 1925 (pass.); ср. F. Jaeger (и сотрудники), «Versl. Akad. Wettensch.», 36–37, Amsterdam,

Теории причин окраски ультрамарина противоречивы, и они не всегда устанавливают, что эта окраска есть химическая функция их структуры.

Ультрамарины, которые всегда являются продуктами присоединения каолиновых алюмосиликатов¹, вообще не помещают в ряд их химических аналогов. Это тем более странно, что изучение ультрамаринов в X-лучах показало у них, с одной стороны, факт существования каолинового ядра (Ф. Егер) и, с другой, – глубокую аналогию структуры этого ядра с цеолитами (В. Тейлор)².

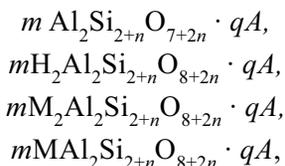
Основываясь на химии алюмосиликатов и на том факте, что только продукты присоединения каолинового ядра окрашены и что окраска этих продуктов меняется не случайно, а подчиняясь определенным закономерностям, можно высказать гипотезу, которая, как мне кажется, способна стать руководящей при синтезе цветных алюмосиликатов.

Это следующая гипотеза: каолиновое ядро имеет химическую функцию красителя – хромофорную функцию; когда вводят в алюмосиликат, который содержит каолиновое ядро (в гидраты, ангидриды или соли), другие группы химических элементов, чуждых этому алюмосиликату, т.е. во время образования продуктов присоединения к каолиновому алюмосиликату, может образоваться окрашенное тело – определенный алюмокремневый краситель.

Если, как в настоящем случае, тело, заключающее хромофор, бесцветно, различная окраска этого тела в видимом спектре будет появляться при определенных условиях и может быть предвидена при искусственном получении продуктов присоединения.

Можно широко пользоваться здесь опытом химии органических красителей, которая подводит нас к интересным соображениям, на основании которых уже сейчас можно сделать и общие выводы.

19. Продукты присоединения к алюмосиликатам были мной сведены в 1901 и 1912 гг. Их можно отнести к ангидридам, гидратам и солям, общие формулы которых будут:



где m может быть равно 1, 2, 3, 4, 5...8 (и больше), а A – равно 1 или 2.

Другими словами, при образовании продуктов присоединения каолиновые ядра могут соединяться в большие агломераты, тогда как число «радикалов» присоединения A кажется очень ограниченным, равно 1 или 2³.

1927–1928; F. Jaeger. «Transact. Faraday Soc.», 25, 1929, с. 320; F. Jaeger. The St. Fisher Baxter Lectureship of Cornell Univ., N.Y., 1930, с. 430.

¹ Я говорю здесь только об алюмосиликатах. Называют сейчас «ультрамарины» и другие красители – соединения кремния, которые не имеют ничего общего с алюмосиликатами.

² Ср. W. Bragg. l. c., 1932, с. 30. Существование этого ядра (одного из Gitterträger Герлингера) ясно видно в моделях и в рисунках.

³ Основной задачей в изучении структуры продуктов присоединения является определение A , радикала, как его удобно называть. Я думал раньше, что он связан с атомами кремния через кислород (Минералогия, II, М., 1912), но допущение добавочных вероятностей выдвигает возможное участие атомов алюминия, число которых, доходящее до двух, находится в полном согласии с наибольшим числом радикалов. «Радикалы» продуктов присоединения, к которым относятся каолиновые краски, требуют углубленного опытного изучения. Очевид-

Структуры продуктов присоединения к каолиновым алюмосиликатам, к сожалению, систематически не изучались, и мы имеем здесь непечатое поле работы.

Важно отметить, что образование продуктов присоединения связано с ясным появлением сильно окрашенных соединений в сочетании с исходными бесцветными телами.

Явление изучено главным образом для минералов, у которых обычно цвет замаскирован, с одной стороны, образовавшимися изоморфными примесями (твердых растворов окрашенных соединений) и, с другой – различными окрашенными растворами другого рода.

Но все же, если учитывать влияние примесей и пользоваться синтезами химически чистых искусственных соединений, становится очевидным, что образование окрашенных соединений происходит из первичных бесцветных соединений, часто столь простых, что связь окрашивания со структурой силиката не оставляет никакого сомнения. Ряд синтезов и химических опытов был описан в связи с искусственным производством ультрамарина, но в них часто, если не всегда, вводили окрашивающие тела, чуждые радикалу А; эти синтезы, как это вытекает из сравнения с минералами земной коры, были произведены в условиях, когда хромофорная функция каолинового ядра была замаскирована. Опытов над чистыми веществами произведено не было.

Достаточно привести как пример окрашивания продукты присоединения к солям каолиновой кислоты – семейство нефелина¹.

	Ядро	Радикал	Окраска
Содалиты	$pNa_2Al_2Si_2O_8$	NaCl	Синие
Гакманиты	То же	Na ₂ S NaCl	Красновато-фиолетовые
Лазуриды (ультра-марины)	»	Na ₂ S NaHS	
Гаюины	»	Na ₂ SO ₄	»
Канкриниты	»	Na ₂ CO ₃	Желтые
	»	NaHCO ₃	Розовые
	»	CaCO ₃	Красные

Такое окрашивание, связанное со структурой, появляется в эпидотах, в гранатах, в везувианах, в пренитах, в кордиеритах, в лавсонитах, в бериллах и т.д. – во всех продуктах присоединения к каолиновым алюмосиликатам. Его находят в слюдах – факт, интересный для нас, например, в отношении разницы, которая существует между слюдами, и нефелинами, в структуре их каолинового ядра, определенного при помощи X-лучей.

20. Во всех этих телах мы имеем хромофорную группу $Al_2Si_2O_7$ и затем радикал А, которым в условиях земной коры являются: H_2O , NaCl, CaO, Na_2S , $NaHCO_3$, Na_2SO_4 и т.д. Опыт показывает возможность большого разнообразия

но, что химические соединения, которые находятся (во время синтеза продуктов присоединения) в радикале А, химически не связаны между собой. Так, например, в содалите ($3Na_2Al_2Si_2O_8 \cdot NaCl$) атомы натрия и хлора могут быть не связаны. Свойства NaCl в этом соединении нигде не проявляются. Я не хочу вдаваться здесь в рассмотрение этих проблем: они будут решены опытом и рассуждением, а не одним рассуждением.

¹ В. Вернадский. Минералогия, II, М., 1912, с. 444.

соединений, которые могут образовывать радикалы. Синтез сильно увеличил их число, и между другими были найдены и самые разнообразные органические соединения. Путь, давно указанный Лембергом и Тугуттом, требует теперь внимательного изучения¹.

Хромофорный комплекс $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ нам кажется бесцветным, но очевидно, если гипотеза о его красящем характере верна, он должен быть «цветным» в широком смысле слова, т.е. обладать полосами поглощения в ультрафиолетовой (или инфракрасной) части спектра. Его цветовой характер – белый, бесцветный, прозрачный – связан с тем, что наш глаз не чувствителен к окраске, связанной с поглощением лучей за пределами видимого спектра. Во время соединения хромофорного комплекса с радикалами полосы спектра поглощения должны перемещаться по длине спектра; можно предвидеть направление перемещения, таким образом бесцветное тело (имеющее, например, полосы поглощения в ультрафиолетовой части) – хромофорный комплекс $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ – сможет дать в соединении с радикалом тело окрашенное, полосы поглощения которого находятся в видимом спектре². Поэтому проверка правильности схематического представления о каолиновом ядре как хромофоре очень проста и может быть проведена экспериментально в хорошо обставленной минералогической лаборатории.

Каолин – продукт присоединения к каолиновому ядру, он должен таким образом давать полосы поглощения в ультрафиолетовой или в инфракрасной части спектра. Сам хромофорный комплекс, обезвоженный каолин, должен обладать этим свойством в еще большей степени. Известно, что вообще каолиновые алюмосиликаты дают полосы поглощения в ультрафиолетовой части спектра³.

21. Мне кажется, что точные факты минералогии и геохимии в их химической трактовке указывают на свойства алюмосиликатов, появляющиеся также в их твердом состоянии, которые должны найти отражение в кристаллохимических структурах, определяемых при помощи X -лучей. Обсуждая эти структуры, надо принимать во внимание общие черты химических свойств этих соединений, которые могут быть доказаны химическими реакциями (для алюмосиликатов в данном состоянии науки в первую очередь минералогическим и геохимическим изучением).

Три специфических свойства для различных алюмосиликатов нас особенно занимают: 1) хромофорная функция, 2) кислотная функция, 3) различные функции гидроксидов (воды).

Я старался доказать, что хромофорная функция связана с существованием каолинового ядра – комплекса $\text{Al}_2\text{Si}_{2+n}\text{O}_{7+2n}$ (где n может отвечать нулю и целым числам в пределах от 1 до 10).

¹ *J. Lemberg*. «Zschr. geol. Ges.», 1877, 1878, 1885; *C. Tuzymm*. Минералогические очерки, Варш., 1891; *S. Thugutt*. Mineralchemische Studien, Dorpat, 1891. Для многочисленных работ Лемберга см. библиографию и изложение у Шнейдерхёна (*H. Schneiderhöhn*. «N. Jb. Min.», 40, 1916, с. 169).

² Аналогичные $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ должны быть окрашенными; так, $\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ (кислота $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{O}_8$, некоторые нонтрониты) – палевый, $\text{Cr}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ дает соли зеленые.

³ Это ясно видно уже из первой систематической экспериментальной русской работы проф. В. Агафонова (*V. Agafonoff*. «Schriften Russ. Min. Ges.», 39, 1902).

Окрашивание алюмосиликатов наблюдается для их твердого состояния, возможно, что оно связано с этим состоянием. Следовательно, эти комплексы должны быть обнаружены в стереохимических структурах всех каолиновых алюмосиликатов.

Я уже указал, что этим путем каолиновое ядро было найдено во всех структурах, которые иногда называют структурами «типа полевых шпатов». Это название было дано Махачки¹ и Шибольдом независимо от соображений, которые я кладу в основу своего изучения. Все алюмосиликаты, которые входят в этот тип Махачки, принятый Шибольдом и Брэггом, принадлежат к каолиновым алюмосиликатам (равно и берилл, как думал Махачки)². Для этой группы каолиновое ядро было установлено в полевых шпатах, нозеанах, ультрамаринах, анальциме и других цеолитах, гаюине, кордиерите, содалите, нефелине, эвкриптите, скаполите³.

Следует думать, что дальнейшие исследования увеличат совпадение между выводами, сделанными из химических реакций, и реальными наблюдениями твердых структур.

Каолиновое ядро, такое четкое в химических реакциях, находится реально в стереохимических равновесиях твердого состояния тех же алюмосиликатов.

Однако есть несколько минералов, которые относятся химически к каолиновым алюмосиликатам и стереохимическая структура которых очень сильно отличается от полевых шпатов.

Это слюды – слюды белые (мусковит, лепидолит и т.д.), наиболее простые среди других, и каолины.

Нет сомнения в существовании у них каолинового ядра.

Для слюд кажется несомненным, что их окраска должна происходить от разобранный выше причины, если принять хромофорную функцию каолинового ядра, так как слюды – продукты присоединения к каолиновому ядру. Окраска лепидолита, флогопита, черных слюд, бедных трехвалентным железом или его лишенных, так удивительна, что любая гипотеза, которая дает универсальное объяснение и включает их в обширную группу тел (продукты присоединения к каолиновым алюмосиликатам), имеющих те же свойства, должна быть принята во внимание во время обсуждения их снимков, полученных в X-лучах. Для меня их окраска – следствие их структуры; белый цвет каолина должен иметь специальное объяснение. Итак, каолиновое ядро должно существовать в слюдах и в каолине. Однако стереохимические равновесия представляют пространственное распределение атомов в том случае, когда атомы образуют твердое тело. Слюды и полевые шпаты с точки зрения твердого тела морфологически представляют собой антиподы: их структура должна быть очень различна, несмотря на их глубокое химическое сходство.

Совершенная спайность по одному направлению, т.е. совсем особое распределение сил сцепления, должна сразу бросаться в глаза и может при первом взгляде затемнить химическое сходство!

¹ F. Machatschki. «Cbl. Min.», 1928, с. 97, 104.

² W. Bragg (l. c., 1932, с. 29) дает другую структуру бериллу (с. 25–26). Однако структура «каолинового» комплекса $Al_2Si_2O_7$ там существует. Берилл соответствует продукту присоединения к бериллиевой соли этого ангидрида. О структуре берилла см. В. Вернадский, «Тр. Мин. музея Акад. наук», 2, 1908, с. 81 [с. 142 настоящего тома]; его же, Минералогия, II, 1912, с. 456.

³ E. Schiebold. l. c., 1931, с. 300, 312; W. Bragg. l. c., 1932, с. 28, 76.

Существует одно свойство, отсутствующее у полевых шпатов и их стереохимических аналогов и характеризующее слюды и каолин: это наличие воды (атомов Н), которая входит в радикал А этих тел и функция которой еще не известна (§ 16).

Положение атомов, которые соответствуют этой воде в каолине и в слюдах, не может быть точно определено в снимках, полученных при помощи X-лучей. Между тем их положение в стереохимических рентгенограммах имеет важное значение.

Стереохимические диаграммы слюд и каолина не могут еще быть сравниваемы с построениями для типа полевых шпатов. Модели и формулы еще очень отвлеченны и являются построениями, требующими экспериментальной проверки. Однако я позволю себе сделать отдельные замечания по поводу некоторых из этих представлений.

В рентгенограммах (Паулинг)¹ находят химическое сходство в таких телах, как *тальк**, *пирофиллит**, *флогопит**, *мусковит*, *маргарит*, *хлориты*, *каолин**, *серпентины*, брусит, гидрагиллит. Полезно напомнить, что не существует никакой химической реакции, которая связывала бы эти столь разнообразныя тела. Каолиновые алюмосиликаты (отмеченные звездочкой) могут давать каолин. Есть также генетические реакции между серпентинами, бруситом, тальком. Но в общем тальк, хлориты, пирофиллит, флогопит, мусковит, маргарит с точки зрения химической глубоко различны.

Все эти минералы имеют только следующие общие черты: совершенную спайность, уплощенные кристаллы в связи с этой спайностью и большие количества конституционной воды. Подчеркнутые минералы, по-видимому, содержат воду, которую дают гидроксильные группы с невыясненной химической функцией.

Изучение функции воды в слюдах и в каолине при помощи химических реакций и определение ее положения в рентгенометрических стереохимических структурах – это две настоятельные задачи.

Я не могу развивать здесь эти идеи, но надо принять во внимание указанные химические особенности при обсуждении формы каолинового ядра (т.е. строения $Al_2Si_{2+n}O_{7+2n}$) в этих телах по сравнению с полевыми шпатами.

Эти тела с совершенной спайностью в одном направлении должны иметь в твердом состоянии особенности структуры, которые могут быть разъяснены на основании исследований в X-лучах, но этого пока еще нет.

22. Еще одна функция должна быть принята во внимание в кристаллохимической структуре. Это та функция, которую я назвал *кислотной*. Так или иначе, строение кислых (или основных) ангидридов должно ясно различаться в рентгенометрических стереохимических структурах, как например в структурах гидратов.

Разбирая рентгенограммы, не принимают во внимание различных химических свойств алюмосиликатов. Если говорить даже только о соединениях наиболее простых – сложных ангидридах, их гидратах и их нейтральных солях, то и здесь очевидно, что эти химические соединения должны различаться по их стереохимической *форме* в кристаллических структурах на том же основании, как различаются ангидриды, гидраты и соли по типу *молекул*.

¹ L. Pauling. «Proceed. Nat. Acad. Washington», 16, 1930, с. 578; W. Bragg, l. c., 1932, с. 73.

Отражение разных химических функций комплекса на распространении и свойствах атомов в их векториальных системах несомненно, так как минералы с функцией ангидридов, например, проявляют свои, отличные, химические функции и в твердом состоянии. Так, например, силлиманит – Al_2SiO_5 – вполне аналогичен кварцу – SiO_2 – в своем действии на K_2CO_3 при температуре более низкой, чем температура их расплавов.

Происходит выделение CO_2 и образование алюмосиликата калия. Это один пример, один случай, взятый наудачу среди значительного количества аналогичных фактов. Существует химия алюмосиликатов, в которой соли (ортоклаз, лейцит и т.д.) существенно и ясно отличаются от кислот (глины) и ангидридов (силлиманита и т.д.).

Если с этим не считаться, нельзя не прийти к ложным заключениям.

Итак, мы не можем говорить об орто- и метасиликатах алюминия, как это делает Брэгг¹, обсуждая структуру ангидридов (а не солей) Al_2SiO_5 : основной факт, вытекающий из химии этих трех структур (силлиманит, андалузит, дистен), это их кислотная функция, их способность жадно соединяться с основаниями и давать соли. Эта кислотная функция кислородных соединений алюминия должна проявляться и в стереохимических структурах алюмосиликатов.

Мне кажется, что она действительно ясно проявляется. Она проявляется в глубокой химической аналогии атомов алюминия и кремния в этих структурах, отличающей алюминий (и трехвалентное железо) от других металлов. Алюминий (и железо) представляется имеющим еще одну дополнительную валентность, в смысле Вернера. AlO_4 , AlO_2 – стереохимические комплексы – могут существовать в алюмосиликатах как аналоги SiO_4 и SiO_2 . Это возможно не вследствие изоморфизма, но вследствие их аналогичной химической функции (кислотной функции).

Возможность заменять в узлах кристаллических решеток атомы Si атомами Al и обратно – самое блестящее доказательство существования комплексных ангидридов Al_2SiO_5 , $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ и т.д. Это случай Gitterträger Герлингера, более углубленное изучение которого должно дать очень интересные результаты.

23. Сейчас важнее всего постараться отличать в кристаллохимии проявление кислых функций кислородных соединений от проявлений изоморфизма.

Существенным является следующий вопрос, который должен быть изучен; может ли алюминий (и трехвалентное железо) быть замещенным в каолиновом ядре (или в комплексных алюмокремневых ангидридах вообще) двухвалентным металлом (например магнием)? Мне кажется, что это очень мало вероятно или даже невозможно с химической точки зрения. Я думаю, что в изученных случаях – при условиях чистоты и физической однородности кристаллов (ни включений, ни твердых растворов) – такие факты не наблюдались.

Сама возможность замещения атомов алюминия алюмосиликатов атомами магния не исключена. Вообще геохимическая история магния в присутствии атомов кремния отличается очень своеобразными особенностями и

¹ W. Bragg. l. c., 1932, с. 21.

мало изучена. Особые свойства магния (например в сравнении с кальцием) проявляются также в алюмосиликатах.

Но это может иметь место только при особых условиях. Например, атомы алюминия могут быть заменены атомами магния в радикалах А продуктов присоединения к каолиновым алюмосиликатам.

Конечно, в этой области, еще мало изученной, каждое отрицание должно быть сделано с большой осторожностью, но все же замещение нескольких атомов алюминия атомами магния в каолиновом ядре алюмокремневых ангидридов кажется мало вероятным.

Комплексный ангидрид, такой как Al_2SiO_5 , образован силами чисто химическими; магнезиальные силикаты, по-видимому, химически ему прямо противоположны.

Итак, нельзя говорить об *изоморфизме*; в данном отдельном случае это образование другого химического комплекса.

Таким образом, существенный с химической точки зрения факт – образование алюмокремневых комплексов – можно увидеть также в рентгенометрических построениях – в стереохимической идентичности атомов алюминия и кремния. Это другое выражение химической идентичности – кислотной функции их окислов.

Химическая функция алюмокремневых гидратов должна также иметь место в этих построениях. Мы можем сейчас только указать, что она должна проявляться в характере воды (в гидроксилах).

Существование коллоидальной каолиновой кислоты, полученной Н.В. Беловым (§1), указывает на кислый характер гидроксидов в аналогичных кристаллических соединениях, так как в коллоидальной каолиновой кислоте проявляются химические свойства ее мицелл, т.е., так или иначе, кристаллических образований.

24. Еще несколько слов о большом изменении наших представлений об изоморфизме, которое происходит благодаря созданию новой кристаллохимии и, отчасти, благодаря большому прогрессу в понимании структур силикатов очень сложных химических тел.

Представления об изоморфизме меняются. Однако в кристаллохимии они находятся еще в очень неустойчивом состоянии, и очень вероятно, что факты, в которых видят проявление изоморфизма, отчасти представляют следствие явлений совершенно другого порядка. Так, например, как мне кажется, обстоит дело с алюмокремневыми ангидридами (§ 17).

Но старые представления об изоморфизме должны будут глубоко измениться – это несомненно. Химия алюмосиликатов должна быть пересмотрена с новой точки зрения, которая начинает преобладать в кристаллохимии.

Самое важное – это изменение, которое нужно будет внести в изоморфные ряды химических элементов, выведенные опытным путем в первые моменты изучения химических реакций земной коры¹.

Кристаллохимия вводит туда очень важные изменения, которые теоретически еще не обобщены.

Геохимические изоморфные ряды становятся более сложными. Нужно будет внести туда изменения, но факт их существования останется, так как

¹ В. Вернадский. История минералов земной коры, I, 1925, с. 192 [с. 301 настоящего тома].

эти ряды – эмпирическое обобщение, опирающееся на громадное количество точных наблюдений.

Важно отметить, не настаивая здесь на этом, что эти ряды начинают выявляться и в другом большом комплексе явлений земной коры – в биогеохимии. Это, например, ясно для очень важного ряда магния: Mg, Mn, Ni, Co, H, F, Cd, Zn, In¹.

В момент пересмотра изоморфных рядов надо это учитывать.

Сентябрь, 1932.

О ЗАДАЧАХ СИНТЕЗА В ОБЛАСТИ АЛЮМОСИЛИКАТОВ

«Труды второго совещания по экспериментальной минералогии и петрографии 7–10 мая 1936 г.» М.–Л., 1937, с. 13–23

Я думаю, что Франц Юльевич Левинсон-Лессинг в своем обращении к нам правильно указал на те успехи и на тот путь, по которому шел синтез в петрографии. К сожалению, этого нельзя сказать относительно синтеза в минералогии. Я хочу остановиться на тех задачах, которые ставятся перед синтезом в минералогии, и на задачах, которые должны быть поставлены в первую очередь и привлечь особенное внимание именно в нашей стране.

Я остановлюсь на частном примере алюмосиликатов. В сущности говоря, это общий вопрос, который стоит теперь перед всей минералогией. Минералогия переживает в этой области поворот на пути своего развития. Не сомневаюсь, что она на этот путь встанет в ближайшее время. Почему она не встала на этот путь в настоящее время и что ей мешает?

Я помню очень хорошо, что, когда я начал заниматься экспериментом в минералогии (а это было почти 50 лет тому назад), уже тогда для меня были совершенно ясны задачи, стоящие перед синтезом, и то совершенно недопустимое состояние отсталости и, я бы сказал, рутины, в котором находились в то время минералогические и химические представления. Действительно, минералогия стояла тогда совершенно в стороне от тех течений, которые направляли живую геологическую и химическую мысль. Мы наблюдали господство представлений о химическом составе, химическом строении минералов, исключительно упрощенных, устарелых и, я бы сказал, совершенно научно не прорабатываемых в течение последних 100 лет истории минералогии.

Такое положение создалось в результате отсутствия самостоятельной работы мысли в этой области. Характерная сторона заключается в том, что мы рассматриваем все минералы как представителей самородных элементов или как представителей солевых образований (будут ли то гидраты, соли, кислоты, ангидриды), во всяком случае мы не выходили из круга этих типов соединений. Между тем давно имеется целый ряд указаний на то, что эта картина не отвечает действительности. Она отстала почти на 100 лет от того движения, которое изменило окружающую научную обстановку и выразилось в больших изменениях в петрографии.

¹ *W. Vernadsky*. «C. R. Acad. Sci. Paris», 175, 1922, с. 383.

Моя научная работа сложилась так, что я в последнее время под влиянием других интересов отошел от этой области и могу здесь только указывать, но не участвовать постоянно в этом движении.

Я остановлюсь на частном примере, на который, мне кажется, в данное время нужно направить все усилия минералогической мысли, а именно: на алюмосиликатах и силикатах и на семействах аналогов этих минералов, и попытаюсь выяснить ту задачу, которая должна сейчас стоять перед минералогическим синтезом.

Задачей минералогического синтеза в настоящий исторический *момент* его развития необходимо считать не воссоздание определенных минералов, но *выяснение их химической структуры*. Прежде всего надо убедиться в том, что сейчас для многих минералогов не составляет сомнений, что господствующее представление о солевом (простых кислот) и элементарном характере всех минералов является в общей форме неверным и связано с тем, что химическая структура этих соединений не выяснена. Это можно утверждать особенно по отношению к алюмосиликатам, так как в них имеются такого рода тела, для объяснения которых давно был выдвинут целый ряд иных представлений, не являющихся до сих пор господствующими, но захватывающих все больший и больший круг минералогов. Это указывает на то, что в алюмосиликатах мы имеем дело не только с кремнекислым соевым типом химического строения. Здесь вероятны случаи изомерии. Не менее вероятно, что мы встретимся здесь с целым рядом новых, не известных нам, химических фактов, требующих дальнейшего исследования. Наряду с этим господствует другое, более распространенное течение, выраженное в основных учебниках минералогии, которого придерживаются еще очень многие минералоги. Это течение, несомненно, не отвечает действительности.

Алюмосиликаты не являются производными простых кремневых кислот. В понимании алюмосиликатов существует два различных направления. Одно направление рассматривает все алюмосиликаты как соли различных кремневых кислот, алюминиевые соли, двойные их соли (например, в полевых шпатах). Иногда эти представления о двойных солях явно не высказываются, но в большинстве учебников и у целого ряда исследователей это имеет место. Начало этим представлениям положил Берцелиус более 100 лет тому назад. Оно несколько оживилось в 60-х годах благодаря работам Вюртца, который принял существование многих различных кремневых кислот. Этим представлений придерживался один из крупнейших минералогов нашего времени Г. Чермак, десятки лет работавший над выделением различных кремнекислот.

Существование разных кремневых кислот Вюртц и Чермак считали необходимым допустить для того, чтобы объяснить природу алюмосиликатов в свете простых представлений по Берцелиусу. Многолетняя работа Чермака, к сожалению, оказалась совершенно неудачной. О ней теперь даже не вспоминают. Между тем это многолетний, огромный экспериментальный труд одного из крупнейших минералогов нашего времени.

В конце прошлого столетия возникло другое течение, которое началось в целом ряде мест. Мне самому пришлось принять участие в его создании. Моя первая синтетическая работа была основана на допущении того, что алюмосиликаты являются не солями кремнекислот, а химическими соединениями,

в которых огромную роль играют комплексные соединения, которые к этому времени начали выявляться в химии. Это были 80-е годы прошлого столетия. Когда я производил свои первые опыты в 1888 г. в лабораториях Фуке в Collège de France и Ле Шателье в École de Mines в Париже, то пришел к заключению, что дистен и силлиманит являются не солями, а ангидридными комплексами. В то время появился целый ряд работ по комплексным соединениям, но они не обратили на себя тогда достаточного внимания и не играли заметной роли в неорганической химии. Это были работы, в значительной степени не осознанные теоретически (Джибс, Мариньяк, Бломстранд и др.).

Когда я смог доказать, что силлиманит, дистен и аналогичные алюмосиликаты имеют свойства кварца, а не свойства солей кремнекислот, то мне казалось, что эти представления не имеют корней в известной тогда мне литературе. Но когда я стал внимательно изучать литературу (главным образом с точки зрения рассмотрения важнейших работ по синтезу, которые тогда шли как раз в Париже и которые были достаточно охвачены теоретической мыслью), то я убедился в существовании ясной границы между алюмосиликатами и их аналогами и силикатами.

Целый ряд лиц, которые имели такого же рода взгляды, но дальше их не развивали, мной были указаны в моей работе¹. Я дал исторический очерк, в который теперь можно было бы внести целый ряд поправок и о которых я тогда, конечно, не мог знать.

Аналогичные взгляды были развиты мной, начиная с 1892 г., в лекциях в Московском университете.

В 1894 г. в Женеве умер Ж.Ш. Галлисар де Мариньяк (1817–1894 гг.). Когда были изданы воспоминания его учеников о нем, то выяснилось, что Мариньяк не был согласен с тем, что алюмосиликаты являются силикатами, т.е. солями кремневых кислот, а утверждал, что это соли кремневых и алюмокремневых кислот, имеющие определенное, отличное от кремневых строение. Он это указывал на лекциях в Женевском университете в 70-х годах.

В 1913 г. умер в Цюрихе Ф.П. Трэдзуэлл, имя которого широко известно по его аналитической химии. С самого начала своего преподавания в Цюрихе (1884–1888 гг.) он развивал те же взгляды в своих лекциях. Как Мариньяк, так и Трэдзуэлл, насколько я знаю, ничего об этом не печатали. Одновременно и независимо ряд людей, главным образом химиков (оба названные сейчас ученые были профессорами химии), развивали эти взгляды в своей преподавательской деятельности. Эти же взгляды вошли в миропонимание моих учеников, когда в 1892 г. я читал лекции в Московском университете.

Важно отметить, что мои взгляды в значительной степени были основаны на внимательном изучении работ замечательного русского исследователя проф. И.И. Лемберга, читавшего лекции в Дерпте. И.И. Лемберг в 70-х годах, нигде не высказывая своих теоретических воззрений, собрал огромный эмпирический материал, несомненно доказывающий правильность этих воззрений. Этим материалом я широко пользовался. В 1891 г. в моей магистерской диссертации, в которой я указывал на использование опытов Лемберга, эта мысль была доведена до конца.

¹ «О группе силлиманита и роли глинозема в силикатах». М., 1891 (также в «Bulletin de la Société des naturalistes de Moscou»).

В том же 1891 г. вышла работа ученика Лемберга, польского минералога С. Тугутта, который теперь состоит профессором минералогии в Варшаве. Этот ученый придерживается тех же взглядов, независимо от моих исканий. В основе его взглядов – те же идеи, которые лежали и в основе моих представлений; разница только в частных толкованиях.

Таким образом, мы имеем теперь такое своеобразное положение, что, благодаря работам моих учеников, это понимание силикатов воспринято русскими минералогами и в то же время вошло и в наши учебники и лекции. К.Д. Глинка отразил эти взгляды в почвоведении.

В Швейцарии, где работали Трэдвелл и Мариньяк, Вернер к концу прошлого столетия ясно и определенно развил понятие неорганических комплексов и дал их теорию, которая играла и играет теперь огромную роль в неорганической химии и которая далеко еще не сказала своего последнего слова.

Таким образом, в огромном большинстве учебников на европейских языках, за исключением русских и польских, алюмосиликаты рассматриваются как соли кремнекислот. Представление о том, что мы имеем здесь сложное явление, входящее в понятие комплекса, теоретически было воспринято в химии Вернером, в 1893 г. давшим первые крупные обобщения теории неорганических соединений. К началу нашего столетия было уже ясно, что алюмосиликаты – только частный случай, что то же самое мы должны наблюдать в целом ряде других сложных минералов и что вопрос о химической структуре минералов должен быть в корне пересмотрен.

Этой работой мне не удалось заняться, потому что я занялся другого рода проблемами, которые мне казались более важными для минералогической работы в Московском университете.

В таком положении неопределенности это дело оставалось вплоть до 1912 г., когда была получена возможность проверить на опыте формулы силикатов, которых в то время было очень много. Рентгеновский метод давал возможность судить о распределении атомов в формулах. На атомное строение кристаллов ясно указывал в начале XX века П. Грот в Мюнхене. Годен еще в первой половине XIX века работал в той же области идей. Когда была открыта рентгеновская методика (1912 г.), то долгое время нельзя было перенести рентгеновские отпечатки в пространство и связать их с химическими формулами. Это было сделано для силикатов только в 1927–1928 гг. Брэггом-сыном в Манчестере. Брэгг, физик по своей специальности, рассматривал силикаты так, как рассматривала их доступная ему минералогическая литература в соответствии с уровнем преподавания в высшей школе в Англии. Он принимал, например, каолин как кристаллы кислых алюминиевых солей кремнекислоты, а силлиманит – как алюминиевую соль кремнекислоты. Брэгг долго не мог разобраться вследствие этого в самых обычных структурах. Но тут получилось так, как это не раз бывало в научной работе: чужая работа, построенная на неверных предположениях, дала ему возможность разобраться в тех структурах, которые он наблюдал. Это была работа Махачки, профессора в Вюрцбурге, которая чрезвычайно сильно отразилась на взглядах современных кристаллографов. Теперь современная кристаллография располагает чрезвычайно стройным учением об электростатических равновесных системах, существующих в природе, дающих нам возможность знать расположение в пространстве химических сил, отвечающих тем телам, структуру кото-

рых выражают кристаллические минералы. Махачки являлся представителем одного из крайних течений того представления об изоморфизме, которое к нашему времени замирает, но которое раньше, в XIX столетии, привлекало к себе большое внимание. Производились громадные работы, требовавшие колоссального труда, массы наблюдений и расчетов, не дававшие никаких результатов.

Махачки стоял в стороне от современных химических воззрений, а рентгенологи, не принимая их во внимание, исходили только из кристаллического строения минералов и из старых понятий изоморфизма, которые давно уже претерпели чрезвычайно большие изменения.

Между прочим, в Москве около 40 лет работал в этой области аналитик Герман, являющийся представителем того же течения мысли, которое возрождается сейчас в работах проф. Махачки.

Разница между новыми и старыми воззрениями на химический состав минералов заключается в следующем. Минералы являются неопределенными химическими соединениями, такими, в которых смешиваются в одном кристалле различные по характеру соединения, но именно *соединения* – изоморфные смеси. Нам всем известна та теория полевых шпатов, которая была предложена еще Гесселем и которая, независимо от него, вновь дана Чермаком. Эта теория теперь вошла в жизнь.

Указанные выше соединения мы теперь называем твердыми растворами. К ним как к одной из форм твердых растворов, согласно указаниям Аррениуса, может быть вполне приложим целый ряд закономерностей жидких и газообразных тел. К сожалению, в кристаллохимию не вошло, с одной стороны, современное представление о химическом составе силикатов, и, в частности, силикаты рассматриваются здесь только как соли кремневых кислот, а с другой стороны, в современную кристаллохимию не вошло представление и о характере изоморфных смесей как твердых растворов, т.е. она не охватила больших процессов, наблюдаемых в природе.

Проф. Махачки, исходя из старых идей изоморфизма (1928 г.), пытался выяснить, как могут отдельные атомы и комплексы *атомов* при образовании кристаллической решетки распределяться в строящемся кристалле, считая их и комплексы свободными и друг от друга независимыми. Для того чтобы найти выход, Махачки допустил существование в кремневых минералах двух комплексов:



играющих одинаковую роль в решетке. Для обоих этих комплексов он допустил отрицательный заряд и признал, что они являются замещающими друг друга. Скрытым образом AlO_4 признан ангидридом, а не основанием. Получилась возможность в старых рамках воззрений разработать рентгенограммы, что до тех пор не удавалось Брэггу, и вследствие этого огромная область силикатов могла войти в его толкования, причем, однако, совершенно в стороне было оставлено понятие о твердых растворах. Вместо него стали пользоваться ионными радиусами и был оставлен в стороне весь тот огромный материал фактов, который связан с природными химическими процессами. Между тем, как мы знаем, не образование *кристалла* как такового является

важным в природных процессах, а образование природного химического соединения, которое выделяется в форме кристалла.

Все имеющиеся работы были сделаны или физиками, или минералогами, которые придерживались старых представлений Берцелиуса о солях кремнекислот. Тем не менее эти работы привели к подтверждению существования алюмокремневых комплексов и одинаковой роли Al и Si в алюмосиликатах. Махачки сам был строгим последователем старой школы и допускал нахождение других атомов Al, соединенных с 6 атомами кислорода, на что нет, мне кажется, указаний в химических реакциях.

Несмотря на частную удачу, считаю совершенно безнадежной попытку использовать и применить в минералогии без критики и поправок громадный материал химической кристаллографии, полный противоречий, так же как это имело уже место в ее истории для отдельных объектов.

Представления об этих двух комплексах атомов помогли в некоторых случаях разобраться в алюмосиликатах. Но раз мы допустили, что алюминий и кремний дают одинаковые атомные комплексы, имеющие одинаковое строение (в центре одного тетраэдра находится атом кремния и вокруг него в углах 4 ближайших к кремнию атома – атомы кислорода, а в центре другого тетраэдра находится атом алюминия и в углах 4 ближайших атома – атомы кислорода) и одинаковое химическое значение, то отсюда незаметным образом мы приходим к допущению, что алюминий и кремний играют одинаковую химическую роль в силикатах. Мы незаметно отходим от тех старых представлений, которые 100 лет тому назад были разработаны Берцелиусом, не говоря об этом ни слова. Новое рассматривается как частный случай, а не как общее правило.

В этом направлении кристаллохимии мы встречаемся с очень опасным явлением. Опасность заключается в том, что, идя дальше по этому пути, оставляют в стороне весь огромный фактический материал химического синтеза и не меньший запас фактов минералогических наблюдений. Получается отрыв от реальных кристаллизованных тел, полученных в результате химических реакций.

После того как Ф. Махачки в 1928 г. выдвинул эту идею, дело пошло быстрее, и в 1929 г. Л. Паулингом была выработана теория ионных радиусов электростатического равновесия, которая дала в ряде случаев хорошие результаты.

Но с другой стороны, всякая теория должна проверяться экспериментом. И вот в 1932 г. был сделан опыт, который до сих пор не получил никаких возражений. Один из учеников В. Гольдшмидта Т. Барт (в Вашингтоне), вопреки выводам, которые вытекают из теории ионных радиусов, что титан не может изоморфно замещать кремний и соединения обоих элементов не могут давать твердых растворов изоморфных смесей, где титановое соединение растворялось бы в кремневом или наоборот, вопреки этим высказываниям, путем минерального синтеза он доказал, что прекрасно можно получить такие смеси, несмотря на то что разность ионных радиусов очень значительна. Это указывает, что применять выводы из ионных радиусов для суждения о химической структуре кристаллов нельзя без поправок и без проверки химическим синтезом.

При применении ионных радиусов допускают, что атомы в решетке образуют чрезвычайно плотные структуры, в которых будут почти соприкасаться радиусы химического действия, называемые ионными радиусами. Титановые и кремневые тела плотных структур образовать не могут, но их твердые растворы устойчивы. Из этого примера ясно, что на основании одних ионных радиусов нельзя точно судить о химической структуре.

Необходимо точно разобраться в структуре химических соединений, пользуясь методом, который дается рентгенометрией, и исходя не из того неверного представления, что алюмосиликаты являются солями кремневых кислот, а из их структуры как солей комплексных кислот разнообразного характера, разнообразной структуры и разнообразных свойств.

Благодаря гипотезе проф. Махачки можно в рентгенограмме выделить структуру, представляющую каолиновое ядро, которое в пространстве будет выражаться группировкой атомов, выявляющихся в целом ряде повторением в структуре минералов $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ двух тетраэдров $(\text{AlO}_4)^{-5}$ и двух $(\text{SiO}_4)^{-4}$. Опыты Лемберга и ряда других химиков, которые собрали огромный материал, и бесчисленные наблюдения в природе показывают, что легко идут химические процессы, в которых 4 таких комплекса: $2(\text{AlO}_4)^{-5}$ и $2(\text{SiO}_4)^{-4}$ сохраняются нерушимыми. Действительно, когда вы рассматриваете рентгенограмму многих алюмосиликатов, вы их видите реально. Они представляют собой ячеистые структуры, в которых соединено с 2Al и 2Si 12 атомов кислорода ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{12}$); часто в этих решетках с атомами алюминия и кремния соединены все кислороды (в простых солях, гидратах и ангидридах каолиновых алюмосиликатов).

В рентгенограммах полевых шпатов и цеолитов это явление ясно выражено. Нет никакого сомнения, что у всех таких минералов наблюдается одно и то же комплексное каолиновое ядро. Важно помнить, что это ядро $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ эндотермического характера. При его распаде выделяется тепло. Это было проверено в 1931 г. в лаборатории Эйтеля, и получилось почти то же число, которое в первый раз нашли Д. Чернобаев и С. Вологдин. В рентгенограмме каолиновые ядра резко проявляются в главных группах каолиновых алюмосиликатов: полевых шпатов, цеолитов, скаполитов, нефелинов и т.д. Однако они исчезают, и их нет при толковании рентгенограмм таких обычных каолиновых алюмосиликатов, как каолины или слюды, которые легко образуются в природе и синтетически из полевых шпатов и других каолиновых алюмосиликатов и в них переходят.

Возьмем, например, каолин; общая химическая формула будет иметь такой вид: $\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Одна молекула воды представляет собой воду, определяющую кислоту (воду гидроксильной группы кислоты), а другая молекула воды имеет иной химический характер и не замещается металлом (оксигруппа).

То же противоречие между рентгенограммой и химическими реакциями имеем и для мусковита, который химически связан и с каолином и с полевым шпатом. Ни для каолина, ни для мусковита рентгенологи не находят каолинового ядра. Это особенно непонятно, так как при распаде каолинового ядра должно выделяться тепло. Его отсутствие совершенно непонятно с химической и физической точек зрения; если бы рентгенограммы мусковита и каолина были верны, это явление распада и образование эндотермического

ядра должно было бы наблюдаться на каждом шагу. Очевидно, необходимо новое исследование этих тел – рентгенометрическое, исходя из допущения существования в них каолиновых ядер. Нужно помнить, что пользоваться рентгенограммами – дело достаточно сложное. Мы видим не самые атомы, а лишь проекции рядов, по которым расположены какие-то атомы. Очевидно, с этими рядами не так просто справиться. Тут всегда имеют место некоторые – иногда очень неясные – гипотетические предпосылки.

Поэтому я считаю, что основная задача, которая стоит сейчас перед минералогией, это синтез; полученные синтетически соединения должны быть изучены рентгенометрически, исходя из химических данных. При этом, как правильно указывает Ф.Ю. Левинсон-Лессинг, мы должны брать чистые химические соединения. Это еще более важно в минералогии, чем в петрографии. Мы должны сейчас обратиться к изучению минералов так же, как это имеет место в органической химии. Но для этого первым и основным методологическим условием является использование *химически чистых исходных тел*. Те примеси, о которых говорил Ф.Ю. Левинсон-Лессинг, являются здесь совершенно недопустимыми, потому что из-за них можно запутаться в самых простых явлениях. Следовательно, исходными должны быть определенные химически чистые тела. Примесей не должно быть, т.е. примеси должны выражаться такими микроэлементами, которые мы называем следами. Это должно быть чистое вещество на 99,9%, может быть даже на 99,99%.

Надо получить для алюмосиликатов ряд рентгенограмм определенных химически чистых соединений и произвести ряд химических синтезов для выяснения их химического строения. Надо выяснить, какого рода вообще могут получаться соединения из исходных окислов. Первой задачей минералогического синтеза в этой группе должно быть освещение семейства каолина. В нем сейчас известны три разных тела: диккит, каолинит, накрит. Они все получены в последнее время синтетически (но не химически чистые), и получены не только все три, но, по-видимому, еще и четвертое. Возможно, что мы имеем здесь дело с изомерией; меняются оптические свойства и удельный вес, но совсем не выяснено, меняются ли химические свойства. Все их рентгенограммы и все физические данные, которые мы имеем, недостаточно точны, потому что нет химически чистого вещества и притом химического чистого вещества, *полученного в большом количестве*.

Одна из основных задач для алюмосиликатов – получение в большом количестве (килограммы) различных разностей группы каолинита и изучение их химических свойств. Ибо мы знаем из предыдущего синтеза, что из каолина можно легко получить все каолиновые алюмосиликаты и все их легко перевести в каолин. Для каолина, как я указывал, характерно резкое химическое отличие двух молекул воды. Одна представляет, вероятно, оксигруппу, т.е. может заменяться галоидами и, может быть, О. В целом ряде случаев мы имеем среди минералов фторсодержащие тела, в которых фтор становится на место кислорода или оксигруппы (т.е. ОН). Есть минералы с оксигруппами, которые до сих пор синтетически никогда не были получены (например, хлориты или хлоритоиды). Для них (для выяснения их строения) опять-таки у нас нет никакого другого пути, как изучение химически чистых синтетически полученных тел, выяснение условий их получения и взаимного их отношения к целому ряду других тел, строение которых известно. Мы должны идти тем

путем, каким слагалась органическая химия, исходившая из хорошо изученных химически чистых продуктов. Мы должны получить синтетически тела, отвечающие только растворителю минерала, а не изучать растворы, какими являются сами минералы. Основное в рентгенометрии это то, что мы должны исходить из *физически* точных данных химически чистого вещества.

Сейчас рентгенограмму строят иначе. Недавно я говорил с рентгенологами. Они работают так, что стараются совсем ничего не знать о химическом составе и, исходя из самой общей эмпирически-стехиометрической формулы, пытаются разобраться в рентгенограмме. Так получена, наверное, и каолиновая структура. Эта методика, вероятно, привела к тому противоречию, какое существует, например, между формулой ортоклаза и каолина или ортоклаза и мусковита. К тому же атомы водорода не дают отпечатков.

Правильно оперируя химически чистыми исходными соединениями (растворителями изоморфной смеси), синтез даст более точные заключения о химическом составе, чем рентгенометрическое исследование минералов – сложных твердых растворов.

При помощи синтеза и рентгенограммы его продуктов надо попытаться выйти из того противоречия, в каком мы находимся. В этом случае получается продукт с наименьшим количеством разнородных атомов. Берут чистую форму растворителя и в ней получают распределение атомов и ее химические свойства. Структур растворителей алюмосиликатов будет много, но правильнее начать с растворителей алюмосиликатов, для которых всегда должны сохраняться оба комплекса: $[\text{AlO}_4]^{-5}$ и $[\text{SiO}_4]^{-4}$. Они всегда должны быть в каолине, если мы не имеем какого-нибудь нового химического явления. Если такая рентгенометрическая съемка чистого каолина покажет, что в нем нет ни комплекса $[\text{AlO}_4]^{-5}$, ни комплекса $[\text{SiO}_4]^{-4}$ или что разные атомы алюминия различны (как в мусковите), то мы должны искать для этого явления химического объяснения.

Такое изучение каолиновых алюмосиликатов – их синтез – должно быть исходным для всей дальнейшей работы. Перед синтезом в минералогии должна быть поставлена прежде всего задача выяснения химических структур растворителей минералов, а не получение минералов. Для этого должны браться химически чистые тела. Не должно быть никаких примесей, потому что от примесей никакой пользы и помощи в работе нет, так как даже химические формулы растворителя с трудом выявляются в сложных изоморфных природных смесях.

Важно еще отметить, что рентгеновская методика до сих пор не дает возможности точно и ясно учитывать легкие элементы, в данном случае водород. Поэтому, не оставляя рентгена, нужно переходить к другой, более тонкой методике – к электронограммам. Нужно сказать, что мы слишком часто бросаем дело на полпути, быстро меняем методику, бросаем одно, гонимся за другим и т.д. В частности, у нас в Москве была здесь электрометрическая установка. Я надеюсь, что химическая лаборатория Ломоносовского института в той или другой форме эту установку сохранит и даст ей возможность развиваться дальше, так как мы должны думать о будущем. Незачем плестись в науке в хвосте Запада, когда мы можем идти впереди. Я считаю, что нужно употребить все усилия для того, чтобы получить, с одной стороны, рентгенограммы и, с другой стороны, электронограммы семейства каолина. Нужно восстановить то, что в Москве недавно было уничтожено, и продолжить эти опыты,

учтя частный случай каолина, так как он дает нам возможность точно знать распределение атомов водорода, которые теперь мы можем строить с большой степенью произвола. Но главное это то, что минералогический синтез должен вестись в чистом виде и в данный момент в первую очередь должна быть поставлена задача не воссоздания минералов, а воссоздания химически чистых растворителей, твердыми растворами которых являются минералы.

О НОВОМ НИКЕЛЕВОМ МИНЕРАЛЕ – КОЛОВРАТИТЕ

«Доклады Российской Академии наук», А, 1922,
январь–декабрь, с. 37

Я хочу в этой краткой заметке отметить существование своеобразного, совершенно нового никелистого минерала, открытого еще в 1916 г., который до сих пор не мог быть нами изучен в связи с тяжелыми условиями переживаемого времени.

Во время исследования, произведенного Б.А. Линденером и Богословским в Фергане летом 1916 г. с целью выяснить продолжение уранованадиевых руд (тюямунита – кальциевого уранованадата), было встречено довольно широкое распространение очень схожего по внешнему виду желтого минерала (мелкие кристаллические пластинки), очень слабо радиоактивного. Пробы, сделанные в нашей лаборатории И.Д. Старынкевич, тогда же указали в этом минерале значительное содержание ванадия и никеля. Одновременно тот же минерал был привезен экспедицией Рябушинского, снаряженной в ту же область в том же году, с которой наша экспедиция находилась в научном контакте. Проверка на никель и этих образцов указана на присутствие в них никеля, и предварительные анализы этой никелевой руды были опубликованы В.Н. Вебером, сообщившим относящуюся к этим телам предварительную заметку И.А. Преображенского¹. Количество NiO в некоторых образцах доходило до 12,22% при 6,20% V₂O₅. Анализы носят совершенно предварительный характер.

Сейчас в Радиовом институте А.П. Александровой-Бушуевой производятся очистка материала и анализ, а равно и изучение физических свойств этого тела.

Это, несомненно, совершенно новый минерал, дающий для никеля новый ряд, так как никелевые ванадаты до сих пор не были известны. Я называю его в память безвременно погибшего радиолога Л.С. Коловрат-Чирвинского, исследовавшего его на радиоактивность, *коловратитом*.

Теоретический интерес нахождения этого минерала очень велик. Не исключена возможность и его практического значения. Он встречен в кремнистых брекчиевидных породах на значительном протяжении [не менее 130 км для крайних пунктов, от кишлака Иски Науката (Бель-Урюк) на востоке и до кишлака Чарку на запад около р. Исфары, в Маргеланском уезде Ферганской области] и является новой генерацией в этих обломочных образованиях. Выделения коловратита связаны, по-видимому, с теми же самыми дислокационными направлениями, с какими связано месторождение тюямунита на Тюя-Муюне.

¹ В. Вебер. Полезные ископаемые Туркестана, Приб. I, Пг., 1917, с. 42.

О ВОДОРОДНЫХ МИНЕРАЛАХ

*(Доклад в физико-математическом отделении
Академии наук СССР, 6 февраля 1924 года)*
«Доклады Академии наук», А, 1924, апрель–июнь,
с. 74–76

1. Вопросы классификации минералов, одно время вышедшие из круга текущих интересов науки, должны сейчас вновь обратить на себя внимание.

Два научных достижения это вызывают.

С одной стороны, выяснилось, что элементарный химический состав земной коры не есть случайное явление, зависящее от взаимодействия случайных геологических факторов. Этот состав связан с характером химических элементов, есть некоторая функция строения их атомов.

С другой стороны, стало несомненным, что ни один минерал, как бы редок он ни был и как бы ничтожна ни была отвечающая ему масса вещества, не есть случайное явление. Он тесно генетически связан с образованием других минералов, определяет характер того химического равновесия, в результате которого они все получаются. В геометрической поверхности, определяющей это равновесие, он отвечает определенной ее точке, которую мы можем геометрически определить, если изучим законы равновесия.

Мы наблюдаем здесь то же самое явление, которое всюду видим в окружающей нас природе: ничтожные массы вещества вызывают огромные последствия и сами являются закономерным следствием больших природных явлений. В живой природе миллионы лет существуют, непрерывно возобновляясь, редкие виды животных или растительных организмов, все количество которых в земной коре очень часто в каждый момент не превышает немногих граммов и того меньше. В атмосфере постоянно возобновляется ничтожное количество радиевой эманации, в гидросфере поддерживается приблизительно то же количество входящих в состав морской воды элементов, таких редких, как медь, цинк или серебро. Точно так же не случайно и связано неразрывно с большими земными процессами нахождение редких минералов, встреченных в одном–двух месторождениях в количествах, исчисляемых граммами, – нахождение майрсита, лорандита, канфильдина, барисилита и т.д.

2. Очевидно, при таком представлении о природных процессах вопросы классификации получают то значение, какого они раньше не имели.

Во-первых, ясно, что так как наблюдаемые в земной коре минералы не случайны, то нахождение или отсутствие в земной коре тех или иных типов, возможных для данных химических элементов, соединений есть закономерное явление. Правильно построенная полная классификация минералов может поэтому служить исходной точкой для новых разнообразных выводов. В возможно законченном виде она явится самым широким эмпирическим обобщением в минералогии, всех последствий создания которого мы сейчас не можем и предвидеть.

Во-вторых, не менее неизбежно, что основы классификации должны быть определены свойствами наиболее распространенных в земной коре химических элементов. При этом, так как минералы являются или химическими молекулами или построенными из атомов кристаллами, имеет значение не весо-

вое количество химических элементов, а распространенность в земной коре данного элемента.

На значение такого исчисления впервые обратил внимание А.Е. Ферсман в 1912 г. Наиболее распространенными являются в земной коре атомы четырех элементов, а именно:

Кислород	53,81	земной	коры
Водород	17,18	»	»
Кремний	15,85	»	»
Алюминий	4,76	»	» ¹

Из этих элементов кислород и кремний издавна определяют главнейшие черты минералогических классификаций; значение алюминия вытекает из той классификации, которая дана мною для алюмосиликатов (1891 г.), но водород совершенно исчезает во всех мне известных минералогических классификациях.

3. Причиной этого является жидкий и газообразный характер отвечающих ему минералов – твердые кристаллические тела встречаются среди них относительно редко. Между тем внимание минералогов главным образом давно уже обращено на тела твердые и особенно на тела кристаллические.

Принимая во внимание тела жидкие и газообразные, легко убедиться, что отдел водородных минералов не только существует в земной коре в виде нескольких групп, но тела эти играют видную, исключительную роль в ее химии.

Этого и надо было ожидать ввиду того значения, какое имеет водород в космосе и в среде химических элементов.

4. Мы имеем следующие группы минералов, которые я объединяю в отдел *водородных минералов*²:

1) группа *воды*;

2) группа *сероводорода* и его аналогов (H_2Se и т.д.);

3) группа *аммиака* и его аналогов (например H_3P);

4) группа *углеводородов*. В этой группе мы имеем несколько подгрупп, в том числе более сложные соединения – *азотистые производные* углеводородов (метилхинолеины и, должно быть, другие), *сернистые производные* (из тиофенов?), *фосфористые* и, может быть, *кислородные*;

5) группа *галогидных водородов* (HCl , HF).

5. Введение отдела водородных минералов в классификацию устраняет, во-первых, некоторые неясности прежних классификаций, во-вторых, оно позволяет отметить некоторые характерные черты химии земной коры.

Так, впервые получают свое место углеводороды, обычно рассматриваемые в группе органических соединений³, охватывающих тела, генетически связанные с жизнью. Однако, хотя главные массы углеводородов, действительно, с ней генетически связаны, они являются продуктом метаморфизма

¹ А. Ферсман. Химические элементы Земли и Космоса, Пг., 1923, с. 18.

² См. В. Вернадский. История минералов земной коры, I, вып. 2, Л., 1927 [с. 301 настоящего тома].

³ Отдел органических соединений распадается на разные независимые группы при таком делении водородных минералов. См. мою «Историю минералов».

(фреатические минералы) и играют большую роль в ювенильных процессах магматической области¹.

Вода и сероводород в обычных классификациях не уместаются и стоят особняком. Здесь они получают соответствующее место.

6. Гораздо важнее, однако, то, что введение этого отдела минералов; позволяет выяснить некоторые черты химии земной коры. Выясняется *значение в ней водорода*. Все эти минералы чрезвычайно активны, быстро меняются в химических процессах. Их реакции находятся, в тесной связи с образованием ионов водорода (иногда HO' и HS').

Все они наблюдаются во всех земных термодинамических оболочках, но в то же время группы 1–4 теснейшим образом связаны с живым веществом.

Вопрос о существовании других относящихся сюда тел (например водородистых металлов) находится пока в области гипотез.

¹ Об углеводородах см. в моей книге «Очерки геохимии» [Избр. соч.. I, 1954].

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие к третьему тому	5
-----------------------------------	---

ОПЫТ ОПИСАТЕЛЬНОЙ МИНЕРАЛОГИИ

Том II

СЕРНИСТЫЕ И СЕЛЕНИСТЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Общие замечания

Химический состав сернистых и селенистых минералов (§ 1–10)	9
Классификация сернистых и селенистых природных соединений (§ 11, 12)	18
Поле химической устойчивости для сернистых и селенистых минералов (§ 13–17).....	19
Нахождение в природе сернистых и селенистых соединений (§ 18–22).....	22

ПРОСТЫЕ (БИНАРНЫЕ) СЕРНИСТЫЕ И СЕЛЕНИСТЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Вводные замечания

Химические свойства (§ 23–25).....	28
Распространение в земной коре (§ 26–30)	30
Список бинарных, простых сернистых и селенистых соединений (§ 31).....	32

СУЛЬФОКИСЛОТЫ

Сероводород

Газообразный сероводород. Жидкий сероводород. Растворы сероводорода в воде	37
Общие замечания (§ 32–35)	37
Сероводород в атмосфере (§ 36–38).....	40
Сероводород в гидросфере (§ 39–42).....	42
Сероводород в литосфере (§ 43–78).....	47
Изменение сероводорода (§ 79–83)	83
Сероводород в России (§ 84, 85).....	90
Сероводород в Европейской России (§ 86–103)	91
Сероводород в Польше (§ 104).....	132
Сероводород на Урале (§ 105)	135
Сероводород на Кавказе и в Закавказье (§ 106–116)	138
Сероводород в Сибири (§ 117–127).....	166
Сероводород в Степной и Средне-Азиатской России (§ 128–138).....	188

Сероводород в Финляндии (§ 139)	202
Сероводород и деятельность человека (§ 140)	202

СУЛЬФИДЫ И СЕЛЕНИДЫ

Сернистые соединения мышьяка

Реальгар и аурипигмент	203
Химический состав и физические свойства (§ 141–143)	203
Нахождение в земной коре (§ 144–145)	205
Месторождения реальгара и аурипигмента в России (§ 146)	207
Изменение реальгара и аурипигмента (§ 147)	210
Диагноз (§ 148).....	211

Сернистые соединения сурьмы

Антимонит (сурьмяный блеск). Метастибнит	211
Химический состав и физические свойства (§ 149, 150)	211
Нахождение в земной коре (§ 151, 152)	213
Антимонит в России (§ 153–156)	214
Изменение антимонита (§ 157).....	218
Диагноз (§ 158).....	220

Сернистые соединения висмута

Висмутин (бисмутинит, висмутовый блеск). Гуанахуатит	220
Химический состав и физические свойства (§ 159, 160)	220
Нахождение в земной коре (§ 161)	222
Месторождения висмутового блеска в России (§ 162).....	223
Селенистые минералы группы (§ 163).....	224
Диагноз (§ 164)	224

Сернистые соединения молибдена

Молибденит (молибденовый блеск). Йордзит	225
Химический состав и физические свойства (§ 165).....	225
Молибденит в России (§ 166–168).....	226
Изменение молибденита. Деятельность человека (§ 169).....	231
Диагноз (§ 170).....	231
Селениды золота и серебра (§ 170а)	232

СУЛЬФОСНОВАНИЯ И СЕЛЕНОСНОВАНИЯ

Сульфоснования

Общие замечания (§ 171).....	232
------------------------------	-----

Сернистые соединения свинца

Галенит (свинцовый блеск). Джовстонит. Штейнманнит. Гуасколит. Купропльомбит. Алисонит.....	233
Химический состав и физические свойства группы (§ 172–176).....	233
Нахождение в земной коре (§ 177–184)	237
Галенит в России (§ 185–190).....	245
Штейнманнит в России (§ 191)	261
Изменение галенита (§ 192).....	261
Труд человека (§ 193, 194)	262
Диагноз (§ 195).....	265

Сернистые соединения серебра и меди

Аргентит (серебряный блеск). Серебряная чернь. Штроемейрит. Халькозин (медный блеск). Дигенит	266
Химический состав и физические свойства (§ 196–199)	266

Нахождение аргентита и серебряной черни в земной коре (§ 200, 201)	269
Аргентит и серебряная чернь в России (§ 202)	271
Нахождение халькозина и дигенита в земной коре (§ 203–206)	273
Халькозин и дигенит в Европейской России (§ 207–212)	277
Нахождение штроемейерита в земной коре (§ 213)	284
История минералов этой группы (§ 214)	285
Диагноз (§ 215)	286
<i>Сернистые соединения ртути</i>	
Киноварь. Метациннабарит	286
Химический состав и физические свойства (§ 216–218)	286
Нахождение в земной коре (§ 219–220)	288
Киноварь в России (§ 221–224)	291
История киновари. Труд человека (§ 225, 226)	294
<i>Сернистые соединения цинка, железа, марганца, кадмия, никеля, меди</i>	
Сфалерит (цинковая обманка). Вюртцит. Пирротин. Ковеллин и др.	296
Химический состав группы (§ 227–231)	296
Полиморфизм группы (§ 232, 233)	300
Сравнительная характеристика по составу минералов группы (§ 234–237) ..	301
Физические свойства цинковой обманки (§ 238, 239)	306
Физические свойства других минералов этой группы (§ 240–243)	308
Нахождение цинковой обманки в земной коре (§ 244–246)	311
Изменение цинковой обманки (§ 247)	314
Цинковая обманка в России (§ 248–253)	315
Вюртцит и гринокит в земной коре (§ 254)	320
Марганцовая обманка (алабандин) в земной коре (§ 255)	321
Миллерит в земной коре (§ 256)	322
Распространение ковеллина (§ 257)	323
Нахождение ковеллина в России (§ 258–260)	323
Месторождения пирротина, никелистого пирротина и пентландита (§ 261–264)	325
Пирротин в России (§ 265–269)	329
История минералов этой группы. Труд человека (§ 270–272)	332
<i>Сернистые кальций, барий, стронций</i>	
Ольдгамит. Сернистый барий, сернистый стронций (§ 273, 274)	334
<i>Сернистые щелочи: Na₂S, K₂S, Am₂S</i>	
Нахождение сернистых щелочей в воздухе и в источниках (§ 275)	335
ДВОЙНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ СУЛЬФО- И СЕЛЕНООСНОВАНИЙ	
<i>Соединения серебра, меди и ртути</i>	
Агвиларит. Онофрит (§ 276)	336
Диагноз (§ 277)	336
СЕЛЕНООСНОВАНИЯ	
<i>Селенистые соединения свинца и серебра</i>	
Клаусталит. Науманнит (§ 278, 279)	336
<i>Селенистые соединения серебра и меди</i>	
Эвкайрит (§ 280)	338
Цитированная литература	339
ГЛАВНЫЕ УКАЗАНИЯ ЛИТЕРАТУРЫ	
А. Общая литература	382
Б. Литература по топографической минералогии	410

Европа.....	410
Азия.....	433
Северная Америка.....	437
Южная и Центральная Америка (Латинская Америка).....	443
Африка.....	447
Австралия и Океания.....	449
Антарктика.....	452

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ МИНЕРАЛОГИИ

Задачи минералогии в нашей стране (1927).....	453
О земных алюмофосфорных и алюмосерных аналогах каолиновых алюмосиликатов (1938).....	465
О геологических оболочках Земли как планеты (1942).....	473
Об ангидридах глин (группе леверрьерита) (1923).....	486
О поведении каолина при нагревании (1923).....	488
Продукт обезвоживания каолина (1924) (Совместно с В.К. Агафоновым).....	491
Действие нагревания на каолинит и каолиновые глины (1925).....	493
О каолиновом ядре алюмосиликатов и их значении в земной коре (1929).....	502
О цветности алюмосиликатов (1931).....	513
Некоторые соображения о химическом изучении алюмосиликатов (1933).....	529
О задачах синтеза в области алюмосиликатов (1937).....	556
О новом никелевом минерале – коловратите (1922).....	565
О водородных минералах (1924).....	566

Научное издание

ВЕРНАДСКИЙ
Владимир Иванович

СОБРАНИЕ СОЧИНЕНИЙ
в двадцати четырех томах

Том третий

Опыт описательной минералогии
(1914–1922)

*Утверждено к печати
Ученым советом*

*Института геохимии и аналитической химии
им. В.И. Вернадского Российской академии наук,
Комиссией РАН по разработке научного наследия
академика В.И. Вернадского*

Печать иллюстраций соответствует
представленному архивному материалу

Художник *В.Ю. Яковлев*
Технический редактор *Н.А. Посканная*
Корректоры *З.Д. Алексеева, А.Б. Васильев,*
Е.А. Желнова, Т.А. Печко, Т.И. Шеповалова
Компьютерная верстка *С.В. Ииутиной*

Подписано к печати 28.03.2013
Формат 70 × 100¹/₁₆. Гарнитура Таймс
Печать офсетная
Усл.печ.л. 46,9. Усл.кр.-отг. 46,9. Уч.-изд.л. 52,5
Тип. зак.

Издательство «Наука»
117997, Москва, Профсоюзная ул., 90

E-mail: secret@naukaran.ru
www.naukaran.ru

ППП «Типография “Наука”»
121099, Москва, Шубинский пер., 6

ISBN 978-5-02-038096-7



9 785020 380967

