

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. 2. Опыт описательной минералогии (1908–1914) / науч. ред. и сост. академик Э.М. Галимов. – 2013. – 572 с. – ISBN 978-5-02-038095-0 (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.

Второй том содержит первую часть фундаментального сочинения В.И. Вернадского «Опыт описательной минералогии», публиковавшегося отдельными выпусками с 1908 по 1914 г. В него включены также многочисленные добавления, сделанные В.И. Вернадским позже. Самостоятельную ценность представляет составленная В.И. Вернадским обширная библиографическая сводка.

ISBN 978-5-02-038093-6
ISBN 978-5-02-038095-0 (т. 2)

© 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 КО ВТОРОМУ ТОМУ*

Этот и следующий том включают фундаментальное сочинение В.И. Вернадского: «Опыт описательной минералогии». Эту работу В.И. Вернадский публиковал в виде отдельных выпусков. Пять выпусков первого тома выходили с 1908 по 1914 год. Второй том публиковался двумя выпусками в 1918 и в 1922 годах.

В заметках для лекций по кристаллографии 1891–1893 годов Вернадский записывает: «Кристаллография и минералогия – две разные науки. Кристаллография есть учение о физических и химических свойствах вещества в твердом состоянии. Минералогия есть учение о химических реакциях, которые могут происходить в планетарном мире, главным образом на Земле, в связи с изложением свойств тех химических соединений – продуктов этих реакций – которые составляют земной шар...».

В письме Я.В. Самойлову 14 марта 1904 года В.И. Вернадский пишет: «После долгих колебаний решился отложить печатание 2-го выпуска кристаллографии и начать с осени печатать «Описательную минералогию». Побудило меня к этому, то обстоятельство, что у нас нет теперь под руками никакой книги по минералогии, и я это очень сильно чувствую на каждом шагу». Хотя труд В.И. Вернадского называется «Опыт описательной минералогии», его опыт в действительности состоял в том, что он перешел от минералогии описательной к минералогии как к учению о химических процессах.

Упоминая о влиянии на его становление замечательного русского ученого Василия Васильевича Докучаева, он пишет в дневнике, в апреле 1891 года, когда он только что приступил к преподаванию в Московском Университете: «Он впервые обратил мое внимание на динамическую сторону минералогии, изучение минералов во времени. Я был одним из немногих, построивших в это время преподавание минералогии не на статическом охвате Линнея, но на динамическом представлении о минералах в земной коре Бюффона» (с. 98).

Настоящий том печатается по тексту II тома «Избранных сочинений» В.И. Вернадского, изданных под редакцией А.П. Виноградова в 1955 году. Он посвящен самородным элементам и газам. В него были включены многочисленные добавления, делавшиеся В.И. Вернадским после завершения работы 1908–1914 годов. Составители «Избранных сочинений» отмечают, что по сохранившимся рукописным архивам во второе издание («Избранные сочинения» т. 2) первого тома «Опыта описательной минералогии» было добавлено

* См. общее предисловие к данному собранию сочинений В.И. Вернадского в первом томе, с. 5–8.

около 200 страниц текста. Большую работу по расшифровке рукописных текстов выполнила А.Д. Шаховская.

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» (Наука, 2002 г.) под редакцией профессора М.И. Новгородовой. В эту книгу оказалась не включенной большая часть работы В.И. Вернадского (§ 311–414), посвященная газам. В современной трактовке газы не являются минералами. Однако В.И. Вернадский в силу растущего у него «геохимического» понимания минералогии рассматривал твердые минералы вместе с водой и газами, как неразрывных участников единого природного процесса. В.И. Вернадский считал, что «ограничивание как области кристаллографии так и минералогии твердыми состояниями материи, представляет совсем искусственное и не оправдываемое деление» (из дневника 15 мая, 1884 г.). Он включил элементарные газы в первый том «Опыта описательной минералогии», так же как сероводород в число сернистых минералов во втором томе «Опыта описательной минералогии» (3-й том настоящего Собрания сочинений В.И. Вернадского), и так же как «Историю природных вод» включил во второй том «Истории минералов земной коры» (5-й том настоящего Собрания сочинений).

Отметим, что как и в предыдущих изданиях в данном собрании сочинений сохранено написание географических названий, а также терминология автора в обозначении горных пород и номенклатуры минералов.

Э.М. Галимов

ОПЫТ ОПИСАТЕЛЬНОЙ МИНЕРАЛОГИИ

Том I

САМОРОДНЫЕ
ЭЛЕМЕНТЫ

ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА К ПЕРВОМУ ИЗДАНИЮ

(к первому выпуску)

Я думаю издавать предлагаемую вниманию читателя работу выпусками по 10–12 листов каждый. В конце первого тома будут даны дополнения и исправления к библиографии, помещенной на с. 11–113¹. Уже после отпечатания мною замечены в ней многочисленные пропуски и некоторые ошибки. Суждение о ней можно иметь лишь после окончания первого тома.

Работа рассчитана на несколько томов и на много лет. После первого тома, заключающего самородные элементы, я предполагаю выпустить второй – сернистые тела, и затем четвертый² – соединения кремнезема, простые и сложные.

Март 1908 Москва

¹ Библиография перенесена в следующий том «Опыта описательной минералогии». В конце настоящего тома приводится список цитированной литературы.

² Том третий, в который должны были войти окислы, гидраты и др., намечался к выпуску после силикатов.

ОТ АВТОРА¹

Работа эта печаталась значительно дольше, чем я рассчитывал. Первый выпуск вышел в 1908 г., последний, пятый, отпечатан в конце 1913 г., но вышел только в 1914 г. Уже одно это вызвало необходимость значительных дополнений – как новейших данных, так и пропусков старого. Дополнения эти помещены на с. 706–780², включены в указатели и в оглавление. Однако и сейчас, когда уже этот том был закончен, у меня собралось много новых данных, изменений и исправлений, не только необходимых ввиду непрерывного движения науки вперед, но и пропущенных и раньше мне не известных из старой литературы. Если мне придется дать 2-е издание первого тома, то они будут включены в него; если нет, – то будут помещены в виде дополнения при втором томе.

Второй том – сернистые соединения – печатается.

Мне трудно благодарить всех лиц, помогавших мне при издании. Я всюду встречал содействие и помощь, и только один раз (к сожалению, в России) встретил отказ в пользовании собраниями одного из публичных музеев, но и ими надеюсь воспользоваться для дальнейшей работы.

Огромный труд по составлению указателей сделан в значительной мере Н.Е. Вернадской и С.С. Ольденбургом, отчасти мною.

Помощь при корректуре оказали мне Н.Е. Вернадская, Н.В. Вернадская, А.С. Короленко, Е.Д. Ревуцкая.

Целый ряд данных при работе получен мной при справках в минералогических музеях Академии Наук, Петербургского университета, Московского университета, Новороссийского университета, Томского университета. Киевского университета, Казанского университета, Харьковского университета, Варшавского университета, Гельсингфорсского университета, Новороссийского университета, Московского и Новоалександрийского сельскохозяйственных институтов, Екатеринославского горного института, Томского технологического института, Берлинского, Лондонского и Венского Национальных музеев, в собраниях *Museum d'histoire naturelle* и *Ecole des Mines* в Париже, Минералогического музея в Мюнхене.

Разнообразную помощь при работе указаниями на ошибки и пропуски, дополнениями, новыми данными, указанием литературы, фотографий и т.п. мне оказали следующие лица, которым я приношу глубокую благодарность: П.К. Алексат, проф. Ф. Берверт, проф. Л. Боргстрем,

¹ К первому изданию, 1914 г.

² В данном издании все дополнения включены в текст.

В.Н. Вебер, Н.К. Высоцкий, А.П. Герасимов, проф. П. Грот, д-р Грюнлинг, проф. Л.Л. Иванов, Г.И. Касперович, В.И. Крыжановский, Л.А. Крыжановский, Б.Г. Карпов, С.Д. Кузнецов, проф. А.Е. Крымский, академик А.П. Карпинский, проф. К. Клейн, проф. В.В. Карандеев, проф. А. Лакруа, Б.А. Линденер, К. Марков, К.А. Ненадкевич, В.Г. Орловский, д-р Г.Т. Прайор, проф. Б.К. Поленов, проф. П.П. Пилипенко, проф. С.П. Попов, Е.Д. Ревуцкая, проф. Я.В. Самойлов, Н.И. Сургунов, проф. И.Ф. Сиома, И.П. Толмачов, Н.Н. Тихонович, проф. А.Е. Ферсман, проф. Г.В. Хлопин, академик Ф.Н. Чернышев, Л.А. Ячевский. Очень боюсь, что этот список неполон, – так долго и медленно шло печатание и многое не удалось зафиксировать.

Очень буду рад за всякие указания ошибок, недосмотров и новых данных.

Рисунки, помещенные в тексте, во многом оказались неудачными. Надеюсь, что во втором томе или при новом издании первого их удастся улучшить.

В той форме, как этот труд разросся, боюсь, что мне не удастся довести его до конца, но не хочется уменьшать его размеры и изменять его план. Основной задачей является пересмотр природных химических соединений Земли с точки зрения химических процессов, в ней идущих. Это, по моему мнению, есть главная задача минералогии, которая, подобно химии, должна изучать не только продукты химических реакций, но и самые процессы реакций. Этот взгляд на минералогию и переработка в этом смысле всего материала минералогии проводились мною последовательно, с начала 1890-х годов, при чтении лекций по минералогии в Московском университете. При обработке университетского курса и при установке богатого минералогического собрания Московского университета и вырос этот «Опыт».

Исходя из этого взгляда на минералогию, я включил в нее газы, которые были выброшены из минералогии под влиянием увлечения кристаллографией в первой половине XIX столетия и без которых невозможно понимание химических процессов земной коры. В связи с этим мною критически пересмотрены все данные, касающиеся генезиса минералов и их химического состава. Очевидно, это вызвало необходимость новой классификации минералов, которая была мною выработана и проводима в Московском университете. Эта классификация отразится особенно сильно на содержании следующих томов.

Наряду с такой переработкой материала минералогии я пытался одновременно включить в этот «Опыт» еще две задачи. Во-первых, я стараюсь выяснить значение человека в генезисе минералов. Эти данные излагаются в историко-технических очерках, которые даются для каждой группы. Мне кажется, что этим путем выясняется любопытная и крупная роль *homo sapiens* в химических процессах Земли, которая, насколько знаю, никогда не была сведена в единое целое человеческой мыслью. Другой задачей было – дать, по возможности, полную топографическую минералогию Российской империи, которая в последний раз была дана, в гораздо меньшем размере, академиком В.М. Севергиным сто лет раньше.

Очень возможно, что это соединение трех различных целей, неравнозначных и неравномерных по объему, отражается на изложении и на сочинении, но их соединение обусловлено известной экономией работы, которая при

этом получается. К тому же всякий автор волен в своем изложении. В той же системе я думаю продолжать и следующие тома. Всюду я стараюсь опираться на первоисточники. Литература указывается главнейшая и та, которая считается мною наиболее интересной. Всюду я стараюсь дать заглавие тех работ, в которых читатель найдет дальнейшие указания литературы вопроса. Для русских месторождений я стараюсь указывать всю литературу, где имеются какие-нибудь оригинальные – не заимствованные – данные об описываемом минерале или месторождении.

Я ясно вижу все пропуски и недосмотры работы. Постоянно открываю их сам там, где, казалось, добился полноты и точности. Это в значительной мере вызвано огромностью сделанной человеком работы и недостаточной организацией сводок и справочников. Особенно это чувствуется для старой русской литературы. Как увидит читатель, при этой работе мне во многих случаях приходится менять представление о сделанном по тому или иному вопросу, приходится вновь находить забытых исследователей и забытые работы¹.

*С.-Петербург, Декабрь 1913
Академия Наук*

¹ [В 1925–1927 гг. В.И. Вернадский опубликовал первый том книги «История минералов земной коры» (вып. 1 и 2, 376 + XX стр.), где он дает более новое описание самородных металлов и металлоидов. Эта работа намечена к изданию в четвертом томе «Избранных сочинений» В.И. Вернадского].

ВВЕДЕНИЕ

Несколько замечаний о классификации минералов

1. Когда-то вопросы классификации минералов, их систематики, казались основными, составляли «философию» минералогии; вокруг них велись долгие и горячие споры. Понятия минерального «вида», «рода», «класса», «семейства», выработанные одновременно с установлением этих идей в области биологических наук, нередко одними и теми же лицами, играли первостепенную роль в курсах описательной минералогии¹. Прошли десятки лет научной работы, и теперь для нас это давно вопросы далекого прошлого. Классификация минералов играет в минералогии такую же подчиненную роль, какую занимает классификация химических соединений в современной химии. Как среди соединений углерода, так и при изучении минералов эти вопросы в значительной мере открыты личным взглядам, вкусам, научным построениям исследователя. И в минералогии, как и в химии, классификации минералов могут и должны быть иными у всякого научного работника, пытающегося охватить целиком всю область минералогии.

Но все же некоторые ограничения личным вкусам и мнениям могут и должны быть поставлены. Ибо в настоящее время научная классификация минералов должна исходить из точного познания их химического состава, неизбежно должна быть *химической классификацией*².

2. Этот принцип был впервые ясно высказан и приложен к описательной минералогии в 1758 г. шведским ученым А. Кронштедтом (1702–1765)³. Однако, хотя его указания на значение химических свойств минералов очень быстро были восприняты – его «Минералогия» была переведена на датский, немецкий, французский, английский, итальянский, русский языки, – все же

¹ См. обзор старинных важнейших классификаций у *Kobell*, 1864, с. 155 и сл., 332 и сл. Литературные данные у *C. Linné*, 1777, с. 85 и сл.; *J. Kopp*, *K. Leonhard u. Gärtner*, 1817, с. 239 и сл.; *Штурм*, 1837, с. 47 и сл.; *Schrauf*, 1864, с. 5 и сл.; *Beckman*, 1906.

² Немногие классификации за последние 30–40 лет в значительной степени основаны на других принципах. Таковы, например, классификации *Стерри Гента* или *Вейсбаха*. См. *Sterry Hunt*, 1891 (1); *Weisbach*, 1875, 4-е изд. 1906. Ср. еще *Sterry Hunt*, 1891 (2), с. 279 и сл. и *Weisbach*, 1899; *Chapman*, 1904. Однако и в этих классификациях химические свойства минеральных тел занимают видное место.

³ *Cronstedt*, 1758 (вышла без автора), 2-е издание в 1781 г. Особенное влияние оказали немецкие переводы, сперва в 1760 г. Видемана (с именем автора: *Cronstedt*), позже – Брюнниха (1770 г.) и Вернера (1780 г.). С перевода Брюнниха вышло и русское издание: *Кронштедт*, 1777; 2-е изд., СПб., 1789. О Кронштедте см. *Werner* – в предисловии к *Cronstedt*, 1780, и *Berzelius*, 1847, с. 167; *Beckman*, 1906, с. 39 и сл.

лишь самые крупные подразделения в классификации XVIII века основывались на химических свойствах природных тел. В общем, систематика была построена на изучении внешних признаков, подобно тому, как были в это время выработаны классификации организмов. Системы этого рода были созданы трудами шведских ученых конца XVII – начала XVIII столетий – Гиэрнэ, Броммеля, Линнея, Бергмана, Валлерия; но на результатах и на почве идей Кронштедта основывался в конце XVIII века и Вернер, идеи которого оказали глубокое влияние на весь уклад минералогии XIX столетия.

Между тем успехи химии в самом конце XVIII столетия, ясно доказавши несостоятельность господствующих естественно-исторических классификаций¹, вызвали новую попытку химической систематики минералов, в тесной связи с их кристаллической структурой. Она была сделана Гаюи (1743–1822)². Но Гаюи не мог всецело систематизировать минералы на основании их химических свойств, несмотря на то, что систематические работы над анализом минералов, главным образом Клапрота³ и Вокелена⁴, дали огромное количество новых данных и еще резче и яснее подчеркнули значение химического познания минеральных тел, чем это можно было думать в эпоху Кронштедта.

3. В 1814 г. Берцелиус⁵ – через 56 лет после Кронштедта – сделал дальнейший решительный шаг в этом направлении. Признав силикаты за соли кремневых кислот, с успехом применив методы Дальтона к природным соединениям, он охватил огромное большинство известных в его время минералов и расположил их в систему, как соединения электроположительных элементов. Идеи Берцелиуса встретили вначале суровую критику среди минералогов, и в 1820–1930-х годах получила господство в минералогии система Моса, основанная почти исключительно на внешних свойствах минералов. Несмотря на это, в конце концов в науке победили идеи Берцелиуса, и они лежат в основе всех наших современных воззрений.

Широкое применение к минералогии и улучшение методов количественного анализа минералов усилиями многих лиц, среди которых по систематичности работы видное место занимает Раммельсберг⁶, привели к тому, что к середине XIX столетия химический состав минерала стал выдвигаться на первое место при определении положения его в системе⁷. Постепенно

¹ См. любопытные замечания у *Fourcroy*, 1804, с. 405 и сл.

² Гаюи изложил эти идеи ясно в «*Traité de minéralogie*», 1801, 1, с. X и сл. Но он начал печатать свою «*Минералогию*» еще раньше, с 1797 г., в «*Journal des Mines*» (с. 163 и сл.). Ср. также *Hauy*, 1809 и 2-е издание «*Минералогии*» в 1823 г.

³ *Klaproth*, 1795–1815.

⁴ Работы Вокелена (*Vauquelin*) рассеяны в разных журналах. Их библиографию см. у *Poggendorff* 1863, с. 1182–1190.

⁵ *Berzelius*, 1814. Эта и следующие его работы были изданы по-немецки в 1816 г.: *Berzelius*. Neues System der Mineralogie, üb. v. Gmelin u. Pfaff, Nürnberg., 1816. Все работы Берцелиуса, относящиеся к этим вопросам, были изданы Раммельсбергом по-немецки в 1847 г.: *Berzelius*, 1847. Ср. по-русски: *Берцелиус*, 1829, с. 64 и сл. О его классификации см. *Beckman*, 1906, с. 148 и сл.

⁶ См. его сводки: *Rammelsberg*, 1841 и прибавления I–V, 1843–1853; *его же*, 1875 и прибавления I–II, 1886–1895.

⁷ Переход совершился быстро. В первом издании лучшего до сих пор сводного труда по описательной минералогии – американца Дж. Дана, «*System of mineralogy*», – вышедшего в 1837 г., нет ни одной химической формулы. Уже во втором издании (1844) химия заняла в нем видное место, а теперь классификация Дана – химическая. Ср. *Miers*, 1901, с. 24–25.

и незаметно, благодаря развитию химии и химического анализа минералов, определение их химического состава оказалось в конце века господствующим классификационным признаком и охватило все классификации минералов¹. Это значение химического состава еще более усилилось с тех пор, как физическая химия стала охватывать все полнее и ярче твердые неопределенные соединения или закономерные механические смеси, долгое время не попадавшие в рамки химических представлений.

4. С признанием этого принципа исчезли из области минералогии многие вопросы, которые долгие годы составляли ее содержание, как, например, вопросы о минеральном виде, о значении внешних признаков минералов; отошли в прошлое стремления выработать естественную классификацию минералов, которая позволила бы открыть взаимные соотношения этих естественных тел, подобно тому, как это достигнуто в биологии применением эволюционных идей.

Если вопросы классификации и могут иметь известное философское и научное значение в области наук о неорганическом мире, они должны основываться не на том отрывочном материале, какой дает нам химия земной коры. Они должны опираться на огромный материал, искусственно получаемый в наших лабораториях, материал, который ничем, кроме своего происхождения, не отличается от объектов минералогии, но в несколько сот раз количественно превышает его и может быть развит до бесконечности. И действительно, в химии значение этой формы изучения явлений не может быть оспариваемо; одно из новейших проявлений классификационной работы – правда в ограниченной области элементов, а не соединений – представляет, например, периодическая система элементов, оказывающая такое могущественное влияние на все развитие химии нашего времени.

Классификационная работа имеет в минералогии другую, гораздо более узкую задачу. Она должна дать удобную схему, которая позволила бы охватить и исследовать химические реакции, в результате которых получаются данные минералы. Но схема эта должна браться не безразлично: она должна вполне соответствовать той классификационной системе, которая отвечает современному состоянию химии, она должна, по возможности, всецело ей соответствовать. Ибо только при этих условиях мы можем сразу увидеть, *какие* из возможных химических тел могут получиться при природных реакциях и какие нет. Только при этом условии мы в состоянии выяснить химическую структуру природных тел, которые слишком слабо представлены в природе для того, чтобы их химическое строение могло быть понято изучением их одних.

Таким образом: 1) классификация минералов должна совпадать с классификацией химических тел, 2) она сама по себе не является задачей минералогии, но только позволяет расставить немногие образующиеся в природе тела

¹ Из современных классификаций см.: *E. Dana*, 1892, I–III Appendix, N.Y., 1899–1914 [1946]; *Groth*, 1898, и французский перевод с дополнениями, 1904; *Rammelsberg*, 1889; *C. Hintze*, 1898–1904; *Tschermak*, 1905. Излагаемая здесь классификация не совпадает ни с одной из них; в своих основах она была уже отчасти издана автором в 1899 г. – см. *Вернадский*, 1899; *его же*, 1901, с. 37; *его же*. Лекции минералогии, 3-е изд., I–II, М., 1910–1912.

среди огромного количества созданных человеческой мыслью соединений и этим путем позволяет понять точнее и полнее их химическую природу и характер образующих их процессов.

5. Удобнее пользоваться, по возможности, упрощенной классификационной схемой. В полном согласии с современным состоянием химии все природные соединения могут быть сведены к следующим XIV группам:

- I. Самородные элементы
- II. Сернистые и селенистые минералы, производные H_2S и H_2Se
 1. Простые соединения
 2. Сложные соединения – сульфосоли (resp. селеносоли)
- III. Многосернистые соединения, производные H_2S_2
- IV. Арсины, стибины и фосфины, производные H_3As , H_3Sb , H_3P , продукты присоединения к ним и их аналоги
- V. Висмутистые соединения
- VI. Теллуристые соединения
- VII. Азотистые соединения
- VIII. Оксисернистые соединения и соединения сернистых тел с водой
- IX. Кислородные соединения типа воды
 1. Окислы
 2. Гидраты, имеющие характер оснований
 3. Гидраты кислотного характера, соли кислот и продукты присоединения к ним¹
- X. Галоидные соединения
 1. Простые
 2. Сложные
- XI. Оксигалоидные соединения и соединения галоидных тел с водой
- XII. Карбиды
- XIII. Угледороды и их сернистые производные
- XIV. Прочие органические соединения
 1. Кислородные и сернистые соединения сложной, ближе не определенной функции (смолы и т. п.)
 2. Сложные и ближе не определенные органические тела, богатые углеродом (поликарбоновые?)

6. Эта схема состоит из групп и подгрупп, которые не могут быть сравниваемы по количеству охватываемых ими соединений или по значению, какое они имеют в земной коре. Так, в IX группу входит огромное большинство природных тел, между тем как в III, V, VII, VIII, XII группах мы едва имеем несколько соединений в каждой. Точно так же в третьей подгруппе IX группы заключается несколько сот соединений, тогда как во второй подгруппе той же группы мы едва имеем 3–4 минерала.

¹ Некоторые минералы лишь с большими оговорками могут быть включены в эту группу, так как являются по своей химической функции более сложными телами, чем соли или продукты их присоединения, но их химическая структура совсем не выяснена. Таковы, например, многие соединения «редких» элементов (например, церия). Некоторые цеолиты точно так же не могут быть рассматриваемы как продукты присоединения, а являются более сложными химическими системами; однако основное ядро цеолита вполне подходит к телам этой группы (см. § 8). Есть несколько содержащих кислород веществ, которые не должны быть отнесены к этой группе, если только подтвердятся указания на их нахождение в природе (например, перекись водорода); они составят самостоятельную группу.

Это обстоятельство является следствием химического состава земной коры и хода в ней химических реакций. Преобладающее значение *кислорода*, составляющего по весу около половины земной коры, объясняет преобладание IX группы минералов, а распространенность на Земле и химические свойства *воды* способствуют выпадению солеобразных соединений. К тому же и количество всех известных минералов относительно невелико¹. Понятно поэтому, что в природе будет встречаться немного представителей тех групп или подгрупп минерального царства, условия образования которых не очень благоприятны.

В общем предлагаемая схема охватывает все минералы, хотя некоторые из них, включая химические элементы, характерные для разных групп, не имеют в ней строго определенного места; так, оксигалоидные соединения (например, атакамит) могут быть отнесены к X и IX группам, или окисернистые (например, кермезит) – к II и IX группам. Я выделяю их в отдельные, как бы промежуточные, группы, согласно ясно определенному одинаковому химическому характеру O, S и Cl в этих телах. Однако это нельзя последовательно провести во всех аналогичных случаях. Иногда химический состав минерала известен недостаточно, химическая роль входящих в его состав элементов не выяснена. Таковы, например, теллуристые соединения висмута или свинца, содержащие одновременно теллур и серу (тетрадимит, нагиагит и т.д.) или теллур и селен (жозеит). Эти тела должны быть рассматриваемы вместе с прочими теллуристыми соединениями, так как, к сожалению, химический характер соединений теллура до сих пор не выяснен и мы не имеем возможности вполне разобраться в химической структуре относящихся сюда минералов. Очень вероятно, что химический характер Te и S в этих соединениях совершенно неодинаков и что они не имеют ничего общего с сернистыми соединениями, т.е. со II группой. Подобным образом и соединения серы, заключающие S и As или Sb, должны быть частью отнесены к арсидам и стибинам (например, мышьяковый колчедан или ульманнит), а частью к сульфосолям (например, пираргирит). Химический характер серы в них резко различен. В одних она так или иначе входит в состав частиц, производных от H_2S (сульфосоли), в других она никакого отношения к H_2S не имеет и, должно быть, является продуктом присоединения к какому-нибудь производному H_3As , H_3Sb или, может быть, их аналогов.

7. В последнюю, XIV группу *органических соединений* выделены все те углеродистые тела, которые, благодаря сложности состава или малой изученности, не могли быть отнесены в предыдущие группы. Другие производные углерода разнесены в разные места классификации; так, например, алмаз или графит включены в I группу, все соединения органических кислот – угольной, щавелевой, мочево́й, меллитовой и т.п. – в IX группу, углеродистые соединения металлов – в XII, углеводороды – в XIII группу и т.д.

¹ Число минералов не может быть точно сосчитано в настоящее время, так как не вполне одинаково отношение исследователей к разностям и к разновидностям. Не считая органических соединений, а равно и всех неточно определенных минеральных разностей и разновидностей, Дана и его продолжатели насчитывали около 900 отдельных минеральных видов (E. Dana, 1892, добавления), что много ниже действительности.

В этой группе «органических соединений» (и, соответственно, в органических кислотах и солях IX группы) мы находимся на границе минералогии. Ибо в нее, конечно, не должны быть включены все те многочисленные и разнообразие тела, которые вырабатываются организмами или при гибели организмов являются *первыми* продуктами их распада, хотя эти соединения, несомненно, находятся в теснейшей связи с общими химическими процессами земной коры. Как бы ни был решен вопрос об источниках энергии и о силах, которые действуют в организмах, во всяком случае организмы представляют в природе центры и области химических реакций, резко отличных по своему характеру от тех процессов, какие мы изучаем в минеральном царстве. В иных случаях вопрос долго представлялся спорным, например, такие любопытные в истории минералогии случаи, как вековой вопрос о серой амбре (продукте кашалотов)¹ или – о жемчуге².

Иногда мы имеем среди минералов вещества, которые образуют непосредственные переходы к телам, являющимся объектами физиологической и агрономической химии (например, газы почв, копал, минералы, непосредственно связанные с генезисом торфа, гниением организмов, и т.п.). Здесь нельзя провести резкой грани между областями минералогии и этих наук, тем более что в общей схеме химических процессов земной коры, как они нам теперь представляются, организмы являются важными и неизбежными звеньями, исключить которые мы не можем, если желаем получить научное представление о правильностях, наблюдаемых в химии земной коры. Включая в область описательной минералогии многие продукты жизнедеятельности или распада организмов, само собою разумеется, мы будем подходить к этим телам с совершенно другими целями и задачами, чем с какими обращается к ним биолог.

8. Наконец, в данной классификации приняты во внимание лишь главные составные части минерала – господствующие в нем соединения. Состав каждого минерала крайне сложен и только в редких, совершенно исключительных случаях может быть выражен в формуле химически чистого определенного соединения (таковы, например, иногда кварц – SiO_2 , антимонит – Sb_2S_3 , реальгар – As_2S_2 и т.д.). Этим свойством минералы резко отличаются от тех тел, которые еще недавно всецело служили главным предметом изучения химии. В подавляющем большинстве случаев минералы представляют из себя сложные группы очень разнообразного химического характера. Среди них встречаются различные группы физических и химических смесей, как, например, изоморфные смеси, газообразные смеси, жидкие растворы; непосредственно примыкают к ним и такие природные твердые растворы, которые дают все переходы к тонким механическим смесям (например, окрашенные прозрачные минералы), сплавы и эвтектические смеси. Наконец, среди минералов очень часто наблюдаются еще более сложные системы тел, например, однородные химические системы, находящиеся в состоянии диссоциации, каковы цеолиты, или все время изменчивые тонкие механические смеси – жидкие и твердые – каковы, например, нефть или фосфориты. Наконец, к числу

¹ См. *Pouchet*, 1893. См. старую литературу о серой амбре – *C. Linné*, 1777, с. 261.

² О жемчуге ср. *M. Bauer*, 1896, с. 661.

минералов должны быть отнесены как самостоятельные виды ясно механически, физически и химически неоднородные, но закономерные смеси, так называемые *структуры*, например, структуры пойкилитические, зонарные, оолитовые и т.п. (например, авантюрин, «стеклянные головы» и т.д.), составные части которых различны по химическому составу и по происхождению. Закономерности в образовании и свойствах этих тел обусловлены не одними химическими процессами; они образуются под влиянием воздействия поверхностных сил, являются результатом процессов прилипания (поглощения)¹.

Не касаясь общих вопросов о химическом составе минералов², необходимо иметь в виду, что в природных реакциях мы имеем дело с очень сложными химическими процессами и что поэтому в основу классификации могут быть положены только господствующие по весу или по химическим реакциям соединения, составляющие данный минерал; так, например, авгиты и роговые обманки помещены в отдел простых силикатов, несмотря на изоморфную подмесь к ним алюмо- и феррисиликатов; титанистые железняки отнесены к метатитановокислым солям, несмотря на вероятную изоморфную подмесь к ним окиси железа; «стеклянные головы» – к окислам железа, несмотря на примесь опала и т.д.

9. Несомненно, вся классификация минералов находится в тесной зависимости от того или иного решения общего вопроса о том, какие тела следует считать минералами. Я не имею в виду входить здесь в обсуждение этого вопроса, так как это сильно отвлекло бы нас в сторону, но считаю необходимым отметить, что проводимый в этом сочинении взгляд на минералы, как на закономерные продукты определенного химического процесса, к какой бы физической фазе вещества они ни принадлежали и хотя бы они не были вполне физически однородны, вызывает некоторые особенности принятой мной классификации минералов и изменения указанного в § 8 правила.

В некоторых неоднородных минеральных телах – «структурах» – минерал располагается в системе в зависимости от той его части, которая по весу иногда не является господствующей. Так, пойкилитические смеси (например, кальциты типа Фонтенбло, «известковый песчаник» – *grès calcaire* – старинных авторов, фосфориты или гипсы пустынного типа) выделяются автором в отдельные минеральные виды и помещаются не по количественному преобладанию того или иного соединения, а по тому соединению, которое является непосредственным *продуктом* химического процесса, механически захватившим посторонние вещества, т.е. данные тела расположены по характеру «цемента». Точно так же газовые смеси, в которых каждая составная часть произошла совершенно независимо, путем различных процессов, и сохранила свои свойства неизменными, – рассматриваются как отдельные минералы и очевидно попадают в разные группы классификации, как, например, О и N (I группа) или CO₂ (IX группа) воздуха. Лишь иногда приходится их соединять вместе, как сложный минерал, именно тогда, когда они, как целое, являются

¹ О явлениях прилипания (adsorption) и о связи их с химическими см. *Ostwald*, 1906, с. 217 и сл.

² О составе минералов см. *Вернадский*, 1899, с. 5. и сл.; *Groth*, 1898, с. 1 и сл.; *Tschermak*, 1905; *Браунс*, 1903.

закономерным продуктом природных химических реакций; таков, например, кислород и азот, так называемый чистый воздух. Аналогичные явления дают природные стекла и магмы.

В общем, однако, все-таки можно сказать, что, как в физически однородных телах, так и в неоднородных структурах, принятая в этом сочинении классификация строится на основании господствующего по весу соединения, а все прочие оставляются при этом без внимания для целей классификации. В тех случаях, когда мы не имеем дела, с химической точки зрения, с *соединениями* (как, например, в воздухе или в стеклах), принимаются во внимание господствующие элементы или же группы элементов – O, N, SiO₂, AlO₃ и т.д.

САМОРОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Общие замечания

10. Радиоактивность материи¹. Еще не так давно – немного лет тому назад – химические элементы были самой простой формой материи, доступной нашему изучению. Химически чистый элемент в виде разреженного газа был для нас пределом дробления материи как в химическом, так и в физическом смысле. Переход одного элемента в другой, образование одного из другого казались для нас невысказанными, и мы не считались с этой возможностью при обсуждении природных процессов. В это время самородные элементы были тем пределом, дальше которого – казалось нам – не могли идти природные процессы распада материальных соединений².

С тех пор все резко изменилось. В течение немногих лет, со все увеличивающимся темпом научного исследования, перед нами раскрываются новые, совершенно неожиданные горизонты. Прошло едва десять лет после открытия рентгеновских лучей и радиоактивных свойств урана, а между тем все, казалось, незыблемые основания точного знания подверглись коренной ломке, и мы не видим конца, где остановится сокрушительная и в то же время созидательная работа человеческой мысли, пошедшей по новому пути. Перед нами открылись совершенно новые процессы – радиоактивные, которые едва ли могут быть уложены в рамки химических явлений, – процессы, связанные с глубоким изменением материи. Они приводят к разложению химических элементов, к образованию их один из другого, к разрушению материи³. Продукты радиоактивных процессов не только наблюдаются в земной коре, но играют огромную, еще не поддающуюся учету роль в ее химических процессах. *Время* есть главный двигатель природных химических процессов, и время, накапливая ничтожные, на первый взгляд, результаты проявления радиоактивных свойств вещества, в конце концов дает им первое место в общей истории земной коры.

¹ [Нумерация параграфов изменена в настоящем издании в связи с перенесением библиографии в следующий том «Опыта описательной минералогии»].

² Лишь в некоторых космических процессах приходилось допускать явления распада элементов. См., например, *Lockyer*, 1900, с. 73 и сл. К тому же самому приводило изучение некоторых редких элементов, например, иттрия (ср. *Crookes*, 1886, с. 155).

³ О радиоактивности как общем свойстве вещества ср. *N. Campbell*, 1906, с. 434 и сл.; *Stark*, 1903, с. 25. Аналогичные идеи, во многом философского характера, давно (1897) высказывал Лебон (*Lebon*, 1905). Критику Лебона см. у Кемпбелла, 1906, с. 459. Ср. еще *Heen*, 1905; *Lenard*, 1906, с. 29; *J.J. Thomson*, 1904, с. 391 и др.; *Rutherford*, 1907 (1), с. 512, 540, 553.

11. Изучение этих процессов поэтому не может стоять в стороне от описательной минералогии, так как земная кора, подлежащая ее изучению, является местом их проявления и ими образуются или разрушаются те тела, которые служат объектом изучения минералогии. Едва ли могут быть правильно поняты земные химические процессы без внимания к радиоактивным свойствам той среды, в которой они протекают. Очень возможно, что образование эманаций, окончательное распадение элемента, является последней стадией того самого природного процесса, в конечном, с химической точки зрения, результате которого получают самородные элементы (§ 19). Уже теперь, под влиянием учения о радиоактивности, возникли совершенно новые вопросы о возрасте и пределе существования отдельных минералов; в этих явлениях находим мы неожиданные новые источники энергии, ставшие в научном мировоззрении нашего поколения вместе, на одну линию, со старинными космогоническими фантазиями кант-лапласовой схемы. В крупных научных вопросах – например, о парагенезисе элементов (урана и свинца, урана и гелия, свинца и серебра и пр.), и в мелких – например, об окраске минеральных тел (аметиста и пр.), перед нами выступают радиоактивные явления, как новые источники, могущие объяснить изучаемые черты природных тел. Несомненно, с каждым годом значение этих явлений будет все больше для нас выясняться, ибо оно тесно и неразрывно связано со всей химической историей земной коры, служит ее характерным проявлением.

Поскольку радиоактивные явления связаны со свойствами тех или иных природных тел, мы будем иметь случай встретиться с ними при описании этих тел. Нам придется коснуться их и в тех случаях, когда они приводят к созданию химического элемента, например, в земной истории гелия.

Но есть одна область этих явлений, о которой необходимо сказать несколько слов, прежде чем перейти к изучению простейших природных химических тел – самородных элементов. Радиоактивные «тела», эманации, лучи α , β , γ , δ и т.п. постоянно образуются в радиоактивной среде, мы видим их проявление всюду на земной поверхности. Все ли они являются различными формами энергии? Или «тела» и эманации представляют из себя быстро исчезающие химические элементы? Может быть, один элемент – эманний? Или многие из них относятся к переходным созданиям между энергией и материей?

Все это вопросы, которые не могут быть в настоящее время выяснены вполне точно и определенно. Мы можем лишь доказать существование этих явлений и вызываемых ими созданий в той самой области земной коры, в которой идут земные химические процессы и образуются минералы. Мы пока знаем только, что эманации и другие выделения радиоактивных веществ находятся в тесной генетической связи с этими явлениями.

При современном состоянии знания мы не можем выделять эти своеобразные проявления материальной среды в отдельную группу; мы рассмотрим отвечающие им создания в главах о радиии, гелии, минералах урана. Может быть, дальнейшее изучение выяснит с несомненностью существование одного или нескольких природных тел, которые по своим свойствам и характеру не могут быть отнесены к химическим элементам, по составу проще их; может быть, выяснятся новые свойства эманаций, которые заставят нас резко

отделить их от относительно прочных и устойчивых химических элементов. Тогда придется в классификацию минералов (§ 5) ввести еще одну, новую группу для этих более простых, чем элементы, химических тел. Ибо, несомненно, образуясь во время химических реакций земной коры и не являясь формой энергии, эти тела должны рассматриваться как минералы, поскольку они образуются и существуют в земной коре.

12. Земная кора. Область, подлежащая нашему рассмотрению, в которой происходят химические реакции, так называемая *земная кора*, отнюдь не совпадает с земным шаром¹. Эта область очень небольшая и довольно определенная. Только по отношению к ней мы можем говорить о минералогии Земли – только в ней образуются и изменяются минералы.

Внутренность Земли нам совершенно неизвестна. Подавляющее большинство явлений, которые могут подлежать научному изучению, захватывает очень небольшой ее слой. Так, температура земных глубин измерена едва ли до глубины $1\frac{1}{2}$ –2 км, и только на эту глубину проникает непосредственно исследователь². Вулканические процессы происходят из очагов, находящихся на глубине $1\frac{1}{2}$ –60 км, причем вероятнее цифры более низкие³. Область, связанная с землетрясениями, едва ли превышает 30 км, в крайнем пределе 60 км⁴. Массивные породы, доступные нашему изучению, едва ли могут превышать глубину слоя в 50 км, и вся область земной коры, доступная явлениям складчатости, т.е. связанная с образованием горных цепей, не превышает 70 км, а, по-видимому, лежит гораздо более близко к земной поверхности⁵.

Изостазы находятся на глубине 122–124 км. С этой глубины начинаются однородные части Земли. Академик О. Баклунд (1909, с. 1021) думает, что эти цифры точны, так как получены независимым путем разными исследователями.

Во всех этих случаях максимальные пределы являются весьма сомнительными. Едва ли есть хотя бы одно природное явление, доступное наблюдению, в котором сказывались бы свойства земного шара за пределами 100 км от его поверхности. Другими словами, мы имеем непосредственное общение в крайнем пределе с 0,015 земного радиуса, а все, что делается в более глубоких слоях, для нас как бы не существует. Лишь общая масса земного шара, его удельный вес да некоторые землетрясения, имеющие характер дрожаний Земли, как целого, может быть, некоторые астрономические явления – дают

¹ О земной коре и ее различных областях в связи с химическими реакциями см. Лукашевич, 1909, с. 146 и сл. [В.И. Вернадский. «Изв. Акад. наук СССР, сер. геогр. и геофиз.», 1942, № 6, с. 251].

² См. сводку у Günther, 1898; Duncker, 1896; Lapparent, 1906, с. 497 и сл.; Ячевский, 1905, с. 19 и сл.

³ Lorenzo, 1902. О глубине см. Doelter, 1906, с. 6. Цифры более высокие у Lapparent, с. 530 и сл. (50–60 км и больше). Mercalli, 1907, с. 392: не глубже 40 км.

⁴ Мушкетов, 1899, с. 590. Из главных сейсмоз за последние 150 лет только 9 имели причину, лежащую глубже 29 км. См. Lapparent, 1906, с. 558. Характер распространения землетрясений заставляет признавать максимальную глубину около 50 км для области, состоящей из материала, аналогичного по своим физическим свойствам с горными породами земной поверхности. См. Milne, 1906, с. 369.

⁵ Мушкетов, 1899, с. 404. Это ясно уже из малой глубины центров землетрясений, в том числе и тектонических.

нам отдаленные и совсем пока нам непонятные отзвуки о глубоких частях нашей планеты¹.

В общем, предел в 100 и даже 50 км для земной коры является невероятно большим, если мы станем изучать химические процессы Земли. В этом случае мы должны будем еще более ограничить область нашего ведения. То, что доступно нашему непосредственному изучению в минералогии, в крайнем случае может охватывать земную поверхность до глубины 16–20 км². В этой области земной коры мы до известной степени можем изучить химические продукты, иметь из нее образчики, выяснить ее строение. Она охватывает в общем около 0,0025–0,0032 земного радиуса. Только для этой ничтожной пленки можно говорить о химических процессах и химических явлениях Земли. Вся остальная часть Земли скрыта для нас в этом отношении в глубоком мраке неведения.

13. В этой тонкой коре можно отметить ряд отдельных горизонтов с точки зрения химических реакций Земли. Эти горизонты, охватывая всю земную кору, составляют как бы ряд оболочек – ряд областей, находящихся в особых состояниях температуры, давления, состава, физической фазы вещества. Каждая из этих термодинамических оболочек характеризуется совершенно определенными минералами, в ней образующимися, и представляет совершенно особую область химических процессов. Минералы, устойчивые в одной области, неустойчивы в другой, и одни и те же химические элементы, дающие в одной области одни тела, дают в другой совершенно иные соединения. Простой переход минерала из одной области в другую вызывает в нем изменения и перегруппировку, отвечающие новым условиям. Поэтому эти области-оболочки играют огромную роль в химии земной коры.

Переход минерала из одной оболочки в другую совершается постоянно и неуклонно в течение истории Земли. Передвижения земной коры, связанные с горообразованием, достигают 10–15 км; осадочные породы местами дают слои мощностью до 5 км. Наконец, денудация понижает уровень слоев до 5 км и более³. Очевидно, в этих пределах происходят передвижения минералов, не говоря уже о магматических выделениях.

Самая наружная оболочка лежит выше земной поверхности. Это газовая оболочка – *атмосфера*. Очень вероятно, в тонко разреженном виде газы, следующие за суточным вращением Земли, незаметно переходят в разреженную среду небесного пространства⁴. Но, не говоря уже об этих, столь чуждых нашей обстановке пространствах, нашему точному исследованию доступна небольшая часть атмосферы. Она не превышает 30 км, между тем как вы-

¹ Обзор современного состояния наших знаний см. у *Thiene*, 1907; *Шенберг*, 1906, с. 226; *Benndorf*, 1908, с. 322; *Schwarz*, 1910 (2); *Trabert*, 1911, с. 556; *Geiger u. Gutenberg*, 1912, с. 623; *Gutenberg*, 1914, с. 125; *Chamberlin, Reid, Hagford a. Schlesinger*, 1915, с. 279; *Barrell*, 1914–1915; *его же*, 1918, с. 41 и сл.; *Hobbs*, 1921; *Левинсон-Лессинг*, 1922, с. 126–127. Средний состав отвечает гранодиоритам.

² Ср. *F. Clarke*, 1801, с. 34. Кларк принимает 10 миль сплошь для литосферы, не обращая внимания на гидросферу.

³ *Vogt*, 1901, с. 35.

⁴ Ср. обзор этого вопроса у *Smoluchowski*, 1901, с. 307 и сл.

сота газовой оболочки Земли достигает 200, может быть 300 км и больше¹. Вещества высоких слоев атмосферы, возможно, совершенно выходят из общего обмена Земли, и мы должны различить для Земли не одну, а две газовые оболочки, химически и физически совершенно разные. В этих холодных и разреженных пространствах О и N, может быть, будут сгущены в жидкость.

Но уже в первых 10 км сосредоточена почти вся масса вещества, входящего в атмосферу. По массе верхние ее слои ничтожны. В общем, в атмосфере сосредоточено 0,000012% по весу всего вещества Земли, но в ближайших 10 км сосредоточено 0,02% вещества *земной коры*².

14. Ниже лежат твердые и жидкие вещества. Мы должны прежде всего выделить область океанов – *гидросферу*, охватывающую около 71,7–70,8% поверхности Земли, т.е. представляющую не сплошную оболочку земного шара³. Мощность ее равна 3,68 км, и она составляет около 5,36% всей массы *земной коры*⁴.

В тесной связи с гидросферой лежит поверхность суши, пропитанная *водой* и находящаяся в тесной химической связи с атмосферой.

Называя всю твердую земную кору, за исключением атмосферы и гидросферы, *литосферой*, мы должны различать в литосфере верхний поверхностный слой, в котором идут химические реакции, тесно связанные с присутствием свободного *кислорода*, частью растворенного в воде. Эта область подвержена в то же самое время и разнообразным реакциям, связанным с циркуляцией воды. Огромное значение *кислородной поверхности*, т.е. границы свободного кислорода, мы увидим ниже. *Эта поверхностная часть земной коры* идет на глубину 0,5–4 км⁵.

¹ Наибольшая высота, достигнутая на воздушных шарах, – 10,8 км (Берсон и Зюринг в 1901 г.). Шары с регистрирующими аппаратами достигают 15 км (Гермит и Безансон); шары с водородом поднимаются до 32,4 км (Vincent, 1912, с. 388), змеи – до 6,4 км (обсерватория в Линденберге, 1905 г.). См. Assmann, 1907, с. 557 и сл. Вулканические продукты достигают 80 км (Reyer, 1907, с. 53). Загадочные серебристые облака поднимаются еще выше; для них даются высоты до 150 км. См. Kassner, 1895, с. 379 и сл. О высоте атмосферы см. Клоссовский, 1908, с. 114 и сл.

² Ср. F. Clarke, 1891, с. 35; Vogt, 1898, с. 13. Они дают для атмосферы 0,03%, в зависимости от принимаемых ими в основу исчислений размеров гидросферы, литосферы и ее удельного веса. Последний принят ими слишком высокий (2,5–2,7, считая и гидросферу).

³ 71,7%, по Вагнеру (H. Wagner, 1895, с. 667 и сл.; 1904, с. 56). По мнению Крюммеля, – 70,8% (Krümmel, 1907, с. 8).

⁴ По Вагнеру (1895), – 3657 м, по Крюммелю (1907), – 3680 м.

⁵ Эта верхняя оболочка более или менее совпадает с делениями земной коры, принятыми исходя из других соображений. Так, ее нижняя граница почти совпадает с так называемой гидро-статической поверхностью. О ней см. O. Keller, 1897, с. 32 и сл.; De Launay, 1897 (2), с. 148 и сл. По терминологии Ван Хайза (Van Hise, 1904, с. 43, 163, 529 и т.д.), поверхностная часть литосферы совпадает с полосой выветривания (belt of weathering). Эта полоса, по его мнению (там же, с. 1023), колеблется от 0 до 300 м, обычно меньше 100 м, иногда доходит до 1000 м. Любопытную особенность коры выветривания подчеркнул Корню: в ней выделяются коллоидальные минералы, которые не идут глубже ее (Cornu, 1909 (1), с. 82). По мнению Ван Хайза (Van Hise, 1904, с. 939), неизменные осадочные породы не идут глубже 1–2 км. Шварц (Schwarz, 1910 (1), с. 106) несколько опускает эту границу – до 3 км. Ниже этой границы находятся только гнейсы и граниты.

В литосфере необходимо отличить еще вторую, *промежуточную оболочку*, тесно связанную с циркуляцией вод¹. Давление земных слоев придает твердому веществу литосферы особые свойства, и, при достаточной его величине, твердое вещество является пластичным, во многом схожим с жидким. На достаточной глубине в земной коре, благодаря давлению, нет места свободным пространствам. В твердом теле прекращается циркуляция вод (растворов) и газов; всякое пустое пространство стремится заполниться; твердое тело становится текучим. Здесь перестают происходить реакции растворения (не выпадают жильные минералы). Верхняя граница такого состояния вещества находится на глубине 5–6 км². Температура здесь достигает большой величины; на глубине 6 км, вероятно, больше 100°C.

Наконец, ниже начинаются *глубинные слои литосферы*, резко отличающиеся по своему химическому характеру, – может быть, более однородные по составу³; в них химические реакции идут под огромными давлениями – больше 1500 атм.⁴ и, вероятно, при высокой температуре.

Таким образом, не касаясь отдельных частных, в доступной нашему изучению области земной коры мы имеем следующие оболочки, характеризующиеся определенными химическими реакциями, определенным химическим составом и определенными минералами:

1. Атмосфера	30 км
2. Гидросфера (71,7% земной поверхности)	3,5 км
3. Поверхностный слой литосферы	0,5–4 км ⁵
4. Промежуточный слой литосферы	4,5–10 км ⁶
5. Глубинный слой литосферы, до глубины	16–20 км ⁷

Несомненно, можно было бы найти другие признаки для деления литосферы⁸, но в данном случае я останавливаюсь только на таких, которые помогут нам разобраться в химических реакциях минералов. Только путем

¹ Промежуточный слой литосферы совпадает с полосой цементации (belt of cementation) Ван Хайза. См. *Van Hise*, 1904, с. 43, 565 и др. Глубина этой полосы идет для твердых пород до 10–12 км, по-видимому, однако, меньше (там же, с. 160, 190 и др.). Переходы между полосой цементации и следующей, глубинной частью литосферы постепенны (там же, с. 167, 768 и др.). Теоретическая величина до 10–12 км выведена Ван Хайзом путем экстраполяции из данных очень произвольных.

² Однако вода проникает в породы гораздо менее глубоко – едва ли больше 0,6 км. См. *Kemp*, 1902 (2), с. 187. Ниже могут собираться лишь ее пары, благодаря высокой температуре глубоких слоев. Ср. о нижней границе воды у *Slichter*, 1902. По опытам Адамса, глубже 17,7 км могут сохраняться в граните пустые пространства. Если эти пространства заполнены газом, то еще глубже (*F. Adams* 1912, с. 97).

³ См. ниже – вода, магма, силикаты.

⁴ На глубину 1 км давление в среднем повышается почти на 275 атмосфер, так что на глубине 20 км оно равно 5500 атм.

⁵ 4 км – под гидросферой; 0,5 – вне гидросферы.

⁶ 10 км – под гидросферой.

⁷ Эта глубинная часть литосферы совпадает с анаморфической частью литосферы Ван Хайза (*Van Hise*, 1904, с. 43, 766 и др.); анаморфическая зона начинается на глубине 10–12 км.

⁸ Например, деление Бекке (*Becke*, 1903 и 1904, с. 562) для кристаллических сланцев. Факты далеко не отвечают этому делению. См. замечания Вейншенка (*Weinschenk*, 1906, с. 177); *Doelter*, 1906, с. 207.

детального исследования отдельных минералов выяснятся частности свойств химии земной коры и могут быть точно определены земные термодинамические оболочки.

15. Химический состав земной коры. Другим основным элементом всех химических реакций Земли, определяющим состав и свойства природных соединений, является валовой состав той среды, в которой происходят химические реакции. Этот состав для каждой оболочки Земли различен, но для литосферы мы до сих пор не имеем возможности точно химически различать отдельные ее слои и можем дать лишь ее общий валовой состав.

Результаты наших современных знаний сосредоточены в таблице на с. 27–29¹.

Распространенность химических элементов в земной коре

№ п/п	Элементы	Атомный вес		% по весу литосферы	% по весу гидросферы	% по весу атмосферы	% по весу земной коры	Порядок по распространенности
		1907	[1954]					
1	Азот N	14,01	[14,008]	?	0,37	75,7	0,04	IV
[2]	Актиний Ac		227]					
3	Алюминий Al	27,1	[26,98]	8,0	—	—	7,45	II
4	Аргон Ar	39,9	[39, 944]	?	?	1,3	0,004	VI
5	Барий Ba	137,4	[137,36]	0,04	—	—	0,04	IV
6	Бериллий Be	9,1	[9,013]	—	—	—	0,00x	V
7	Бор B	11,0	[10,82]	—	—	—	0,01	IV
8	Бром Br	79,96	[79,916]	0,00x	0,015	—	0,0x	IV
9	Ванадий V	51,2	[50,95]	0,01	—	—	0,04	IV
10	Висмут Bi	208,0	[209,00]	—	—	—	—	VI
11	Водород H	1,008	[1,0080]	0,2	10,67	?	1,0	II
12	Вольфрам W	184,0	[183,92]	—	—	—	0,00x	VI
13	Гадолиний Gd	156	[156,9]	—	—	—	—	X
14	Галлий Ga	70	[69,72]	—	—	—	—	IX
[15]	Гафний Hf		178,6]					
16	Гелий He	4,0	[4,003]	?	—	?	—	IX
17	Германий Ge	72,5	[72,60]	—	—	—	—	X

¹ В эту таблицу внесены и атомные веса элементов, как они установлены Международной химической комиссией на 1907 год [в скобках приведены атомные веса на 1954 г.]. Для радиия принято более новое число Кюри (*M. Curie*, 1907, с. 425). В основу таблицы чисел распространенности элементов в земной коре положены работы Кларка и Фохта — см. *F. Clarke*, 1889; 1891, с. 34; 1897, с. 13; 1900, с. 15; 1904, с. 19; *Vogt*, 1898, с. 225, 314, 377, 413; 1899, с. 10, 274; 1906, с. 223 и сл.; *Ochsenius*, 1898, с. 154; *Вернадский*, 1899, с. 45; *Самойлов*, 1899; *Harker*, 1899, с. 220; *Washington*, 1903, с. 106 и сл.; 1908, с. 735 (перепечатано в «*Ore deposits*», ed. *S. Emmons*, 1913, с. 729); *Knopf*, 1916, с. 630; *Van Hise*, 1904, с. 192 и др.); *Mennell*, 1904, с. 263; *De Launay*, 1905, с. 653 и сл.; *Kemp*, 1906, с. 207 и сл.; *Mead*, 1907, с. 238. О распространенности химических элементов в земной коре см. еще: *Ackroyd*, 1902, с. 187; *Washington*, 1910, с. 204; *Daly*, 1910, с. 209; *F. Clarke*, 1911 (1), с. 21 и сл.; *Ферсман*, 1912, с. 367 и сл.; *F. Clarke*, 1911 (2), с. 214. Цифры, мною приводимые, изменены согласно представляющемуся мне современному состоянию знаний в этой области. Точность многих цифр весьма сомнительна, но порядок и приблизительные количественные взаимные соотношения между элементами едва ли сильно изменятся. Большие сомнения возбуждают числа для N, C и Zr. Об этом при отвечающих им минералах.

№ п/п	Элементы	Атомный вес		% по весу лито- сферы	% по весу гидро- сферы	% по весу атмо- сферы	% по весу земной коры	Порядок по рас- простра- ненности
		1907	[1954]					
[18]	Гольмий Ho		164,94]					
[19]	Диспрозий Dy		162,46]					
20	Европий Eu	152	[152,0]	—	—	—	—	X
21	Железо Fe	55,9	[55,85]	4,5	—	—	4,2	II
22	Золото Au	197,2	[197,0]	?	0,00001	—	—	VIII
23	Индий In	115	[114,76]	—	—	—	—	IX
24	Иридий Ir	193,0	[192,2]	—	—	—	—	X
25	Иттербий Yb	173,0	[173,04]	—	—	—	—	X
26	Иттрий Y	89,0	[88,92]	—	—	—	0,00x	V IV?
27	Иод J	126,97	[126,91]	0,0000x	0,0015	?	—	V
28	Кадмий Cd	112,4	[112,41]	—	—	—	0,00x	VI
29	Калий K	39,15	[39,100]	2,5	0,04	—	2,35	II
30	Кальций Ca	40,1	[40,08]	3,5	0,05	—	3,25	II
31	Кислород O	16,000	[16,000]	47,2	85,8	23,0	49,2	I
32	Кобальт Co	59,0	[58,94]	0,001	—	—	0,00x	V
33	Кремний Si	28,4	[28,09]	28,06	?	—	26,0	I
34	Криптон Kr	81,8	[83,80]	—	—	—	—	X
35	Ксенон Xe	128	[131,3]	—	—	—	—	X
36	Лантан La	138,9	[138,92]	—	—	—	0,0000x	VII
37	Литий Li	7,03	[6,940]	0,01	?	—	0,01	IV
[38]	Лютеций Lu		174,99]					
39	Магний Mg	24,36	[24,32]	2,5	0,14	—	2,35	II
40	Марганец Mn	55,0	[54,94]	0,09	—	—	0,1	III
41	Молибден Mo	96,0	[95,95]	—	—	—	0,00x	V
42	Мышьяк As	75,0	[74,91]	—	—	—	0,000x	VI
43	Медь Cu	63,6	[63,54]	—	—	—	0,01	IV
44	Натрий Na	23,05	[22,991]	2,5	1,14	—	2,4	II
45	Неодим Nd	143,6	[144,27]	—	—	—	0,0000x	VII
46	Неон Ne	20	[20,183]	—	—	—	—	X
[47]	Нептуний Np		237]					
48	Никель Ni	58,7	[58,69]	0,01	—	—	0,0x	IV
49	Ниобий Nb	94	[92,91]	—	—	—	—	VII?
50	Олово Sn	119,0	[118,70]	0,00x	—	—	0,00x	V
51	Осмий Os	191,0	[190,2]	—	—	—	—	X
52	Палладий Pd	106,5	[106,7]	—	—	—	—	IX
53	Платина Pt	194,8	[195,23]	—	—	—	—	VIII
54	Празеодим Pr	140,5	[140,92]	—	—	—	0,00000x	VIII
[55]	Протактиний Pa		231]					
56	Радий Ra	226,45	[226,05]	—	—	—	—	X
[57]	Радон (эманация) Rn		222]					
[58]	Рений Re		186,31]					
59	Родий Rh	103,0	[102,91]	—	—	—	—	X

№ п/п	Элементы	Атомный вес		% по весу лито- сферы	% по весу гидро- сферы	% по весу атмо- сферы	% по весу земной коры	Порядок по рас- простра- ненности
		1907	[1954]					
60	Ртуть Hg	200,0	[200,61]	—	—	—	0,000x	VI
61	Рубидий Rb	85,5	[85,48]	?	0,001	—	0,00x	V
62	Рутений Ru	101,7	[101,1]	—	—	—	—	X
63	Самарий Sm	150,3	[150,43]	—	—	—	—	IX
64	Свинец Pb	206,3	[207,21]	—	—	—	0,002	V
65	Селен Se	79,6	[78,96]	?	?	?	0,0000x	VII
66	Серебро Ag	107,93	[107,88]	—	—	—	0,00001	VII
67	Скандий Sc	44,1	[44,96]	—	—	—	0,0000x	VII
68	Стронций Sr	87,6	[87,63]	0,01	—	—	0,0x	IV
69	Сурьма Sb	120,2	[121,76]	—	—	—	0,0000x	VII
70	Сера S	32,06	[32,066]	0,1	0,09	—	0,15	III
71	Таллий Tl	204,1	[204,39]	—	—	—	0,00000x	VIII
72	Тантал Ta	181	[180,95]	—	—	—	0,000x	VI
73	Теллур Te	127,6	[127,61]	?	—	—	0,000001	VIII
74	Тербий Tb	159,2	[158,93]	—	—	—	—	X
75	Титан Ti	48,1	[47,90]	0,5	—	—	0,5	III
76	Торий Th	232,5	[232,12]	—	—	—	0,00x	V
77	Тулий Tu	171	[168,94]	—	—	—	—	X
78	Углерод C	12,00	[12,011]	0,5?	—	0,01	0,4	III
79	Уран U	238,5	[238,07]	—	—	—	0,00x	V
80	Фосфор P	31,0	[30,975]	0,1	?	—	0,1	III
81	Фтор F	19,0	[19,00]	0,04	0,00008	—	0,10	III
82	Хлор Cl	35,45	[35,457]	0,07	2,07	?	0,2	III
83	Хром Cr	52,1	[52,01]	0,01	—	—	0,0x	IV
84	Цезий Cs	132,9	[132,91]	—	—	—	0,00x	V
85	Церий Ce	140,25	[140,13]	0,00x	—	—	0,01	IV
86	Цинк Zn	65,4	[65,38]	—	—	—	0,0x	IV
87	Цирконий Zr	90,6	[91,22]	0,03	—	—	0,0x	IV
88	Эрбий Er	166	[167,2]	—	—	—	—	IX

16. Таблица эта, конечно, не дает полных и точных цифр. Она рисует лишь самую общую картину. Но уже из нее резко и ясно бросается глаза чрезвычайно своеобразное распределение химических элементов в земной коре¹. Это

¹ Есть попытки объяснить распределение элементов космогонически, в связи с историей земного шара или солнечной системы. См. *De Launay*, 1905, с. 629 и сл. *Фохт* (*Vogt*, 1901, с. 5) правильно заметил, что 25 элементов с атомным весом ниже Fe (56) составляют 99,8% (может быть, больше) по весу земной коры. Еще до Фохта Дёберейнер, а позже Менделеев указали на большую распространенность в земной коре легких элементов сравнительно с элементами большего атомного веса. Ср. также *F. Clarke*, 1911, с. 34–37. О связи распределения элементов с периодической системой см. *Weddell*, 1916, с. 289. Ср. *Пилипенко*, 1915, с. 724; *Орлов*, 1903, с. 783, 813. Тяжелые элементы входят в ее состав в ничтожном количестве. Это явление служит опорой гипотез, предполагающих, что более тяжелые элементы сосредоточивались при образовании Земли ближе к ее центру.

распределение удобно может быть выражено в таблице, в которой элементы разбиты на группы, каждая группа охватывает элементы, различие в степени распространенности которых не превосходит 10 (кроме I и X групп). Этим путем можно разбить элементы на десять групп. Группы эти следующие:

% по весу		
I.	10–100	O, Si
II.	1–10	Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, H
III.	0,1–1	Ti, C, Cl, S, P, Mn, F
IV.	0,01–0,1	Rb, N, Ba, B, V, Li, Ni, Sr, Cr, Zr, Br, Ce, Cu
V.	0,001–0,01	Be, Y, Sn, Co, Th, U, Zn, Pb, J, Mo, Rb
VI.	0,0001–0,001	Ar, W, Ta, Cs?, Bi, Cd, Hg
VII.	0,00001–0,0001	La, As, Nd, Nb, Sb, Ag, Se, Sc
VIII.	0,000001–0,00001	Tl, Te, Pr, Au, Pt
IX.	0,0000001–0,000001	Ga, In, He, Pd, Er, Sm
X.	0,00000001–0,0000001	Gd, Ge, Yb, Ir, Kr, Xe, Ne, Os, Rh, Ru, Tb, Tu, Eu, Ra, Dy, Ho, Po, Pa, Ac, Rn, Hf, Lu.

К последней – X группе должны быть отнесены и те химические элементы, атомный вес которых не определен с точностью, позволяющей поместить их в официальную таблицу, но существование которых весьма вероятно, как, например, гольмий¹ и т.д.²

17. Самородные элементы в земной коре. Частью в виде изоморфных подмесей и твердых растворов или рассеянными в газовых массах (главным образом в атмосфере), частью в химически чистом виде, в форме отдельных выделений или в форме растворителя изоморфной смеси и господствующей части сложных структур нам известно в земной коре по крайней мере 45 «самородных» элементов: O, N, H, Ar, He, F, Ne, Kr³, Fe, Ni, Co, Mn, Pt, Ir, Rh, Ru, Os, Cu, Ag, Hg, Xe³, Zn, Sn, Pb, C, S, Se, Te, As, Sb, Bi, Pd, Cl, J, Ra?, Au, Si, Cr?⁴, Br⁵,

¹ По мнению Фохта (*Vogt*, 1898, с. 234), гольмий распространен одинаково с Er, Ca, Sc, Y.

² Цифры, стоящие в этой таблице, изменены и перевычислены мною, по сравнению с данными Кларка и Фохта, на основании новых или не принятых ими в соображение данных, например, для C, H, N и т.д. Входить в детальное изложение этих поправок здесь нет возможности.

³ О вероятной сложной природе ксенона и, может быть, криптона из нескольких газов, по-видимому – элементов, см. *R. Schmidt*, 1906, с. 277 и сл.; *Baly*, 1903, с. 188.

⁴ Нахождение хрома не может считаться доказанным. Его думали – ошибочно – видеть в некоторых минералах еще в начале XIX столетия (см. *Mohs*, 1805, с. 12). Теперь нам известно нахождение его в железных метеоритах (см. *Cohen*, 1894, с. 55; 1905, с. 25). Уже Ложье (*Laugier*, 1817, с. 342; 1820, с. 233 и сл.) считал присутствие Cr за характерный признак метеорного железа. Его присутствие в них часто объясняют нахождением в железе добрееита (см. *Cohen*, 1894, с. 55). Однако никаких данных для этого нет, кроме действия слабой HCl (при растворении в ней метеорного железа раствор не содержит хрома), которое может относиться и к самородному хрому, ибо и металлический хром нерастворим в слабых кислотах. Точно так же и определение серы в железе, содержащем Cr, противоречит присутствию в железе добрееита (*Cohen*, 1903, с. 256). Вероятно поэтому нахождение Cr в сплаве с железом-никелем (ср. *Cohen*, 1905, с. 24; *Farrington*, 1907, с. 107). Весьма возможно, что хром окажется и в самородном железе-никеле.

⁵ Выделение брома, так же как иода и хлора, неизбежно идет при изменении, под влиянием света, галоидных соединений серебра (иодаргирита, бромаргирита и т.п.). Как ни невелика эта реакция, она, может быть, дает ключ к пониманию любопытного явления, что бром (далеко не редкий элемент) минералов (ср. для иода § 18) не дает. Они разлагаются под влиянием света.

Na²¹, P²², K²³, Ti⁴, Cd⁵ и Ta⁶. Таким образом, из числа 79 более или менее точно констатированных химических элементов⁷ для половины из них наблюдалось на земной коре, в тех или иных случаях, свободное состояние⁸. В этом числе, однако, находятся такие новые для нас элементы, как *гелий*, *аргон*, *неон*, *криптон* и *ксенон*, для которых вообще не доказана способность давать какие бы то ни было соединения с другими элементами; здесь сосчитаны и такие, как *иод*, форма соединений которого в природе точно не известна и который, может быть, большею частью рассеян не в свободном состоянии⁹. Оставив эти 6 элементов, а также немного сомнительные Ra, Cr, P и Na, мы все же имеем 32 самородных элемента, способных давать разнообразные соединения и находящихся в земной коре в свободном, не связанном состоянии. Это явление не может быть случайностью и резко бросается в глаза всякому исследователю природных химических процессов.

Правда, очень многие из них встречены на Земле или очень редко, или в ничтожном количестве, или представляют чрезвычайно быстро исчезающие продукты побочных химических реакций. Так, свободные Co и Mn известны лишь как небольшие изоморфные подмеси к другим самородным элементам; Si, если наблюдается, то в самых ничтожных размерах¹⁰, а F¹¹, Zn и Se встречаются крайне редко, хотя и являются тогда частью в чистом состоянии. Если исключить и эти 6 элементов, останется все-таки 26 химических элементов, которые, встречаясь земной коре в свободном, не связанном состоянии,

¹ К натрию относится пигмент голубой каменной соли. См. об этом *Siedentopf*, 1905, с. 857; *Svedberg*, 1905, с. 3619; *Cotton et Mouton*, 1906, с. 70 и сл. Образование иголок и пластинок натрия в каменной соли, по-видимому, связано с действием беккерелевских лучей (*Siedentopf*, 1905, с. 864). Выделение металлических натрия и калия в синих природных галоидных соединениях вызывает возражения. См. *Prinz*, 1908, с. 82; *Specia*, 1909, с. 399 и сл. О выделении K, Na из хлористых соединений под влиянием ультрафиолетовых лучей см. *Goldstein*, 1915, с. 252.

² Должен выделяться при действии света на H₃P.

³ Калий, может быть, находится в голубом сильвине (см. *Cornu*, 1907 (1), с. 167–168).

⁴ Таллий был указан в сере Круксом; позже найден в платине (см. об этом *Вернадский*, 1909, с. 828).

⁵ Кадмий наблюдается в самородном цинке – см. § 222.

⁶ Тантал в виде самородного тантала был указан для Урала (золотоносных россыпей) Вальтером (*Walter*, 1909, с. 335) и для Алтая Джоном (*John*, 1910, с. 398). [Его нахождение дальнейшими работами не подтвердилось].

⁷ Это число принято в таблице элементов на 1904 год.

⁸ Если подтвердится существование актиния, полония и других радиоактивных тел, то число это должно быть увеличено, так как они также, кажется, находятся в свободном состоянии. Таких тел в минералах известно 24 – *Rutherford*, 1907 (2), с. 661.

⁹ О нахождении свободного иода в растворе источника Вудхолл-Спа в Линкольне см. *Wanklyn*, 1886, с. 300. Свободный иод выделяется и при действии света на иодаргирит. Иод был еще раньше Уонклина указан Скеем в свободном состоянии в источниках Пагуа, в Новой Зеландии. См. *Skey*, 1877, с. 445.

¹⁰ В общей экономии природы эти количества, может быть, и не так незначительны. На присутствие Si в кварце и стекле, окрашивающемся в черный цвет под влиянием радия, указывал *Георгиевский* (1904 (2), с. 4). Может быть, этим объясняется окраска дымчатых кварцев (*Königsberger u. Müller*, 1906, с. 73). Эти явления могут объясняться иначе, см. *M. Berthelot*, 1906 (2), с. 477. Того же происхождения, очевидно, и столь загадочный «пустынный загар» кремнистых пород.

¹¹ О фторе в пустотах некоторых плавленых см. *Löw*, 1881 (1), с. 1145; 1881 (2), с. 49. *H. Becquerel et H. Moissan*, 1890, с. 669; в изумруде см. *Lebeau*, 1895, с. 603.

играют видную роль в ее химических реакциях, указывают на своеобразный характер химических процессов, местом которых она является.

18. Причина такого выделения в земной коре свободных химических элементов нам неясна. Она, несомненно, тесно связана не только с особыми условиями, какими обставлены химические реакции земной коры, но и вызвана химическими свойствами самих элементов¹, а может быть, даже общими свойствами твердого вещества. Если оставить в стороне новые инертные газы, все же и такие химические элементы, как *иридий, осмий, платина, родий, палладий, рутений*, многочисленные соединения которых изготовлены в лабораториях, почти не дают химических соединений при тех условиях, какие господствуют в земной коре. Для них известно всего три соединения, одно из которых представляет огромную минералогическую редкость – очень важные для Pt и Pd: сперриллит (формула растворителя – $PtAs_2$), палладит (окись палладия) и крайне редкий лаурит $(Ru, Os)S_2$. Для родия и иридия соединения сомнительны (ирит), хотя в лаборатории мы получаем их очень легко. Очевидно, химические свойства этих элементов не позволяют им давать соединения при тех формах и том характере энергии, которые господствуют в земной коре. Для этих элементов свободное состояние является наиболее устойчивым.

Почти то же самое приходится сказать еще об одном элементе – *азоте*, соединения которого в лаборатории исчисляются тысячами. На земной поверхности этот элемент входит в соединения только при совершенно особых формах энергии: при тихом электрическом разряде в атмосфере или в связи с жизнедеятельностью организмов, когда тысячи его соединений, нередко крайне сложных, входят в состав вещества различных организмов и при его распадении до выделения свободного азота проходят ряд промежуточных, более или менее сложных стадий. Точно так же под влиянием нитробактерий азот атмосферы и почв непосредственно соединяется с кислородом, давая соединения азотистой и азотной кислот. За исключением этих реакций, связанных с совершенно специальными формами энергии, в общем азот должен считаться на Земле неспособным давать соединения, и свободное его состояние наиболее для него устойчиво при земных условиях, на *земной поверхности*². Почти несомненно, – в более глубоких слоях земной коры

¹ Есть попытки вывести способность химических элементов встречаться в самородном состоянии из периодичности их свойств. Карнелли (*Carnelley*, 1884 (2), с. 197, также 1884 (1), с. 2289) пытался установить, что элементы четных рядов системы Менделеева не встречаются (исключая O, N, C и VIII группы!) в самородном состоянии, а элементы нечетных встречаются часто в самородном состоянии. Он думал связать это явление с периодичностью свойств элементов по отношению к реакциям восстановления. Это обобщение едва ли имеет реальное значение, в чем легко убедиться, сравнив положение в менделеевской системе 45 элементов, встреченных в самородном состоянии. Они принадлежат и к четным и к нечетным рядам.

² Может быть, аналогичен ему иод. Соединения этого тела в природе почти не известны (иодкераргирит и изоморфная примесь в галоидных соединениях серебра и ртути, лаутарит, изоморфная подмесь в ничтожных количествах в фосфоритах), а между тем количество его не так незначительно (§ 15). О распространении иода ср. *Boursset*, 1900, с. 23 и сл. У Бурсе указана литература. Сверх того: *Vogt*, 1898, с. 324 и сл.; *Jacquot et Willm*, 1894, с. 45; *Autenrieth*, 1897, с. 508; *Dieseldorf*, 1899, с. 321. Между тем организмы улавливают его чрезвычайно легко; водоросли издавна служат для добывания иодных препаратов. По-видимому, и значительная часть рассеянного иода находится в соединениях организмов (например, в атмосфере –

характер азота сильно меняется – он переходит в какие-то соединения, ближе нам неизвестные, кажется, тесно связанные с азотистыми металлами, с аммиачными соединениями, с производными углеводов.

19. Самородные элементы в поверхностной литосфере. То же самое наблюдается и для многих других элементов: на земной поверхности их соединения *распадаются*. Так, например, золото на *земной поверхности* в конце концов собирается главным образом в самородном состоянии, но в более глубоких слоях литосферы оно, несомненно, способно легко входить в соединения. Теллуристые минералы золота являются даже весьма устойчивыми¹. Аналогичные явления известны для многих химических элементов; мы встречаем их в свободном состоянии исключительно на земной поверхности, тогда как на глубинах (например, в глубоких частях жил, не измененных атмосферными влияниями, в плутонических породах и т.п.) они в самородном состоянии не наблюдаются. Таковы: *медь, ртуть, цинк, свинец, сера, селен, теллур, мышьяк, сурьма* и др. Другие элементы образуются легко в свободном состоянии во время химических реакций, идущих на земной поверхности. Это относится ко всем элементам § 17, кроме родия, иридия, осмия и рутения.

Очевидно, должна быть какая-нибудь причина, которая вызывает такое своеобразие химических реакций *на земной поверхности*. Причина эта точно не известна. Нередко говорят о восстановительных процессах, сводят ее к влиянию веществ, легко отнимающих *кислород* от природных соединений. Однако легко убедиться, что это может быть справедливо только в отдельных, частных случаях, например, для некоторых форм самородного *железа* (не содержащего никель – см. ниже), изредка *меди* (цементная медь). В других – элементы выделяются не из кислородных, а из сернистых соединений или, раз выделившись, оказываются неустойчивыми и медленно переходят в устойчивые кислородные соединения. Другими словами, эти элементы хотя и образуются на земной поверхности, вовсе не являются на ней устойчивой формой материи, а постепенно переходят в другую, ей отвечающую. Причина их выделения, следовательно, лежит в другого рода обстоятельствах, а не в устойчивости данных тел в условиях земной поверхности.

Отчасти причина их выделения лежит в свойствах исходных, первичных соединений этих элементов. При изучении их истории резко бросается в глаза, что их образование является промежуточной *стадией* при переходе соединений, соответствующих глубинным слоям литосферы, в соединения поверхностные. В огромном большинстве случаев эти самородные элементы образуются при переходе их простых и сложных сернистых соединений (сульфосолей) в кислородные. Для одних из них, например, для серебра, меди,

в водорослях и спорах; об этом см. *Gautier*, 1899, с. 648) или произошла путем их распада (например, в фосфоритах, гуано, селитряных залежах). В организмах иод чрезвычайно распространен. См. *Bourset*, 1900, с. 47 и сл. Юстус указал на нахождение иода в ядре всякой клетки и позже смог количественно определить его в самых различных органах животного организма, где он колеблется от следов до 9,7 мг на 100 г вещества. См. *Justus*, 1902, с. 501 и сл.; 1904, с. 1 и сл. О иоде см. *Вернадский*, 1899, с. 48–49. Все эти факты указывают, что иод на Земле дает соединения при совершенно особых условиях (благодаря энергии организмов). См. ниже, § 405.

¹ См. ниже, в главе о золоте и о соединениях теллура.

ртути, мышьяка, сурьмы, висмута, такая промежуточная стадия довольно устойчива и наблюдается почти всегда, для других – как свинца или цинка – она крайне редка и сохраняется только в совершенно исключительных случаях; они быстро переходят в кислородные соединения. Таким образом, выделение этих самородных элементов связано с химическим строением их сернистых соединений.

20. Но может быть, есть еще одна причина медленного сосредоточивания самородных элементов на земной поверхности. Она заключается в характере той энергии, за счет которой идет образование минералов земной коры. По-видимому, эта энергия так или иначе исходит исключительно из Солнца¹. Все реакции, ею вызываемые, идут на Земле чрезвычайно медленно, причем образуются крайне устойчивые тела, связанные с наименьшей им свойственной *свободной энергией*; в течение веков достигается устойчивое равновесие.

Очевидно, при распадении какого-нибудь сложного химического соединения на несколько более простых свободная энергия системы, ими образуемой, уменьшается. В конце концов, в пределе, при установлении равновесия, свободная энергия должна быть равна нулю (для химических реакций); это достигается распадением данного тела на свободные элементы. Следовательно, если на земной поверхности существуют условия, которые вызывают полное использование свободной энергии, и устанавливается равновесие сложных химических систем, ей свойственных, то в земной коре должны преобладать химические процессы, связанные с полным разложением природных химических соединений до их элементов.

Насколько мы можем судить, условия такого рода на Земле существуют; они создаются *жизнедеятельностью организмов*, которые на Земле являются самостоятельными и интенсивными центрами химических реакций². Те в высшей степени сложные явления, какие идут внутри организмов, поддерживаются, с одной стороны, энергией Солнца, а с другой – той химической энергией, какая скопляется в минералах. Несомненно, первой стадией в этом процессе является жизнедеятельность растительных организмов, тогда как животные организмы в значительной мере получают энергию из организмов растительных.

Органический мир, как целое, является тем своеобразным фактором, который разрушает минеральные тела Земли и использует их энергию до конца, разлагая их на конечные «самородные» элементы. В истории С, N, O, H, S это проявляется, как увидим, чрезвычайно ярко и рельефно, но то же самое наблюдается и в природной химии таких тяжелых элементов, как Cu, Ag, Au, As, Sb, Pb, Zn и т.д., хотя участие в ней организмов видно не сразу. Оно сказывается во влиянии на их генезис «продуктов распада» организмов, различных природных органических веществ, этим путем образовавшихся; оно видно в характере циркулирующих вод³ и т.д. Вопрос не совсем ясен,

¹ Если не принимать во внимание радиоактивную энергию, генезис которой нам неизвестен.

² О нахождении в жильных месторождениях органических соединений, частью несомненно связанных с организмами, см. любопытную сводку *Jenney*, 1903, с. 445 и сл.

³ О тесной связи состава поверхностных вод с биохимическими процессами см. *Aschan*, 1907, с. 56 и сл. Самая чистая вода содержит уже химические органические вещества – следы жизнедеятельности микроорганизмов.

но все же несомненно, что химическая история минералов была бы для этих элементов совершенно иная, если бы в образовании их промежуточных продуктов не участвовали организмы. Роль организмов далеко не безразлична, как увидим, и в огромной группе соединений Si или Al – в природных алюмосиликатах¹.

21. Как на примере этих реакций, можно остановиться на истории самородных *углерода и меди*.

На земной поверхности так или иначе все соединения углерода путем химических изменений приходят к трем типам: 1) к CO_2 (или ее солям), 2) к углеводородам (главным образом предельного или циклических рядов) и 3) к самородному углероду – графиту. Все это очень простые и устойчивые тела. В течение длинных веков геологической истории так или иначе все они проходят через организмы, а все продукты разложения организмов в конце концов дают самородный углерод – *графит*. Роль организмов в истории соединений углерода совершенно ясна и отчасти связана с тем, что углерод является одной из главнейших составных частей организмов.

Не менее, однако, она ясна для *меди*. На земной поверхности все медные соединения в конце концов переходят в кислородные соли меди – углекислые (малахит и азурит), кремнекислые (хризоколла) и т.д. Эти реакции являются реакциями вторичными, под влиянием H_2O , O и CO_2 атмосферы. Но на земной поверхности раньше выпадения кислородных минералов образуется самородная медь. Она выделяется при изменении первичных соединений меди, т.е. тех тел, которые выпадают или из магм или из глубинных частей жил и аналогичных им месторождений. Такими первичными телами являются главным образом соли одноатомной меди сульфожелезных, сульфосурьмянистых, сульфомышьяковистых, сульфоловянных кислот, реже – Cu_2S , сплав меди с золотом (медистое золото), медные производные H_2As , иногда самородная медь. Эти соединения на земной поверхности разлагаются под влиянием циркулирующих поверхностных вод, всегда заключающих в себе растворимые продукты жизнедеятельности организмов, т.е. несущих энергию организмов. Самородная медь выделяется главным образом на границе соприкосновения спускающихся вод с водами, приносящими металлические растворы; химический же характер спускающихся вод обусловлен биохимическими процессами на земной поверхности. Точно так же выпадает самородная медь при соприкосновении растворов медных солей с соединениями железа, всегда на земной поверхности теснейшим образом связанными с органической жизнью. Наконец, часть ее непосредственно проходит через организмы.

То же самое мы наблюдаем и для других самородных элементов, не будет смелым утверждение, *что выделение значительного числа самородных элементов на земной поверхности обусловлено тем особым ее свойством, какое сказывается в развитии на ней живого вещества.*

¹ Тесная связь организмов с кремнеглиноземистым телом земной коры окажется еще более значительной, чем это мы обычно принимаем, если подтвердятся результаты выводов плазмогенезиса о роли кремнезема в протоплазме. Очень вероятно, что эта роль далеко не безразлична и что протоплазма состоит из пропитанного разными веществами кремнеземистого полигеля. См. *Renaudet*, 1907, с. 133 (приведена литература); *Herrera*, 1906, с. 49.

22. Помимо организмов, на поверхности Земли есть еще другие явления, которые способствуют выделению свободных элементов. Большая часть этих процессов для нас неясна; одной из причин выделения самородных тел на земной поверхности служит действие капиллярных сил, изученное Беккерелем¹, применившим его для объяснения генезиса природных тел. Мы можем отметить по крайней мере две категории явления: 1) действие лучистой энергии, главным образом света, и 2) изменения, связанные с медленным испарением твердого тела.

Явления эти крайне мало изучены, и мы не можем достаточно ясно представить себе их значение в общей химии земной коры. Они граничат с той – все еще загадочной – областью явлений, которую мы называем радиоактивностью (§ 10).

Свет, который является могучим агентом синтеза в хлорофиллоносных организмах (однако и здесь с выделением свободного кислорода), в очень многих случаях, в земных реакциях, вызывает реакции *распадения*. К сожалению, область природных реакций с этой точки зрения совершенно не изучена, но едва ли можно на этом основании оставлять их без рассмотрения². Наоборот, действие света должно быть огромным. Минералы земных недр, образованные в темноте, подвергаются химическим изменениям, нередко очень энергичным, когда они попадают на свет, на земную поверхность. Незначительные изменения приобретают первостепенное значение в ходе веков, которыми исчисляются земные реакции.

В целом ряде таких реакций образуются самородные элементы. Свет в верхних частях жил играет крупную роль в выделении Ag, Cu, может быть Au. Он выделяет из галоидных соединений иод, бром и хлор. Сернистый газ (SO_2) под влиянием света распадается – он дает SO_3 и *серу*³; сероводород H_2S распадается главным образом под влиянием красного цвета⁴ (выделение *серы*) и т.д. Реакции такого рода очень разнообразны, они охватывают весь земной шар и нередко связаны с разрушением химических соединений вплоть до их элементов⁵.

Аналогично свету действуют так называемые «*тихие разряды*» в атмосфере. Их действие отчасти, а может быть и целиком, фотохимическое. Этим путем, например, образуется *озон*, а аммиачные соединения распадаются с выделением *азота*⁶. Еще резче, чем для света, должно проявляться на земной

¹ E. Becquerel, 1867, с. 923, 1213.

² См. сводку этих реакций у Eder, 1906. Легко убедиться, сколько таких реакций должно постоянно идти в природе.

³ M. Morren, 1870, с. 334.

⁴ См. Eder, 1906, с. 149 – выделение серы.

⁵ Свет, по-видимому, служит агентом, изменяющим элементы. В этом отношении главным деятелем являются ультрафиолетовые лучи, которые не доходят до земной поверхности (поглощаются атмосферой), но и обычный свет производит то же действие. Ср. Lebon, 1905, с. 142, 314. Хотя опыты Лебона возбуждают сомнения у некоторых физиков (ср. Кемпбелл – § 10), но к аналогичным взглядам приходят для ультрафиолетовых лучей, например, такие физики, как Ленард, указывающие на изменение ими в высоких слоях атмосферы кислорода в озон. См. Lenard, 1900, с. 504; 1906, с. 29–30. То же, из других соображений: Henriot, 1907, с. 187. См. ниже – озон.

⁶ M. Berthelot, 1900 (2), с. 772.

поверхности действие других радиаций, сказывающееся даже в выделении кремния из его соединений, например, в дымчатом кварце и, очевидно, в так называемом пустынном «загаре» кремнистых тел¹.

23. Точно так же мало изучены и другие явления, связанные с испарением твердых тел в газовой среде, т.е. на поверхности Земли, при температуре ниже точки их кипения. Эта область свойств точно так же находится на границе радиоактивных явлений.

Прямые опыты указывают на медленное испарение металлических соединений при обыкновенной температуре, причем происходит *разложение* их на элементы или, может быть, ионы². Fe_2O_3 , PbO , MnO_2 , MoO_3 , As_2O_3 , Sb_2O_3 – все тела, встречаемые на земной поверхности в виде минералов, ясно испаряются при обыкновенной температуре при опытах в течение нескольких лет, причем наблюдаются такие изменения металла (Ag) вблизи них, которые указывают на выделение свободных металлов – Fe, Pb, Mn, Mo, As, Sb. Эти явления можно объяснить допущением переноса ионов элементов. В таком случае при повышении температуры и в разреженной среде эти явления будут идти еще резче³.

Наконец и такие тела, как природные водные растворы, весьма вероятно, вызывают разложение химических соединений, образование *элементарных ионов*. В природе приходится допустить существование в растворах ионов H, S, Cl, Br, J, Na, K, Li, Fe, Ag, Tl, Zn, Cu, Ba, Sr, Ca и т.д. Если предположить, что в воде океанов, содержащей ничтожные следы значительного числа элементов⁴, соединения этих элементов разбиты до элементарных ионов, то можно сделать вывод, что *все* химические элементы в виде ионов встречаются на земной поверхности. Но явления, связанные с одновременным нахождением ионов разных элементов, изучены плохо и, может быть, они дают комплексные ионы (например Al).

В тесной связи с такими растворами стоят природные *коллоидальные растворы* металлов, например *марганца*, циркулирующие в природе главным образом в виде водных растворов органических солей, обладающих явным

¹ Нельзя не поставить в связь с этим то, что сами радиоактивные вещества, может быть, сосредоточены в поверхностном слое земной коры. Гимстедт (*Himstedt*, 1904 (2), с. 210) предположил обратное – что внутренние части земной коры очень богаты радием, но более тщательный анализ явлений радиоактивности приводит к другим выводам. Так, принимая во внимание термометрический градиент Земли и исследования Пашена над производством тепла граммом Ra (226 ккал в 1'), можно считать, что в земном шаре не должно находиться больше $2 \cdot 10^{14}$ г Ra, иначе его температура должна была бы возрасти, чего мы не наблюдаем. Но это количество не может быть рассеяно во всей Земле, так как наблюдаемая радиоактивность почвы в 1000 раз превышает то количество радия, которое она тогда могла бы иметь. Приходится допустить сосредоточение радия в поверхностном слое Земли (см. *Liebenow*, 1904, с. 626). Исходя из аналогичных соображений, ту же мысль развил Стретт (*Strutt*, 1906, с. 483). Работа Стретта обратила на себя внимание и вызвала большую литературу. См., например, *Bloch*, 1906, с. 337; *Evea. McIntosh*, 1907, с. 231. Впрочем, некоторые и теперь считают, что в глубоких слоях земной коры (Erdinnern) радиоактивных веществ больше, чем на ее поверхности. См., например, *R. Lucas*, 1908, с. 2.

² См. опыты и соображения *Zenghelis*, 1904, с. 220 и сл.

³ Ср. об испускании ионов металлическими соединениями – *Wehnelt*, 1904, с. 425 и сл.

⁴ О нахождении элементов в океанах см. *Krömmel*, 1907, с. 216, всего 32 химических элемента.

каталитическим действием, а каталитическое их действие зависит от присутствия коллоидального металла¹.

Все это области, лишь намечаемые исследованием, но они как раз идут в унисон со странным, на первый взгляд, скоплением многих свободных химических элементов на земной поверхности. Если бы мы приняли во внимание эти любопытные, своеобразные формы свободных элементов, то количество свободных элементов земной поверхности (§ 17) должно было бы еще возрасти.

Но даже и эти явления не охватывают всех случаев. Так, например, газообразные выделения расплавленных лав вулканов заключают все или почти все химические элементы, характер состояния которых неизвестен². Весьма вероятно, что и в этих газообразных продуктах элементы находятся в момент выделения в свободном состоянии.

24. Самородные элементы другого характера. Все эти явления ясно указывают нам, что в самой поверхностной корке земного шара, около кислородной поверхности и выше ее, т.е., грубо говоря, до глубины около 0,5 км, существуют условия, вызывающие образование и выделение самородных элементов. Химические соединения разрушаются, и химическая энергия идет на создание других процессов.

Но наряду с такими самородными элементами существуют и другие, которые выпадают в глубинных слоях литосферы и являются довольно характерными *глубинными минералами*. Условия их образования нам известны еще меньше. По-видимому, их образование связано с характером химических процессов, идущих в расплавленных магмах или в таких растворах, образование которых вызвано высоким давлением.

Таковыми элементами являются Au, Ag, Cu, Pt, Ir, Rh, Ru, Os, Pd, Fe, Ni, Co, Bi, C, O, N, H, Ar, He. Они собираются в небольшое число продуктов, давая характерные, своеобразные минеральные образования.

Выделение их из магм тесно связано с теми сложными процессами, которые идут в магмах, переполненных газами и находящихся под давлениями, исчисляемыми в несколько тысяч атмосфер.

Очень вероятно, что газообразные вещества, например H_2O , диссоциированы в магмах при высокой температуре до своих элементов. Изучение минералогических процессов, главным образом образования *водорода* (см. ниже), заставляет, например, склоняться к тому мнению, что H_2O разлагается с выделением водорода³, тогда как кислород соединяется с другими телами, например с FeO .

Характер магм ставит и другой вопрос – вопрос о том, в каком виде заключены в них входящие в их состав элементы. И если по отношению к наиболее обычным окислам приходится допустить, что они не диссоциированы до элементов⁴, то по отношению к редким, находящимся в ничтожных

¹ Trillat, 1903, с. 924; 1904, с. 274.

² Обзор вопроса у Lincoln, 1907, с. 258 и сл.

³ Gautier, 1903 (1), с. 17.

⁴ Это допускает даже Дёльтер, который дает широкое место процессам диссоциации в магмах (см. Doelter, 1906, с. 60). Совершенно отрицает явления диссоциации для силикатов и алюмосиликатов Фохт (см. Vogt, 1904, с. 198, 204 и т.д., здесь же и литература). Данные опытов заставляют склоняться к мнению Фохта. Подробнее ниже, в главе о магмах.

количествах телам, вполне допустимо их распадение до металлических «ионов» – до элементов.

Как ни гадательна для нас вся область этих явлений, однако она не противоречит возможности существования второй оболочки земной коры – глубинных частей литосферы, где химические элементы также находятся не в связанном состоянии, как они постоянно образуются в свободном состоянии на земной поверхности.

25. Наконец, немногие из числа указанных элементов (главным образом *кислород*, отчасти *азот*) находятся в свободном состоянии вследствие особенностей, наблюдаемых в количественном распределении элементов в земной коре. Как известно, одни из них (§ 15) очень распространены; так, кислород составляет 50% по весу земной коры, тогда как другие элементы не достигают даже десятитысячных долей процента. Благодаря такому неравномерному их распределению, некоторые элементы могут находиться на Земле при данных условиях в *избытке*, т.е. в большем количестве, чем их может войти в соединения с другими телами при тех источниках энергии, какие находятся в земной коре. Так должно быть объяснено присутствие свободного *кислорода*.

В таком положении могут находиться и тела, процентное количество которых в земной коре ничтожно, например, это мы видим в истории *озона*. Конечно, такие тела будут в вечно подвижном состоянии: часть их будет входить в соединения, другая выделяться, но все время будет оставаться некоторый избыток элемента в свободном состоянии.

Неясно, не будут ли в таком положении и некоторые другие элементы, количество которых превышает то, которое при термодинамических условиях земной коры может давать в ней соединения. Это относится к таким инертным газам, как Ar, Ne, Xe, Kr, He, соединения которых не получены даже в лабораториях, и, может быть, к природным N и H.

Нечто подобное мы имеем для минералов платинового и осмиево-рутениевого рядов.

26. Деятельность человека. В последние века появился новый фактор, который увеличивает количество свободных химических элементов, преимущественно газов и металлов, на земной поверхности. Фактором этим является деятельность человека.

В общем человек действует в том же направлении, в каком, как мы видели, идет деятельность органического мира. Но с появлением человека эта деятельность получает новые оттенки и совершенно новое направление. Начинаются новые реакции – выделения в элементарном состоянии таких тел, как Fe, Zn, Sn, Pb, Al, Ni и пр., которые или совершенно не выделяются или выделяются природными процессами в ничтожных количествах. В то же самое время и количество добываемых человеком металлов достигает колоссальных размеров и с каждым годом все более и более увеличивается.

Может быть, еще большие количества самородных элементов выделяют-ся человеком бессознательно, побочно; так, при горении каменного угля и других процессах сгорания идет образование C, N и пр.¹ В связи с челове-

¹ Непосредственно на общий состав атмосферы человек не оказывает влияния, так как чрезвычайно быстро происходит выравнивание нарушенного равновесия атмосферы. Однако это влияние сказывается в городах. Еще более значительно косвенное влияние человека, связанное с условиями его жизнедеятельности, благодаря изменению человеком земной поверхности. О малом влиянии см. *Henriet*, 1907, с. 189.

ческой жизнью развивается широкая и разнообразная деятельность низших организмов. Достаточно вспомнить процессы гниения и разложения органических веществ, связанные с жизненными условиями человеческих обществ, производящие в природе изменения, вполне сравнимые с теми, которые вызываются организмами вне связи с человеческой жизнью, – происходящими путем так называемых природных процессов. Этим путем в природе образуются и перемещаются огромные количества О, N, H, С.

Еще большее влияние оказывает человек полным изменением лика Земли, которое производится им во все больших и больших размерах по мере развития культуры и распространения влияния культурного человечества. Земная поверхность превращается в города и культурную землю и резко меняет свои химические свойства.

Изменяя характер химических процессов и химических продуктов, человек совершает работу космического характера. Она является с каждым годом все более значительным фактором в минеральных процессах земной коры и мало-помалу меняет их направление.

27. К сожалению, у нас теперь очень мало данных для точного учета этих явлений. Несколько цифр позволят уяснить характер и направление этой деятельности.

С XVI до XIX столетия, в течение 400 лет, человек добыл и выделил в свободном состоянии не менее 15 111 т золота и 276 090 т серебра¹. Это количество серебра добыто из сернистых его соединений и, должно быть, равно или превышает то его количество, которое выделено было «природными» процессами в земной коре в течение всей жизни Земли. Ежегодно и теперь добывается до 500 т золота и до 4000–5000 т серебра. Золото истирается при употреблении и рассеивается затем в природе в мелко раздробленном виде (§ 34); ежегодно уходит из обращения этим путем около 0,7–0,8 т золота. Истирание серебра еще сильнее; сверх того, серебро соединяется в природе с S и Cl и вызывает новые химические реакции.

Еще более значительна роль человека по отношению к металлам «неблагородным», т.е. сильно изменяющимся на земной поверхности, входящим в химические реакции с кислородом, водой и т.д. Выбрасывая их в свободном состоянии, человек тем самым вызывает на земной поверхности новые и энергические химические изменения, до него в природе отсутствовавшие.

Исчислить эту работу мы не умеем. Для одного лишь XIX столетия, когда она, несомненно, достигла максимального значения, мы имеем кое-какие числа. Для этого столетия² добыто (в тыс. т):

Au	11,5	Sn	2122
Al	27,5	Cu ⁴	10 679 ⁴
Ni	80 ³	Zn	11 373
Hg	126,5	Pb	22 711 ⁵
Ag	130		

¹ Soetbeer, 1879, 1885; Biedermann, 1904, с. 39.

² Кроме Зётбеера и Бидермана, еще Rössing, 1901; B. Neumann, 1904.

³ По подсчету Б. Неймана. Из данных Фохта (Vogt, 1902 (2), с. 1) вытекает гораздо меньшее число – около 71 тыс. т с 1840 г. Добыча до 1840 г. ничтожна.

⁴ За 300 лет, с XVII по XIX столетие, – 12 568 тыс. т (B. Neumann, 1904, с. 115). Из этой цифры видно, какую часть добычи дает XIX столетие.

⁵ Только за 84 года – с 1816 по 1900, причем добыча с 1830 г. ушестерилась (B. Neumann, 1904, с. 152).

Но все эти количества ничтожны по сравнению с количеством железа. За 54 года, с 1846 по 1900, добыто $872\,336 \times 10^3$ т чугуна: за 34 года, с 1866 по 1900, изготовлено $291\,756 \times 10^3$ т стали¹. Для их добычи были переработаны колоссальные количества руды².

Для первых семи лет XX столетия (1901–1907) мы получаем цифры добытых и выделенных металлов, которые резко указывают на все повышающийся рост этого явления. Мы имеем (в тыс. т)³:

Au	3,6
Cu	4717
Fe (чугун)	340 505
Pb	6 386
Sn	6 897
Zn	4 289
Ag	98

Мы лишь перед началом добычи металлов. Добыча железа, алюминия, меди все увеличивается, и человек совершает все большую и большую работу химического характера.

Очевидно, цифры добычи XX века во много раз превысят колоссальную добычу XIX столетия!

28. Работа эта, совершаемая с чрезвычайной энергией, быстро подходит к пределу легко восстанавливаемых соединений – руд, на которых остановились природные процессы. Всюду возникает вопрос об истощении запасов природных скоплений металлов, тех их форм, которые доступны переработке человеком.

Раньше всего этот вопрос встал для золота. Дело в том, что при постоянном росте человеческого населения Земли, росте его благосостояния и культуры потребность в металлах все увеличивается. А между тем добытое количество медленно, но неизменно исчезает. Металлы соединяются с другими химическими элементами, истираются, например золото (§ 34). Для золота через какие-нибудь 50 лет вопрос о его добыче неизбежно должен войти в новый фазис. Человек вынужден будет добывать его из новых источников, где оно не сконцентрировано природными процессами. Тем самым химическая работа человечества неизбежно увеличивается.

29. Недавно тот же самый вопрос встал для *железа*. Количество железа, потребное для человека, увеличивается с чрезвычайной быстротой. В 1800 г. добывалось 800 тыс. т чугуна, в 1850 г. – всего 418 тыс. т, в 1880 г. – уже 18 461 тыс. т, в 1900 – 40 972 тыс. т⁴, а в 1906 г. количество чугуна достиг-

¹ B. Neumann, 1904, с. 56 и сл.

² За 30 лет (1872–1902) было добыто (но годам) железной руды (в млн. т.):

1872	36
1882	48,7
1892	57,2
1902	96,6

См. Tiberger, 1903, с. 170–171.

³ См. «Zschr. prakt. Geol.», Abt. B., 1910, с. 38.

⁴ Данные Неймана. Для 1800 г. взята цифра Тиберга, который дает несколько иные числа. См. Tiberger, 1903, с. 170.

ло 60 524 тыс. т. Одновременно росла также добыча стали и литого железа. Для этой добычи переработано количество руды, по крайней мере, вдвое большее.

Невольно является вопрос, хватит ли скоплений железных руд на земной поверхности, если потребление железа будет расти в той же прогрессии. Для 1950 г. количество ежегодно добываемого чугуна должно, по крайней мере, достигнуть 300 000 тыс. т. А между тем количество всех известных нам богатых железных руд всего мира едва ли достигает 10 млрд т¹. Руд не хватит на XX столетие; уже в первую его половину начнется «железный голод»². Можно думать, что к 30-м годам XX столетия истощатся главные руды Северо-Американских Соединенных Штатов и Англии; богатейшие железные руды Европейского континента – бурые железняки Лотарингии и Люксембурга – едва ли дойдут до середины столетия³.

По Богдановичу, общий запас известных и доступных для разработки железных руд Евр. России достигает минимально 2000 млн т руд, отвечающих 800 млн т чугуна (принимая целиком керченские – 2450 млн т руды и 980 млн т чугуна)⁴. По анкете Геологического конгресса 1910 г. мировой запас руд – 22 408 млн т руды, отвечающих 10 192 млн т чугуна (предпол. запас > 53 136 млн. т). Ясно, что наличного, действительного запаса хватит всего на 60 лет (при возрастании добычи чугуна). Конечно, при этом значительная часть предполагаемого запаса станет действительно наличной⁵. С поправками К.И. Богданович дает (подвергая критике Бейшлага и др.) действительный и предполагаемый запас (в млн т):

	Руд	Чугуна
Германия	3107,7	1125
Франция	3300	1140
Россия	2450	993

Для России можно смотреть на ближайшее будущее с некоторым чувством удовлетворения. Представления зависят от изучения стран: Африка,

¹ Ср. исчисления у *Törnebohm*, 1905, с. 73 и сл. См. критические замечания у *Sjögren*, 1905, с. 77 и сл.; *Leith*, 1906, с. 360 и сл. Учет железных руд сделан для геологического конгресса в Стокгольме в 1910 г. особой международной комиссией. Результаты общей сводки мировых запасов железных руд напечатаны на немецком, французском и английском языках. См. «The iron ore resources of the world» – Ed. by Secr. of Intern. Geol. Congress, I–II, St., 1910. Обработка этого вопроса вызвала большую литературу. В общем эти учеты не меняют общей картины, которая дана мною в этом параграфе. О запасах железных руд на земном шаре и критику работы стокгольмского конгресса см. *Eckert*, 1913, с. 266. Ср. для США *Nason*, 1912, с. 695.

² Этот вопрос явился предметом горячих дебатов в шведском ригсдаге в 1906 и 1907 гг. в связи с заключением нового условия с железным трестом «Grängesbergbolaget», владеющим главными месторождениями железных руд Швеции. Этому тресту принадлежат 4/5–10/11 всех железных руд Швеции. См. литературные и другие указания в памфлете Адельшельда (*Adelsköld*, 1907).

³ Рост добычи идет быстрее предположений. Так, например, в 1889 г. Вандеслебен рассчитывал, что лотарингских железных руд хватит, судя по добыче ($2,8 \cdot 10^6$ т), на 750 лет; но добыча в 1902 г. достигла $8,8 \cdot 10^6$ т и при такой добыче их едва хватит на 240 лет. Для Люксембурга в 1888 г. он рассчитывал на 80 лет, по, судя по добыче 1902 г., их не хватит на 50 лет. См. *Tiberg*, 1903, с. 172–173. По исчислению Кьельберга, руд Западной Европы и Северной Африки при современном их употреблении хватит лет на 100. См. *Kjellberg*, 1907, с. 12.

⁴ *Богданович*, 1913 (2), с. 98.

⁵ Там же, с. 101, 105, 109.

Азия и Австралия мало изучены. С этой точки зрения любопытна таблица анкеты, явно указывающая на неверные данные для Азии¹.

Все эти цифры, несомненно, приблизительные, но все же они дают понятие об отношении известных запасов руды к тому количеству металла, которое является необходимым человеку в наш железный век. Приходится уже теперь уменьшать трату железа: становится все более выгодным заменять чугуны и железо сталью, которая держится втрое дольше: старый лом все больше идет в работу². И все же перед человеком скоро и здесь встанут новые задачи химического характера – добычи железа из менее концентрированных источников руд, например, добычи его из магнетитов вулканических и плутонических пород при помощи электромагнитной обработки, или обращение в руды титано-железистых соединений³. Другими словами, химическая работа человечества должна сделаться интенсивнее; оно будет вынуждено концентрировать руды, т.е. быстро производить природную геологическую работу, идущую медленно – веками и тысячелетиями.

Человек, таким образом, постоянно перерабатывает верхнюю покрывку земной коры и переводит значительную часть ее соединений в свободные элементы. С его появлением разрушительная роль энергии, сосредоточенной в живом веществе, увеличилась.

30. Количество самородных элементов. Свободные элементы, получаемые жизнедеятельностью человека, составляют заметную часть самородных элементов земной коры, и их значение в общей массе земной коры все увеличивается с развитием культуры и просвещения. Если мы, однако, оставим их в стороне и обратимся исключительно к чисто естественным продуктам, то из вычислений увидим, что общее количество самородных элементов земной коры относительно невелико. *Едва ли сумма всех самородных элементов достигает 0,1% всей массы земной коры.*

В группе самородных элементов мы имеем главную, иногда единственную форму нахождения в природе для следующих элементов: N⁴, Ar, He, Xe, Ne, Kr, Pt, Rh, Ru, Os, Ir, Pd, Au, J и Rn? Все остальные могут быть оставлены без внимания, так как их количества в самородном состоянии ничтожны в земной коре по сравнению с другими их соединениями.

Кроме того, лишь для C, O, Bi и, может быть, S и H самородное состояние составляет по весу значительную часть запаса этих элементов в земной коре, хотя оно и не является преобладающей формой их нахождения в природе.

Как легко видеть из таблицы § 15, общее количество всех этих элементов, кроме Ar, N, H, C, O, Bi, S, ничтожно. Если бы они даже целиком состояли из самородных элементов, то сумма их всех не достигла бы 0,01% массы земной коры.

Аргон и гелий, вместе взятые, тоже не дают 0,01%, а Bi и S только частью находятся в свободном состоянии, причем только для *висмута* самородное

¹ См. С. Hayes, 1909; Einecke u. Köhler, 1910; Богданович, 1911, с. IX, 253 и др.

² Количество его в сумме ежегодно добываемого чугуна и стали, к сожалению, не может быть установлено.

³ О недостатке железных руд см.: Tiberg, 1903, с. 168 и сл.; Frech, 1904, с. 487 и сл.; Krull, 1906, с. 821 (по данным Масона); Törnebohm, 1905; Leith, 1906, с. 360 (указана литература); J.S. Jeans, 1907, с. 946.

⁴ Если не будем принимать во внимание азотистых соединений организмов.

состояние является преобладающим, тогда как большая часть *серы* находится в соединениях. Количество свободного *водорода*, главным образом в массивных породах и в магмах, очень трудно исчислить, но едва ли, при малом его весе, оно достигает 0,01, в крайнем случае – 0,02%.

Остаются только N и O, которые являются, может быть, самыми распространенными самородными элементами. Для *азота* почти нацело главная его масса находится в самородном состоянии, т.е. его количество достигает по крайней мере 0,04%.

Количество свободного кислорода достигает в атмосфере около 0,008% массы земной коры, а так как количество его в воде океанов не меньше, то общая масса свободного кислорода на Земле составляет около 0,016%, может быть, до 0,02–0,03% всей массы земной коры.

Таким образом, принимая максимальные числа, мы имеем в максимальном пределе для самородных элементов:

N	0,04%
O	0,02–0,03%
Сумма всех остальных	0,05%

В общем они являются, следовательно, ничтожной частью по весу земной коры.

31. Изменение самородных элементов. Самородные элементы не представляют из себя что-то неизменное и прочное. Они, в общем, являются скоропреходящими, существующими лишь при определенных условиях формами материи. Их изменения подчиняются общим законам изменения минералов.

Изучение этих изменений является главной задачей описательной минералогии, ибо только этим путем возможно выяснение общих законов химии земного шара. Уже теперь возможны здесь обобщения, относящиеся ко всем минералам, в том числе и к самородным элементам. Из числа этих обобщений можно отметить следующие:

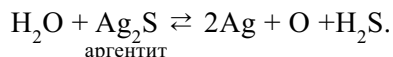
Каждый минерал может существовать неизменно лишь до тех пор, пока он находится в условиях своего образования. Как только он из них вышел, для него начинаются новые стадии существования.

Среди этих стадий мы должны резко отличить стадию *выветривания* и *гидратации*, происходящую на земной поверхности под влиянием химических тел атмосферы и гидросферы. Другой стадией является *метаморфизация*, происходящая ниже кислородной поверхности, но в верхних частях литосферы. Наконец, неизбежно допустить последнюю, очень мало изученную стадию *магматизации*, идущую в глубинных слоях литосферы, где твердое вещество становится пластическим и где прекращаются жильные процессы (§ 14).

Самородные элементы образуются всеми этими процессами. В зависимости от своего нахождения в той или иной части литосферы они выветриваются, метаморфизуются, переходят и выделяются из магм. В истории каждого элемента постоянно происходят эти разнообразные процессы изменения. Каковы бы они ни были, всегда выдерживается общее правило, что *все процессы изменения минералов, нам известные, имеют характер химических обратимых процессов.* Для самородных элементов в некоторых случаях это сразу бросается в глаза.

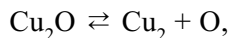
32. Так, уже указывалось раньше (§ 19), что некоторые из поверхностных самородных элементов представляют промежуточные стадии, например при переходе глубинных сернистых соединений в кислородные. Они выделяются вблизи кислородной поверхности. Очевидно, при изменении физических условий мы должны наблюдать для них переходы в обе стороны: как в кислородные тела, если они их дают, так и в сернистые.

Могут быть условия, когда в природе будут существовать системы равновесия, т.е. будут одновременно находиться как самородный элемент, так и соединение данного элемента. Такие условия действительно наблюдались, например, во многих месторождениях *серебра*. Оно входит в системы химических равновесий с сернистыми соединениями, например:



Такой процесс доказывается тем, что известны взаимные переходы арсентита и серебра в одном и том же месторождении в зависимости от условий внешней среды¹.

Еще резче это проявляется для *меди*, где чрезвычайно часта реакция типа



причем многочисленны псевдоморфозы *куприта* (Cu_2O) по самородной меди и обратно².

Очевидно, все самородные элементы, характерные для земной поверхности (§ 19), в определенных условиях среды могут представлять аналогичную систему химических равновесий, например: $\text{Cu} \rightleftharpoons \text{Cu}_2\text{S}$, $\text{Ag}_6\text{Sb}_2\text{S}_6 \rightleftharpoons 3\text{Ag}_2\text{S} + \text{Sb}_2\text{S}_3$ и дальше $\text{Ag}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{Ag}$ и т.д.

Если взять долгие промежутки времени – тысячелетия, то история всякого самородного элемента может быть всегда выражена аналогичным химическим уравнением. Рано или поздно встретятся условия, которые вызовут обратный химический процесс, в другую сторону, чем тот, при котором самородный элемент образуется. Это правильно для Cu, Hg, Pb, Zn, As, Sb и т.д.

История других химических элементов еще более проста, например, история *кислорода*, *азота*, т.е. элементов, находящихся в относительном избытке (§ 25). Они образуются многими процессами в природе и, в свою очередь, легко входят в разнообразные химические соединения. При этом количество данного элемента остается неизменным, т.е. его выделяется столько же, сколько переходит в новые соединения. Для таких самородных элементов обратимость химического процесса совершенно ясна.

33. Но есть несколько относящихся сюда минералов, дальнейшая судьба которых нам точно не известна: это те тела, которые как бы являются конечными членами химического процесса и не могут быть сведены к тому типу обратимого процесса, какой мы изучаем в случаях химических равновесий. Нам известны условия их *образования* (генезиса), но не их *изменения*

¹ C. Hintze, I, 1898, с. 220.

² J. Roth, 1879, с. 220, 298.

(исчезания). Таковы, например, Au, Pt, S, C: их дальнейшее изменение нам не известно или почти не известно.

Из всех соединений Au, S и C¹ с течением времени на земной поверхности или на глубинах (для Au и C) выделяются элементы в свободном состоянии. Дальше эти элементы химически не изменяются; процесс на этом как будто заканчивается.

Вопрос, который здесь выясняется, имеет глубокий философский интерес. Ибо если бы это наблюдение было правильным, то пришлось бы допустить случай природного необратимого процесса, т.е. увода на земной поверхности некоторой доли энергии из обращения не в форме теплоты. Это является в области изучаемых физико-химических явлений весьма мало вероятным и едва ли когда наблюдалось². Если бы это было так, то с течением долгих промежутков времени все эти элементы скопились бы на земной поверхности в огромных количествах, в самородном состоянии, в форме графита, алмаза, золота и серы, чего мы, однако, не наблюдаем.

Наблюдения над серой позволяют, по-видимому, выяснить это противоречие. Для серы мы не наблюдаем непосредственного перехода ее в какие-нибудь минералы, но внимательное наблюдение позволяет утверждать, что такой переход должен происходить в природе. Так, 1) сера никогда не встречается в самородном состоянии в метаморфических породах (например, в гнейсах, слюдистых сланцах и т.п.), т.е. в породах, подвергавшихся сильному давлению, и 2) мелко раздробленная сера через некоторое время *исчезает*, т.е. превращается в какие-то другие соединения. Оставляя в стороне первое наблюдение, которое, очевидно, не подходит ни к углероду, ни к золоту, обратим внимание на второе обстоятельство, имеющее более общее значение. Впервые оно было замечено для мелко раздробленной серы, в виде мельчайших кристалликов выпадающей при распадении сернистых соединений (ср. ниже – *сера*); мало-помалу эти кристаллики самородной серы исчезают, как бы улетают; можно было бы думать здесь или об испарении серы или об ее *окислении*. Характерный запах серного порошка, долго лежащего в замкнутом пространстве, ясно указывает на вторую причину их изменения. На то же самое указывает быстрое исчезание серы из почвы при употреблении ее порошка для борьбы с филлоксерой в виноградниках; по опытам Дюма и позже Поллаччи, сера при этом сгорает в SO₃ и дает сульфаты. Кроме тонко раздробленного состояния, этому способствуют озон, СаСО₃, гумусовые вещества и т.д.³. Опыты Муассана⁴ указали на медленное окисление чистой S в SO₂ при обычной температуре. Исчезание серы и новообразования сульфатов заметны в богатых серных залежах, например сицилийских.

34. Этот процесс изменения, т.е. перехода серы в новые соединения, для нас не вполне выяснен. Но уже теперь из его изучения видны обстоятельства, которые позволяют понять дальнейший круговорот серы и тех природных

¹ Для Pt, Ir, Os и т.д. этот вывод не может быть сделан с такой уверенностью, так как форма исходных их соединений нам не вполне известна (ср. ниже платина, осмий – иридий).

² Nernst, 1907, с. 18 и сл.

³ Об этом см. Pollacci, 1874, с. 238 и сл.; 1875, с. 268 и сл.; Daubrée, 1887, с. 344; Engler u. Weissberg, 1904, с. 58.

⁴ Moissan, 1903, с. 547 и сл.

химических элементов, судьба которых, подобно самородной сере, на первый взгляд загадочна.

Изменения серы происходят только в *тонко раздробленном состоянии*. Путем механического раздробления вещество приобретает новые свойства, делающие его часто более химически подвижным, химически деятельным. Совершенно так же происходит изменение – переход в новые тела – золота и углерода.

Графитовые, тонко раздробленные вещества на местах контакта, под влиянием как некоторого давления, так и относительно высокой температуры, *исчезают*, т.е. сгорают в углекислоту. Явление это наблюдается во множестве самых различных контактовых месторождений.

Золото при тонком истирании постепенно рассеивается в пространстве и переходит в ближе не известные нам более подвижные при земных условиях формы. Такое исчезновение золота, например вследствие долговременного употребления золотой монеты или золотых предметов, было указано уже давно. Первые исследования этого явления были сделаны еще в конце XVIII столетия такими учеными, как Кавендиш и Гатчетт. Позже банками и государствами в Западной Европе были сделаны новые исчисления¹. Они показали, что годовая потеря при истирании золотых монет достигает 0,1–0,01%. Если бы процесс продолжался в том же темпе и направлении без перерыва, то золото в монете должно было бы рассеиваться целиком вследствие истирания в течение 1000–10 000 лет. Несомненно, теперь этот процесс истирания несколько уменьшился в своем темпе вследствие развития банкового дела.

В какой форме золото рассеивается в природе – неизвестно, но так или иначе оно собирается вновь в самородном состоянии, проходя через ближе не известные соединения. В природе этот процесс идет в огромных размерах².

Тонко раздробленное твердое вещество под влиянием механического распыления, т.е. усиления поверхностной энергии («натяжения»), приобретает особые свойства, очень близкие к свойствам жидкой фазы. Золото является телом, дающим чрезвычайно легко раздробление без изменения своего химического характера; такое золото, однако, приобретает особые химические свойства, причем размеры тонко раздробленного золота могут быть значительно меньше длин волн самых коротких световых колебаний³.

Так или иначе, и в этих случаях, при соблюдении определенных условий – привноса энергии путем чрезвычайного распыления, мы видим переход самородных элементов в те соединения, из которых они образовались, или соединения, им аналогичные⁴. Мы должны допустить аналогичные явления для

¹ Ср. *Soetbeer*, 1885, с. 31; тут и литература. Зётбеер рассчитывал, что к 1885 г. для золотой монеты мирового запаса годовая потеря золота этим путем достигает 700–800 кг. Теперь она должна быть сильно увеличена. В различные исторические периоды истирание было различное. См. любопытные данные у *Jacob*, 1838, с. 112 и сл.

² В золотосплавных лабораториях, например в екатеринбургской, золотая «пыль» находится всюду – на полу, в мебели и т.п. См. *Авдеев*, 1850, с. 83.

³ Ср. любопытные замечания Бейлби (*Beilby*, 1906, с. 354 и сл.). О теории Бейлби об изменении тел на поверхности (переход в аморфное состояние) см. состояние вопроса у *Вейнберга*, 1913, с. 84.

⁴ О значении распыления для хода химических реакций и резкого изменения свойств вещества для элементов, кроме Бейлби, см. *Houlevigue*, 1902, с. 626. Общие замечания: *его же*, 1904, с. 262 и сл.; *Poincaré*, 1906, с. 95–96.

всех тех случаев, когда характер обратимого процесса для нас не совсем ясен. Изучение природных тел, как мы увидим при рассмотрении отдельных минералов, приводит к этому почти с несомненностью.

Такой обратимый характер химических процессов Земли ясно указывает на то, что они совершаются за счет внешней, посторонней энергии. Без нее они давно бы остановились. Эту энергию доставляет Солнце. Без него прекратилась бы не только органическая жизнь Земли, но и изменения и образование минералов¹. Дальнейший анализ этих явлений не входит, однако, в задачу данного труда.

35. Геологическое время и образование минералов. Изменения минералов неизбежно ставят перед нами вопрос об общем изменении химических реакций Земли (т.е. образования минералов) во времени. Всегда ли были химические реакции Земли в общем теми же, какие мы изучаем теперь, или, подобно изменению органического мира, физико-химические условия земной коры менялись, проходили разные стадии, совершенно несхожие с теперь нами переживаемой? Обыкновенно этот вопрос разрешается быстро и в утвердительном смысле.

В сознание натуралистов глубоко вошли космогонические верования о прошлом земной коры; они охватили весь наш научный материал. Верны или неверны эти представления, далеки они или близки к действительно происходившим событиям, имеет, однако, очень мало значения для научного исследования природных химических процессов, ибо в этих процессах мы не находим пока никаких следов тех коренных изменений, какие требуются этими теориями.

Было бы интересной и любопытной темой для теории познания выяснить выражающееся в этих теориях неудержимое стремление человеческой мысли искать *начало* всякого природного явления. Если мысль мирится с понятием бесконечности в смысле отсутствия конца явления, она не может примириться с безначальностью, хотя по существу и то и другое явления одинаково далеки от рационального понимания человеческой мыслью.

Обращаясь к точным научным фактам, мы должны признать, что в общем, как далеко мы ни проникаем в историю земной коры, мы наблюдаем отложение одних и тех же соединений, всюду видим однообразный ход химических реакций. Всюду нас встречают знакомые минералы. Самые глубокие осадочные – докембрийские² – отложения, метаморфизованные или почти не измененные осадки, как, например, в Норвегии, Южной Африке, Северной

¹ Отсюда, очевидно, следует, что вся теплота земной коры имеет своим первоисточником Солнце и что мы не встречаем на земной коре химических реакций, которые шли бы за счет раньше собранной планетной теплоты, как этого требует космогоническая гипотеза Канта–Лапласа и др. Исходя из других соображений, ту же мысль о тепловом режиме земной коры, как результате энергии Солнца, развил Л. Ячевский (1905, с. 37, 85 и др.). Ср. еще соображения иного рода, высказанные в довольно неудачной работе Трейберта (*Treibert*, 1904). Едва ли можно связывать эти явления с другой космогонической гипотезой, с идеей Томпсона о диссипации энергии, как это делает Л. Ячевский. Характер кругового процесса химических реакций не дает нам возможности видеть подтверждение этих идей, по крайней мере – в области минералогии. Другие процессы, могущие явиться самостоятельным источником энергии, например, явления разложения элементов (§ 10), так мало изучены, что ими теперь нельзя пользоваться для этих целей.

² Я употребляю термин «докембрийский» в смысле, данном Лаппараном, – см. *Lapparent*, 1906, с. 753 и сл.

Америке или Китае, – всюду дают нам те же комплексы минералов, какие наблюдаются в аналогичных отложениях более новых геологических формаций. Образование одинаковых – качественно и количественно – комплексов, выделение одних и тех же немногих и характерных минералов доказывает, что процессы, шедшие в атмосфере, гидросфере и верхних слоях литосферы, явления в зоне выветривания и метаморфизации (§ 31) не изменялись заметно в течение долгих лет геологической истории, доступной нашему изучению. Больше того, они указывают, что и количественный состав этих слоев земной коры не менялся, так как иначе это неизбежно отразилось бы на составе образующихся продуктов¹.

Точно так же были напрасны попытки найти различия, в течение времени, для массивных пород или для продуктов, связанных с их изменением и характером свойственных им явлений, т.е. с жильными процессами, контактными образованиями и т.п. И здесь – в общих чертах – повторяются в течение всего доступного нашему изучению геологического времени одни и те же явления, образуются те же продукты, которые мы признаем и ныне происходящими в связи с массивными породами.

Отсюда мы должны заключить, что *обобщения, которые мы можем теперь сделать при изучении химических явлений земной коры, относятся не только к нашей геологической эпохе, но имели место и в течение всей доступной научному изучению ее истории.* Условия генезиса и изменения минералов за это время не изменились. Если бы мы хотели остаться на почве космогонических воззрений, мы должны были бы сказать, что в области химических процессов Земли мы не выходим за пределы одной и той же космической стадии земной истории, к которой принадлежит и наша геологическая эпоха.

Во всяком случае ясно, что мы можем оставить в стороне все предположения о прежних космических фазах земной коры, как оставили мы без внимания внутреннее строение и внутренний состав земного шара. Никаких следов гипотетических фаз расплавленной массы нашей планеты, ее горячего состояния и т. п. в химии земной коры мы не видим.

И в пространстве и во времени область нашего познания в минералогии строго и определенно ограничена.

Это обстоятельство позволяет по отношению к *самородным элементам* утверждать, что ныне наблюдаемые условия их нахождения в общем выдерживаются в течение всей доступной нашему изучению истории Земли, что количественное их отношение сохраняется неизменным (§ 30), что остается неизменным и их распределение в земной коре в связи с общей ее структурой (§ 15) и т.п.

36. Говоря о неизменности химических процессов в течение долгих геологических эпох земной истории, мы говорим лишь об *общих* чертах явлений. Частности несомненно меняются при неизменности общего фона химических процессов. Достаточно представить себе изменение органического мира

¹ Неизбежен вывод о количественном постоянстве земной коры из постоянства ее минералогического состава. Это, однако, часто забывается. По отношению к океану и атмосфере были многочисленные попытки создания других теорий (см. ниже – вода, воздух), но теории эти не выдерживают научной критики. Указания на неизменность состава атмосферы вследствие одинаковости явлений выветривания во все геологические периоды см. *Weinschenk*, 1906, с. 86–87.

от докембрийских отложений до нашего времени. А между тем органический мир, как мы знаем (§ 20), стоит в тесной и неразрывной связи с историей земной коры. Его значение особенно сильно и ярко на земной поверхности, как раз там, где идет энергическое выделение самородных элементов.

Мы не можем точно выяснить, какие изменения в ходе земных химических процессов вызвало появление на земной поверхности новых групп и классов животного или растительного царства. Но, по-видимому, *общий характер* деятельности органического мира не изменялся, т.е. появление одних организмов компенсировалось исчезновением других. В течение всей долгой истории земной коры мы видим неизменными главные продукты жизнедеятельности органического мира. Образование известняков, углей, кремнистых отложений и т. п. в общих чертах выдерживается при посредстве живого вещества во все геологические эпохи, хотя участвующие в их создании организмы меняются. Лишь появление культурного человека (§ 26) вносит новые резкие черты в ход природных реакций.

Благодаря организмам, в некоторые эпохи появляются на Земле и новые продукты. Но все это отдельные соединения, совершенно не нарушающие общей схемы химической истории Земли. Так, есть много случаев появления новых продуктов в связи с жизнедеятельностью человека – например, появление муравьиного альдегида в воздухе городских поселений нашей культуры¹. Это новый продукт, не образывавшийся в прежние геологические эпохи.

Точно так же и вне действия организмов для некоторых других минералов встречаются совершенно исключительные условия образования, не повторявшиеся в другие геологические эпохи – например, для криолита и связанных с ним фтористых тел. Для многих *редких* минералов, встреченных однажды в одном—двух местах земной поверхности, очень вероятны исключительные совпадения условий, необходимых для их образования, условий, которые вторично не повторялись.

Несомненно, можно найти много случаев, когда какой-нибудь минерал имеет совершенно определенную область времени и истории Земли, как он имеет определенную область распространения. Но такие случайные образования не имеют никакого значения для познания химии земной коры и могут, следовательно, быть оставлены в стороне при изучении описательной минералогии. Не на изучении этих единичных, не повторявшихся явлений могут быть найдены законы земной химии.

Среди элементов мы имеем ряд случаев таких совершенно исключительных минеральных образований, например *аллопаладий*, *цинк* и т.п. Очень возможно, что условия их образования на Земле не повторяются, и они отвечают какой-нибудь эпохе ее существования, но и в ней не играют никакой роли.

37. Гораздо важнее другие явления, связанные с изменением минералов или химических элементов во времени. В целом ряде случаев мы замечаем на Земле известную *периодичность* в образовании тех или иных химических соединений, повторяемость условий, благоприятных и неблагоприятных для их выделения. Так, лед выделялся в огромных количествах в пермокарбонную и плейстоценовую эпоху; в пермокарбонной и юрской эпохе повторялись условия, благоприятствующие выделению *каменных углей*, и т.д. Изучение этих

¹ *Henriet*, 1907. Конечно, речь идет о продуктах, образующихся помимо воли и желания человека.

явлений, тесно и неизбежно связанных с общей неизменностью химических условий земной коры, является одной из интереснейших, но очень мало разработанных глав минералогии. Явления эти тесно связаны с геологической историей Земли. В тесной связи с периодами усиленных дислокаций шли выделения тех или иных минералов, образование характерных химических соединений.

К сожалению, по отношению к самородным элементам наши знания в этой области очень незначительны.

Для *золота* мы имеем несколько эпох, когда его соединения проникали или концентрировались в земной коре (ср. ниже – *золото*). Для *самородной меди*, в тесной связи с обогащением ею осадочных отложений, в некоторые определенные эпохи должны были несколько раз существовать особенно благоприятные условия ее образования, например в эпоху пермскую. То же самое, следует думать, было и для *самородного серебра*, в связи с особенно благоприятными эпохами выделения свинцового блеска (например, в Европе в триасовую эпоху), для *самородной серы* – в связи с местным обогащением гипсом (в пермскую, триасовую, плейстоценовую эпоху). Эти явления могут быть только намечены, и причина их пока для нас очень загадочна¹. Она лишь отчасти связана с изменением физико-географических условий земной поверхности.

Между тем несомненно, именно изучение этой повторяемости в образовании минералов, правильности в появлении в земной коре определенных химических элементов даст ключ к выяснению строения недоступных нам внутренних слоев земного шара (§ 12). Ибо очень возможно, что в некоторые эпохи земной истории в земную кору, как бы вековыми пульсациями, проникали из внутренних частей земного шара те или иные химические элементы. Вслед за тем в течение долгих веков эти тела проходили в земной коре определенные стадии изменения; их энергия использовалась на процессы, связанные с развитием земной коры.

Однако пока это лишь одна из возможных гипотез. Мы научно не знаем, связаны ли эти тела с химическими реакциями, идущими глубже земной коры, или они произошли из глубинной части литосферы. В этой области мало точно констатированных фактов; дать их является одной из насущнейших задач описательной минералогии.

38. Химические элементы как минералы. Самородные элементы, благодаря общему для всех химических соединений полиморфизму, могли бы представлять большое количество минералов, так как каждая полиморфная разность должна приниматься за отдельный минерал.

Можно вывести, исходя из учения о фазах, что для каждого однородного химического тела мыслимы 38 жидких, газообразных и твердых фаз², и если бы они наблюдались для всех 45 элементов, то количество относящихся сюда минералов было бы огромно.

В действительности число это очень невелико, так как общие термодинамические условия, существующие в земной коре, относительно мало разнообразны и могут быть сведены к немногим типам. Некоторые разности будут быстро преходящи и явятся устойчивыми только при определенных,

¹ De Launay, 1905, с. 621 и сл.

² Вернадский, 1904 (1).

не существующих в земной коре условиях. Из числа возможных физических состояний будут наблюдаться очень немногие. Но все же для некоторых химических элементов мы знаем несколько минералов, отличающихся по фазе, например, для природной *серы* мы имеем шесть минералов. 1) газообразную серу, 2) жидкую серу, 3) аморфную (сульфурит), 4) α -серу (ромбической системы), 5) β -серу (моноклинной системы) и 6) γ -серу (моноклинной системы).

Второе обстоятельство, увеличивающее количество относящихся к этой группе минералов, заключается в том, что самородные элементы могут чрезвычайно часто выделяться при химических реакциях вместе, образуя различные закономерные смеси. Эти смеси могут быть газообразные, жидкие, твердые (§ 8). Наиболее разнообразны из них твердые смеси.

Характер этих твердых смесей далеко не может считаться выясненным. Во всем дальнейшем изложении мы будем называть *изоморфными смесями* только такие твердые растворы, все компоненты которых кристаллизуются в одном и том же кристаллическом классе (принадлежат к одной и той же твердой фазе)¹. Для металлов изоморфные смеси не доказаны²; здесь мы имеем дело с твердыми растворами или *со сплавами, эвтектическими смесями* и т.п., в которых при достаточном увеличении и тщательном физическом исследовании можно открыть неоднородность слагающих их частей. Эти металлические соединения являются большей частью тончайшими механическими смесями, аналогичными криогидратам. Наряду с такими типами закономерных образований химические элементы могут давать и настоящие *твердые растворы*, в которых в твердом растворителе (элементе) растворены газы, жидкости, может быть твердые тела разных фаз. Для элементов это наблюдается например для α -серы, железа-никеля и т.д.³.

Невыясненность и сложность строения твердых элементов решительно не позволяют классифицировать их на основании изоморфизма⁴, ибо в эту классификацию мы вносим таким путем слишком много произвольных допущений. Отсутствие ясных изоморфных смесей среди металлов делает применение идей изоморфизма к этой группе минералов еще более затруднительным.

Проще всего классифицировать их на основании физико-химических свойств господствующих в минерале элементов. В основу классификации я кладу понятие о *фазе*, или физическом состоянии данного элемента. Элементы одной фазы соединяются вместе, в одну группу.

Для элементов приходится выделить, как особую фазу, «металлическое состояние», отличающееся, как известно, чрезвычайной особенностью в целом ряде химических и физических свойств принадлежащих к нему тел⁵.

В этих больших группах отдельные минералы будут различаться на основании их *химического состава*, безразлично, будут ли они являться однородными изоморфными смесями и твердыми растворами или тонкими

¹ Вернадский, 1899, с. 22.

² Nernst, 1907, с. 405–406. Ср. возражения у Gürtler, 1906, с. 427.

³ Некоторые исследователи, например Бруни (Bruni, 1908, с. 79, 124), считают, что изоморфные смеси более распространены среди свободных элементов, чем среди их соединений. Это утверждение весьма вероятно; однако для металлических элементов мы не знаем до сих пор ни одного, относящегося сюда случая, точно кристаллографически изученного.

⁴ Такую новейшую классификацию см. у Groth, 1904, с. 13 и сл.

⁵ Ср. Nernst, 1907, с. 401.

закономерными механическими смесями. Так, например, отдельным минералом будет являться такая ясно механическая смесь, как *воздух*; с другой стороны, для железа-никеля (§ 41) можно различить четыре разности в зависимости от разного процентного состава Fe и Ni (физические смеси или твердые растворы).

Так как вопрос о химическом характере тонких механических смесей металлов неясен, удобно будет сохранить для них обозначение, общепринятое для *изоморфных* смесей, так, например, (Au, Ag) будет обозначать *сплав* золота и серебра, (Fe, Ni) – физическую смесь или твердый раствор никеля в железе и т.п. Несомненно, такое расширение общепринятого употребления этого термина несколько неудобно, но, с другой стороны, оно неизбежно, пока мы не можем химически отличить неопределенное химическое *соединение*, для которого существует это обозначение, от закономерной тонкой механической смеси (физического соединения). Элемент гипотезы здесь неизбежен.

Приходится выделить в отдельную группу коллоидальные самородные элементы. Эти элементы с минералогической точки зрения будут представлять подотдел твердых металлов и металлоидов¹. Количество этих элементов несомненно увеличится по мере того, как разделение коллоидов и кристаллических разностей проникнет в сознание минералогов².

39. Минералы группы самородных элементов. Все известные ныне самородные минералы могут быть разделены, таким образом, на три подгруппы:

I. Твердые элементы: А) металлы (кристаллические), Б) металлоиды (кристаллические), В) металлы и металлоиды коллоидальные.

II. Жидкие элементы и III. Газообразные элементы.

Список минералов группы самородных элементов³

I. ТВЕРДЫЕ САМОРОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

А. Металлы (кристаллические)

Природные железо и никель

Феррит	Fe	Правильной с. Валлериус, 1778; Осмонд, 1890
альфа-феррит	α -Fe	»
бета-феррит	β -Fe	»
гамма-феррит ⁵	γ -Fe	?
Камасит ⁵	(Fe, Ni)	Правильной с. Норденшельд, 1874; Рейхенбах, 1861
Тэнит ⁴	(Fe, Ni) + (Ni, Fe)	» Норденшельд, 1874; Рейхенбах, 1861
Октиббегит	(Ni, Fe)	» Шепард, 1867

¹ Вернадский, 1912 (2), с. 758 и сл.

² Работы Корню (*Cornu*, 1909 (1)) обратили вновь внимание на необходимость резкого отделения коллоидальных и кристаллических разностей. Это уже ясно видел Брейтгаупт в своей минералогии (*Breithaupt*, 1836, с. 324, 402).

³ В этом списке отмечены, по возможности, все минералы, принадлежащие к данной группе. Те, существование которых в природе не может считаться доказанным, отмечены знаком? Те, которые не описываются в данной работе, отмечены знаком*.

⁴ Может быть, γ -феррит – гексагональной системы, см. § 44.

⁵ Камасит принадлежит к разности α (Fe, Ni): тэнит представляет смесь других кристаллических разностей α и β (Fe, Ni) и (Ni, Fe).

Аварунит	Ni ₂ Fe	»	Скей, 1885
*Самородный чугуна ¹	(Fe, C)	»	Моссье, 1778; Иностранцев, 1907.
<i>Природные платина – иридий – палладий – железо</i>			
*(?) Платинистое железо	(Fe, Pt)	Правильной с.	Озанн, 1827
Платина	Pt	»	» Волластон, 1803
Альфа-ферроплатина ²	α-(Pt, Fe, Ir)	»	» Соболевский и Варвинский, 1827; Вернадский, 1908
Бета-ферроплатина	β-(Pt, Fe)	»	» Берцелиус, 1829; Вернадский, 1908
[*Медистая ферроплатина	(Pt, Fe, Cu)	»	» Заварицкий, 1928]
Поликсен			
Альфа-поликсен	α-(Pt, Fe, Ir)	»	» Уллоа, 1748; Гаусман, 1813
Бета-поликсен	β-(Pt, Fe)	»	» Волластон, 1804; Мухин, 1842; Вернадский, 1908
Иридий	(Ir, Pt)	»	» Брейтгаупт, 1833
Иридистая платина	(Pt, Ir, Fe)	»	» Сванберг, 1835
Палладистан платина			
Альфа-палладистая платина	α-(Pt, Pd)	»	« Гуссак, 1904, 1906
Бета-палладистая платина	β-(Pt, Pd, Ir)	»	» Гуссак, 1906; Вернадский, 1908
*Гамма-палладистая платина	γ-(Pt, Pd)	»	» Вернадский
Палладий	Pd	»	» Волластон, 1808
*Аллопалладий	Pd	»	» Цинкен, 1835; Дана, 1868
<i>Природные осмий – рутений – родий – иридий</i>			
Сысерскит	(Ir, Os)	Гексагон	с. Розе, 1833; Гайдингер, 1845
[*Рутениевый сысерскит		»	» Звягинцев, 1932]
[*Рутеносмиридий	(Ru, Os, Ir)	»	» Аояма, 1936]
Невьянскит	(Ir, Os)	»	» Волластон, 1805; Гайдингер, 1845
Осмит	(Ir, Os)	?	Теннант, 1802; Герман, 1836
[*Осмирид		Правильной с.	Звягинцев, 1938]
Рутениевый невьянскит	(Ir, Os, Ru)	Гексагон,	с. Сент-Клер Девиль, 1869; Вернадский, 1908
Родиевый невьянскит	(Ir, Os, Rh)	»	» Те же
Платиновый невьянскит	(Ir, Os, Pt)	»	» Клаус, 1854; Вернадский, 1908
*? [Ауросмирид	(Ir, Os, Au)	»	» Звягинцев, 1938]

¹ Указан в России в Спбпри, Приморская обл. о-в Русский, Ларионовский полуостров – см. *Иностранцев*, 1907, с. 21 и сл.; 1916, с. 74; *Д. Иванов*, 1915, с. 372.

² Разности α- и β-ферроплатины и поликсена отличаются только по количеству железа, которого больше в разностях α.

Природные золото – палладий – родий

Порпечит	(Au, Pd)	Правильной с.	Коутос, 1798; Фребель, 1845
Иридиевое золото	(Au, Ir)	»	» Вёлер, 1834; Черник, 1912
Платинистое золото	(Au, Pt)	»	» Черник, 1912
Родит	(Au, Rh)	»	» Дель Рио, 1825; Адам, 1869

Природные золото – серебро – медь

Золото	(Au, Ag)	Правильной с.	
Электрум	(Au, Ag)	»	»
Серебро	Ag	»	»
Кюстелит	(Ag, Au, Pb)	»	» Кюстель, 186; Брейтгаупт, 1866
Медистое золото	(Au, Cu, Ag)	»	» Готье, 1850; Вернадский, 1908
[*Куприаурит	Au ₂ Cu ₃	»	» Ложечкин, 1939]
Медистое серебро	(Ag, Cu)	»	» Уайт, 1880
(?) Цинковое серебро	(Ag, Zn, Fe)	»	» Пилипенко, 1915

Природные золото – серебро – висмут¹

Бисмутаурит	(Au, Bi)	?	Шепард, 1847, 1857
Мальдонит	Au ₂ Bi?	Правильной с.	Ульрих, 1870
Чиленит	(Ag, Bi)	»	» Домейко, 1845; Дана, 1868

Природные амальгамы: золото – серебро – ртуть

Амальгама	(Ag, Hg)	Правильной с.	Кронштедт, 1753
Конгсбергит	(Ag, Hg)	»	» Пизани, 1872
Аркверит	(Ag, Hg)	»	» Домейко, 1841; Бертье, 1842
Аурамальгама	(Au, Ag, Hg)	»	» Маршан, 1848; Грот, 1898
[*Мошелландсбергит	(Ag ₂ Hg ₃)	»	» Берман и Хархурт, 1938]
[*Амальгама палладия			
(потарит)	(Pd, Hg)	»	» Гаррисон и др., 1925]

Ртуть

Твердая ртуть	Hg	Правильной с.	

Природная медь

Самородная медь	Cu	Правильной с.	
(?) Серебристая медь	(Cu, Ag)	»	» Фильд, 1850; Вернадский, 1908
(?) Железистая медь	(Cu, Fe)	»	» Бибра, 1865; Вернадский, 1908
Купрокуприт	Тонкая смесь Cu + Cu ₂ O		Вернадский, 1910

Природный свинец

Самородный свинец	Pb	Правильной с.	Валлериус, 1750

Природное олово

Самородное олово	Sn	Квадр.	с. Валлериус, 1750

¹ Эти тела, может быть, относятся к соединениям золота и висмута и представляют висмутистые соединения, аналогичные сурьмянистым.

Природный алюминий

*Алюминий Al Штокер, 1855¹

Природный цинк

Самородный цинк Zn Гексагон. с. Беккер, 1856

Природный висмут

Самородный висмут Bi Тригон. с. Агрикола

Природный теллур

Самородный теллур Te Тригон. с. Клапрот, 1798

*Селенистый теллур (Te, Se) ? Дерден, Дапа и Уэльс, 1890

Природные мышьяк – сурьма

Самородный мышьяк As Тригон. с.

*Арсенолаприт As » » Брейтгаупт, 1823; Гинтце, 1886

Аллемонтит (As, Sb) » » Лесаж, 1772; Гайдингер, 1845

(?) Сурьмянистый мышьяк

(As, Sb) » » Шульц, 1860

Самородная сурьма Sb Сваб, 1748

Б. М е т а л л о и д ы (кристаллические)

Природные сера – селен – мышьяк

Альфа-сера α-S Ромб. с.

Бета-сера β-S Моноклин. с. Рат, 1873

Гамма-сера γ-S » » Вернадский, 1908

Волканит (S, Se) ? Штрмейер, 1824; Гайдингер, 1845;
Рат, 1873

(?)Теллуристая сера (S, Te) ? Дайверс, 1883; Льюис, 1892

*Селен Se Моноклин. с. Дель Рио, 1823; Хиллебранд, Мервин
и Райт, 1914

[*Гамма-селен γ-Se Тригон. с. Пэлеч, 1934]

*(?)Желтый мы- As Правильной с. Беттендорф, 1870; Вернадский, 1908
шьяк

*(?)Сульфоселенистый
мышьяк (As, Se, S) ? Сент-Клер Девиль, 1857

Природный углерод

Алмаз C Правильной с.

Борт C » » Дана, 1868

Карбонадо } » » Дамур, 1853

Графит } Гексагон. с. Вернер, 1789

(?) Графитит } ? Люци, 1892

Шунгит } ? Иностранцев, 1877, 1884

¹ Штокер (Stocker, 1855, с. 412) предполагает существование в земной коре металлического алюминия.

* *В. Металлы и металлоиды (коллоидальные)*

(?) Коллоидальное золото

Au «Спаниоль» Корню, 1909

Коллоидальное серебро

Ag Корню, 1909

(?) Натрий Na Зидентопф, 1905

(?) Калий K Корню, 1907

(?) Силиций Si Кёнигсбергер и Мюллер, 1906

Арсеносульфурит (As, S) Фипсон, 1862; Ринне, 1902

(?) Фосфор P Вернадский, 1908

(?) Иод J Скей, 1877

Сульфурит (аморфная сера)

S Ринне, 1902

Коллоидальный селен

Se Замбонини, 1910

Коллоидальный мышьяк

As Корню, 1909

II. ЖИДКИЕ САМОРОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ¹

Ртуть – золото

Ртуть Hg

Золотая амальгама (Hg, Au) Маршан, 1848

Серебряная амальгама (Hg, Ag) Вернадский, 1908

Сера

Жидкая сера S Рат, 1873

* (?) Бром Br Вернадский, 1908

III. ГАЗООБРАЗНЫЕ САМОРОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ²

* Сера S Монтичелли и Ковелли, 1822

* Селен Se Сент-Клер Девиля, 1857

Газы воздуха

Воздух (O, N)

Кислород O Шееле, 1773; Пристли, 1774; Лавуазье, 1777

Азот N Рёзерфорд, 1772; Шееле, 1773; Пристли, 1774; Лавуазье, 1777

Аргон Ar Рамзай и Рэлей, 1895

¹ [В описании минералов коллоидальные и жидкие элементы рассматриваются вместе с кристаллическими].

² Состав газообразных элементов очень сложен. Несомненно, в каждом природном скоплении газов мы находим самые разнообразные их частицы. Неясно, должны ли мы считать их отдельными минералами или нет (см. § 320). Так, по Томсону (J. Thomson, 1911 (1), с. 233), для кислорода наблюдаются частицы: O₂, O, O⁺, O⁺⁺, O⁻, O₃⁺, O₆⁺; для азота – N, N₂, N⁺, N⁺⁺, N₂⁺ и т.д. Несомненно, эти тела находятся в природе и обуславливают свойства природных газов.

Неон	Ne	Рамзай, 1895
Криптон	Kr	» »
Ксенон	Xe	» »
Водород	H	Бунзен, 1846
Гелий	He	Ладенбург, 1898
Озон	O ₃	Гольдштейн, 1903
*Фтор	F	Лёв, 1881
Хлор	Cl	Райт, 1881; Вольф, 1878
Иод	J	Скей, 1877
*Ртуть (пары)	Hg	
*(?) Серебро ¹	Ag	
Радиоактивные эманации:		
Радон		Дорн, 1900; Рёзерфорд, 1901
Торон		Оуэнс, 1899
Актинон		Дебьерн, 1903
*(?) Короний ²		Дебьерн, 1903

Таким образом, считая и сомнительные разности, можно отличать около 90 разных минералов, образованных самородными элементами. Очевидно, мы до сих пор еще очень далеки от полного учета всех продуктов химических процессов земной коры, которые могут принадлежать к этому классу тел, и в дальнейшем количество элементов-минералов должно значительно увеличиться.

¹ См. *F. Clarke*, 1911 (1), с. 258.

² Линии его спектра наблюдались в спектре газов сольфатары (см. *Nasini, Anderlini, Salvadori*, 1898 (1), с. 1371). К сожалению, эти наблюдения не были вновь подтверждены, если не считать наблюдений над полярными сияниями, спектр которых Вегенер (§ 317) думал относить к особому газу, близкому к коронию, названному им геокоронием. Нельзя не отметить, что есть попытка объяснить спектральные линии, приписываемые новому элементу (коронию), иначе и считать их принадлежащими твердым телам; см. *Wood*, 1908, с. 75.

[В настоящее время существование гипотетического газообразного элемента корония не подтвердилось].

ТВЕРДЫЕ И ЖИДКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

А. МЕТАЛЛЫ

Самородное железо-никель

Феррит. Камасит. Тэнит. Октиббегит. Аварунт

40. Химический состав. Самородное железо имеет, вероятно, большее значение в истории земной коры, чем мы теперь можем себе это представить на основании современных, крайне случайных наблюдений.

Оно распадается довольно резко на несколько различных минералов, ясно отличающихся как по составу и структуре, так и по условиям своего образования. Минералы эти нередко встречаются вместе, в одном куске, в закономерном, связанном с их генезисом сростании. Иногда же они находятся в отдельном, свободном виде. Мы имеем здесь частью *самородное железо*, частью *самородный никель*.

Химический состав этих тел может быть выражен в следующих колебаниях чисел анализов¹:

	Fe	Ni	Co	Mn	Cu
1. Феррит	95,2–100	0–2,9	0–1,0	0–0,8	0–0,4
2. Камасит	91,4–94,1	6,6–9,6	Сл.–0,8	–	0,1
3. Тэнит	63,7–64,0	34,0–36,0	1,5	–	–
4. Октиббегит	21,5–37,8	59,8–77,2	0,4–1,5	–	0–1,0
5. Аварунт	31,0	67,6	0,7	–	–
6. Ni ₂ Fe	32,19	67,81	–	–	–

¹ Сводку см. у Гинтце (*C. Hintze*, I, 1898, с. 160 и сл.); я принял во внимание только анализы земного самородного железа (в том числе «метеоритов» из Санта-Катарина и Октиббегга). Для природного камасита и феррита из Гренландии я оставил без внимания многочисленные анализы (*C. Hintze*, I, 1898, с. 169; *Böggild*; 1905), в которых при анализе не выделены когенит (или его аналоги) и графит; это сразу видно по большому содержанию в них углерода. Когенит в полированных кусках этого железа виден иногда простым глазом. Точно так же анализы этого железа, богатого примесями SiO₂ и т.д., оставлены без внимания; если не было возможности точно выделить эти примеси, – тогда анализы перечислены. Сверх того приняты во внимание более новые или не указанные Гинтце анализы: *Г. Иванов*, 1841, с. 143 (камасит); 1859, с. 115 (камасит); *G. Hoffmann*, 1905, с. 319 (октиббегит), *Hamieson*, 1905, с. 159 (два октиббегита). Новый анализ октиббегита: *Ячевский*, 1909, с. 70. Включен анализ феррита из Приканавного прииска на Урале; он дал по К.А. Ненадкевичу, кроме Ge, еще Cu – 0,04, нераств. остатка (SiO₂) – 0,13% (Геологический музей Академии Наук).

C	S	P	Pt	As
0–0,3	–	0–1,0	0–0,1	0–0,3
–	–	–	–	–
0,2	–	0,1	–	–
0–сл.	0–0,1	0–0,2	–	–
–	0,2	–	–	–
–	0	–	–	–

Как видно из этих чисел, данные крайне недостаточны. Для земного *тэнита*, *камасита* и *аваруита* мы имеем всего по одному полному анализу, в других определены лишь главные составные части¹.

41. Химические анализы самородного железа весьма часто делались над веществом, которое не было вполне очищено от примесей; это сказывается, например, на нахождении C, S, P, Si и As, которые, вероятно, должны быть отнесены в значительной мере на долю примесей (железо-никелевых их соединений), может быть местами однородно рассеянных в массе металла. Для *углерода*, судя по аналогии с результатами исследования искусственного железа и опытов с никелистой сталью, надо допустить существование своеобразных эвтектических смесей когенита (и мартенсита?) с железом-никелем, отчасти – их твердых растворов. Углерод находится в нем в виде твердого раствора цементита (Fe_3C) в β -Fe; в α -Fe цементит не растворяется². Можно думать, что аналогичные растворы и физические смеси дает с железом и фосфор в виде Fe_3P , соответственно для шрейберсита – $(\text{Fe}, \text{Ni})_3\text{P}$. Для природных железа-никеля эти строения не изучены. Вероятно, таково же нахождение небольших следов Si³, тоже дающего соединения с железом.

Все остальные элементы должны рассматриваться как самородные элементы или металлические соединения, входящие в однородную массу с железом или никелем. Характер этого вхождения отчасти открывается нам из изучения строения метеоритов и искусственных стали и железа.

Принимая во внимание такую сложность химической структуры, необходимо отнестись критически к таблице химического состава природных соединений, данной в § 40. Во-первых, процентное содержание Fe и Ni в анализах *феррита*, может быть, не отвечает действительности. Вероятно, мы имеем в них результат тонкого закономерного срастания феррита, камасита и октиббегита, ибо только анализы гренландского железа⁴ дают значительное количество Ni (больше 2%) и Co (до 1%), тогда как все остальные образцы феррита по анализам дают максимум 0,6% Ni и до 0,3% Co⁵. Между тем

¹ Для камасита – *L. Smith*, 1879; 1884, с. 554; для тэнита – апализ Дамура (*Damour*, 1877, с. 481), менее полный – Гинье и Озорно до Альмейда (*Guignetet Ozorio de Almeida*, 1876, с. 917). Для аваруита – *Skey*, 1885, с. 401; *Johnston*, 1911, с. 257. Для феррита мы имеем 9 неполных анализов, для камасита 4, для тэнита 2, для октиббегита 6, для аваруита 2.

² См. *Беляев*, 1909, с. 29, 88.

³ См. *Damour*, 1877, с. 480. Он нашел 0,0001% Si. Может быть, Si находится в виде муассанита – CSi.

⁴ Анализы дают от 1,2 до 6,5% Ni, см. сводку у *Böggild*, 1905, с. 20. Тринадцать анализов дают 1,2–2,6% Ni, один – 6,5% (*L. Smith*, 1879). О колебании Ni в гренландском железе см. *Steenstrup*, 1875, с. 298–299. О нахождении никеля в заведомо теллурическом железе осадочного происхождения – псевдоморфозе по дереву (сидороффите) см. *Bahr*, 1851 (2).

⁵ Неполный анализ железа из Санарки дал Шмидту 2,1% Ni. См. *Гревингк*, 1882, с. 150.

для гренландского железа изучение простым глазом явлений вытравления на полированных поверхностях ясно указывает на их неоднородное строение и на различную концентрацию в них железа и никеля, например, для Уифака (= Овифак), окр. Годгавн¹, Меллемфиорда (там же), Някорнака, окр. Якобсгавн², и т.д. Поэтому можно принять, что валовой анализ гренландского железа сделан над неоднородным веществом. Если оставить в стороне эти анализы, то разница между камаситом и ферритом станет еще резче и состав *феррита* выразится:

Fe	Ni	Co	Mn	Cu	Pt	P	As
98,5–100,0	0–0,6	0–0,3	0–0,8	0–0,4	0–0,1	0–1,0	0–0,3

Co, Cu, Mn и Pt находятся, по-видимому, в твердом растворе³ и количество их очень незначительно. Особенно любопытно нахождение *марганца* и *платины*. *Марганец* не встречен в природе в большом количестве в самородном состоянии (в самородной платине его еще меньше, § 67); он наблюдался во вторичном железе и произошел восстановлением гидратов окиси железа, богатых марганцем, или богатых марганцем магнетитов⁴. Такое образование железа, содержащего самородный марганец, делает весьма вероятным его выделение во многих аналогичных случаях, ибо примесь окислов марганца к лимонитам обычна.

Платина была определена всего однажды⁵ – в железе из россыпей Приканавного прииска около Березовска на Урале, но при обычных анализах Pt исчезает и не определяется и, может быть, она более распространена, чем показывают нам наши анализы⁶.

¹ *Böggild*, 1905, с. 23. Микроскопическое исследование шлифов ясно показывает, что здесь есть два разных железа, одновременно присутствующих и срastaющихся, – светлое и темное, см. *Phalen*, 1903, с. 198–199.

² Есть гренландское железо с 0,45–0,35% Ni. Для такого железа (ср. § 42) (Асук в окр. Ритенбек, Иернпунт в окр. Годгавн и т.д.) при вытравлении неоднородность строения не указана (*Böggild*, 1905, с. 15, 22 и т.д.). Несмотря на большое количество анализов, химический характер гренландского железа не ясен; так, например, ни один анализ не указывает хрома. Определение хрома, сделанное над уифакским железом (коллекция Московского университета) в лаборатории Академии Наук К.А. Ненадкевичем, дало отрицательный результат. В метеоритном никелистом железе хром почти всегда присутствует. О нахождении в железе из Някорнака Zr и Y см. *Forchhammer*, 1854.

³ Любопытно, что для метеоритного железа относительное количество элементов Fe–Ni–Co–Cu всегда пропорционально атомному их весу – см. *Farrington*, 1907, с. 110. Анализы земного железа этому не противоречат, но их слишком мало для окончательного заключения. Эта правильность любопытна с точки зрения генезиса элементов.

⁴ *G. Hoffmann*, 1893, с. 13; 1896, с. 24; 1890 (2), с. 39.

⁵ *Daubrée et Meunier*, 1891, с. 174. Едва ли можно считать точными данные старинного анализа Озанна, нашедшего в железе из Урала до 8% Pt (*Osann*, 1827, с. 318). Дело в том, что Берцелиус в присланной ему Озанном руде, которая должна была заключать 86,3% Fe, совершенно не нашел железа, но открыл лишь Mn и Ir (*Berzelius*, 1829 (2), с. 207). Возможно, что в платиновом песке встречается платинистое железо. Так, уже Берцелиус отметил существование в платиновой руде зерен, заключающих платину, растворимых в HNO₃. Он говорит: «Некоторые из этих зерен содержат так много железа, что большая часть их растворяется в азотной кислоте, так что можно считать их самородным железом».

⁶ Анализ К.А. Ненадкевича железа Приканавного прииска (коллекция Академии Наук) не дал следа платины (взято было 5,6 г). Любопытно, что Pt и Ir в железе метеоритном из Кун-Бьютт (Каньон-Диабло) (ср. § 48) распределены чрезвычайно неравномерно (по указанию Маллелла), см. *Barringer*, 1906, с. 863.

42. Из данных химических анализов уже ясно, что наибольшее значение в природном железе играет никель и что для познания его состава необходимо выяснить природу (Fe, Ni). Она не может считаться точно установленной. Вначале придавали этим телам формулу определенного химического соединения: Fe_{14}Ni , Fe_6Ni , FeNi_2 и т.п., но легко убедиться, что эти формулы совершенно не отвечают наблюдаемым фактам. Пришлось допустить, что мы имеем здесь твердые растворы никеля в железе или железа в никеле, иногда эвтектическую их смесь¹.

Однако некоторые данные² указывают все же на существование определенного соединения Ni_2Fe с 66% Ni, отвечающего по составу *аваруиту* из Новой Зеландии, который должен поэтому быть отделен от октиббегита. Ni_2Fe , может быть, тоже растворяется в железе и дает с ним, а также с никелем, закономерные физические смеси.

Помимо определенного химического соединения Ni_2Fe , для Fe и Ni известно по крайней мере два твердых раствора – *камасит* и *октиббегит*, один – богатый Fe, другой Ni^3 . Опыты прямого сплавления Fe и Ni указывают, что один раствор может заключать до 7–13% Ni (камасит), другой – до 43–53% Ni (октиббегит)⁴. Однородных *растворов*, заключающих промежуточные количества никеля, не существует, и анализы, дающие промежуточные числа, относятся к не совсем чистым веществам – более или менее закономерным смесям октиббегита и камасита. Таковую смесь составляет *тэнит*. Он не является однородным, но в то же время и не может быть рассматриваем как простая механическая смесь двух разных тел (Fe, Ni). Как мы увидим дальше (§ 44), оба этих твердых раствора кристаллизуются в разных кристаллических классах, и тэнит представляет тело, аналогичное своеобразным физическим смесям SiO_2 . Он не может быть отнесен к камаситу или октиббегиту, как не может быть отнесен кремень к кварцу или к халцедону. Строение его еще более усложняется, так как не исключена возможность тонкой механической подмеси даже феррита⁵ и, может быть, и других соединений железа с нике-

¹ Ср. Rinne, 1905, с. 122 и сл. Едва ли есть надобность различать эвтектические и эвтропические смеси, как это делает Ринне (стр. 136). Структура их одинаковая.

² Ср. Rinne, 1905, с. 148; Tammann u. Gürtler, 1905, с. 212. Об определенном соединении Ni_2Fe см. еще Ruhr, 1909, с. 679.

³ Указывается нахождение еще одной смеси, количество Ni в которой является промежуточным между камаситом и октиббегитом. Представителем такого железа служит капское метеоритное железо, заключающее около 17% Ni + Si. Коген (Cohen, 1894, с. 109, 111) не считает возможным предполагать здесь смесь тэнита и камасита. Есть ряд других тел того же состава (Cohen, 1903, с. 217), делающих возможным существование этого тела. В земной коре оно не наблюдалось. Опыты над сплавами его не открывают. Может быть, надо выделить, как особую разность, эвтектику с 27% Ni, состоящую из двух (Fe, Ni), более богатого (не менее 37% Ni) и более бедного Ni (не более 7% Ni). О ней см. S. Smith, 1908, с. 104. Это будет частный случай тэнита, может быть плессита.

⁴ О сплавах Ni и Fe см. Osmond et Cartaud, 1903, с. 1057; Guillet, 1903, с. 658 и сл.; Guillaume, 1904 (1), с. 23 (здесь литература); 1904 (2), с. 185 и сл.; Tammann u. Gürtler, 1905, с. 205 и сл.; Rinne, 1905, с. 125. О сплавах Ni–Fe см. еще Schleicher u. Gürtler, 1914, с. 237; S. Smith, 1908, с. 21 и сл.

⁵ Ср. Tschermak, 1871, с. 194. Данные синтезов как будто противоречат этому, так как при содержании до 13% Ni железо сохраняется однородным при изучении равновесия сплавов, т.е. возможны все переходы между ферритом и камаситом. Ср. Rinne, 1905. Однако, едва ли такое заключение будет правильным, так как оно касается только условий равновесия, т.е. образования сплава обоих металлов при изменении координат *t* и *p*. Могут быть, однако,

лем¹, например аваруита или таких тел, как когенит, мартенсит и т.д. Иногда количество углерода превышает количество его, наблюдаемое в метеоритном железе (например, в камасите из Уифака от 3 до 4% C²). Этим объясняются колебания анализов тэнита и камасита (§ 40) и то, что среди относительно постоянного состава камасита и тэнита наблюдаются отдельные случаи, довольно сильно отклоняющиеся в сторону. Эти отклонения очень значительны даже для метеоритного железа, бедного углеродом. Так, например, для камасита (29 анализов) и тэнита (15 анализов) метеоритов мы имеем следующий состав³:

	Fe	Ni	[Co	Cu
Камасит	92,6–94,6	5,2–7,0	0,2–0,9	0–0,1
Тэнит	61,9–74,8	24,3–36,9	0,3–2,1	0–0,3

43. Кроме этих составных частей и различных примесей в тесной связи с генезисом некоторые относящиеся сюда минералы – главным образом камасит, тэнит, октиббегит – очень часто заключают растворенными в массе металла газы, должно быть, захваченные ими в момент своего образования. При нагревании минералов в пустоте они выделяются в свободном состоянии. На присутствие газов давно указал Грэхам⁴. Он обратил внимание на преобладание водорода в метеоритном железе; в искусственном, по его опытам, преобладает CO₂. Позже те же газы были найдены в земном железе. Так, уже Норденшельд заметил выделение газов при накаливании гренландского железа. Объем газов превышает в несколько раз объем порошка уифакского железа. Газы эти были анализированы Вёлером⁵ и оказались состоящими из СО и небольшого количества СО₂. Таким образом, эти газы отличны от газов метеоритов и искусственного железа⁶. Характер их нахождения в железе не совсем ясен. Может быть, они отчасти образуются даже во время опыта, благодаря разложению карбидов (когенита) при нагревании, но очень возможно, что они тесно связаны с генезисом железа и образуются в связи с карбонильными производными (§ 53). Вопрос этот заслуживает более тщательного изучения, чем это было сделано до сих пор.

44. Физические свойства. Железо и никелистое железо – тело резко полиморфное⁷; известны по крайней мере три его разности – α, β

совершенно иные условия образования этих тел (например, одновременное присутствие других железных соединений, образование из карбонильных соединений и т.д.), на которые не могут быть перенесены выводы, основанные лишь на изменении данных ординат равновесия сплава. Нахождение гренландского железа, бедного никелем, делает очень вероятным образование при этих условиях феррита одновременно с камаситом. Ср. наблюдения Фалена (§ 41). Об этом гренландском железе см.: *Steenstrup*, 1883, с. 125; *Lorenzen*, 1883; *Nikolau*, 1901, с. 237.

¹ Ср. *Cohen*, 1894, с. 97, 103.

² На это обратил внимание уже Л. Смит (*L. Smith*, 1878, с. 90). Об уифакском железе см. *Benedicks*, 1910 (2), с. 518; 1912, с. 885 (считает его естественной сталью).

³ *Gohen*, 1894, с. 96, 102; 1903, с. 216–217; *C. Hintze*, I, 1898, с. 184 и сл.; *Farrington*, 1907, с. 57 и сл. По мнению Бржезины и Когена, камасит содержит 4,9–7,4% Ni, а тэнит 16,7–38,1% (*Brzesina u. Cohen*, 1905).

⁴ *T. Graham*, 1876, с. 282–283 (работа 1867 г.).

⁵ *Wöhler*, 1872, с. 299; *A. Nordenskiöld*, 1885, с. 207.

⁶ Ср. *Cohen*, 1894, с. 181.

⁷ Первые указания на полиморфизм железа были сделаны Д.К. Черновым, говорившим об изменении его «структуры» (*Чернов*, 1868, с. 399). О его работах см. еще *Беляев*, 1909, с. 67. Ср. *Горбов*, 1907, с. 691. О полиморфных разностях железа см. *Bronievski*, 1913, с. 699. Броневский допускает существование растворов одной полиморфной разности в другой.

и γ^1 , устойчивые в разных интервалах температур. В природе *феррит* и *камасит* всегда являются в одной и той же разности *правильной* системы, но они никогда не наблюдались в форме отдельных, хорошо образованных многогранников. Главные массы их находятся в виде микроскопически мелких включений – в виде пыли, рассеянной в застывшей силикатовой магме, в виде зерен и пластинок. Встречаются значительные скопления самородного железа, куски, сплошь из него состоящие, в несколько килограммов весом. Еще большие его массы образуются из тесной смеси самородного железа и силикатов, где железо может составлять $\frac{1}{2}$ и больше всей массы, не образуя сплошных выделений. Такие куски весят несколько тысяч килограммов, один кусок в Стокгольмском музее до 25 т; но эти куски являются породой, обогащенной железом, и железо не образует в них особенно значительных чистых скоплений.

Все эти массы принадлежат α -Fe. Но в природе, судя по условиям генезиса железа, должны находиться и две другие его разности – β -Fe, существующее при обыкновенном давлении и при температуре между 735 и 850°C, и γ -Fe, существующее при тех же условиях, но при температуре между 850 и 1550°C². Строение α - и β -железа идентично (кубоцентрированная сетка), $a = 2,87 \text{ \AA}$ (для α -Fe) и $2,92 \text{ \AA}$ (для β -Fe). У γ -Fe гранецентрированная сетка, $a = 3,61 \text{ \AA}$. У мартенсита сетка α -Fe; у аустенита и железа при 1000° сетка γ -Fe³. У α -Fe атомы наиболее близко сгруппированы по тригональным осям. Магнитной изотропии в нем нет, так как веберовские элементы расположены по этим осям⁴.

Для октиббегита несомненна принадлежность его к другой полиморфной разности – к разности – γ -Fe⁵. Принадлежность разности γ к *правильной* системе возбуждает сомнения⁶.

Строение *тэнита* – очень сложное и до сих пор невыясненное⁷.

¹ По мнению Осмонда (*Osmond*, 1900, с. 110 и сл.), все три разности железа α , β и γ – кристаллизуются в *правильной* системе. Приводимые им доказательства все еще недостаточны. Ср. еще *Osmond et Cartaud*, 1900, с. 113 и сл.; 1906 (1), с. 1532; подробнее – 1906 (2), с. 492 и сл. О кристаллизации α -железа см. еще *Циглер*, 1911. Для камасита, по-видимому, существуют все три разности; неясно, существуют ли они все для октиббегита.

² Числа, полученные разными исследователями и разными методами, см. у *Горбова*, 1907, с. 692. Возможны еще точки перехода около 600 и 1300°; тогда мы должны признать существование еще ϵ -Fe – при температуре между 600–735°, и δ -Fe – между 1300–1550°, но существование этих твердых фаз сомнительно. Определение для чистого железа точки перехода: $A_2 = 768^\circ \pm 0,5$; $A_3 = 898 \pm 2$ или $909^\circ \pm 1$ (*Burgess a. Growe* 1913, с. 315). По *Ruer a. Goernons*, 1916 769°, 906°, 1401° (температура плавления 1528°). О β -Fe см. *Maurer*, 1920, с. 39. Fe полиморфно при 370°. Две полиморфные разности α -Fe – *Sirovich*, 1923, с. 674.

³ *Ewing*, 1922; *Westgren*, 1921, с. 727.

⁴ *Westgren u. Phragmen*, 1922, с. 1.

⁵ Ср. *Osmond*, 1900, с. 137; *Guillet*, 1903 (1), с. 661 и сл.; *Tammann u. Gürtler*, 1905, с. 212.

⁶ По Ле Шателье, может быть ромбоэдрическая – см. *Osmond et Cartaud*, 1906 (2), с. 490. Тамман и Гюртлер (1905) считают, что изучение равновесий Fe–Ni указывает на принадлежность (Fe, Ni) и (Ni, Fe) к разным кристаллическим системам, но из их данных несомненна лишь принадлежность их к разным *фазам*, т.е. к разным кристаллическим классам. Сплавы Fe–Ni дали Эндрюсу очень странные результаты (*M. Andrews*, 1921, с. 245): 1) 0–25% Ni – кубоцентрированная сетка, 2) 25–30% – она же и сетка гранецентрированная, 3) 30–100% Ni – сетка гранецентрированная. Никакого изменения структуры для предполагаемого соединения Fe₂Ni не замечено. Любопытно, что при намагничивании (в жидком воздухе) Fe₂Ni переходит из гранецентрированной сетки в кубоцентрированную.

⁷ Под микроскопом он дает «мартенситовое» строение (см. *Guillet*, 1903 (1), с. 668 и сл.; 1903 (2), с. 208 и сл.), но неясно, как толковать это строение. См. об этом у *Курбатова*, 1905,

45. Строение отдельных кусков, чешуек, листочков, масс *самородного* железа, к сожалению, чрезвычайно мало и плохо изучено. Даже гренландское железо, для которого открытие определенного строения имело огромное значение и над которым работали многие очень выдающиеся ученые, не дает нам до сих пор ясных и точных указаний. Мы знаем только, что в нем наблюдается строение, отчасти аналогичное тому, которое известно для многих метеоритов и которое выражается в закономерном срастании различных разностей, богатых и бедных никелем. При обработке кусков уифакского и другого железа азотной кислотой получается неодинаковое растворение его частей, что может быть объяснено или различным срастанием феррита, камасита и тэнита или определенным двойниковым сложением¹. То и другое наблюдается в метеоритах. Самородное железо никогда не дает в ясной форме тех явлений, какие мы получаем на метеоритном железе в виде фигур Видманшtedта. т.е. закономерного повторения срастания по плоскости {111} тэнита, камасита и плессита². Строение его гораздо сложнее³. Судя по аналогии с другими природными металлами, мы должны здесь ждать определенных скелетообразных сростков двойникового типа, усложненных срастанием тел разного химического состава⁴.

46. Форма выделений земного железа очень разнообразна и нередко оригинальна. Иногда в больших кусках его можно заметить характерное брекчиевидное строение; так, например, такое строение резко выражено для тэнита

с. 184–185. Не представляет ли тэнит раствор углерода или азотистых тел в смеси октибегита и камасита? Столь важная – в этом смысле – роль азота совершенно не выяснена для природного железа. Ни один анализ не дает азота, а между тем Fe_3N встречен в природе (сидеразот) и способен растворяться в феррите. О значении азотистого железа для структуры стали см. *Braune*, 1905, с. 498. *Le Chatelier*, 1905, с. 504. [Тэнит, по новым данным, является смесью ортотэнита – Fe_2Ni и метатэнита – Fe_6Ni].

¹ О строении гренландского железа см. *A. Nordenskiöld*, 1870 (1), с. 1062, 1069; 1872, с. 460, 516; 1885, с. 207; *Steenstrup*, 1883, с. 121 и сл.; *Phalen*, 1903, с. 198; *Michel-Lévy et Fouqué*, 1879, табл. 36, фиг. 2.

² Строение плессита совершенно неясно. В земном железе он не указан. Это эвтектическая смесь камасита и тэнита.

³ Ср. *Cohen*, 1894, с. 85. В литературе мы встречаем указание на нахождение видманшtedтовых фигур для природного железа, но из точного анализа данных ясно, что дело идет о неоднородном вытравлении этого железа и термин «видманшtedтовы фигуры» получает неправильное, очень распространенное толкование. Так, для гренландского железа эти фигуры указаны *Стеенструпом* (*Steenstrup*, 1883, с. 126) и *Николау Nikolau*, 1901, с. 230), но рисунки их не даны. Оригиналы травления этого железа *Норденгаельдом*, хранящиеся в Стокгольмском музее, ясно дают иные фигуры, а не видманшtedтовы. На это правильно указал уже *Бржезина*; см. *Brzesina*, 1885, с. 201. Для бразильского железа из *Саита-Катарина* видманшtedтовы фигуры указаны *Добрэ*, как фигуры очень тонкие (*Daubrée*, 1877, с. 483; 1879, с. 531), – опять без рисунков. Другие исследователи, например *Мёнье (Meunier)*, 1884, с. 103; *Derby*, 1888, с. 6), отрицают их существование. Несколько больше аналогия земного (Fe, Ni) с кубическим типом метеоритного железа – ср. для октибегита *Brzesina*, 1885, с. 203. О видманшtedтовых фигурах в искусственном железе (без Ni) см. *Беляев*, 1909, с. 26. О строении метеоритов см. еще *S. Smith*, 1908, с. 23 и сл. О строении тэнита см. *S. Smith*, 1908, с. 73–74.

⁴ Является благоразумным не переносить целиком на природное железо результаты изучения строения метеоритов или искусственных никелистых продуктов, ибо состав и условия образования природного Fe-Ni, метеоритов, искусственных сплавов очень различны. О строении метеоритов см. *Cohen*, 1894; *Brzesina* и *Cohen*, 1905; *Rinne*, 1905. О строении искусственных тел см. *Rinne*, 1905; *Горбов*, 1907, с. 687 и сл. (здесь литература); *Guillet*, 1903 (1), с. 658; 1903 (2), с. 208 и т.д.; *Беляев*, 1909.

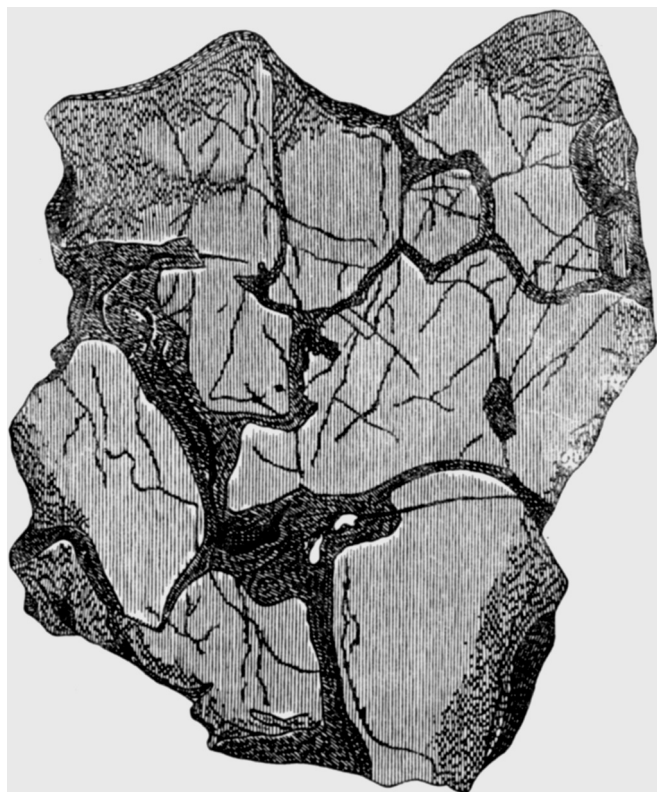


Рис. 1. Тэннит из Санта-Катарины, Бразилия. Светлое – тэннит, более темный цемент – пирротин или троилит.
По Мёнье, 1884

из Санта-Катарины¹ (рис. 1); то же самое мы наблюдаем для октиббегита, кусочки которого нередко находятся в массе серпентина².

Другую характерную форму природного железа представляют шаровые, иногда микроскопически мелкие (до 0,4 мм) круглые конкреции (рис. 2), частью целиком состоящие из железа, частью образующие пленки на конкрециях кремнезема, богатого органическими веществами³.

В выделениях базальтов оно имеет иногда форму случайную, заполняя промежутки между зернами силикатов (рис. 3), иногда при этом можно заметить древовидное строение⁴. В других случаях (некоторые различия

¹ *Daubrée*, 1879, с. 529.

² При растворении «джозефинита» (§ 50) остается скелет белого серпентинового минерала, сохраняющий форму кусочка железа (по указанию К.А. Ненадкевича). Ср. *Jamieson*, 1905, с. 157.

³ Для феррита или камасита из оз. Роланг в Норра-Ведбо в Швеции см. *Bahr*, 1851 (1), с. 197. Для феррита из оз. Гурон в Онтарио см. *G. Hoffmann*, 1890 (2), с. 40. Для Борнео см. *Cretier*, 1883, с. 200. О строении природного феррита (из базальта Веймар у Касселя) – *Oebbecke u. Schwarz*, 1920, с. 505.

⁴ О дендритовом строении см. *L. Smith*, 1884, с. 556.



Рис. 2. Феррит с о-ва Иосифа
на Гуронском озере, Канада. $\times 25$.
По Гофману, 1896

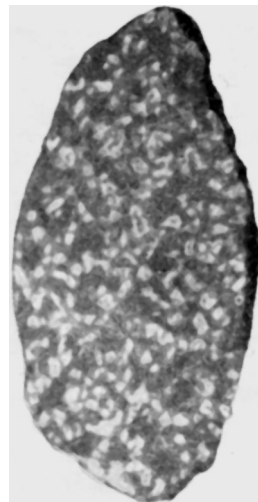


Рис. 3. Камасит и феррит из Уифака.
2/5. Отшлифованная поверхность.
По Фалену, 1903

гренландского железа) оно образует тонкие пластинки, до 0,5 мм мощностью, рассеянные среди силикатов¹ (рис. 4).

47. Разнообразные физические свойства химически чистого железа изучены чрезвычайно тщательно, но немногие из них измерены для природного минерала. Не приводя здесь свойств химически чистого железа, которые могут быть найдены во всякой большой химии, отметим только некоторые наиболее характерные его признаки, имеющие значение в кусках природного минерала.

Для разностей α - и γ -железа легко получаются двойники по {111} и, благодаря давлению, вызываются трансляции (особенно для γ -Fe) и скольжения. Судя по изучению искусственного железа, надо ждать многочисленных проявлений этих свойств для земного (Fe, Ni).

Спайность, очень совершенная, идет всегда *по кубу*². В свежем изломе железо обладает металлическим блеском, причем различные его разности дают неодинаковые оттенки серого цвета; так, например, *тэниты* по цвету приближаются к олову, *октиббегиты* дают более темные оттенки (можно сравнить

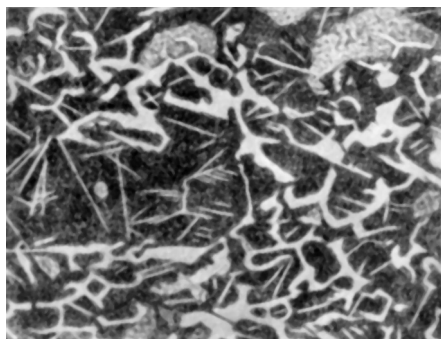


Рис. 4. Феррит и камасит из Уифака.
Черное – силикаты и алюмосиликаты;
серое – пирротин; белое – железо. $\times 9$.
По Бржезине, 1885

¹ Brzesina, 1885, с. 203.

² См. любопытные указания о явлениях скольжения, спайности, двойников, вытравления и т.д. кристаллов искусственного α -, β - и γ -железа у Osmond et Cartaud, 1906 (2).

с серебром). Все эти цвета быстро темнеют на воздухе; порошок всех их – черного цвета.

Железо, богатое углеродом, а также водородом, долго удерживает свои магнитные свойства, и, может быть, этим определяется значение газов в никелистых разностях железа. Химически чистое железо, как известно, не обладает способностью задерживать магнетизм.

Очень важное значение имеет удельный вес. Удельный вес химически чистого α -железа 7,84; вес природных разностей сильно колеблется в зависимости от заключающихся в них примесей (газов, углерода, графита и т.п.). Можно сказать, что удельный вес природного самородного железа колеблется от 7,0 до 8,0, редко спускаясь ниже 7,0; огромная масса его разностей имеет удельный вес 7,7–7,8, причем аваруиты доходят до 8,1¹; чистый тэнит (катаринит) из Санта-Катарины – 7,75².

48. Нахождение в земной коре. Долгое время самородное железо считалось редким минералом, и даже шел спор о том, образуется ли оно в земной коре естественными реакциями или нет³. Лишь в 1852 г. Эндрюс⁴ химическим путем доказал, что самородное железо в виде мельчайшей, микроскопически мелкой пыли рассеяно в магме базальтов в юго-западной Ирландии, в горах Слив-Миш, на севере ее – в графстве Антрим, в Мейден-Рок и т.д., в трахитах Оверни. Он нашел, что порошки этих пород выделяют медь из водного раствора медного купороса, что указывает на присутствие металлического железа. Наконец, в 1870 г. А. Норденшельд⁵ нашел на южном берегу о-ва Диско (Гренландия) огромные скопления камасита и феррита, которые он считал метеоритами⁶. Уже тогда его спутник Наукгофф нашел их рассеянными в базальте, но не обратил на это должного внимания. Позже датский ученый Стеенструп⁷, тщательно изучив геологию о-ва Диско, неопровержимо доказал их земное происхождение, найдя их рассеянными в мельчайшем виде в разнообразных породах как на о-ве Диско, так и на материке. С тех пор пришлось сюда же отнести еще несколько метеоритов, найденных в значительных массах в Бразилии и Северной Америке⁸. Вероятно, дальнейшие исследования значительно увеличат число таких случаев⁹.

¹ См. *Skey*, 1885, с. 401.

² *Guignet et Osorio de Almeida*, 1876, с. 917.

³ См. исторический очерк у *C. Hintze*, I, 1898, с. 152.

⁴ *T. Andrews*, 1853 (1), с. 34.

⁵ *A. Nordenskiöld*, 1870 (1), с. 1058 и сл. Ср. *Nauckhoff*, 1874, с. 112 и сл.; *Nordström*, 1871, с. 462.

⁶ Такие метеориты уже давно указывались вдоль западного берега Гренландии – от южных ее пределов (около Дэвисова пролива) до окрестностей Упернивика. Их находили Росс и Кэнс, Ринк и другие в первой половине XIX столетия. Рудольф нашел в балласте корабля, прибывшего из Диско, кусок железа, вызвавший тщательное исследование местности Норденшельдом (*A. Nordenskiöld*, 1870 (1), с. 1069).

⁷ *Steenstrup*, 1875, с. 289 и сл. Ср. *L. Smith*, 1879, с. 453. Со слов туземцев, на нахождение самородного железа в породах указывал уже Росс (*J. Ross*, 1820, с. 52).

⁸ Санта-Катарина и Октиббега; литературу см. *Cohen*, 1894, с. 111; *Wülfing*, 1897.

⁹ Чрезвычайно любопытно железо, содержащее борт и алмаз, – так называемый «метеорит из Каньон-Диабло». Огромные количества этого железа были найдены на горе Кун, или Кун-Бьютт, в Аризоне. Некоторые исследователи считают его железом земного происхождения (см. *Lapparent*, 1906, с. 666). Коген, который вначале считал его земным (*Cohen*, 1894, с. 144), в конце концов отнес его к метеоритам (1903 и 1905). На этом теле, благодаря работам

49. Все месторождения железа могут быть разбиты очень резко на два класса: на образующиеся на земной поверхности под влиянием восстановительных процессов и на выделение самородного железа в связи с различными процессами, идущими в силикатовых магмах, повидимому в глубокой части литосферы (§ 53). *Тэнит* и *октиббегит* образуются исключительно этим последним путем, тогда как *феррит* (может быть, иногда *камасит*) выделяется и тем и другим способом.

Выделение железа путем восстановления его из химических соединений – кислородных и сернистых – идет при довольно исключительных обстоятельствах. Нельзя, однако, отрицать, что иногда наблюдаются значительные скопления этого минерала на земной поверхности, образовавшиеся этим путем; так, кремнистые сланцы Борнео в бассейне р. Сикаяма содержат, по Кретье, 2,86% металлического самородного железа¹. Точно так же на значительном протяжении встречен феррит в каменноугольных песчаниках и глинах в графстве Клинтон и других местах Миссури². В конкрециях лимонита около Хотцена в Чехии³, в железистом конгломерате в Итабира-до-Матто-Дентро в Минас-Жераис в Бразилии, в виде тонких листочков⁴ и т. д.

Процесс, вызвавший выделение самородного железа, не вполне выяснен, не всегда точно известны даже те минералы, из которых оно может выпасть; известно, что оно выделяется из *серного колчедана*⁵, *лимонита*⁶, *магнитного колчедана*⁷, *сидерита*⁸. Причина такого резкого процесса восстановления

Муассана и других, основываются наши современные представления о метеоритном железе. Поэтому, если подтвердится его земное происхождение, то наши знания о земном железе-никеле получат огромное приращение. Как указал Джильберт (*Gilbert*, 1893, с. 187), если это железо земного происхождения, то придется допустить для него особый способ происхождения – во взрывчатых диатремах, аналогично генезису алмаза и теллуристых соединений золота. Теория Джильберта встретила в последнее время сильные возражения со стороны Барринджера и Тилгмена, собравших огромный материал наблюдений. По их мнению, сама гора Кун образовалась вследствие падения на Землю в этом месте огромного метеорита. Факты, ими собранные, очень интересны, но окончательного решения загадки не дают. – См. *Barringer*, 1906, с. 861 и сл.; *Tilghman*, 1906, с. 887 и сл. Железо из Кун-Бьютт вызвало целую литературу, но вопрос остался все-таки не окончательно выясненным. См. *Fairchild*, 1907, с. 493 (считает метеоритом); *Merrill*, 1908, с. 461; *Darton*, 1910, с. 72 (склоняется к заключению, что это диатрема); *E. Thomson*, 1912, с. 721. См. о Кун-Бьютт любопытные замечания Кейса (*Keyes*, 1910 (2), с. 131 и сл.), который считает нахождение метеоритов не связанным с горой Кун.

¹ *Cretier* 1884, с. 200.

² См. *Allen*, 1897, с. 99 и сл.

³ *Reuss*, 1857, с. 545 и сл.

⁴ *Eschwege*, 1833, с. 582–583.

⁵ *Reuss*, 1857, с. 549. Может быть, таково же происхождение железа (без Ni и Co) в кейпере около Мюльгаузена; см. *Bornemann*, 1853, с. 148. О самородном железе в сернистом железе из Америки см. *Proust*, 1805, с. 272.

⁶ *Kenngott*, 1856–1858, с. 157; *Reuss*, 1857, с. 548–549; *G. Hoffmann*, 1890 (2), с. 39 (Канада); *Еремеев*, 1893, с. 445.

⁷ *Сидоренко*, 1903, с. 78. Может быть, сюда же должны быть отнесены некоторые так называемые метеориты из Мексики, например, метеорит из Хильпанцинго, по указанию дель Кастильо, был найден в массе пирротина и халькопирита в глинистом сланце; см. *Burkart*, 1866, с. 402. Этим путем может образовываться камасит, ср. § 59. К сожалению, анализы отсутствуют.

⁸ *Dana*, 1892, с. 29 (при каменноугольном пожаре – Северный Саскачеван, Альберта). О железе из сидерита см. *Tyrrrell*, 1887, с. 73. Железо здесь вторичного происхождения из желваков сидерита в слоях лигнита, подвергшегося пожару.

неизвестна, обыкновенно ее ищут в действии органического вещества благодаря гниению организмов или во время пожаров каменноугольных залежей¹ и т.п. Но восстановительные процессы этого рода далеко не всюду могут иметь место и не могут объяснить всех случаев. Выделение железа из конкреций лимонита, может быть, иногда находится в связи с распадением *марказита* (FeS_2), из которого нередко образовались эти конкреции и который часто богат органическими веществами². Некоторые исследователи допускали при этом действие медленных гальванических токов³.

В общей истории земной коры самородное железо такого типа относительно редко. Это видно из условий нахождения его в минералогически точно изученных участках земной коры, например в Австро-Венгрии; мы наблюдаем здесь его, в конце концов, как минералогическую редкость.

Нельзя, однако, не заметить, что тело это очень мало бросается в глаза и на поверхности сильно изменяется. В то же время привыкли считать всякое железо, находимое на Земле, искусственным продуктом.

Очень возможно, что в почвах и самых наружных покровах земной коры, в мелких пылинках, оно образуется нередко и оттуда попадает в атмосферу (§ 58).

50. С гораздо большей доказательностью можно теперь утверждать значительную распространенность железа в массивных породах. Лишь малая изученность природных химических процессов не позволяет нам дать полную картину его значения и распространения в земной коре. Но по мере накопления материала все точнее выясняется, что самородное железо-никель является обычным и очень важным и распространенным продуктом, связанным с некоторыми процессами застывания магм в земной коре. *Феррит* или *камасит*, *бедный никелем*⁴, обычны в основных базальтовых породах – как эффузивных, так и дайках, иногда даже средних. Так, они найдены в Саксонии (в нефелиновом базальте около Аннаберга)⁵, на Волини (анамезиты или пироксеновые порфириды около Ровно)⁶, в Ирландии (базальты около Антрима и др.)⁷, Чехии (разнообразные базальты⁸), Героне (ряд местностей, все свежие базальты)⁹, в Гренландии (разнообразные и многочисленные базальтовые породы, энстатитовый андезит и т.д.; см. § 48, 51–52), в Западной Шотландии (габбро)¹⁰, Нью-Гемпшире (гора Вашингтон, в долерите)¹¹,

¹ Впервые такое железо (самородный чугун) было найдено Моссье и описано Годон Сен-Меном (см. *Godon Saint Memin*, 1805, с. 340 и сл.).

² См. разные примеры вторичного самородного железа у *J. Roth*, 1879, с. 234; *Zirkel*, 1894 (1), с. 894; *C. Hintze*, 1898, I, с. 161 и сл. Сверх того – *Beckenkamp*, 1903, с. 51.

³ *Bahr*, 1851 (1), с. 202 – для железа в дереве из пловучего острова на оз. Роланг в окрестностях Норра-Ведбо в Швеции.

⁴ Кроме гренландских (из Асука – см. § 51), анализа этих зерен нет. Однако на бедность никелем указывает метод, применяемый при исследовании, т.е. восстановление подкисленного раствора медного купороса. Октиббегит и аваруйт «пассивны» даже в таких условиях.

⁵ *Roth*, 1865, с. 600, по данным Пагельса.

⁶ *А. Карпинский*, 1873, с. 22 и сл.; 1888, с. 76; *Pfaffius*, 1886, с. 40.

⁷ *T. Andrews*, 1853 (1), с. 34; 1853 (2), с. 325.

⁸ *Reuss*, 1857, с. 545.

⁹ *Navarro*, 1904, с. 431.

¹⁰ *Geikie*, 1903, с. 93, – по указанию Беканана.

¹¹ *Hawes*, 1877, с. 33.



Рис. 5. Три больших куска породы с о-ва Диско, состоящие более чем на $\frac{1}{2}$ или $\frac{2}{3}$ из (Fe, Ni); результат выветривания коренных пород По Норденшельду.

в базальте вблизи Касселя (феррит без Ni)¹, в базальтовом туфе в Гессене², в базальтах Нью-Джерси³, Аризоны⁴, Ван-Дименовой Земли⁴ и др.

Самородное железо найдено также в оливиновом базальте Северной Калифорнии, в саксоните Риддлс в Орегоне, в перидотите Эллио, Кентукки (из многих сотен образцов только в шести⁵); в офите из Виллафранки⁶.

Если принять во внимание случайность этих наблюдений и отсутствие проб на (Fe, Ni) при обычных петрографических исследованиях, распространенность железа в базальтовых породах делается совершенно ясной.

Богатые никелем разности, самородный никель (октиббегит и аваруит) в базальтовых породах не наблюдались, а встречены в еще более основных породах – перидотитах; так, они указаны в серпентинах (образовавшихся из перидотита) Новой Зеландии (Ред-Хиллс), Орегона, по-видимому Норвегии⁷ и др.

Аваруит наблюдался в россыпях вместе с платиной в Калифорнии, Новой Зеландии⁸, Орегоне⁹ и Британской Колумбии¹⁰.

Поспешно было бы заключить отсюда, что самородное железо может встречаться исключительно в основных и средних массивных породах; оно может образовываться и в *кислых*; так, например, в Шотландии его встретили в гранитах, внутри зерен хромсодержащего магнетита¹¹. Лакруа¹² во Фран-

¹ Hornstein, 1907, с. 276.

² Schwanke, 1901, с. 66.

³ Cook, 1874, с. 56.

⁴ L. Smith, 1875, с. 1167.

⁵ G. Becker, 1909.

⁶ Gautier, 1901, с. 934.

⁷ Не вполне уверенное указание об этом дает Джедд; см. Judd, 1890, с. 632.

⁸ Ulrich, 1890, с. 619 и сл.

⁹ Melville, 1892, с. 509, – так называемый джозефинит; найден в россыпях, in situ не наблюдался.

¹⁰ Farquharson, 1911, с. 451.

¹¹ Heddle, 1901, с. 13. Главным образом в песках в Дейб-Берн на о-ве Унст (Шетландские острова), в Сутерленде и пр.

¹² Lacroix, 1897, с. 392.

ции описал блестящие не содержащего никель железа в продуктах разрушения гранитного массива Эшасьер, около Алье. Было указано самородное железо в пегматите из Камерона в Онтарио¹. Но эти случаи кажутся нам теперь совершенно исключительными. Однако вопрос этот заслуживает серьезного внимания по отношению к шлирам и пегматитовым жилам гранитных массивов².

51. Во всех этих месторождениях железо главным образом встречается в микроскопически мелких зернах, не видных или почти не видных глазу, хотя и составляющих заметный процент всей породы, например в анамезитах из Ровно. Но в Гренландии и на близких к ней островах – Диско и др. (§ 48) найдены огромные количества железа в связи со средними и основными породами³. Здесь железо встречается на огромном протяжении в базальтовых породах и дайках между 69 и 76° с.ш. На севере породы прикрыты льдом и конец их выходов неизвестен⁴. Оно находится здесь частью в мельчайшем порошковатом виде, частью в виде значительных зерен или кусков иногда до 40 кг весом⁵. Местами в породах этих железо образует скопления, и при выветривании куски, богатые железом, резко выделяются на фоне разрушающегося базальта. Таковы большие куски так называемого метеоритного железа, которые были найдены на берегу о-ва Диско и привезены в Европу Норденшельдом (рис. 5). Порода, заключающая железо, должна быть отнесена к базальтам; она содержит оригинальные шаровые включения графита с анортитом, гизингерит, когенит, пирротин, шрейберсит, шпинель⁶. Железо из Уифака и некоторых других мест Гренландии содержит 1,5–6,5% Ni. Но наряду с ним наблюдается и очень бедное никелем железо (0,3–0,4%), образовавшееся аналогичным образом. Таково впервые встреченное в породе и решившее вопрос о земном происхождении этого железа⁷, – железо около Асука, в окр. Ритенбек, в бронзитовых андезитах (около 56% SiO₂). Здесь оно рассеяно в породе в виде мельчайших зерен, от 0,02 до 18 мм диаметром. Этот андезит в виде жилы мощностью до 15 м прорезает обычный базальт.

52. Встречаясь относительно часто в основных породах разного типа, железо и никель далеко не являются обычным минералом бедных кремнием магм. Наблюдение и опыт одинаково это доказывают. Необходимы особые условия, благоприятствующие их выделению.

Насколько можно судить, базальтовые породы, богатые самородным железом, бедны оливином⁸ и магнетитом, обычными минералами этих магм, и весьма вероятно, что самородное железо заменяет магнетит, т.е. образуется при особых условиях застывания базальтовой магмы, вызывающих полное

¹ G. Hoffmann, 1896, с. 23.

² Может быть, таково происхождение Fe в дерите из Бастнес в Норвегии (в гнейсе); см. Demarcay, 1833, с. 402. Берцелиус его в церите не нашел (Berzelius, 1836, с. 214).

³ Породы эти, обычно относимые к базальтам (железный базальт авторов), по структуре ближе к диабазам. См. Schwantke, 1906, с. 860.

⁴ Böggild, 1905, с. 17 и сл.

⁵ Образцы Венского Национального музея, по любезному указанию проф. Берверта, – до 41 кг весом.

⁶ Об этом месторождении см. литературу в § 48; сверх того, Schwantke, 1906, с. 853 и сл.

⁷ Steenstrup, 1875, с. 296 и сл.; Böggild, 1905, с. 15. См. § 42.

⁸ Schwantke, 1906, с. 856.

восстановление железа¹. Как известно, образование магнетита в магме представляет довольно сложный процесс; в оливиновых базальтах он происходит за счет оливина в более высоких частях литосферы². Очень характерно также нахождение в «железных базальтах» Гренландии (§ 51) графита, обычно в базальтах не наблюдаемого.

Возможно, что процесс раскисления соединений железа все увеличивается с увеличением давления и температуры и что в магматической области земной коры все кислородные соединения железа разрушены и устойчивой формой является самородное железо. Шварц³, принимающий эту гипотезу, приписывает в ходе данного процесса некоторую роль магнитным силам гипотетического железного ядра земного шара.

В обычных условиях железо не выделяется в самородном состоянии из силикатовых магм. Если оно не входит в соединение с кремнеземом или серой, оно выпадает в форме солей окиси железа, титана или алюминия – магнетита, хромита, титанистого железняка, шпинелей. Никель обычно выпадает в виде силикатов или в соединении с серой.

Опыты Добрэ, Фуке и Мишель-Леви показывают, что железо выделяется из силикатовых магм в свободном состоянии лишь в присутствии большого количества углеродистых тел. Уже Клапрот⁴ нашел, что графитовый тигель, в котором он сплавлял базальт, покрывался корочками железа. Позже Бишоф⁵ и Добрэ⁶, сплавляя в тигле основные породы – базальты и перидотиты – в присутствии угля, получили свободное железо в силикатовом стекле. Фуке и Мишель-Леви⁷ сделали еще более убедительный опыт; они получили сперва искусственно базальтовую породу с магнетитом (FeFe_2O_4); пропустив через нее при красном калении светильный газ, они превратили весь магнетит в металлическое железо.

Однако вполне вероятно образование железа в силикатовых магмах и при отсутствии в них соединений углерода. Очень возможно, что в том же направлении действует водород, обычный и важный спутник магм. К сожалению, точные и прямые опыты в этом направлении отсутствуют. Мы имеем лишь косвенные указания в опытах Мёнье⁸, который получил сплавы железа-никеля при температуре ниже плавления оливина. При этом в присутствии СО получается (Fe, Ni), богатый углеродом. Можно думать, что реакция не изменилась бы и при температуре плавления оливина.

53. Очевидно, для выделения свободного железа-никеля в магмах вместо обычных их кислородных или сернистых соединений необходимы особые условия. Какие из них действовали в природе, трудно в настоящее время

¹ Не совсем ясна роль никеля. Может быть, его нахождение в магме вызывает это изменение в характере выпадения железа (см. § 53 – о карбонильных производных). Анализы магнетитов редко дают никель, но, может быть, это зависит от того, что его там обычно не ищут (ср. ниже – магнетит).

² Магнетит в магмах часто образуется взаимодействием летучих соединений. Об этом см. ниже, в главе о магнетите.

³ Schwarz, 1910 (1), с. 115 и сл.

⁴ Klaproth, 1795, с. 6–7.

⁵ Bischof, 2, Aufl., III, 1866, с. 379.

⁶ Daubrée, 1866 (1), с. 392; 1866 (2), с. 673; 1879, с. 517 и сл.

⁷ Fouqué et Michel-Levy, 1884.

⁸ Meunier, 1884, с. 323; 1879, с. 924.

сказать с уверенностью, ибо более точно изучен всего один случай – железо Гренландии. Для него высказано много гипотез¹.

Распространенность выделения железа в базальтах в разных местах земной коры заставляет отбросить при объяснении его генезиса действие *местных* причин. Оставив такие толкования в стороне, мы имеем два разных объяснения этого явления. В одном случае принимается существование магмы, поглотившей вследствие тех или иных причин значительное количество углерода, например в случае базальтов, пересекавших при своем выходе на земную поверхность породы, богатые органическими остатками, например, залежи лигнита, каменного угля, графита и тому подобных веществ. Такова гипотеза, которая была высказана для Гренландии уже Смитом в 1878 г.² Очевидно, эта гипотеза легко может быть применена ко всем аналогичным случаям. К ней близка гипотеза Винклера³, допускавшего происхождение (Fe, Ni) разложением их летучих соединений, находящихся в магме, карбониллов железа и никеля, присутствие которых в природе в иных случаях весьма вероятно и которые могут образовываться при относительно низкой температуре⁴.

Совершенно в стороне стоит другая гипотеза, которая была высказана по отношению к природному железу Добрэ и позже развита многими учеными⁵. Она стоит в тесной связи с господствующими в научной среде космогоническими верованиями, хотя едва ли имеет прочную опору в фактах⁶. Она тесно связана со схематическими представлениями о земной коре как о «всеобщей окалине»⁷. По этой гипотезе внутренность Земли состоит из свободных металлов, а земная кора является их окалиной, образовавшейся вследствие их окисления. Эта идея возникла благодаря работам Дэви над щелочными металлами, которые, по мнению этого оригинального ученого, находятся в свободном состоянии внутри земного шара. Следуя по этому пути, Де ля Беш и Эли де Бомон перенесли туда все металлы, окислы которых находятся на земной поверхности, и, наконец, Добрэ⁸, по аналогии с метеоритами, предположил, что земное ядро состоит главным образом из (Fe, Ni) и имеет тот же состав, который открывается нам в метеоритах. Согласно этим воззрениям, метеориты представляют осколки внутренних частей какого-то или каких-то планетных тел, аналогичных Земле. Основные породы, заключающие (Fe, Ni), проникли к земной поверхности из самых глубоких слоев Земли или захватили куски глубинных пород (железо-никель) и вынесли их на поверхность. Редкое и неважное в наружных слоях земной коры, по этой гипотезе,

¹ Главнейшие см. у *C. Hintze*, I, 1898, с. 165. О нахождении железа в земной коре см. еще *Hung*, 1908, с. 329, 341.

² *L. Smith*, 1878, с. 91; 1879, с. 504.

³ *Winkler*, 1900, с. 15. На реакции, связанные с действием СО на железо, для объяснения генезиса железа в магмах уже обратили внимание Добрэ (*Daubrée*, 1879, с. 575) и Мёнье (*Meunier*, 1879, с. 924).

⁴ См. ниже, в главе о графите.

⁵ *Daubrée*, 1866 (1), с. 414; 1879, с. 539 и сл.; 1888, с. 190 и сл.; *Meunier*, 1904 (первое издание в 1870 г.); 1884, с. 395; *Wiechert*, 1897, с. 230. *E. Baur*, 1903, с. 50 и сл.; *Thiene*, 1907, с. 37–38.

⁶ *Buxepn* (*Wiechert*, 1897) пытался стать на более прочную почву и доказал, что эта гипотеза вполне отвечает удельному весу нашей планеты.

⁷ Ср., например, *Elle de Beaumont*, 1847, с. 1326.

⁸ Историческая преемственность идей прекрасно выяснена самим Добрэ (*Daubrée*, 1866 (1), с. 413).

самородное железо является в действительности самым характерным минералом, строящим наш земной шар и господствующим в его внутренних частях.

Но все, иногда изящные и стройные аналогии, на которых построена эта гипотеза, бледнеют при прикосновении научной критики. Породы метеоритов имеют не много общего с теми породами, в каких на Земле находится (Fe, Ni)¹. Самый характер метеоритного железа-никеля резко отличен от земных минералов. Оригинальные сростания тэнита, камасита и плессита, которые характерны для многих метеоритов и дают при вытравлении азотной кислотой видманшtedтовы фигуры, никогда не наблюдались в ясном виде для земного железа (§ 45). С другой стороны, обычные на Земле феррит и октиббегит ни разу не были с несомненностью встречены в чистом виде в метеоритах. Планетное происхождение метеоритов не доказано и характерное для них хондровое строение указывает на условия, резко отличные от условий застывания магм, мыслимых в земных глубинах¹. Одно из многочисленных порождений кант-ланласовой гипотезы – эти теоретические предположения должны быть оставлены в стороне при пробе их точным мерилем фактов². Наконец, изучение базальтовых пород Гренландии ясно указывает, что (Fe, Ni) не являются древнейшими выделениями магмы, а выпали после образования оливина³.

54. Самородное железо в атмосферной пыли и на дне океанов. До сих пор является невыясненным нахождение самородного железа в атмосферной пыли и на дне океанов. Обыкновенно его принимают за железо космического происхождения, однако это мнение является пока простой гипотезой, не подкрепленной точными фактами. Гипотеза эта, весьма вероятная для одной части этого железа, не в состоянии объяснить всех наблюдаемых случаев.

Нахождение самородного железа в атмосфере было констатировано уже давно. Раньше всего оно замечено было внутри некоторых градин и выпадающим в снеге. Первые наблюдения, в виде единичных случаев, были сделаны еще в начале XIX столетия. Внутри градин, выпавших в 1834 г. около Падуи, было констатировано Козари нахождение железа и никеля⁴. Однако лишь в 1870-х годах этот вопрос вновь возбудил к себе внимание, когда Норденшельд⁵ нашел металлическое железо в виде чрезвычайно мелких зерен в снеге и граде, выпавшем в разных местах Швеции и Финляндии, и связал их с аналогичным нахождением его в атмосферной пыли. Он возбудил к ним еще большее внимание приложениями к космогонии (§ 60). В этом железе Норденшельд мог доказать присутствие кобальта и, по-видимому, никеля.

¹ *Cohen*, 1903, стр 68–69. Ср. замечания у *Klein*, 1906, с. 37.

² Любопытно, что гипотеза о строении земного ядра из железа выдвигалась и раньше, в связи с представлениями о причине вулканических извержений как следствии самовозгорания пирита, – гипотезе, выдвинутой Лемери. Кант в 1756 г. считал возможным, что ядро земного шара составлено из металлического железа или магнетита, а причину вулканической деятельности видел в проникновении воды внутрь Земли и в ее соприкосновении с раскаленным железным ядром (*Kant*, 1902, с. 423, 470–471).

³ *Schwanke*, 1906, с. 857.

⁴ *Baumhauer*, 1845, с. 463; 1872, с. 678. Работа Козари (*Cosari*, 1834, была мне недоступна. Очень часто указываемый случай града в Майо, в Ирландии в 1821 г. сомнителен. Ср. *Pictet*, 1822, с. 436.

⁵ *A. Nordenskiöld*, 1874 (2), с. 156 и сл.

Наблюдения Норденшельда были подтверждены для разных местностей¹, и мы можем, не предвещая происхождения этого железа, считать точно констатированным нахождение иногда металлического железа, содержащего Ni, в дожде, снеге или граде². Но, помимо железа, в градинах встречаются другие твердые тела несомненно земного происхождения. При этом вместе и одновременно с железом выпадали вещества земного происхождения – нередко низшие организмы и органические остатки. Происхождение этого железа неясно и может быть очень различно в разных случаях.

55. В тесной связи с железом в осадках находится его присутствие в атмосферной пыли. Пыль несомненно космического происхождения выпадает во время падения аэролитов. Нередко сами аэролиты рассыпаются в мельчайшую пыль. Нет ничего удивительного поэтому, если в ней будут находиться частички железа. И такие наблюдения были сделаны уже давно; так, еще в 1737 г. Заниккели заметил, что пыль, выпавшая на Адриатическом море, притягивается магнитом³. Из позднейших наблюдений обратили на себя внимание работы Эренберга, констатировавшего пылинки, богатые железом, в виде мелких черных магнитных полых шариков, упавших в 1858 г. в пыли Индийского океана, химическая принадлежность которых к самородному железу не была, однако, точно доказана⁴.

Но эти наблюдения касались единичных случаев. Лишь в 1870-х годах вопрос о железе в атмосферной пыли был поставлен во всей широте, не как о случайном, а как об обычном и важном явлении в жизни нашей планеты.

Норденшельд в 1873 г. нашел на большом протяжении в безлюдных местностях Гренландии, на снегу, отложения пыли мощностью 0,1–1 мм, частью несомненно земного происхождения, частью, может быть, космической, названной им *криоконитом*. В этой пыли Норденшельд мог обнаружить присутствие мелких зерен металлического железа вместе с большим количеством магнетита; в притягиваемой магнитом части ему удалось доказать присутствие Co, Ni и P⁵. Но в этой пыли количество железа ничтожно – в огромном большинстве случаев все попытки найти вновь в криоконит крупинки железа были неудачны⁶. Оно находится в пыли очень редко и в столь ничтожных

¹ Flögel, 1881, с. 321; Silvestri, 1880, с. 165; Lasaulx, 1880, с. 507.

² Обращаясь к таким явлениям, наблюдавшимся на территории России, можно отметить дождь 30.X.1881 г. в Енисейске, давший, по Марксу, порошок, содержащий Fe, Co, Ni (*A. Nordenskiöld*, 1885, с. 159). Железо, выпавшее в граде в Демблине, около Ивангорода в Царстве Польском, 18.IV.1897 г., содержало, по анализу Г. Черника, «неясные следы» Ni и Co. См. о нем *А. Карпинский*, 1902, с. 20.

³ Arago, 1857, с. 212.

⁴ Эти шарики могли состоять и из магнетита. О них см. *Ehrenberg*, 1858, с. 6; 1872, с. 118, 148. Эти тела одними признавались земного происхождения (Розе, Эренберг), другими – космического. Ср. *Reichenbach*, 1859 (1), с. 478 и сл.; *Mohr*, 1875, с. 275.

⁵ *A. Nordenskiöld*, 1873, с. 187, 464; 1874 (1), с. 237; 1885, с. 165; 1886, с. 198 и сл.; 1894, с. 215.

⁶ Так, его не нашли ни Лоренцен, ни Камерландер, ни Вюльфинг, ни Циркель. См. *Lorenzen*, 1884, с. 190; *Camerlander*, 1888, с. 294; *Wülfing*, 1891, с. 152; *Zirkel*, 1894 (2), с. 782–783. Позже сам Норденшельд (1894, с. 216) говорил о характере этой пыли, в смысле нахождения в ней железа, менее уверенно. В ничтожном количестве Fe найдено во льду Гималаев – см. *Shuster*, 1884, с. 127.

количествах, что не может считаться характерной принадлежностью криоконита. Однако в атмосфере, в пыли, плавающей в ней, постоянно находятся мелкие магнитные пылинки в виде шариков и неправильной формы кусочков, от 0,01 до 0,02 мм диаметром, состоящие из железа или им богатые¹. Эти пылинки имеют иногда совершенно правильную круглую форму (рис. 6) и содержат Ni². Они найдены всюду, но их генезис до сих пор нам совершенно неясен (§ 58). Железные частицы обычны в песчаных пустынях, например, очень обычны на высоких равнинах сухого Мексиканского плоскогорья, в почвах, очень далеких и от гор и от выходов изверженных пород³.

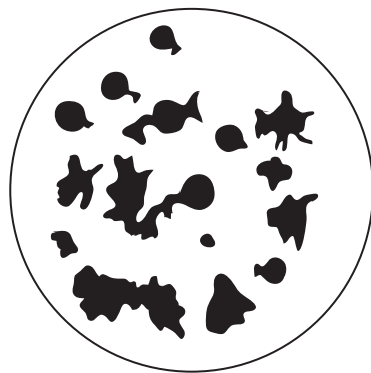


Рис. 6. Железо из пыли с колокольни церкви Сен-Пьер в Женеве. $\times 200$. По Юнгу. 1877

56. Почти одновременно с возбуждением внимания к этим вопросам Норденшельдом было открыто металлическое железо, частью в виде неправильных пылинок, частью в виде микроскопических шаровых конкреций (но редко больше 0,2 мм) на дне океанов, в глубинных отложениях⁴. Шарики металлического железа частью находились включенными в конкреции вада на дне океана (рис. 7), частью – включенными в кусочки пемзы, частью находились в свободном состоянии в красном глубинном иле южных и центральных частей Тихого океана. Снаружи эти мелкие шарики железа покрыты тонкой коркой магнитной окиси железа. Железо ковко и большей частью покрывается налетом Си при действии подкисленного раствора CuSO_4 . Это указывает (§ 64) на бедность этого железа никелем. Есть, однако, случаи очень пассивного отношения этих пластинок к действию раствора медного купороса, хотя пластинки остаются вполне ковкими. Вероятно, мы имеем здесь дело с *октиббегитом* или аналогичным, богатым кобальтом соединением⁵. В этих шариках найдено небольшое количество кобальта.

¹ Keyes, 1910 (2), с. 146.

² О нахождении его в криоконите и в атмосферной пыли см. Lasaulx, 1881, стр 521; Tacchini, 1882, с. 135; Tissandier, 1877, с. 33, 51; Yung, 1877, с. 493 и др.; Ranyard, 1879, с. 163. О нахождении железа в пыли см. еще Liversidge, 1903, с. 246 и сл. Это железо давало ясную реакцию на кобальт. О пыли с Монакского собора, содержащей космические частицы, см. Thoulet, 1911. По Фаррингтону (Farrington, 1915), количество железа, ежегодно падающего с пылью на Землю, составляет 36 500 т. По Мерриллу (Merrill, 1919(1)) – до 10 000 т. По Мерриллу (1919 (2), с. 37), металлическое железо – 5% падений, а с содержанием 25–50% Fe – 16% падений.

³ Keyes, 1910(2), с. 116.

⁴ Murray, 1878, с. 258; Murray a. Renard, 1891, с. 327 и сл.

⁵ Мёррей и Ренар (Murray a. Renard, 1891, с. 328) относят такие шарики к шрейберситу. Уже Коген (Cohen, 1894, с. 295; 1903, с. 76) правильно отметил, что этому решительно противоречит их ковкость. На сходство с октиббегитом указывает и отмеченная уже Мёрреем и Ренаром малая окисляемость шариков, аналогичная, по их мнению, железу из Санта-Катарина (с. 330), которое, как мы знаем (§ 48), не есть метеорит, а земной тэнит.

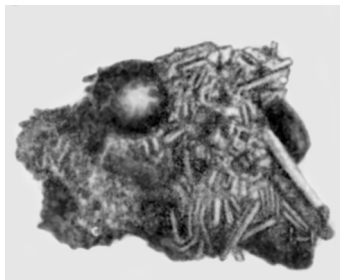


Рис. 7.

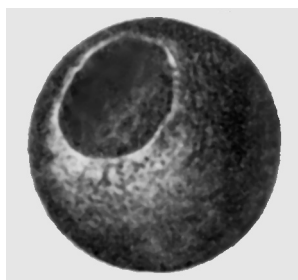


Рис. 8.

Шарики металлического железа со дна Тихого океана.

На рис. 7 – в конкреции вада, на рис. 8 – отдельный шарик. По Мёррею и Ренару, 1891

Эти мелкие выделения железа рассеяны в красном глубинном иле в заметном количестве, отсутствуя в других отложениях¹. Характер красного глубинного ила, покрывающего тонким слоем все глубокие части океана, как известно, во многом загадочен, но весьма вероятно, что он произошел распадением основного палагонитового туфа. Нельзя не отметить оригинальную форму этих мелких шариков, имеющих нередко маленькое углубление в одном месте (рис. 8).

После работ Мёррея и Ренара эти мелкие металлические частицы не наблюдались в глубинном иле². Им аналогичны, однако, мелкие (0,007–0,02 мм), шарообразные, по-видимому полые внутри магнитные частицы, наблюдавшиеся в иле Средиземного моря около берегов Туниса и Алжира и в разнообразных древних морских отложениях, в осадочных породах³. Однако состав этих мелких конкреций из самородного железа является недоказанным⁴.

В тесной связи с этими железными частицами должны быть поставлены мелкие частицы металлического железа, находящиеся в осадочных и обломочных породах земной поверхности, генезис которых, если возможно, еще более загадочен и неясен. К ним мне придется вернуться ниже (§ 59).

57. Таковы немногочисленные факты, касающиеся этих во многом загадочных явлений. Для объяснения их образования можно сделать три совершенно разных предположения: можно счесть их 1) телами космического происхождения, 2) продуктами человеческой жизни и, наконец, 3) телами, образовавшимися во время земных химических процессов. Очень возможно, что мы здесь встречаем железо разного происхождения, т.е. что одновременно идет его выпадение всеми этими тремя способами. Окончательно вопрос этот не может быть решен, но при изучении минералогии нельзя упускать из виду, что есть ряд данных, делающих очень вероятным участие в их образо-

¹ Количество их не может быть, однако, очень велико, так как новый анализ Кларка красного ила из экспедиции Челлепджера дал всего 0,039% NiO + CoO, т.е. в общем ничтожное количество; см. *F. Clarke*, 1907, с. 170. В иле дна Красного моря – 0,002–0,004% Ni; см. *Natterer*, 1898, с. 501.

² Любопытно, что они не указываются самим Мёрреем в других, аналогичных образцах, например, в образцах, собранных «Британией»; см. *Murray*, 1902, с. 700 и сл.

³ *Meunier et Tissandier*, 1878, с. 450; *Meunier*, 1884, с. 314.

⁴ Ср. наблюдения Эренберга, § 55.

вании земных процессов. Очень возможно, что по крайней мере часть этих телец является формой выделения самородного железа на земной поверхности.

Космическое происхождение больших скоплений атмосферной пыли было первым научным объяснением. На него уже указывали и его развивали ученые первой половины XIX столетия, например Хладни. Араго¹ дал сводку наших сведений о космической пыли и каталог возможных относящихся сюда наблюдений. Постепенно точные эмпирические наблюдения Эренберга уменьшили количество относящихся сюда случаев и сузили возможность приложения этой гипотезы². Затем вторично, по отношению к криокониту, эту гипотезу развил Норденшельд (§ 55), широко раздвинувший область космического происхождения земной материи. Постепенно точные работы доказали, однако, земное происхождение значительной части, если не всего криоконита.

Присутствие металлических частиц в снеге и граде пытались объяснить признанием космического происхождения их носителей, снега и града³. Наконец, железу океанических осадков придавали космическое происхождение Ренар и Мёррей.

Эти гипотезы до сих пор имеют многочисленных сторонников и вошли в учебники. Несомненное наблюдение космической пыли при некоторых падениях метеоритов, нахождение никеля и кобальта в железе этого происхождения и, наконец, оригинальная шаровая форма железных телец пыли служат главной опорой этих взглядов.

Едва ли, однако, эти доказательства имеют большое значение. Ибо легко убедиться, что: 1) образование железных телец данной формы из метеоритов и среди метеоритов никогда не наблюдалось⁴, 2) присутствие кобальта и никеля не противоречит их земному происхождению⁵, 3) характер пассивности этого железа указывает на октиббегит, в метеоритах неизвестный. Характерное углубление (см. рис. 8) очень мало говорит в пользу их космического происхождения, так как ничего подобного для хондровых телец не наблюдалось. Наконец, шаровые выделения известны и для земного феррита (§ 46).

Едва ли можно вполне объяснить их происхождение и деятельностью человека. Несомненно, благодаря этой деятельности, всюду на поверхности Земли рассеяны мельчайшие частицы как железа, так и других металлов. Можно этим путем понять нахождение их в атмосферной пыли.

Иногда даже форма сгорания железа в доменных печах дает образования, очень напоминающие железные частицы атмосферной пыли. На это обратил уже внимание Рейхенбах⁶. Очень резко получается такая форма железа при сгорании его в водороде (ср. рис. 9). Кроме того, в искусственном

¹ Arago, 1857, с. 208.

² Ehrenberg, 1849, с. 436 – 437; 1872, с. 4 и сл.

³ См. Шведов, 1880–1881.

⁴ При скоблении темной корки метеоритов находили образования, несколько схожие с этими шариками. Ср., например, Tissandier, 1877, с. 54.

⁵ О нахождении Ni на поверхности литосферы см. Vogt, 1906, с. 230; Kraut, 1906, с. 1794. О нахождении, очень обычном, никеля (также меди, свинца и т.д.) в пыли земного, не космического, происхождения см. Hartley, 1901, с. 108. Гартли думал, что никель попадает в пыль доменных печей из каменного угля.

⁶ Reichenbach, 1859 (1), с. 485. Ср. Tissandier, 1877, с. 57.



Рис. 9. Сгорание в водороде железной проволоки. $\times 200$. По Юнгу. 1877

железе, стали и чугуна нередко заключаются никель и кобальт, присутствие которых, таким образом, не может служить указателем космического происхождения Fe^1 . Однако было бы слишком смелым считать все железо пыли и дна океанов за результат деятельности человека. Этому противоречит уже одно то, что оно наблюдается в древних морских осадках, образовавшихся, когда человека еще не было (§ 56).

58. Гораздо более серьезными представляются объяснения, относящие причину образования этих телец к земным химическим процессам. При этом приходится допустить, что мы имеем здесь дело с явлением новым и неизученным.

Вероятны две гипотезы. Во-первых, весьма возможно, что мы имеем в этих мелких железных шариках продукты туфов основных пород, образовавшиеся путем газовых взрывов в вулканических отдушниках, маарах, диатремах и тому подобных образованиях. Среди этих продуктов мы встречаем шаровые выделения, аналогичные хондрам². Гипотеза эта была высказана уже Эренбергом и развита Добрэ, который получил такие железные тела искусственно³. В ее пользу говорит то, что железные частицы часто находятся в природе совместно с продуктами земной вулканической деятельности, например, на морском дне или в криоконите.

Но, с другой стороны, вполне возможно образование этих конкреций *in situ* на дне океана или на самой наружной пленке литосферы – в почве. В таком случае мы имеем дело с шаровыми конкрециями, вполне аналогичными некоторым формам заведомо самородного железа (§ 46, рис. 2). Очень характерно существование в них *кобальта*, который найден в древних морских конкрециях (в форме асболита), аналогичных тем марганцевым конкрециям, с которыми связаны железные тельца дна Тихого океана⁴. Среди процессов дна океана идут энергичные реакции восстановления, характерные, например, для сернистых тел. Очень возможно, что реакция идет до конца для железа (и, частью, для никеля и кобальта?), тогда как марганец (и, частью, кобальт) остаются в окисленном состоянии. В криоконит и в атмосфер-

¹ *Wedding*, 1891–1895, с. 345; *Terreil*, 1877, с. 497; *O. Erdmann*, 1866, с. 121; *Weiske*, 1866, с. 485. *Beücke* вычислил, что на 7500 млн. кг железа, добывавшегося в его время, приходилось 1 млн. кг $\text{Ni} + \text{Co}$. Надо иметь в виду, что количество $\text{Ni} + \text{Co}$ в пыли от железа должно увеличиваться, так как железо, богатое Ni , труднее окисляется. Ni находится в меди, добываемой человеком; см., например, *Струве*, 1859, с. 104. Медь находится иногда в заметных количествах в атмосферной пыли; см., например, *Ehrenberg*, 1849, с. 282.

² Вместе с этими железными тельцами всюду в пыли, криоконите, на дне океанов наблюдаются и силикатовые хондры. О хондрах земных туфов см. сводку наблюдений у *Cohen*, 1903, с. 68.

³ *Daubrée*, 1891, с. 131.

⁴ Была бы в высшей степени желательной проба на никель, до сих пор не сделанная, в этих конкрециях современного вада.

ную пыль эти частицы железа могут попадать из древних осадочных, теперь наземных отложений. В таком случае они окажутся одного происхождения со всеми другими составными частями пыли.

Как бы то ни было, мы имеем здесь дело с очень интересным и важным земным процессом, настоятельно требующим научного изучения. Первым делом, необходимо обратить внимание на точный химический и петрографический анализ, с этой точки зрения, основных туфов, осадочных образований, продуктов извержения грязевых вулканов.

59. Изменение самородного железа. Образовавшись различным путем, самородное железо на земной поверхности подвергается дальнейшим изменениям, как химическим, так и механическим.

На земной поверхности, при разрушении земной коры, благодаря своей твердости (4–5), большому удельному весу и относительно трудной изменчивости, оно собирается в больших или меньших количествах в *россыпях*, богатых иногда золотом, платиной и т.п. Так, найдено самородное железо в очень многих местах земной коры – в Италии, Новой Зеландии (аваруит по р. Горж, октиббегит около залива Барн)¹, Борнео и т.д. Можно сказать, что в небольшом количестве оно наблюдается почти во всякой россыпи тяжелых металлов. Кое-где, например октиббегит (суэзит) в песке р. Фразер в окр. Лиллоэт в Британской Колумбии, оно собирается в довольно большом количестве².

По отношению к этому железу россыпью до сих пор господствуют предположения об его искусственном происхождении. Их считают осколками орудий человека во всех тех случаях, когда анализ не открывает в них достаточно никеля³. Однако в целом ряде случаев мы явно имеем дело с минералом россыпей (октиббегит). Решить вопрос можно только путем исследования каждого отдельного случая и нельзя дать никаких общих оснований для отрицания естественного происхождения россыпного железа.

Тем же самым путем железо попадает в *пески* и в различные осадочные породы (§ 56). В осадочных отложениях оно могло бы иметь то же происхождение, как и шарики железа современных океанических осадков. Едва ли таково может быть происхождение самородного железа в песках. При изучении атмосферной пыли, связанной с пассатными ветрами, столкнулись с ее происхождением из Сахары, и ввиду этого были тщательно изучены пески Сахары. Здесь впервые Макканьо нашел мелкие железные частицы, причем анализ мельчайшей мути этих песков дал ему 0,2% Fe и 0,072% Ni⁴. Позже эти наблюдения были подтверждены, причем оказалось, что эти пылинки железа имеют сферическую или оригинальную зазубренную форму (рис. 10)⁵, может быть, отчасти вызванную истиранием песка. Трудно сказать, откуда попало это железо в пески, – может быть, его происхождение очень различное⁶.

¹ Skey, 1885, с. 401.

² G. Hoffmann, 1905, с. 319.

³ Так, Розе (G. Rose, 1837, с. 161) отрицал природное происхождение железа уральских россыпей. Совершенно правильно возражал на это уже Эйхвальд (1845, с. 49).

⁴ Наблюдения Макканьо изданы посмертно Таккини. См. Tacchini, 1882, с. 135.

⁵ Ср. Shuster, 1883, с. 91–92.

⁶ Любопытны наблюдения Тилгмена о нахождении мелких частиц (Fe, Ni) в песке Кун-Бьютт в Аризоне (ср. § 48).

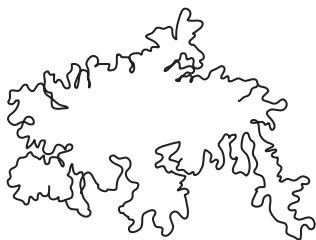


Рис. 10. Металлическая песчинка из песка Сахары.
Может быть, дендритовый сросток. $\times 100$.
По Шустеру. 1882

Но рядом с таким механическим перемещением железа наблюдается и химическое его изменение. Феррит чрезвычайно быстро окисляется и дает разнообразные гидраты окиси железа, преимущественно *лимонит*. В присутствии никеля получаются мало изученные гидраты окиси (?) никеля¹. Октиббегит и аваруит изменяются очень слабо и могут долго сохраняться в виде мелких блесток и пластинок, напоминая этим железистую платину (§ 76).

Но помимо выветривания, т.е. изменения на поверхности, есть и другой процесс изменения железа, связанный с генезисом его в базальтовых магмах и происходящий, по-видимому, при последних стадиях их застывания: это переход феррита и камасита в *феррисиликаты* (в гизингерит) и *магнитный колчедан*², очевидно, под влиянием горячих вод, богатых О и SiO_2 или H_2S^3 . Аналогично его превращение в базальтах в *магнетит*⁴. К сожалению, эти процессы совсем не изучены.

60. Значение космического железа в земной коре. Количество самородного железа на земной поверхности постоянно увеличивается благодаря падению на нее метеоритов и космической пыли, богатых тэнитом и камаситом. Иногда они даже сплошь состоят из этих соединений.

Постоянное падение на земную поверхность этих тел вызвало в начале XIX столетия своеобразные натурфилософские построения Груйтгуйзена и позже – космогонические гипотезы Баумгауэра, Рейхенбаха, Локайра, Норденшельда, Дарвина и других, допускавших происхождение Земли, как планеты, благодаря скоплению падающих в определенные точки пространства космической пыли и осколков⁵.

Эти гипотезы охватывают ряды веков. Они встречают многочисленные возражения и стоят вне области явлений, изучаемых в минералогии. С минералогической точки зрения, количество вещества, приносимого в земную кору метеоритами, ничтожно. В частности, по отношению к железу-никелю совершенно ясно, что количества его, попадающие на Землю этим путем,

¹ О них см. *Cohen*, 1894, стр 224–225.

² *Nikolau*, 1901, с. 248.

³ Этот переход очень интересен, так как состав пирротина неясен и в нем возможно видеть физическую смесь α - γ -Fe и α - β -FeS. Очень возможно, что Fe находится в пирротине в физической смеси (ср. ниже – пирротин).

⁴ *Hawes*, 1877, с. 35.

⁵ *Baumhauer*, 1872, с. 679 (первые мемуары в 1840-х годах); *Reichenbach*, 1858, с. 555 и сл.; *A. Nordenskiöld*, 1885, с. 132 и сл.; *Darwin*, 1888; *Lockyer*, 1890; *Moulton*, 1905, с. 165. Работы Груйтгуйзена (ум. в 1851 г.) рассеяны в многочисленных брошюрах, начиная с 1817 г.; одна из последних обработок см. *Gruithuisen*, 1845, с. 3 и сл. Эта теория получила в последнее время новое развитие в виде так называемой планетезимальной гипотезы. О ней ср. *T. Chamberlin*, 1904, с. 198 и сл.; *Upham*, 1905, с. 202 (литература).

невелики по сравнению с теми массами железа, которые добываются трудом человека.

Ежегодно на земной поверхности происходит несколько сот или тысяч падений метеоритов¹. Их вес невелик, и большая часть их распыляется. Принимая во внимание неизбежные пропажи метеоритов, падающих в некультурных и мало культурных странах, особенно раньше первой четверти XIX столетия, когда начали собирать метеориты, все же цифра ныне известных метеоритов дает некоторое понятие о количестве материи, этим путем попадающей в земную кору. Вес метеоритов, сохранявшихся в музеях до 1897 г. и попавших в каталог Вюльфинга, достигает 39,4 т, и они охватывают 533 падения; больше половины этих метеоритов (28 т) принадлежит метеоритному железу². Но в собраниях находится небольшая часть метеоритов. Огромные куски железа известны в разных местах земной коры и не перевезены в музеи; так, куски мексиканских метеоритов достигают 100,5 т³. Некоторые большие куски железа, например, Ранчито (50 т) или Кейп-Йорк (40 т), превышают все количество железа в собраниях⁴. Если мы даже прибавим их к числу, полученному Вюльфингом, то все же вес метеоритов, ныне известных и охраняемых в земной коре, не достигнет 200 т, — ничтожное число по сравнению с ее массой. Однако несомненно сохранилась лишь ничтожная часть метеоритов. Их вес едва ли отвечает весу даже годового падения метеоритов. Вес таких падений достигает, по разным исчислениям, от 225 до 20 000 т⁵, причем в этом последнем случае значительная часть вещества приходится на долю космической пыли. Количество самородного железа, попадающего на Землю в виде космической пыли, вероятно, ничтожно (§ 55). В общем, очевидно, это явление, даже в течение очень больших промежутков времени, не должно играть крупной роли в химических процессах земной коры⁶.

На то же самое указывают и астрономические явления. Если бы Земля заметно росла этим путем, то должны были бы наблюдаться нарушения в явлениях всемирного тяготения, которые, однако, не замечены. Впрочем, нельзя преувеличивать значение астрономических доказательств: очень возможно, что существует известное, установившееся равновесие между притоком вещества, падающего на Землю в виде метеоритов и космической пыли,

¹ Рейхенбах (*Reichenbach*, 1859 (1), с. 483) считает, что ежегодно падает несколько сот одних металлических метеоритов.

² См. *Wülfing*, 1897, с. 447 и сл.

³ Коген (*Cohen*, 1903, с. 189) считает эту цифру низкой.

⁴ Ср. список у *Cohen*, 1903, с. 187.

⁵ 225 т (4500 центнеров) дает для метеоритов Рейхенбах (*Reichenbach*, 1858, с. 555 и сл.); до 7500 т дают американские геологи (см. *T. Chamberlin a. R. Salisbury*, 1904, с. 364). Максимальную цифру см. *Arrhenius*, 1907, с. 88.

⁶ К совершенно другим выводам приходит Норденшельд. Он исчисляет количество пыли, ежегодно падающей на земную поверхность, около 10 000 000 т. (См. *A. Nordenskiöld*, 1885, с. 180–181). Лежащие в основе этих вычислений данные в высшей степени гадательны. Даже если признать количество «пыли», падающей на Землю в форме болидов и т.п., значительным, что весьма вероятно, то количество самородного железа-никеля, в ней находящееся, ничтожно. Ее состав, должно быть, другой, — очень вероятно в ней большое количество газов и соединений углерода. Кейс (*Keyes*, 1910 (1) и (2)) придает космическому железу большую роль в истории земной коры.

и уносом его в форме газов и тонкой пыли¹. В таком случае не будет астрономических изменений и при значительном нарастании Земли этим путем.

Как бы то ни было, мы пока не замечаем значительного увеличения самородного железа-никеля этим путем в земной коре².

61. Труд человека. В последние века в истории земной коры прибавился новый источник, выделяющий железо на земной поверхности из его соединений в гораздо больших количествах, чем сколько его приносят метеориты; это *труд человека*. Трудно учесть всю химическую работу, производимую здесь человеком (§ 27), но совершенно ясно, что количество железа, добываемое в настоящее время человеком, превышает количество самородного железа, которое выделено вековыми процессами земной коры. С каждым годом значение труда человека увеличивается, и земная поверхность резко меняет свои свойства. Накопление железа этим путем на земной поверхности началось медленно, несколько тысячелетий тому назад, и лишь в последнее столетие двинулось быстро, со все увеличивающимся темпом развития.

Начало ему было положено, по-видимому, находками самородного железа или неотличимого от него железа метеоритного³. Железо сразу бросалось в глаза полудикому человеку, изощрявшему свои органы чувств в жестокой борьбе с природой, старательно им собиралось и шло на изделия⁴.

Этот процесс можно было наблюдать у самых разнообразных народов. Можно доказать его существование и у тех народов, где такое железо в историческую эпоху уже не имело значения. Так, в Египте, где железо сделалось известно по крайней мере за 3000 лет до н.э. и где во II тысячелетии до н.э. оно было уже очень распространено⁵, в языке остались следы первоначального употребления готового природного железа. В Древнем Египте железо считалось небесным металлом, и одно из названий его, сохранившееся в

¹ Этот процесс, вероятно, и происходит. Как мы знаем, такие равновесия всюду установились на земной поверхности – состав воздуха, морской воды и т.д. неизменны (ср. также § 9, 32). С другой стороны, унос газов из атмосферы (см. ниже – водород, гелий), вероятно, постоянно происходит. Огромные высоты, которых достигает пыль во время некоторых извержений (например Кракатао), указывают на возможность того же явления для топких твердых частиц. Весьма вероятно, что земной шар окружен кольцами или снопами пыли, теряемой для земной коры этим путем, хотя и следующей суточному движению Земли (зодиакальный свет, северные сияния). Вполне возможно, что газы метеоров не попадают в конце концов в земную кору. Судя по новейшим наблюдениям (Трубриджа), высота свечения метеоров очень велика (в среднем 87 км), т.е. превышает высоту атмосферы, имеющей значение в химических реакциях Земли (§ 13). Отдельные наблюдения дают числа, значительно большие, до 400 км (см. *Arrhenius*, 1907, с. 96). Самое свечение их, вероятнее всего, объясняется флуоресценцией светящихся газов и твердой пыли в разреженной газовой среде (ср. *Trowbridge*, 1907, с. 95 и сл.). Существование вокруг Земли этих скоплений газов пыли разного происхождения делает допустимым и земное, в конце концов, происхождение значительной части метеоритов и космической пыли. Допускаемое некоторыми исследователями происхождение этой тонкой пыли и газов из Солнца скорее противоречит происхождению (Fe, Ni) этим путем, в таком случае должны преобладать H, K, He и т.д. (ср. *Arrhenius*, 1907, с. 117; ср. ниже – водород).

² По мнению Добрэ (*Daubrée*, 1870, с. 47), это явление, может быть, объясняется быстрым окислением метеоритов.

³ На это указывал уже в XVIII столетии д'Арсэ. См. об этом сообщении *Fournet*, 1861, с. 89–90. Возражения у *L. Beck*, 1890, с. 28 и сл.

⁴ Очень любопытные замечания у *Peary*, 1898, с. 602.

⁵ Уже Бекк допускал эти хронологические даты. *K. Beck*, 1890, с. 82 и сл.; *Blanchenhorn*, 1907, с. 366; *Olshansen*, 1907, с. 369. См. возражения Швейнфурта у *Belck*, 1908, с. 61.

коптском языке, обозначает «камень неба»¹. Кажется, будто в языке остались следы первоначального употребления метеоритного железа в доисторическую эпоху египетской истории.

В других местах употребление природного – земного и космического – железа достигло исторических времен; в отдаленных уголках земной коры оно дотянулось до XIX столетия. Так, жившие за несколько столетий до прихода Колумба таинственные строители североамериканских курганов употребляли изделия из октиббегита и метеоритного железа, найденные в их могилах². Следы его употребления сохранились в Парагвае до прихода испанцев³. При открытии Америки А. Веспуччи встретил у туземцев Бразилии грубые орудия из природного железа⁴.

В XVIII столетии им пользовались негры в Сенегале в Африке⁵, туземцы Меднорудной реки Северной Америки⁶ и т.д. Раскопки древних гренландских могил указали на вековое употребление его эскимосами, и это употребление удержалось до XIX столетия. Еще в 1819 г. Дж. Росс встретил у эскимосов Северной Гренландии поделки из самородного или метеоритного железа⁷. Точно так же еще в XIX столетии северные якуты Алазейских гор пользовались природным железом⁸.

По мнению Риджуэя, в Индии, всюду, где находятся центры туземной выплавки железа, они лежат в областях, где выходы каменноугольных слоев и железняка (ironstone) прерываются базальтами, т.е. где, по мнению Риджуэя, есть возможность образования самородного железа⁹.

62. Но это природное железо нигде не могло иметь большого значения, являться предметом систематической добычи. Для этого его было слишком мало¹⁰. Железо приобрело значение лишь после открытия его добычи из руд, из таких кислородных соединений, которые легко восстанавливаются до металлического железа.

¹ Об этом см. *Brugsch-Bey*, 1877, с. 22; *Н. Винер*, 1880, с. 298 и сл. Возражения против толкования Бругшем коптского названия железа см. у Лепсиуса (*Lepsius*, 1872, с. 108). Бекк считает эту этимологию вообще не связанной с метеоритным железом (*L. Beck*, 1890, с. 96).

² Литература вопроса и примеры у *Webb Hodge*, 1907, с. 614.

³ Здесь была распространена железная монета, по указанию д'Акосты. См. *R. Andrée*, 1884, с. 128.

⁴ *Fournet*, 1861, с. 90. Ср. *L. Beck*, 1890, с. 345.

⁵ *Cohen*, 1905, с. 30, – по указанию Компаньона (1716).

⁶ См. *R. Andrée*, 1884, с. 132. Ср. *Webb Hodge*, 1907.

⁷ См. *Daubrée*, 1888, с. 189; *J. Ross*, 1820, с. 52. Изделия, найденные Россом и позднее Пири, частью были сделаны из метеоритного железа на мысе Иорк, в Северной Гренландии, как доказал Пири для северных эскимосов. См. *Reary*, 1898, с. 553 и сл. О древних изделиях из этого железа – там же, с. 613 и сл.

⁸ *Врангель*, 1841, с. 216 (ср. § 63). Об употреблении «самородного чугуна» якутами указывали и Эрману, но принесенные ему образчики оказались лимонитом с включениями пирита (*Erman*, 1838, с. 139).

⁹ См. *Crooke*, 1911, с. 720. См. прения в *Общ. ист. наук* (*L. Beck, Diergardt, Blankenhorn* и др., 1907, с. 362 и сл.).

¹⁰ Есть указание на добычу самородного железа около р. Сент-Джонс в Либерии (см. *Wedding*, 1891–1896, с. 349), но эта добыча длилась короткое время. Об этом железе см. *A. Hayes*, 1856, с. 153. К сожалению, это месторождение никем не изучено. Образцы, бывшие в руках Гайеса, отличались по свойствам от искусственного железа и содержали внутри мелкие кристаллы кварца, магнетита и какого-то силиката Са и Na. Характерно для них полное отсутствие углерода.

Это открытие совершилось за немного тысячелетий до нашего времени¹. Оно медленно распространялось и охватывало все население земного шара. Процесс закончился лишь в самом конце XVIII столетия, почти дотянулся до начала XIX. Начало его скрыто в глуби веков. Несомненно, что в Египте железо было уже в употреблении раньше III тысячелетия до н.э. Во всей Африке добыча железа несет ясные следы извечной культуры², и, может быть, африканские расы познакомились с железом раньше всех других металлов, кроме золота. Вероятно, мы имеем несколько пунктов самостоятельного открытия добычи железа – так, это можно допустить для туземцев Индии³, Индонезии, Малой Азии (финикиян и филистимлян), может быть Аравии. Данные языка указывают, что кое-где в Южном Китае и в Индокитае железо стало известным независимо от Северного Китая⁴.

Однако вначале его распространение шло медленно. По-видимому, в первом тысячелетии до н.э. оно окончательно достигло всех культурных племен Европы и Азии; гораздо раньше распространилось в Африке. В Америке мы имеем ясные указания на то, что оно было известно до прихода Колумба⁵, но, странным образом, его распространение там было очень ограниченное и оно не могло вытеснить меди, бронзы и камня из текущего обихода. К началу и к середине первого тысячелетия до н.э. техника железа и стали достигла наиболее высокого развития в Передней Индии и в Древней Персии; железо являлось предметом вывоза отсюда⁶. Однако в течение веков оно не могло проникнуть отсюда очень далеко на юго-восток – оно не шло дальше Новой Гвинеи⁷. До XVI и XVII столетий н.э. значительная часть континента Нового Света оставалась вне влияния железа, которое получило там право гражданства лишь после открытия его европейцами⁸. В Австралии и Полинезии железо не было обнаружено до конца XVIII столетия⁹.

¹ См. *Belck*, 1907, отр. 334; 1908, с. 45, 241 и сл. Бельк пытался доказать открытие добычи стали филистимлянами и финикиянами за 1500 лет до н.э. См. возражения Бекка, Бланкенгорна, Люшана и др. (*L. Beck* и др., 1907, с. 362).

² *L. Beck*, 1890, с. 335. Ср. *Ankermann, Olshausen* и др., 1904, с. 75, 85 и др. О железе в Древнем Египте см. *Flinders Petrie*, 1915. По его мнению, железная эпоха началась в Египте за 1200 лет до н.э. Поэтому маловероятно, чтобы источником железа была Эфиопия; железо исходило из европейских или евфратских источников. В Южной Африке, в области басенгов (местность Сенга), среди железных руд, добываемых туземцами, встречаются, говорят, жилы «чистого металла». См. *Livignstone*, 1859, с. 651.

³ Железо не упоминается в ведах. Оно упоминается в «Atharwan», т.е. не позже 1000 лет до н.э. Оно появляется довольно поздно в Южной Индии, в период долменов. Таким образом, оно или является независимым изобретением дравидских племен, или проникло в Индию из вавилонских центров благодаря дравидской торговле по Персидскому заливу. См. *Crooke*, 1911, с. 720. О значении стали и железа в Древней Индии см. *Hadfield*, 1912, с. 360.

⁴ См. *Bonifacy*, 1907, с. 512.

⁵ Едва ли можно в этом сомневаться после критической обработки известий об отсутствии железа в доколумбовой Америке, сделанной Гостманом; см. *Hostmann* у *L. Beck*, 1890, с. 343 и сл. Для культурных государств (Мексика, Перу, Юкатан и т.д.) знание железа является несомненным. Для индейцев на север от Мексики новейшие американские этнологи считают добычу железа неизвестной. Они считают, что многочисленные находки железа относятся к метеоритному или природному земному железу. Тут много гипотетичного. См. сводку у *Webb Hodge*, 1907, с. 614, 847.

⁶ *L. Beck*, 1890, с. 226 и сл., 256.

⁷ *Macmillann Brown*, 1907, с. 46.

⁸ Ср. *Hostmann*, 1890. Риджуэй (*Bidgeway*, 1908, с. 644) признает Среднюю Европу местом, где впервые было выделено железо.

⁹ *Macmillann Brown*, 1907, с. 44 и сл. Ср., впрочем, *Gräbner*, 1904, с. 52.

Великие путешествия конца XVIII столетия и арктические открытия начала XIX завершили цикл ознакомления с железом всего человечества. Однако долгое время общая добыча железа была все еще незначительна, ибо количество населения земного шара не было, относительно, очень велико, и ступень культуры, на которой оно стояло, не была связана с широким распространением железа. Поворот начал совершаться в конце XVIII столетия, в связи с развитием капитализма и мирового хозяйства. Мировая добыча чугуна и стали (§ 29) увеличилась в первые 50 лет XIX столетия в 5 раз, во вторую половину века – в 10 раз, и с тех пор темп развития добычи железа неуклонно и энергически растет. К сожалению, мы не имеем точных цифр даже для всего XIX столетия; несомненно, за это время добыто не менее биллиона тонн чугуна. За все же тысячелетия до XIX века количество железа, добытого человеком, превышает эту цифру в несколько раз. Перед ней меркнет то количество свободного железа и железа-никеля, которое выделено в земной коре природными процессами.

Количество произведенной человеком работы, однако, не исчисляется только процессом восстановления железа из руд. Она тратится на *сохранение* необычного и не отвечающего условиям земной коры тела в неизменном состоянии. Огромная масса полученного железа окисляется и поглощает воду, переходя затем в новые соединения. Так, почти ничего не осталось от железа, добытого в Древнем Египте или среди культурного населения Центральной Америки. От древнего классического мира до нас дошли ничтожные остатки железа – все остальное окислилось. Такие изделия, как колонна Кутуб около Дели в Индии (относящаяся к первым векам н.э.), являются немногими исключениями¹. Даже в ближайшее к нам время – от первой половины XIX века – сохранилась ничтожная часть добытого железа. И в настоящее время огромное количество железа истирается и находится в виде тонкой пыли в воздухе, медленно затем окисляясь. Труд человека постоянно идет на сохранение и поддержание добываемого железа. Химическая работа, производимая этим путем человечеством, огромна.

63. Самородное железо в России. В России самородное железо констатировано до сих пор в немногих местах; оно разного происхождения.

В *Европейской России*, в *Архангельской губ.*: «Поморцы рассказывали мне, что около дер. Масельги, на пути из посада Сумы в город Повенец, находят куски «чистого железа» фунтов по 30; из него делают «ухвад», который продают на месте по 8 руб. асс. за пуд». Эти наблюдения осторожного и точного наблюдателя Рейнеке, относящиеся к 1833 г., заслуживают внимания и проверки².

В *Волинской губ., Ровенском у.*, около дер. Берестовец и Злазни³, – в анмезитах, выделившихся до отложения верхнемеловых слоев.

В *Вологодской губ.* найден кусок самородного железа, покрытого коркой лимонита с друзами сидерита, в торфянике около церкви Николая Восимского, в 20 км от Вологды⁴.

¹ Schultre, 1910, с. 351; Neogi, 1914.

² Рейнеке, 1850, с. 501.

³ Ср. § 50; также Лагорио, 1887, с. 485.

⁴ См. Циккендрат, 1892, с. 445. Железо не содержит Ni. См. еще Кунффер, 1908, с. 318 (анализ).

В *Области Войска Донского* – изредка в антрацитах Грушевки¹; произошло из пирротина.

В *Царстве Польском*, в *Келецкой губ.*, указывается железо около Медзяной горы².

На *Урале* главная масса его встречается в россыпях³. На Среднем и Южном Урале оно попадает довольно часто в россыпях, как платиновых, так и золотоносных.

В *Алапаевском окр.*, вблизи дер. Лебедкиной, железо встречено А.П. Карпинским по р. Бобровке, притоку р. Реж.

В *Пермской губ.*, – в *Верхотурском у.*, в *Богословском окр.*, на р. Медной, притоке Лобвы⁴; в Коптяковском руднике на Лобве – в шлихе от истолчения асбестовых прожилок⁵. В *Нижне-Тагильских* платиновых россыпях⁶. В *Гороблагодатском окр.*⁷, например, с платиной около Нижне-Туринска⁸. В системе р. Выи (бассейн Салды), в логу Большой Гусевки, около платинового прииска «Полтава», «сиениитогнейсс» содержит самородное железо⁹. В *Чердынском у.* – камасит¹⁰. В *Екатеринбургском у.*, около Березовска, в Приканавной россыпи, попадают кусочки железа очень неправильной формы, не заключающие Ni, но содержащие до 0,1% Pt¹¹. В Шабровской золотой россыпи¹² и др. Точно так же в мелких чешуйках и угловатых зернах оно наблюдалось в *Верхне-Тагильских*¹³ россыпях. В *Сысертском окр.*, в Полевской даче, – в платиновых россыпях и по р. Омутной¹⁴. В Иремшанском (?)

¹ Сидоренко, 1903, с. 78.

² Д. Соколов, 1832, с. 816: «уверяют, что находили его». Не дали ли повод такому мнению неясные указания Карози? См. Carosi, 1781, с. 21. Очень вероятно, что это был метеорит. См. еще Staszic, 1805, с. 32–33.

³ Обыкновенно это железо россыпей считают не чем иным, как осколками орудий и т.п., употребляемых при добыче Au или Pt из россыпи. Благодаря этому все указания на нахождение природного железа теряются и не отмечаются. Научный скептицизм приводит здесь к ненаучным выводам. Ср. об этом § 58. Противоположное мнение – Bornemann, 1853, с. 154. Ввиду этого будет осторожнее привести все имеющиеся в литературе данные о распространении россыпного железа. Часть этого железа несомненно окажется природным продуктом, но какая – неизвестно.

⁴ Георги, 1798 (3), 483 – по указанию Палласа.

⁵ Щеглов, 1827, с. 513. По мнению Щеглова, попало из орудий разработки.

⁶ «Verhandl. Russ. Miner. Ges.», SPh., 1842, с. 74 – по указанию Ф. Накерина.

⁷ Озанн (Osann, 1827, с. 313 и сл.) нашел в сырой гороблагодатской платине 15% самородного железа с уд. весом 6,407 (Козицкий, 1844, с. 167.)

⁸ Энгельгардт, 1828, с. 43. Содержит зерна Pt.

⁹ См. Зайцев, 1898 (1), с. 51.

¹⁰ Г. Иванов, 1859, с. 115: заключает 9,6% Ni. Доставлен под именем серебряной руды. Метеорит? Любопытно, что в старой коллекции Киевского политехнического института находилось «самородное серебро» из Сибири, оказавшееся никелистым железом (по указанию Л.Л. Иванова).

¹¹ Daubrée et Meunier, 1891, с. 172. Ср. § 41. Нестеровский, 1892, с. 27; Совинский, 1892, стр. 33 (приписывает им искусственное происхождение).

¹² G. Rose, 1837, с. 161. По его мнению, происходит от орудий.

¹³ Эйхвальд, 1847, с. 183–184. По указанию Эйхвальда, это железо на заседаниях Минералогического общества не было признано осколками орудий. Ср. Нефедьев, 1871, с. 32 (получено при толчении кварца – «ложный аэролит»).

¹⁴ Коллекция Академии наук. Доставлен В.И. Крыжановским. По пробе К.А. Ненадкевича, Ni не содержит.

или Черемшанском прииске¹. В Шадринском руднике – «ложное самородное железо с кварцем»² и т.д.

В *Оренбургской губ.*, в *Троицком у.*, по р. Санарке, содержит до 2% Ni³.

В *Уральской обл.*, в *Темирском у.*, около Уильска, на берегу Сангыз-Сой; блестящие в конкрециях лимонита⁴.

В *Сибири*, в *Томской губ.*, на *Алтае*, в *Кузнецком у.*; в *Мрасской* системе золотых россыпей оно наблюдалось в значительном количестве в Петропавловской россыпи, и здесь в 1841 г. был найден кусок его до 8 кг весом, представляющий по анализу *камасит*⁵. По мнению Г. Щуровского⁶, все это железо метеоритное, но доказательством этого является только нахождение в нем Ni. По его мнению, такое железо находится не в одной этой россыпи, «а в целой окрестной стране». Его принимают за частицы, происходящие от поломки железных орудий, и не обращают на него внимания. В *Мариинском у.*, в бассейне р. Кии⁷.

В *Енисейской губ.*, в *Енисейском у.*, в Успенском прииске (по р. Безымянке, притоку р. Удерея), попадаются нередко кусочки самородного железа, «имеющие вид обломков, отпавших от большой ноздреватой массы»⁸. В системе р. Мурожной⁹. В золотоносных россыпях в долине р. Аяхты (приток Большого Пита)¹⁰. В *Минусинском у.*, по р. Тарбагатаю (приток р. Ирды), в россыпях (с октаэдрами магнетита), – может быть, остатки от орудий добычи¹¹.

В *Иркутской губ.*, *Иркутском у.*, в береговых песках р. Оноты (приток р. Белой) – пластинки никелистого железа (октяббегита) с Pt и Au¹².

В *Якутской обл.*, в шлихе Свято-Иннокентьевского прииска, по ключу Таренак (левый приток р. Атыркан-Бирекан), указаны «различные железные куски (обломки кайл, гвоздей и пр.)»¹³.

¹² *Эйхвальд*, 1845, с. 49. Не то же ли самое «Черемшанский пр.» – «ложное самородное железо, полученное при толчении кварца». Черемшанский прииск, указанный Эйхвальдом, может быть Черемшанский прииск, близкий к Выйскому заводу. По П. Гладкому (1892 (2), с. 130), в его песках очень много «железистого шлака». Ср. Нефедьев, 1871. «Черемшанок» много в Пермской губ. (см. «Список населенных мест Пермской губ.», СПб., 1875). «Иремшанского пр.» или «Иремшана» нет ни в «Списках населенных мест Пермской, Уфимской или Оренбургской губ.» (изд. Статист. комитета), ни в «Словаре Пермской губ.» Чупина. Вероятнее всего, мы имеем здесь известие о Черемшанском прииске в области Верхне-Тагильских заводов Екатеринбургского у.

¹³ *Нефедьев*, 1871. Вероятно, это Шадровский железный рудник Красноуфимского у. Шадринский рудник на Урале мне не известен. О Шадровском руднике см. *Штуkenберг*, 1890, с. 33.

¹⁴ *Гревинг и Шмидт*, 1884, с. 29.

¹⁵ *Еремеев*, 1893, с. 445.

¹⁶ См. анализ Г. Иванова (1841, с. 143) 6,97% Ni. Соколовский (1841, с. 497) нашел всего 2,07% Ni и считает его метеоритом. В этой россыпи не раз попадались кусочки железа и лимонита. Никаких данных считать их метеоритами нет.

⁶ *Щуровский*, 1846, с. 161–162. Ср. *Erman*, 1841, с. 314 и сл.

⁷ Коллекция Института сельского хозяйства в Москве (1898); в районе скоплений лимонита (по сообщ. Я.В. Самойлова). По пробе Н.И. Сургунова, Ni не содержит.

⁸ *Гофман*, 1844 (2), с. 396.

⁹ Коллекция СПб. университета.

¹⁰ *Латкин*, 1867, с. 504.

¹¹ Коллекция Академии наук. Доставлено А.П. Карпинским.

¹² *Ячевский*, 1907. Анализ у него же, 1909, с. 70.

¹³ *А. Герасимов*, 1907 (2), с. 106.

Железо обычно в шлихе Благовещенского прииска (р. Накатами-Бодай-бо). Происходит, по мнению В.А. Обручева, из орудий работы (кайл и т.д.)¹.

О железе в Нахтуйских золотоносных россыпях Гинзбурга – см. Траутшольд, 1876, с. 636.

Неясно, не наблюдается ли самородное железо в Алазейском хребте, *Колымский окр.*²

О предполагаемом самородном железе в *Урянхайском крае*, из хр. Танну-Ола, на р. Ургайлык-Чинге, – см. Баклунд и Хлопин, 1915, с. 891 (анализ).

64. Диагностика самородного железа. Неплавко перед паяльной трубкой (тэнит плавится в тонких осколках и темнеет). Твердость 4–5. Уд. вес 7–8 (октиббегит 8–8,1). Спайность совершенная по {100}. Светлосерый металлический блеск. Ковко. Разбавленная HCl и H₂SO₄ растворяют с выделением H; богатое Ni железо разлагается труднее. Стекла на Ni и Fe. Для отличия аваруита, камасита и тэнита необходимо количественное определение Ni. Магнитно.

Микроскопическое железо открывают, обрабатывая порошок породы, хорошо промытый водой, подкисленной H₂SO₄, – раствором CuSO₄, подкисленным H₂SO₄; выпадает медь, которую можно видеть под микроскопом в отраженном свете. Октиббегит и аваруит этой реакции сразу не дают. Раствор борновольфрамвокислого кадмия (жидкость Клейна) в присутствии такого порошка принимает темный фиолетовый цвет.

Природные платина – иридий – палладий – железо

Платина. Альфа-ферроплатина. Бета-ферроплатина. Поликсен. Альфа-поликсен. Бета-поликсен. Иридий. Иридная платина. Палладистая платина.

Альфа-палладистая платина. Бета-палладистая платина. Палладий

65. Химический состав. Самородное состояние – наиболее характерная и главная форма, в какой встречаются в природе элементы платинового ряда: Pt, Pd, Rh, Ru, Os, Ir. К ним должно быть прибавлено Fe, которое в самородном состоянии встречается в двух видах – с никелем и с платиной³.

Несмотря, однако, на такое исключительное значение в химии этих элементов и несмотря на огромную техническую важность их для человека, минералы, сюда относящиеся, известны чрезвычайно недостаточно. На каждом шагу мы наталкиваемся на огромные пробелы в нашем знании.

Глубокий научный и практический интерес, связанный с этими металлами, не дал все-таки возможности в течение 150 лет выяснить, даже с внешней стороны, свойства природной платины, этого, по выражению одного ста-

¹ В. Обручев, 1910, с. 159.

² Ф. Врангель говорит про Алазейский хребет: «С восточного, довольно отлогого (ската) сливаются протоки Алазеев. В последних находится много железа хорошего качества. Якуты выделывают из него ножи, топоры и другие изделия» (*Врангель*, 1841, с. 216). Это железо было принято Партчем за метеоритное (*Partsch*, 1843, с. 144). По этому поводу любопытны указания Врангеля, приводимые Эйхвальдом: «Г. Врангель меня лично уверил, что это железо, которого он сам никогда не видел и которое якуты употребляют весьма часто на все свои инструменты, не может быть метеорического происхождения, но, вероятно, составляет железную руду, находящуюся на Алазейском хребте близ р. Индигирки» (*Эйхвальд*, 1844, с. 107). Ср. *Эйхвальд*, 1845, с. 50. Кажется, после Врангеля в этих местах никто не был. Ср. § 61.

³ О генетической связи ряда Fe, Pt, Ru, Rb и др. см. *Tilden*, 1910, с. 133.

ринного русского натуралиста, «совершеннейшего чада тяжести и тьмы»¹. Химия природной платины для нас во многом загадочна.

Обыкновенно соединяют вместе Pt, Pd, Ir, Rh, Ru и Os. Легко, однако, убедиться, что свойства двух последних элементов резко отличны от Pt и Pd. Их соединение в одну группу основано на недоразумении. В природе они никогда не встречаются в одних и тех же минералах, но минералы, их заключающие, нередко находятся вместе, может быть, иногда дают тонкие закономерные смеси (§ 70). Рутений до сих пор не встречен в минералах, богатых платиной², а осмий находится там в ничтожном количестве; как раз обратное явление наблюдается по отношению к железу и палладию; эти элементы встречаются в заметных количествах почти исключительно в платиновых минералах. Промежуточное положение занимают иридий и отчасти родий. Они входят в значительном количестве как в тела, богатые платиной, так и в тела, богатые осмием³.

Такое резкое разделение в земной коре этих близких во многом элементов не отвечает нашим опытным данным. По-видимому, Pt–Ir–Pd–Rh дают друг с другом твердые растворы и смешиваются в сплавах во всех пропорциях⁴. Очевидно, характер природных металлов этой группы не может быть случайностью, хотя объяснить его мы не можем⁵. Это явление тем более любопытно, что оно находится в полном параллелизме с характером атомного веса этих элементов⁶.

¹ Едва ли можно выразить ярче отличие современных научных интересов в этой области от тех, какие царили в ней 70 лет назад, как указанием на ту мысль, какую выражают следующие красивые слова выдающегося старинного русского натуралиста и врача: «Объемлемому вполне все произведения нашей Планеты не трудно представить постепенные переходы от платины, – совершеннейшего чада тяжести и тьмы – до человека, совершеннейшего организма, сияющего божественным светом» (Горяинов, 1835, с. 9).

² Об отсутствии рутения уже упоминал Клаус. Ср. H. Sainte Claire Deville et H. Debray, 1860, с. 526.

³ Если проводить эту мысль до конца, то можно было бы думать, что мы в состоянии встретить здесь для природной платины три параллельных ряда: 1) Pt, 2) (Pt, Fe) и 3) (Pt, Pd). В этих рядах можно затем ожидать нахождения разностей, содержащих и не содержащих Ir и Rh, т.е. (Pt), (Pt, Ir), (Pt, Ir, Rh), (Pt, Rh), (Pt, Fe), (Pt, Fe, Ir), (Pt, Fe Rh), (Pt, Fe, Ir, Rh) и т.д. Таким образом, можно ждать 12 разностей платиновых минералов одной и той же твердой фазы. Факты как будто этому соответствуют.

⁴ Опытов очень мало. См. Gürtler 1906, с. 427. Нельзя не отметить, что кривые, даваемые Гюртлером для иридия, как будто противоречат этому утверждению – для иридия есть две разные кривые.

⁵ Не зависит ли это явление от присутствия осмия? Сплавы осмия, сколько знаю, не изучены, а между тем иридий дает с платиной иридистую платину (§ 69).

⁶ Атомные веса [в квадратных скобках – атомные веса по таблице 1954 г.] идут следующими сериями: 1) Ru – 101,7 [101,1], Rh – 103,0 [102,91] и Pd – 106,5 [106,7], соответственно 2) Os – 191 [190,2], Ir – 193,0 [192,2] и Pt – 194,8 [195,23]. Минимальные по весу элементы каждой серии встречаются в природе вместе в одном минерале и не встречаются с максимальными по весу, и наоборот. Промежуточные же по весу в обеих сериях тела – Rh и Ir – встречаются как с Ru–Os, так и с Pt–Pd. Эта правильность, может быть, находится в связи с генезисом этих элементов. Если допустить и дальнейшие аналогии этих элементов с рядом Fe, Mn, Co и Ni, как делают Бильц (Biltz, 1902, с. 563 и сл.) и другие, (например Kemp, 1902 (1)), то эта правильность исчезает. Бильц допускает периоды: 1) Fe и Mn, Os, Ru, 2) Co, Rh, Ir и 3) Ni, Pd, Pt, между тем как Fe находится в природе в соединении с Pt, а Ni, Mn и Co совсем не известны в минералах этого класса. Может быть, впрочем, это зависит от недостаточного химического исследования платиновых минералов. С другой стороны, химический характер осмия и рутения по существу резко отличается от других минералов платинового ряда, и вполне возможно, что мы имеем для осмислых минералов осмиды и рутениды иридия, а не изоморфную смесь (Os, Ru, Ir).

66. Точному познанию химического состава относящихся сюда минералов препятствует трудность химического анализа, которая не позволяет сравнивать числа более ранних наблюдателей с современными. Но и точность современного анализа очень невелика. К тому же и обычные методы очищения и отделения вещества для анализа (тяжелые жидкости или оптические приемы) неприменимы для этих тяжелых и непрозрачных тел. Вследствие этого никогда нельзя быть вполне уверенным в чистоте материала, взятого для анализа¹.

Обычно берется для анализа руда этих веществ, т.е. порошки, взятые из россыпей (иногда различных); в этих порошках одновременно находятся зерна различных минералов, которые неотделимы при современных приемах исследования. А между тем микроскопическая структура отдельных зерен, природных сплавов очень сложна (ср. § 71). Нет ничего удивительного, что анализы дают крайне неполное представление об их химическом составе.

Благодаря такому характеру анализов мы находимся в настоящее время в недоумении о составе обычной платиновой руды, так называемой *самородной платины*, и не можем сказать, сколько различных минералов мы понимаем под этим названием.

По-видимому, в «самородной платине» находится их много. Один из самых точных работников над платиной, проф. И. Мухин (1842, с. 133) пытался для уральской платины выделить восемь различных «зерен», отделяя их по богатству или бедности иридием и железом, по магнитности и по цвету. Но эти наблюдения не охватывают всех случаев, и в бразильской платине мы несомненно имеем новые типы, например, типы, богатые палладием², или чистую свободную платину³. Очень возможно, что придется выделить и медистые разности.

К сожалению, в настоящее время нет никакой возможности получить в этом отношении сколько-нибудь ясное и определенное представление, как это ни было бы важно и интересно с точки зрения генезиса самородной платины.

Недостаток анализов и малая однородность вещества, взятого для анализов, должны быть приняты во внимание при попытке выделить относящиеся к этой группе минералы. Мы можем сделать это с большими оговорками и сомнениями.

Пока приходится обращать внимание на содержание в самородной платине трех элементов – Fe, Ir и Pd, хотя нет ничего невероятного, что дальнейшие исследования заставят обращать больше внимания на *родий* и *медь*, чем мы это делаем в настоящее время.

67. По отношению к *железу* мы имеем совершенно различные разности платины: 1) не содержащую железа – бразильскую, частью почти химически чистую платину⁴, частью содержащую палладий⁵, и 2) железистую платину.

Эта последняя платина должна быть разделена на два резко различных типа – более бедный и более богатый железом⁶. Если взять все анализы

¹ Ср. ниже указания И. Мухина (1842, с. 104), вероятно наиболее точного исследователя химического состава природной платины.

² Hussak, 1904, с. 459; 1906 (1), с. 289.

³ Wollaston, 1809, с. 190.

⁴ Wollaston, 1809.

⁵ См. Hussak, 1904, с. 459; 1906 (1), с. 289 и сл.

⁶ Опыты искусственных сплавов указывают, что Pt и Fe при высоких температурах смешиваются во всех пропорциях. При более низких – различаются два разных сплава с 0–50% Pt и 60–100% Pt, дающие кристаллы разных свойств. См. Issak u. Tammann, 1907, с. 64 и сл.

железистой платины¹, то среди них можно выделить три типа: I) платина всех местностей, кроме Урала, бедная железом, II) светлая, бедная железом, главным образом уральская платина, III) богатая железом уральская платина².

Ниже приведены анализы платины этих трех типов с указанием числа анализов.

	Количество анализов	Pt	Fe	Pd	Rh	Ir	
I	22	79,8–89,7	4,9–10,3	0,1–2,5	0,7–3,7	0–4,6	
II	11	77,7–84,7	11,0–12,2	0,3–1,5 ³	0,3–4,6	0,6–5,4	
III	8	73,0–76,4	15,9–19,7	0,2–0,3	1,3–3,8	Сл.–1,4 ⁴	
		Cu	Mn	Pb	Os	Hg	Ni
		Сл.–3,8 ⁵	0–0,3	0–0,6	0–1,3	0–0,8	0–0,8 ⁶
		0,4–4,2	–	–	–	–	–
		0,3–3,8	–	–	–	–	–

Обращаясь, однако, к этим числам, можно убедиться, что II группа, по всей вероятности, является *смесью* I и III групп и что в ней мы имеем смесь обычной, более бедной железом платины (поликсена) с ферроплатиной, богатой железом. Это несомненно для уральской платиновой руды. Некоторые анализы американской платины указывают на такой же ее характер⁷. Для

¹ Я пользовался сводкой Гинтце (*C. Hintze*, I, 1898, с. 147–148) и Кемпа (*Kemp*, 1902 (1), с. 18 и сл.). Анализы Гинтце за № 11, 20, 23, 43–45 были оставлены в стороне, частью как явно неточные, частью как сделанные над неочищенным веществом. Таким образом, имелось всего 42 анализа сырой платины. Приходилось пользоваться и старыми анализами, сделанными до работ Сент-Клер Девиля и Клауса. Числа перечислены на 100 за вычетом (Os, Ir) и примесей. Ср. еще анализ уральской платины Флоренса у *Hussak*, 1906 (1), с. 286.

² См. предварительные анализы уральской платины из разных местностей (Ru, Rh, Ir, Pd, Cu определены валовым образом) у *Duparc u. Holtz*, 1910, с. 498 и сл.; *Duparc*, 1911, с. 48 и сл. Ими даны анализы платины: нижнетагильской (Висим, Сисим, Чауш, Крутой лог, Архиповский, Соловьевский, Белогорский), близка к ферроплатине, но железа меньше 16% (по Ису – 3 анализа – поликсен), Косьвинского камня (Тылай и Кытлым – ферроплатина?), Тылай-Каньяковского хребта (по р. Иову – ферроплатина), Гусевой (поликсен), Баранчи (по р. Шумихе – поликсен).

Дюпарк и Гольц указывают на колебание состава платины из разных мест и из одного и того же месторождения. Самородная платина из пироксенитов богата платиной (около 89%) и палладием (около 1%) – поликсен. См. также *Koifman*, 1915, с. 22. Несомненно, богатая железом платина (III) имеется и в других странах, но нет ее полного анализа. Так, Pt из Нового Южного Валлиса после перечисления анализа ее, сделанного Мингэй, если отбросить невянскит и кремнеземистый остаток, дает больше 11% Fe (*Card*, 1895, с. 131; *Jaquet*, 1896, с. 35; *Kemp*, 1902 (1), с. 19–20). Бразильская платина из Рио-Абаэтэ дает не меньше Fe (в ней 9,62% Fe при 7,57% нерастворимого осадка). На то же указывает ее удельный вес – 17,5. К сожалению, вещество для анализа не очищено (см. *Hussak*, 1906 (1), с. 287). Образчики платины из бассейна Рио-Ла-Платы в Бразилии в старинной коллекции Московского университета (см. «Указатель коллекций Моск. унив.», М., 1826, с. 72) неотличимы от богатой железом нижнетагильской платины; они магнитны.

³ В одном случае 3,1% Pd – см. *P. Collier*, 1881, с. 124.

⁴ Анализ № 41 – 5,1% иридия (*Мухин*, 1842).

⁵ Есть Pt, гораздо более богатая медью, – до 5,4%.

⁶ Нахождение Ni, к сожалению, не может считаться доказанным. Его нашел Террейль в нижнетагильской платине (0,75%), но образец был очень нечист и заключал 3,33% осмистого иридия, 3,13% хромистого железняка. Эта платина чрезвычайно богата Cu – 3,14%. См. *Terreul*, 1876, с. 482–483.

⁷ Ср. *P. Collier*, 1811. Нахождение зерен магнитной Pt среди немагнитной бразильской см. *Osann*, 1826, с. 505. Ср. *Hussak*, 1904, с. 467.

Урала обычная «светлая» платина состоит в главной своей части из типа I, а «темная» платина из типа III, но между ними есть переходы.

Таким образом, для железистой платины мы имеем два типа: 1) немагнитная платина с 80–88% Pt и 6–10% Fe – *поликсен*, и 2) *часто* (но не всегда) магнитная платина – *ферроплатина* с 73–78% Pt и 16–20% Fe¹.

Анализы уральской платины²

	Нижний Тагил	(среднее)	Река Ис (среднее)	Река Омутная (среднее)
Os–Ir	1,11–1,40	1,44	4,47	10,88
Pt	77,81–79,30	77,55	85,10	77,61
Ir	1,86–2,90	2,56	1,38	6,39
Rh	0,42–0,57	0,52	0,30	0,43
Pd	0,18–0,26	0,26	0,30	0,32
Cu	2,76–3,34	3,25	0,63	1,95
Fe	13,46–13,84	14,46	7,86	2,60
		100,04	100,04	100,18
				(почти иридитная платина)

Валовой анализ сырой платины из дунитового массива³

Pt	Ir	Rh	Pd	Cu	Fe	Ni
73,1–91	0,3–5,4	0,2–3,8	0,1–1,4	0,2–5,4	7,5–20,1	Сл.–1,2
			(6,1)			
Au	Os	Ag	Mn	Осм. плат.		
Сл.–0,4	Сл.–0,06	Сл.–0,1	Сл.	0,2–11 (14?) %		

Анализы поликсена

	α -поликсен ⁴			β -поликсен	Медистый α -поликсен
	1	2	3	4	5
Pt	86,3–90,0	86,32	86,3	90,6–91,1	84,0
Ir	1,1–1,8	0,42	1,5	0,4–0,5	2,3
Rh	0,2–0,8	1,04	4,0	0,1–0,3	0,2
Pd	0,2–1,3	0,30	1,6	0,5–0,7	0,1
Cu	0,4–1,43	0,80	0,2	0,3–0,5	3,9
Fe	6,0–10,3	7,55	5,9	7,2–7,4	9,3
Ni	0,04–0,1	0,04	–	0,1	0,1

¹ Впервые это различие установлено Соболевским и Любарским. См. *Соболевский*, 1827 (2), с. 96.

² *Koifman*, 1915, с. 34.

³ *Высоцкий*, 1913, с. 296.

⁴ Анализ α -поликсена с Мадагаскара см. *Lacroix*, 1922, с. 159.

	α -поликсен		β -поликсен	Медистый α -поликсен
Au	—	1,12	0,4	—
OsIr	—	1,46	Следы	—
Сумма	—	99,05	99,54	99,9

1, 4 и 5 – анализы самородков уральской платины, выполненные Б. Карповым и Н. Нагорновым (*Жемчужный*, 1921, с. 417 и сл.); 2 – анализ α -поликсена из Петропавловска, Иоанн-крестительского прииска (Б. Карпов, 1916, с. 267); 3 – анализ α -поликсена из Новой Зеландии, за вычетом 14,3% OsIr (Holtz, см. *Farquharson*, 1911).

68. Другую характерную составную часть платины составляет *иридий*. Не считая бразильской чистой платины, указанной Волластоном, уже Берцелиус не нашел иридия в некоторых образцах гороблагодатской богатой железом платины¹. Эти работы были подтверждены исследованиями И. Мухина. И. Мухин (1842, с. 108) выделил зерна платины (гороблагодатской), заключающие лишь следы иридия², причем он доказал для нее существование обеих разностей – поликсена и ферроплатины. Таким образом, мы имеем разности платины, названные мной β -*ферроплатиной* и β -*поликсеном*. Еще раньше Брейтгаупт³ нашел среди зерен уральской платины минерал, принятый им сперва за чистый самородный иридий. Аналогичное тело было найдено в бразильской платине⁴, однако оно гораздо беднее иридием. Оба эти тела оказались состоящими из платины и иридия. К сожалению, имеется всего два очень старых анализа этих тел (Сванберга в 1835 г.) и едва ли можно считать их очень точными⁵.

По этим анализам, *самородный иридий* заключает около 77% Ir и 20% Pt и не содержит железа, а *иридиевая платина* содержит 27,8% Ir, 55,4% Pt, 6,9% Rh и 4,1% Fe. По характеру примесей (родия и железа) иридиевая платина приближается к обычной железистой платине⁶.

¹ *Berzelius*, 1829 (2). Этот вывод оспаривался Клаусом, см. Клаус, 1844, с. 129. Клаус, всегда находил иридий в гороблагодатской платиновой руде.

² Весьма возможно, что эти следы зависят от неполного отделения осмистого иридия или иридиевой платины.

³ *Брейтгаупт*, 1833, с. 297.

⁴ Происхождение этой платины неясно. См. *Hussak*, 1904, с. 439–440.

⁵ Самородный иридий: 76,8% Ir, 19,64% Pt, 0,89% Pd, 1,78% Cu. Иридиевая платина: 55,44% Pt, 27,79% Ir, 6,86% Rh, 0,49% Pd, 4,14% Fe, 3,30% Cu, сл. *Os*. *Svanberg*, 1835, с. 86; *Berzelius*, 1836, с. 205. Может быть, верны указания Гуссак на вероятное нахождение в этой анализированной Сванбергом иридиевой платине палладия, так как удельный вес ее необычайно мал для иридиевой платины. Сванберг дает уд. вес 16,94, палладиевая платина имеет уд. вес 15–16, иридий и иридиевая платина – 21–22. Если эта мысль подтвердится, то формула иридиевой платины будет (Pt, Ir, Fe, Pd). Нельзя, однако, не заметить, что Сванберг искал палладий и нашел его очень мало (0,49%). Не было ли в этом минерале какого-нибудь другого, может быть нового, элемента? (См. *Holtz*, 1912, с. 559; есть возражения Дюпарка). Любопытно, что Сванберг получил материал для исследования от Волластона, который принял его за осмистый иридий.

⁶ Старые анализы светлой иридиевой платины (Нижний Тагил) дали за вычетом осмистого иридия: Pt – 41,37 и 36,10%, Ir – 24,42 и 46,59% (*Козицкий*, 1844, с. 171). Иридиевая платина из Борнео содержит 28,9% Ir, 58,3% Pt, 3,9% Rh, 4,2% Fe, 1,2% Cu, 1,8% Os, 0,5% Pd (*Черник*, 1912, с. 8).

Наконец и для лишенной железа палладистой платины мы тоже имеем, вероятно, по крайней мере две разности – богатую и бедную *палладием*. Одна из них из Кондадо в Серро, в штате Минас-Жерайс, дает следы –0,1% Fe и 21,8% Pd. Другая включает следы железа и 3–3,6% Pd¹. Но анализы этого типа платины очень неполны².

Однако эти обычные примеси не охватывают всего разнообразия в составе природной платины. В ней заключаются еще в небольших количествах Мп³, Рb⁴ очень вероятно Ag⁵, Тl⁶. Чрезвычайно характерно нахождение меди, количество которой достигает нескольких процентов⁷.

69. Сводя эти, как мы видим, очень недостаточные данные и обращая внимание лишь на главные составные части, можно в настоящее время отметить следующий ряд платиновых минералов:

1. Платина	Pt
2. Палладий ⁸	Pd
3. Аллопалладий	Pd
4. Иридий	(Ir, Pt)
5. α-палладистая платина	(Pt, Pd)
6. β-палладистая платина	(Pt, Pd)
7. α-ферроплатина	(Pt, Fe, Ir)
8. β-ферроплатина	(Pt, Fe)
9. α-поликсен ⁹	(Pt, Fe, Ir)
10. β-поликсен	(Pt, Fe)
11. Иридная платина	(Pt, Fe, Ir)

Вероятно, эти разности далеко не охватывают всего разнообразия относящихся сюда тел, и лишь ближайшее изучение этой столь слабо исследован-

¹ *Hussak*, 1906 (1), с. 289.

² Есть, должно быть, еще одна палладистая разность, открытая на Урале Н. Высоцким, богатая железом. По его сообщению, она содержит [по анализу Б. Карпова (Верещагина?)]: Pt 76,62%, Ir 1,12%, Rh 0,33%, Fe 12,19%, Pd 5,95%, Au 0,05%, Si 0,90%. Нераств. остаток 2,60%. Было бы чрезвычайно интересно ближе изучить эту новую разность платины (ср. § 80).

³ *Berzelius*, 1829 (2), с. 207. Ср. § 81.

⁴ *Вильм*, 1882, с. 10.

⁵ *H. Sainte Claire Feville et H. Debray*, 1859, с. 457. Оригинальный сплав Au, Ag и Pt в платине из Французской Гвианы, по-видимому, представляет срастание Pt с (Au, Ag). См. *Damour*, 1861, с. 689. Ср. § 94.

⁶ О нахождении таллия в платине см. *H. Warren*, 1887, с. 241; Вернадский, 1909, с. 828.

⁷ О постоянном нахождении меди в продажной платине см. *Klatt u. Lenard*, 1904, с. 640. О нахождении Ni и Co в платине см. *Pine de Rubis*, 1916, с. 475; 1917, с. 143.

⁸ Самородный палладий был указан из Бразилии Волластоном (см. *Wollaston*, 1809, с. 193). Он заключал следы иридия. Гуссак (*Hussak*, 1906 (1), с. 290), не встретив его, предполагает, что это не что иное, как палладистая платина. Такое заключение поспешно. Точно так же раньше отрицалась и платина без железа в конкрециях, указанных Волластоном (см. § 71). Самородный палладий, привезенный экспедицией Кастельно из Бразилии, был в руках Дамура, который нашел в нем много меди и серебра. О платине Дамур не упоминает (см. *Castelnau*, 1851, с. 436). По описанию Дамура, этот палладий (из Гонгко-Соко) представляет «очень легкие слюдястые пластинки». Недавно палладий найден в Австралии (Гоуэн-Грин в Новом Южном Уэльсе) в виде очень редких мелких шариков (buttons). По пробе Мингэй, в нем оказалось Au и Ag, но платины не было (*Mingaye*, 1905, с. 183). О палладии в Чоко см. *Codazzi*, 1905, с. 33.

⁹ Название дано Гаусманом в отличие от чистой платины, описанной Волластоном; см. *Hausmann*, 1813, с. 97.

ной группы минералов даст нам возможность сделать дальнейшее разграничение и выяснить ближе историю этих своеобразных элементов.

Дать числовые данные в настоящее время возможно лишь в виде гипотетической схемы. Дальнейшие работы заставят принять или отбросить ее. Схема эта предположительно может быть следующая.

	Pt	Fe	Ir	Pd
1. Платина	100	0	0	0
2. Иридий	20	0	77	0
3. α-ферроплатина	71–78	16–21	1–4,5	0,2–0,8 ¹
4. α-поликсен	80–90	6–10	1–5,5	0–2,5 ¹
5. β-ферроплатина	73–78	16–20	0	1
6. β-поликсен	80–90	6–10	0	?
7. Иридная платина	56	28	4	6
8. α-палладистая платина	73–74	0	0,1–0,9	21, 8 ²
9. β-палладистая платина	83–84	0	1,3–3,6	3,0–3,7 ³

Природная платина почти не изучена по отношению к заключающимся в ней газам⁴. Надо думать, однако, что они в ней находятся, ибо не только губчатая платина, но и плотная искусственная платина при известных условиях легко поглощает газы⁵. Изучение газов природной платины очень важно и для выяснения ее генезиса.

70. Помимо чисто химических примесей, для платины очень характерны включения, несомненно, тесно связанные с ее генезисом.

Из таких включений прежде всего обращают на себя внимание микроскопически мелкие включения прозрачных и просвечивающих гексагональных пластинок *осмистого иридия*, по-видимому его темной разности (ср. § 90)⁶. Эти выделения были замечены уже старинными наблюдателями⁷. При осторожном действии царской водкой на некоторые разности платины, например, сильно магнитной платины из Нижне-Тагильского округа⁸ или Александровского прииска Гороблагодатского округа, можно получить из зерна Pt кристаллический скелет, состоящий из гексагональных пластинок (Os, Ir), правильно расположенных. Этот скелет совершенно соответствует по форме

¹ По данным Г. Черника (1912).

² Ср. § 68, прим. 2.

³ Нет полных анализов. См. Hussak, 1906 (1).

⁴ Газы в платине были изучены Рамзаем (Ramsay, 1895 (2), с. 688): в платине из Бразилии найдены следы кислорода, в платине из «Сибири» (Урала) — следы азота и в большем количестве кислород. Это нахождение кислорода крайне интересно и необычно; необходимы новые определения.

⁵ См. литературу и сводку данных для искусственной платины у Siewerts, 1907, с. 184.

⁶ Есть только качественная проба Деринга, нашедшего в них следы Pt, немного Cr, Fe, Al, много Os и довольно много Ir; см. R. Beck, 1907, с. 395.

⁷ Уже в 1799 г. Прустом (Proust, 1801, с. 167; на испанском языке работа вышла в 1799 г.). Ср. также Berzelius, 1844, с. 421; Мухин, 1842, с. 79. Мухин указывает, что эти блестящие осмистые ириды притягиваются магнитом. В этом отношении они напоминают загадочный ирит Р. Германа. Об ирите см. Р. Герман, 1841, с. 276. Ирит в коллекции проф. Ауэрбаха в Институте сельского хозяйства в Москве, полученный от Германа, действительно, под микроскопом почти идентичен с осмистым иридием от растворения платины.

⁸ Ср. Hussak, 1906 (1); R. Beck, 1907, с. 393 и сл.

зернышку платины, взятой для обработки кислотой. Можно убедиться, что кроме пластинок здесь находятся и другие выделения – волосатые металлические нити, нерастворимые в царской водке, принадлежащие, по-видимому, тому же самому телу, ибо при больших увеличениях они оказываются состоящими из вытянутых очень мелких, параллельно сросшихся гексагональных пластинок того же тела. Аналогичные образования описаны для бразильской платины (из Абэзэ)¹.

Явление это отчасти объясняется закономерным срастанием платины и осмистого иридия. По наблюдениям Гуссака², в кубических кристаллах платины эти пластинки расположены по плоскостям {111}. Однако, несомненно, помимо такого срастания осмистого иридия с платиной, мы имеем здесь указания на еще более важный процесс – на цементирование платиной осмистого иридия (§ 89). Вначале выделяется скелет (губчатая масса) из кристаллов осмистого иридия и позже среди нее начинается выделение платины. Такой скелет осмистого иридия может быть выделен царской водкой из зернышек платины, которая заполняет все промежутки между пластинками осмистого иридия. Мы имеем здесь образования двоякого рода. С одной стороны, – платину с немногими кристаллами (Os, Ir), с другой – (Os, Ir), цементированный платиной. Все это указывает на то, что Os – Ir и Pt–Fe дают два тела, изоморфно не смешивающиеся. Очень возможно, что Os в анализах платины (§ 67) происходит из таких включений.

Чрезвычайно любопытны еще включения иного рода, выделяемые царской водкой, – микроскопически мелкие кристаллы {111} и {111}·{100} металлического черного тела, сильно магнитного (титаномагнетита?), наблюдаемые, например, в нижнетагильской платине. В других случаях наблюдаются включения {111} хромита². Кроме таких включений, для платины очень характерны много раз описанные ее срастания с золотом³.

71. Физические свойства. В отличие от (Fe, Ni) эти тела встречаются в виде отдельных *кристаллов*, нередко имеющих ясную форму многогранников; кристаллы эти крайне мелки, большей частью микроскопической величины. Однако встречаются и сплошные массы этих тел, так называемые *самородки*, достигающие для *ферроплатины* и *поликсена* (где они чаще, чем для иридистых и палладистых разностей) иногда значительных размеров; например, самородки из Нижне-Тагильска или Крестовоздвиженских россыпей превышали 8 кг⁴ (рис. 11)⁵.

Строение этих масс, самородков, аналогично строению самородного железа. Они состоят из древовидных сrostков мельчайших кристаллов платины, в конце концов образующих своеобразную губчатую массу, между ветвями которой могут быть захвачены газы и посторонние тела⁶ (ср. рис. 14).

¹ Hussak, 1906, (1).

² Kemp, 1902 (1), рис. табл. II; R. Beck, 1907, с. 393.

³ М. Карпинский, 1840 (1), с. 65–66; Kemp, 1902 (1), с. 22 (рисунки).

⁴ Соболевский, 1835, с. 527–528.

⁵ Фотографию большого самородка из Нижне-Тагильских россыпей см. у Haidinger, 1859, с. 345.

⁶ О строении самородков ср. Daubrée, 1875, с. 528; Liversidge, 1897 (1), с. 76; Isaak u. Tammann, 1907, с. 71; B. Beck, 1907, с. 390 и сл. В 1908 г. горный инженер Конради делал доклад в СПб. минералогическом обществе о структуре платины на основании того же материала, часть которого попала к Бекку. Рисунки даны у Бекка, Ливерсиджа и т.д.



Рис. 11. Самородок платины, найденный в 1904 г. в логе по р. Ису, около впадения р. Малой Протокишенки (прииск Шуваловых). Вес 8,4 кг. Уд. вес 18,06. Уменьшено

При шлифовке такая платина дает зернистую (брекчиевидную) структуру, аналогично (Fe, Ni). Можно убедиться, что строение зерен неодинаково и что мы имеем здесь дело с несколькими сплавами (Pt, Fe...)¹. В этих самородках всюду находятся силикаты (оливин и серпентин); при растворении самородка получается легкий скелет кремнезема, сохраняющий вполне форму самородка (ср. § 46).

В этом отношении получается явление, очень напоминающее «стеклянные головы». Платина из Нижне-Тагильских россыпей дает такие скелеты самородков очень легко.

Такой характер самородков тесно связан с их генезисом. В коренных месторождениях платины металл образует постоянно цемент в некоторых участках породы, располагаясь в виде губчатой массы среди силикатов. В этом отношении (Pt, Fe) вполне аналогична (Ni, Fe) (§ 46). На отшлифованных пластинках такие выделения платины дают очень характерные фигуры, вполне отвечающие железу (рис. 12)².

Для платины и палладистой платины наблюдаются также конкреционные формы; иногда они проявляются в виде ясных сталактитов (рис. 13), имеющих радиально-лучистое строение³.

Образование этих конкреционных форм очень важно с точки зрения парагенезиса платины. Оно несомненно указывает на то, что платина (и палладий) при известных условиях находятся в природе в форме коллоидальных

¹ См. R. Beck, 1907, с. 391 – для качканарской платины и для сплава.

² О них см. Иностранцев, 1895; Meunier, 1899, с. 157 и сл.

³ Wollaston, 1809, с. 196 и сл.; Bournon, 1813; Hussak, 1904, с. 452 и сл.; 1906 (1), с. 290.

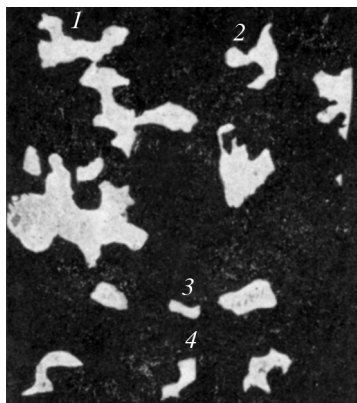


Рис. 12. Выделение платины
в дуните Соловьевых гор.
Отшлифованная поверхность
Черное – силикаты; белое
(1–4 и др.) – платина.
По Иностранцеву, 1895

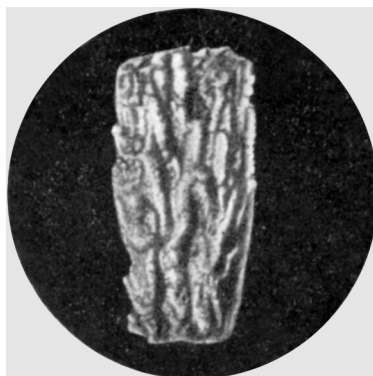


Рис. 13. Платина из Бразилии.
× 100.
По Гуссаку, 1904

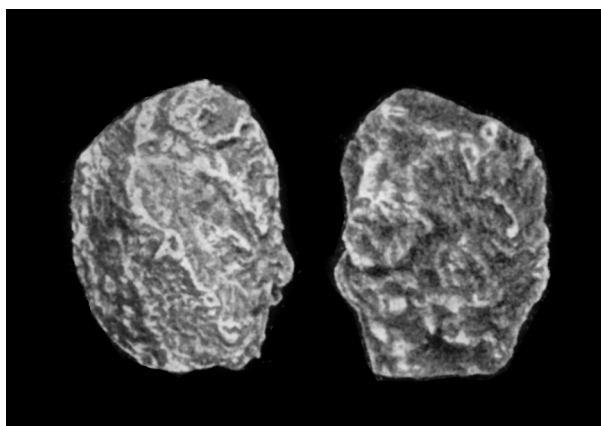


Рис. 14. Самородок платины с Авроринского прииска Нижне-Тагильского
окр. 1/1. Сфотографировано с двух сторон. Препаратор Петц.
Коллекция Академии наук

растворов. Сгустки таких коллоидов дают нам конкреции, позже принимающие кристаллическое сложение¹.

Обыкновенно мы находим эти минералы (§ 79) во вторичном залегании, когда они уже подверглись значительному механическому истиранию; вследствие этого форма их зерен редко когда резко сохраняется, они превращаются в окатанные зернышки, чешуйки, пыль и т.д., а самородки более или менее истираются и их древовидное срастание выражается лишь в своеобразном неровном *губчатом* виде (рис. 14).

¹ К сожалению, форма сгустков коллоидальной платины не изучена. О свертывании растворов платины см. *Freundlich*, 1903, с. 129.

72. Платина и иридий кристаллизуются в *правильной* системе [в строении $3L^4 4L^3 6L^2 9Pc$], причем кристаллы редки¹. В платине господствует главным образом $\{100\}$. Чрезвычайно характерны параллельные, очень разнообразные сростки кубических вытянутых кристаллов платины (рис. 15). Образование этих своеобразных сростков едва ли позволяет принимать для платины выделение ее непосредственно из магмы. Двойники Pt довольно часты, главным образом двойники срастания по $\{111\}$, а также двойники прорастания по $\{100\}$ с углом поворота в 90° (рис. 16). Нахождение этих последних двойников исключает возможность голоэдрии правильной системы.

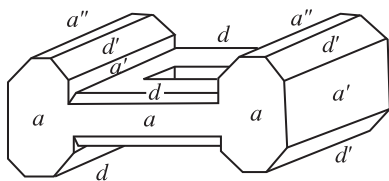


Рис. 15. Параллельные сростки платины из уральских россыпей.
По Еремееву, 1879
 $a, a' \dots \{100\}, d, d' \{110\}$

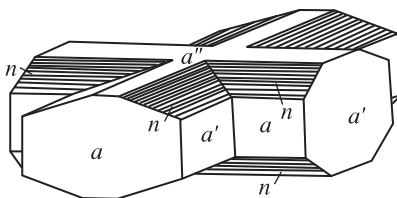


Рис. 16. Двойник прорастания платины из уральских россыпей.
По Еремееву, 1879
 $a, a' \dots \{100\}, n \dots \{310\}$

Кристаллы платины чрезвычайно деформированы и большей частью их плоскости не дают полного, согласно с симметрией, числа граней (рис. 15–17). Характер этой деформации несовместим с нахождением в платине трех осей симметрии 4-го порядка. Получаются явно ромбические формы, как видно из приведенных рисунков Еремеева².

Кристаллическая форма *иридия* неясна. Повидимому, это тело кристаллизуется в строении $3L^2 4L^3 6P$, на что указывает характер его спайных сростков (рис. 18). Спайность идет, по-видимому, по тетраэдру. Его кристаллы не измерены. Наблюдаются двойники того же характера, как и для платины. [Кристаллы *палладия* кубической системы и того же класса, что и платина, $a = 3,88$. Кристаллы *аллопалладия* не измерены; они – гексагональной или тригональной системы].

Для *родия* при температуре ниже 80°C существует, по-видимому, другая разность³.

73. Из других физических свойств этих тел необходимо остановиться на их *магнитности*. Уже первые исследователи платины указали на то, что зерна ее иногда магнитны⁴. Позже найдены были куски природной платины, которые оказались полярно магнитными⁵. Причина этого явления неясна.

¹ [Первоначально ее относили к гемиздри]. О возможной другой полиморфной разности Pt при температуре выше 1400° см. *Isaak u. Tammann*, 1907, с. 68.

² О кристаллической форме см. *Еремеев*, 1879, с. 155 и сл. Параллельные сростки Pt, полые внутри, были описаны уже Бурноном; см. *Bournon*, 1813, с. 199–200.

³ *Broniewski et Hackspill*, 1911, с. 816.

⁴ См. *Brownrigg*, 1752; *Scheffer*, 1752, с. 276.

⁵ *Berzelius*, 1828, с. 564; *Greiss*, 1856, с. 180. Сильнее магнетита. Кокшаров, 1867, с. 199; *Daubrée*, 1875, с. 527.

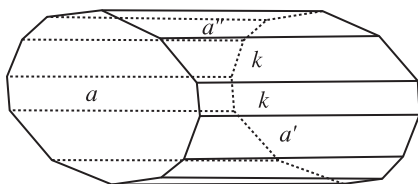


Рис. 17. Кристалл платины из уральских россыпей.
По Еремееву, 1879
 $k \{210\}$, $a, a' \dots \{100\}$

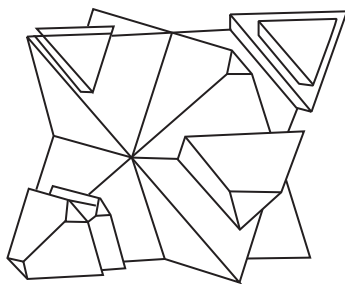


Рис. 18. Сrostки тетраэдров иридия из уральских россыпей.
По Еремееву, 1879

Опыты Добрэ¹ показали, что хотя сплавы Pt с 50–99% Fe и магнитны, но полярной магнитностью не обладают. Причину магнетизма искали как в железе, так и в иридии². Последняя причина должна быть исключена, так как β -ферроплатина является также магнитной. Анализы Мухина (1842, с. 107 и сл.), с другой стороны, ясно указывают, что ферроплатина иногда не магнитна. Однако он доказал, что достаточно расплющить зерна ферроплатины и даже поликсена, чтобы они получили магнитность. После прокаливания они опять ее теряют. Вероятнее всего, это явление *вторичное*, но разности, богатые железом, намагничиваются чаще и прочнее.

74. Нахождение в земной коре. Минералы эти долгое время были известны главным образом во вторичных месторождениях, россыпях, почему даже самые общие условия их генезиса не были точно установлены.

В ничтожных количествах, открываемые только химическим путем, элементы эти широко распространены в природе. По крайней мере мы можем утверждать это по отношению к *платине*. Уже в самом начале XIX столетия Вокелен нашел ее в блеклой руде из Эстремадуры в Испании³; позже работы Д'Аржи, Виллена и особенно Геймара⁴ указали на ее широкое распространение в самых разнообразных породах и минералах земной коры. Следы платины были открыты Геймаром в железе, получаемом из различных сидеритов Франции, в самих сидеритах, в некоторых альпийских известняках, цинке, выделенном из цинковой обманки Пуап (департамент Изер), в малахитах, блеклых рудах и т.д. Эти работы французских ученых нашли отголоски и в Германии⁵. Такая платина констатирована и на территории России, например, в колчеданах Верх-Исетских заводов⁶.

¹ Daubrée, 1875, с. 528 и сл.

² Rose, 1842 (1), с. 389.

³ Vanquelin, 1806, с. 317. Другие платиновые элементы отсутствовали.

⁴ D'Argy et Villain, 1834, с. 102. Данные Д'Аржи и Виллена о нахождении платины были проверены Беккерелем и Бертье. Gueymard, 1849, с. 495; 1854, с. 163. Наблюдения Геймара были подтверждены проверкой Эбельмена (Ebelmen, 1861 (1), с. 320 и сл.).

⁵ См. литературу у Péchard, 1906, с. 649. О распространении платиновых металлов см. Dickson, 1905, с. 192.

⁶ Каттерфельд, 1905, с. 6.

Платина найдена как в чисто механических, детритовых осадках, так и в осадках химического характера. Ее ничтожные следы, широко рассеянные в поверхностной пленке земной коры, проходят затем ряд ближе нам неизвестных изменений и платина концентрируется вековыми процессами в некоторых химических отложениях поверхностной части литосферы. В истории целого ряда соединений мы увидим примесь платины, проходящую тот же цикл развития, как и данный минерал. Так, в группе самородных элементов она наблюдалась в Fe–Ni, Au, Ag, амальгаме и т.д.

Широкое распространение платины среди соединений других металлов видно по ее нахождению в искусственных металлических сплавах, выделенных человеком, например, в бульоне золота и серебра монетных дворов. В каком виде рассеяна вся эта платина, неясно.

Для *самородной платины* можно отметить два типа месторождений – выделения из водных растворов¹ и магматические выпадения.

75. К первому типу относятся как жильные месторождения платины, так и скопления ее в наружной пленке земной коры. Есть несколько загадочных случаев ее парагенезиса, которые тоже, может быть, относятся сюда же. *Жильные месторождения* платины известны давно. Так, уже в 1826 г. Буссенго² нашел видимую платину вместе с золотом в железной шапке золотоносных жил, содержащих гидраты окиси железа, глину и кварц, прорезающих сильно разрушенный сиенит в Санта-Роза-де-Орос в Антиохии, в Колумбии. В 1850-х годах Джервис нашел ее в кварцевой жиле среди тех же сиенитов, но менее измененных. Жила не содержала золота. Через несколько лет после Буссенго Нефедьев³ нашел платину в коренной породе Березовска на Урале; зернышки ее были получены вместе с золотом при протолочке и промывке березита, проникнутого кварцевыми жилами. В аналогичных условиях платина наблюдалась в Бразилии в штате Парахиба, в золотоносных кварцевых жилах⁴. Аналогичные факты известны для золотоносных кварцевых жил из Руве в Конго⁵ и других мест земной коры⁶.

В недавнее время открыты кварцевые жилы, без Au, богатые пиритом и содержащие Pt и Ag, на южном острове Новой Зеландии, в окр. Уэстленд (около р. Теремакау). Жилы эти проходят в оливиновой породе, не содержащей платины⁷.

76. Помимо таких месторождений явно жильного характера, самородная платина наблюдается и в области выветривания земной коры.

Здесь мы наблюдаем частью выделение ее из очень своеобразных образований, может быть связанных с диатремами, т.е. с магматическими процессами; частью она выпадает из поверхностных вод. Первый случай представляет ее нахождение в своеобразных колодцах (диатремах?) источников Литл-Дарлинг-Крик и Мьюлга в Брокен-Хилл (рис. 19) в Австралии; здесь

¹ Странным образом первый тип месторождений часто не принимается во внимание и значение его отрицается. См., например, *Vogt*, 1898, с. 321; 1902 (1), с. 260.

² *Boussingault*, 1826, стр. 211; 1856, с. 917 и сл.

³ *Д. Соколов*, 1832, с. 617; *Гельмерсен*, 1843 (1), с. 212.

⁴ В жилах из Боа-Эсперанса. См. *Williamson*, 1866. Работа перепечатана у *Hartt*, 1870, с. 448.

⁵ *Buttgenbach*, 1910, с. 11. Ср. для Санта-Роза еще *Boussingault*, 1903, с. 15.

⁶ Для Америки см. *Kemp*, 1902, с. 31. Для Финляндии см. § 84.

⁷ *Mackintosh Belt*, 1906, с. 749–750.

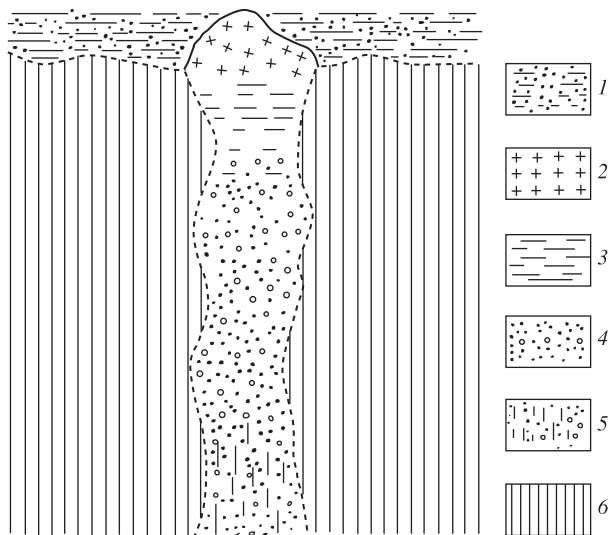


Рис. 19. Разрез месторождения платины в Брокен-Хилл.
По Джакету, 1886 1 – почва; 2 – плотный лимонит; 3 – железистая глина;
4 – зерна кварца с каолином; 5 – выветрелый гнейс и сланец; 6 – гнейс и сланец

в верхних, богатых лимонитом частях она собирается даже в относительно значительных количествах¹. Генезис этой платины неясен. Очень вероятно, что она находится здесь в породах, не связанных с горячими источниками, как это думает Джакет², и что мы имеем здесь вынос платины из глубоких слоев земной коры.

Но уже несомненно осадочного происхождения платина, наблюдаемая в детритовых породах в штатах Гверреро и Идальго в Мексике. Здесь она найдена химически, в железистых глинах (повидимому, латеритах), в невидной глазу форме³. Аналогично ее нахождение в Катанге в Африке в песчаниках, содержащих золото⁴.

Как видим, генезис всех этих концентраций платины не вполне ясен. Может быть, она происходит здесь распадением своих мышьяковистых соединений или сульфосоей, где часто находятся ее следы⁵. Вернее, однако, мы имеем здесь дело с циркуляцией коллоидальной «самородной платины» (§ 71). Нахождение сперрилита при аналогичных условиях заставляет относиться с осторожностью все такие месторождения к самородной платине. Однако во многих случаях она несомненно находится здесь в металлическом состоянии, аналогично золоту⁶.

¹ Jaquet, 1896, с. 34.

² Ср. нахождение ее в железе из Каньон-Диабло – § 42, 48.

³ Ramirez, 1884, с. 143 и сл. По наблюдениям Барсены и Красно, работы которых (в «El Minero Mexicano», II–III) были мне недоступны.

⁴ Buttgenbach, 1904 (2), с. 184.

⁵ Д. Соколов (1824, с. 65) предполагал, что платина главным образом встречается в виде ничтожной подмеси к блеклым рудам и другим сульфосолям.

⁶ См. Read, 1905, с. 985 и сл. Часто она находится несомненно только в виде микроскопических кристаллов сперрилита. Ср. Vogt, 1902 (1); Dickson, 1903, с. 139.

В алмазоносных песках Борнео (в отрогах гор Ратоос) встречены куски черного кварца с включениями платины и пирита¹.

Очень странное платиновое месторождение в Южной Неваде (Кларк-Каунти, Басс-Майн). В доломитах находится плумбоярозит, заключающий висмут. В нем содержится 0,05% Pt и 0,22% Pd².

Платиновые минералы попадают в россыпи отчасти из таких месторождений. Элювиальные россыпи *палладистой платины* в штате Минас-Жераис в бассейне р. Сан-Антонио³ имеют, повидимому, это происхождение, и в них, должно быть, выпадают ее конкреции (§ 71). Точно так же платина, сопровождающая в небольшом количестве золото в россыпях Березовска, произошла почти наверно из золотоносных жил⁴.

77. Однако главная масса платиновых минералов – из россыпей другого происхождения; платина попала туда главным образом из своих выделений в массивных породах, по-видимому, различного характера⁵. Впервые в начале XIX века проф. Щеглов (1827, с. 513) указал на связь платины с особыми массивными породами – перидотитами и дунитами – и нашел ее *in situ* в серпентинах и асбестах Коптяковского рудника⁶. В россыпях сперва Среднего Урала, потом других мест – Колумбии, Британской Колумбии и т.д.⁷ – не раз наблюдали платину в сростании с серпентином (продуктом изменения перидота), перидотом⁸, пироксеном, хромистым железняком, золотом, титаномagnetитом⁹. Кое-где, например в Соловьевском прииске, платина несомненно находилась в элювии серпентиновых пород¹⁰. Этот элювий местами в Нижне-Тагильском окр. имел характер конгломерата, состоящего из сцементированных углекислой известью обломков серпентина, гиперстена, октаэдров хромита¹¹. Этот конгломерат большей частью разрушен, наблюдается кусками в россыпях, и в нем находили платину¹². Наконец, в 1890-х годах рабочими были открыты в дунитах Соловьевой горы в Нижне-Тагильском окр. и в оливиновой породе Гороблагодатского окр. коренные месторождения¹³.

¹ Horner, 1839.

² Knopf, 1915.

³ Hussak, 1904, с. 450 и сл.

⁴ См. Гельмерсен, 1843 (1), с. 212.

⁵ М. Карпинский, 1840 (2), с. 224 и сл.; Зайцев, 1898 (1).

⁶ М. Карпинский (1840 (1), с. 68) указывает, что в трещинах серпентинов Коптяковского рудника преобладает брусит, а не серпентин-асбест. Платины в окружающих россыпях мало.

⁷ М. Карпинский, 1840 (1), с. 63 и сл.; G. Rose, 1842, (1); Гельмерсен, 1849 (1), с. 207 и сл.; Щуровский, 1841, с. 320 и сл.; Кемп, 1902, с. 29 и сл.

⁸ В 1880-х гг. ее встретили в россыпи Крестовоздвиженского округа в оливиновом габбро. См. Helmhacker, 1893, с. 87. Богданович, 1903, с. 84.

⁹ Любарский (1828(2), с. 159; 1828 (3), с. 127) указывает на нахождение ее с титанистым железняком. На нахождение Ti в платиновых остатках для уральской платины указывают и другие исследователи – Osann, 1828, с. 296; 1829, с. 158; Berzelius, 1829 (1), с. 209; Мухин, 1842. То же для колумбийской платины см. Fourcroy, 1804, с. 153. Интересно исследовать на Ti чистую платину.

¹⁰ Гельмерсен, 1843 (1), с. 209.

¹¹ Щуровский, 1841, с. 319.

¹² М. Карпинский. 1840 (1), с. 64.

¹³ Иностранцев, 1892, с. 23. В участке породы, богатой Pt, ее количество достигает, по Иностранцеву, 0,01–0,001% (там же с. 24–25). Ср. также Мушкетов, 1892, с. 229; Иностранцев, 1895 (1), с. 1; Helmhacker, 1893, с. 87.

В дунитах платина, в кристаллах и скоплениях, наблюдается (очень редко непосредственно) как в оливините, так, чаще, и в хромистом железняке¹. Распределена она в дуните неправильно. В Нижнем Тагиле 65% проб (несколько сотен дудок) не дали Pt, 35% дали в среднем 26 мг Pt на 1 т породы². В шлирах хромита, обычно неправильно распределенных в дунитах, получаются гораздо большие числа, которые делали бы разработку возможной, если бы шлиры распределялись в дунитах закономерно. Уже раньше на отдельных кусках из россыпей эта связь платины с дунитом для Нижне-Тагильска была установлена Добро³. Позже следы ее найдены в дунитах Британской Колумбии⁴. Для Урала постоянная связь главной массы платины с дунитовыми породами несомненна⁵.

Это нахождение платины в оливиновых породах, идентичных с теми, в которых наблюдалось самородное железо-никель (§ 50), привело к гипотезам аналогичного характера. Подобно (Fe, Ni) стали приписывать происхождение из недр земного шара и (Pt, Fe), где она будто бы сконцентрирована в больших количествах, чем в земной коре. На платину пытались смотреть, как на характерный глубинный элемент⁶.

Кроме дунитов, платина на Урале наблюдается в связи с пироксенитами, что впервые было указано Фирксом. Таково месторождение на р. Гусевой (приток р. Выи), связанное с выходами пироксенита в Гусевском Камне, и др. (см. ниже). В пироксенитах платина встречена в сростании: 1) с пироксеном и 2) с магнетитом⁷. Платина из пироксенитов отличается от платины из дунитов большим количеством платины и палладия (1–1,2% Pd).

В Южной Африке платина найдена в кимберлитах⁸.

Однако платина находится не только в основных породах. Она местами тесно связана с более кислыми породами. Еще в 1828 г. М. Энгельгардт нашел самородную платину, иногда в тесной смеси с золотом, *in situ* – в разрушенном сиенитовом порфирите около дер. Лаи Тагильского окр.⁹ Эти зерна платины были окружены коркой лимонита. Встреченные с недоверием¹⁰, эти работы получили некоторое подтверждение в вероятном нахождении платины в породах, не отвечающих дуниту, – на Среднем Урале. В Авроринском прииске Нижне-Тагильского окр. платина найдена в кусках габбро-диорита¹¹. Наконец в 1900 г. Кемп и Джонсон доказали присутствие платины в хлоритовых выделениях гранитов около р. Туламин в Британской Колумбии¹².

¹¹ Duparc, 1911, с. 46.

¹² О характере коренной платины в Нижне-Тагильских месторождениях ср. наблюдения Конради и Заварицкого. См. Заварицкий, 1909, с. 189 и сл.

¹³ Daubrée, 1879, с. 549 и сл.

¹⁴ Kemp, 1902, с. 48.

⁵ См. Высоцкий, 1903, 1923. В дунитах Pt найдена и химически.

⁶ Уже Эли де Бомон. Ср. Daybrée, 1879; Suess, 1907, с. 1556.

⁷ Duparc, 1911, стр 51, 61–62.

⁸ Высоцкий, 1923.

⁹ Энгельгардт, 1828, с. 30; 1829 (2), с. 70–71; 1831, с. 380 и сл. Анализ Озаина подтвердил нахождение Pt в породе, доставленной Энгельгардтом.

¹⁰ Rose, 1837, с. 340.

¹¹ Зайцев, 1898 (1), с. 50–51. На то же указывает нахождение платины в слюде; см. Алексеев, 1868, с. 437. Высоцкий (1903) считает эти указания Зайцева не отвечающими фактам.

¹² Kemp, 1902 (1), с. 34, 38, 88 и сл.

78. Генезис платины и платиновых металлов в магмах нам совсем неизвестен. Опытов над выпадением платины из магмы нет, и едва ли можно очень уверенно доказывать ее выделение непосредственно из расплавленной силикатовой магмы. Во всяком случае, она образуется после хромита, пироксена и пр.¹ Нахождение ее в кристаллах указывает или на выпадение ее из вторичных растворов, циркулирующих в магме, или на разложение ее летучих соединений при застывании магмы. На то же самое указывает характер частей породы, богатой платиной. Она находится в измененных частях дунита с халцедоном, серпентином, доломитом и т.д.² Точно таково же ее нахождение в оливиновых и гранитовых породах Британской Колумбии, в окр. Туламин³. Может быть, на выпадение из горячих растворов указывает нахождение Pt с Au в контактовых породах Западной Суматры⁴ и в Бразилии – с порпекитом (см. § 99).

Прямые опыты Мёнье⁵ подтверждают этот способ выделения платины. Подобно тому, как это наблюдается для (Fe, Ni) (§ 52), Мёнье получал ферроплатину, действуя при красном калении H, PtCl₄ и Fe₂Cl₆ на агрегат зерен оливина или пироксена. Получаемая этим путем платина не отличалась по форме выделений от уральской платины.

79. Разрушением таких коренных месторождений платины образуются *россыпи*, откуда почти исключительно добываются как платина, так и все другие элементы платинового ряда.

Наиболее важные и наиболее богатые месторождения этого рода на земном шаре сосредоточены вдоль *Уральского хребта*. Из них добывается $\frac{9}{10}$, если не больше, платины всего мира и среди них огромная область платиновых россыпей по р. Иссу одна дает до $\frac{2}{3}$ мировой добычи платины. Эти мощные скопления богатых платиной, а иногда и золотом россыпей, очевидно, вызваны продолжительным выветриванием и денудацией горных пород Урала, бывшего суши с конца палеозойской эпохи.

В области распространения основных пород на Урале, на значительном протяжении, даже песок современных рек содержит заметные количества платины. Она добывалась из песков рек Туры, Косью и т.д.

Но главная ее масса находится в *древних россыпях* – большей частью в песчаных слоях, переполненных обломками разнообразных пород (рис. 20, 21). В самих платиносодержащих слоях находят остатки мамонта, и эти слои образовались, подобно уральским золотоносным россыпям, в послетретичную эпоху. Этот древний аллювий залегает по долинам главных современных рек, образовавшихся, по-видимому, в эпоху наибольшего развития северного ледника⁶; отсюда платина попадает и в современный аллювий.

Среди платиновых россыпей Урала⁷ (§ 83) на первом месте должны быть

¹ О таком генезисе см. *Meunier*, 1899, с. 159; *Kemp*, 1902 (1), с. 89; *R. Beck*, 1907, с. 390.

² *Иностранцев*, 1893, с. 20; *Ожегов*, 1904, с. 12 и сл.

³ *Kemp*, 1902 (1), с. 34, 38, 88 и сл.

⁴ *Humdeshagen*, 1904, с. 77.

⁵ *Meunier*, 1899, с. 157 и сл.

⁶ *Высоцкий*, 1903, с. 541 и сл.

⁷ *М. Карпинский* 1840 (1), с. 65 и сл.; *Щуровский*, 1841, с. 316 и сл.; *G. Rose*, 1837, с. 327; 1842 (1), с. 389; *А. Карпинский*, 1881; *Бурдаков и Гендриков*, 1896; *Зайцев*, 1898 (1); *Гендриков*, 1900 (2) с. 30, 50; *Duparc*, 1903, с. 292, 377; 1911, с. 69 и сл.; *Высоцкий*, 1903, 1913.



Рис. 20. Платиновые прииски Шуваловых по р. Ису на Урале.
Вдали виден Качканар
Фото К.В. Маркова



Рис. 21. Деталь россыпи Шуваловых по р. Ису на Урале

выделены две области россыпей, расположенные по обоим склонам Урала, между 58 и 60° с.ш., в *Верхотурском* и *Пермском уездах*. Это:

1) *Нижне-Тагильские прииски*, большей частью на западном склоне Урала, по верховьям рек Висима, Сисима, Мартьяна (бассейн Чусовой), Чауша, Черной (бассейн Тагила) и т.д., в тесной связи с выходами оливиновых

пород, откуда стекают эти реки (горы Воробьевы, Соловьева гора, Большая Шульпиха и т.д.). Здесь находятся коренные месторождения платины в дуните Соловьевой горы (§ 77), содержащие α -ферроплатину и α -поликсен, реже β -ферроплатину¹, и

2) месторождения по р. Ису, в *Бисерском* и *Гороблагодатском* округах². Вся долина р. Иса и дальше р. Туры, куда впадает р. Ис, на пространстве не меньше 160 км, является огромной платиноносной россыпью (в Бисерском окр. в россыпях до 25% Au). На всем этом пространстве, отчасти и в долине р. Выи (в пределах Гороблагодатского окр.), расположены прииски. Несомненно, это самая большая платиновая россыпь в мире, с очень неравномерным распределением платины.

Уральские россыпи имеют довольно определенное строение, вызванное физико-географическими условиями древних рек эпохи развития Европейского ледника. Можно в них различить сверху следующие слои: 1) почва; 2) торф, иногда отсутствующий, мощностью 0,7–3 м, изредка до 6 м (по р. Ису); 3) темнобурая, книзу синяя глина – 0,5–6 м; 4) тонкий слой песка с мелкой галькой, иногда отсутствующий («севун»); 5) «речник», переполненный гальками, от 0,8 до 2,5 м, иногда (в верхних частях долины Иса) до 5 м; включает кое-где следы Pt; 6) платиноносный нанос, богатый характерными продуктами выветривания, так называемой «зеленой глиной»³, – 0,15–1,5 м, изредка до 3 м (Егоро-Канкриновский прииск), большей частью незаметно переходящий в плотик, т.е. внизу содержащий неокатанные куски породы плотика; 7) ниже лежит плотик, состоящий из твердых пород, в которых прорыто речное ложе.

В общем дно уральских долин почти плоское, шириной от 200–400 м до 1 км. Но в частностях это дно зависит от породы, от характера ее разрушения, и, соответственно с этим, при движении воды около дна захватывается водой больше или меньше платины. Так, известняки дают очень сложную поверхность разрушения, покрытую ямами, трещинами, воронками и т.п. В них легко задерживаются зерна платины. Наоборот, диабазы или порфири-ты дают ровную поверхность разрушения.

Платина обыкновенно собирается в самых нижних частях наноса (слой 6), так что богатство платиной большей частью увеличивается книзу. Иногда наиболее богаты платиной верхние слои, на границе речника. Кое-где переход к частям аллювия, богатого платиной, совершается очень резко, и таким образом платиноносный слой делится на два отдела. Исключительно богатые россыпи давали 100–110 г платины на 1 т (Ниже-Тагильские); местами они

¹ См. *Козицкий*, 1844, с. 117. Ферроплатина связана главным образом с хромитом и шлирами хромитита в дунитах (*Высоцкий*, 1913).

² *Высоцкий*, 1903; 1913; 1923; *Зайцев*, 1898 (1), с. 15 и сл.

³ Характер этой своеобразной «зеленой глины» неясен. По словам *Н. Высоцкого* (1903, с. 53), этот «цемент из ярко-зеленой глины» не зависит от характера и породы плотика. По пробе образцов, сделанной К.А. Ненадкевичем, «глина» имеет следующий химический состав: 48,19% SiO₂, 16,57% Al₂O₃, 5,89% FeO, 6,49% Fe₂O₃, 0,11% MnO, 8,42% CaO, 2,22% MgO, 5,33% H₂O + CO₂, 7,78% щелочи, Сг нет. Очевидно, это не глина. Под микроскопом она состоит главным образом из игол зеленого минерала, частью с прямым, частью с косым погасанием, т.е. моноклинной системы. Она заслуживает исследования, особенно ввиду малого количества MgO и отпосительной ее однородности.

были еще более богаты. Однако теперь там разрабатываются россыпи всего с 2,8–9 г на 1 т по Ису и с 2–7 г на 1 т по Вые.

Обращая внимание на этот разрез платиноносных россыпей, мы ясно видим в характере слоев отражение истории данной местности, выразившейся в образовании россыпи. Россыпь представляет характерный тип отложения замирающего бассейна, начавшегося бурной рекой и кончившегося болотом-торфяником. Платина отлагалась в первую стадию процесса и приносилась водой, обладавшей большой силой передвижения, причем характер этих первых наносов («глина» и мало окатанные валуны) весьма своеобразен. Породы плотика не имеют отношения к платине, и она находится далеко от мест своего образования. На это указывает и характер ее зерен – часто обтертых и мелких¹. Точно так же и ее спутники, как золото, магнетит, титаномагнетит, хромит, принесены в эти аллювиальные отложения издалека. К числу ее спутников в области развития известковых девонских пород прибавляется киноварь.

80. Коренное месторождение этой платины, откуда она попала в россыпи, составляют породы основного характера, главным образом дунит. Это доказывается как нахождением платины в этих породах (§ 77) в Нижне-Тагильске и по Ису, так и существованием на Урале россыпей элювиального типа, которые всюду и всегда приноровлены к дунитам. Эти россыпи были указаны для Урала еще одним из первых русских исследователей платины – Н. Мамышевым (1827, с. 34). По Ису эти элювиальные россыпи, происшедшие на месте от разрушения дунита, наблюдаются в местах его выходов в Светлом бору, Вересовом бору, на Соколиной горе); на Качканаре по речкам Гусевкам они наблюдаются среди перидотитов, но эти перидотиты здесь содержат включения дунита². Эти элювиальные россыпи заключают угловатые, мало окатанные обломки местных пород – дунита, жильных роговообманково-полевошпатовых пород, диаллагонитов, перидотита, змеевика, габбро и т.д. Цементом является ближе не изученная «глина» (§ 79). Во всех логах и впадинах, где разлагался дунит, находятся такие элювиальные россыпи, иногда чрезвычайно богатые платиной. Платина здесь неокатанная, некрупная, не отделенная от хромита. Величина ее зерен обычно около 1 мм; зерна в 2–4 г редки. Изредка наблюдались крупные самородки (2 кг и больше), по-видимому, тесно связанные с изменением дунита в серпентин (реки Малая Простокышенка и Малый Покап)³. В начале разработки по Александровскому и Сыркову логам (р. Мартьян) нередко были мелкие кристаллы Pt⁴.

Очень аналогичны россыпи платины и других местностей⁵. Иногда они и парагенетически совершенно схожи с уральскими, например в Рио-

¹ См. *Высоцкий*, 1903, с. 545 и сл.; 1913, 1923.

² *Высоцкий*, 1903, с. 547–549.

³ *Высоцкий*, 1903.

⁴ *Гендряков*, 1900, с. 6.

⁵ См. обзор их у *C. Hintze*, I, 1898, с. 135. См. также *Kemp*, 1902, с. 36 и сл. Сверх того надо прибавить месторождения платины в Южной Абиссинии, открытые русскими офицерами А. Драгомировым и Ф. Кубе. Платина была определена И. Морозевичем в образцах, доставленных ими в Геологический комитет. До сих пор об этих, по-видимому серьезных, месторождениях имеются лишь крайне скудные литературные указания, хотя они и были изучены экспедицией Н. Курмакова. Платина лежит в россыпях среди оливиновых пород. Ср. «Изв. Геол. ком», 23, СПб., 1904, с. 48; *Курмаков*, 1905, с. 309–310. По сообщению А. Мягкова, участника экспедиции Н. Курмакова, платина наблюдается в области Белого Нила, в бассейне р. Бир-Бир. Здесь

Абаэ-тэ, в штате Минас-Жераис в Бразилии¹. Самым главным ее месторождением после Урала и до сих пор является Колумбия, главным образом россыпи провинции Сан-Хуан (часть Эль-Чоко)². Платина встречается здесь в россыпях бассейна р. Сан-Хуан (впадает в Тихий океан) вместе с золотом (10–50% по отношению к платине). Эти россыпи очень древние, образующие их глины и конгломераты, по-видимому третичного возраста, произошли путем разрушения пород Анд³. Однако нигде здесь не были встречены эти минералы в количестве, сравнимом с Уралом.

Очень отличны от этих россыпей по химическому составу сопровождающих платину минералов россыпи *палладистой платины*. Россыпи α -палладистой платины никогда не содержат хромита, очень редко заключают магнетит; платина сопровождается алмазом и его спутниками (Кондадо, Серро в Минас-Жераис). Для β -палладистой платины россыпи известны в Коррего в Консейсао – в штате Минас-Жераис. Они, по-видимому, элювиального типа; конкреции этой платины (§ 71) почти не окатаны и, по мнению Гуссака, являются химическими осадками в россыпи⁴.

Для платины известны те же типы россыпных месторождений, что и для других тел. Так, местами, например в Клерксдорпе в Трансваале, платина встречена с золотом в конгломератах, в ископаемых россыпях⁵. Нередки своеобразные морские россыпи, образованные морским приливом и отливом или морским прибоем, например, на северных берегах Австралии⁶.

Кроме таких платиноносных россыпей, где платина преобладает над другими металлами, платина чрезвычайно часто является спутником золота в золотоносных россыпях. По-видимому, главная часть мирового запаса платины сосредоточена в россыпях этого типа.

В небольшом количестве она находится в песках рек, где произошла от разрушения разнообразных пород, содержащих иногда платину. Так, в песке Рейна она находится с золотом в количестве 1/2400 золота⁷; вместе с железом и золотом находится в песке р. Онота (§ 63). Из песка рек ее добывают и в Колумбии⁸.

под торфом мощностью в 1–1,5 м лежит слой платиноносных песков в 0,5–0,75 м. К платине примешано золото. На 1 т песков приходится 2,5 г самородной платины с 87% Pt. Платина магнитная. В этой области наблюдается развитие оливиновых пород, и россыпи обычно дают платиносодержащие шлихи. Оливиновые породы этой местности были изучены академиком А.П. Карпинским, нашедшим здесь частью неизмененные оливиновые породы (гора Юбду), частью происшедшие из них змеевиковые и антигортитовые (по р. Бир-Бир).

¹ См. Hussak, 1906 (1), с. 287.

² О платиновых россыпях Чоко см. Humboldt, 1843, с. 520–521; Boussingault, 1903, с. 4 и сл.

³ Kemp 1902(1), с. 62 и сл. Ср. Berthollet et Pelletier, 1792. с. 20 и сл.; Humboldt, 1827, с. 157–158. Более точные, но тоже очень краткие указания о платиновых россыпях Колумбии, наиболее богатые из которых лежат между реками Аtrato и Сан-Хуан (1°30'–0°6' с.ш.), см. «Monthly Bull. Intern. Bureau Amer. Rep.», Washington. 1908. К западу от гор Серро-Ирро есть дуниты и пироксениты.

⁴ Hussak, 1906 (1), с. 289 и сл. Любопытно нахождение оригинальной уральской γ -палладистой платины (§ 68, 85), по-видимому, при других условиях. Здесь она находилась в коренной оливиновой породе в Авроринском или Сухом прииске Нижне-Тагильского горного округа (по указанию Н. Высоцкого).

⁵ Denny, 1897, с. 66.

⁶ Pittman, 1901 (1), с. 8, 77.

⁷ По Дёберейнеру, см. C. Hintze, I, 1898, с. 143.

⁸ По отчету Р. Уайта. См. Гулишамбаров, 1905, с. 14. Ср. для Туры § 79.

81. Изменение платины. Платиновые минералы изменяются, но отвечающие им процессы изменения мало известны. Широкое распространение небольших следов платины (§ 74) в разнообразных породах и минералах и нахождение ее в жилах ясно указывают на существование каких-то растворимых форм платины¹. Вероятнее всего, мы имеем здесь дело с растворами коллоидальной платины (§ 71).

Очень замечательна малая изменчивость *ферроплатины*. Железо, в нее входящее, не окисляется при обычных условиях. Нельзя, однако, не отметить, что в действительности, может быть, ее изменение значительно больше, чем мы привыкли думать. Большею частью мы изучаем россыпную платину, окатанную и лишенную продуктов изменения. Но и в такой платине в элювиальных россыпях или в россыпях вблизи выходов коренных пород мы наблюдаем чрезвычайно часто зерна, как говорят рабочие, в «кожухе», покрытые коркой гидратов окисей железа и марганца². К сожалению, эти процессы не изучены. Совершенно неясно, имеем ли мы здесь дело с изменением платины, связанным с окислением Fe и Mn, в ней находящихся, или с осаждением на платину вада и гидратов окиси Fe. За последнее говорит нахождение таких тонких пленок, растворимых в азотной кислоте, на россыпном золоте, например в россыпях Южного Урала. В таком растворе удастся открыть только железо.

Главное изменение платины сводится к ее истиранию³. Во всяком большом месторождении это явление наблюдается очень резко. Из палладистой платины на земной поверхности происходит образование *палладита*, т.е. происходит отделение Pt от Pd и обогащение железом⁴.

82. Платина в России. В *Европейской России* платина неизвестна. Указаны лишь следы ее в бедных золотоносных россыпях.

В *Вятской губ.*, в *Слободском у.*, платина встречена в серьезном количестве на р. Волошихе около г. Кая⁵. Следы ее встречены в окрестностях Камско-Воткинских заводов, в бедной золотоносной россыпи⁶. Очевидно, она принесена издалека – с Урала.

Главные ее месторождения сосредоточены на *Урале* (ср. § 79)⁷. Здесь платина была найдена вскоре после окончательного открытия золотых рос-

¹ См. *Bischof*, 1863, с. 847 и сл., – может быть, в связи с FeCO_3 . На связь с FeCO_3 указывают и наблюдения Геймара о частом нахождении платины в сидеритах (Альпы); *Gueymard*, 1853, с. 175–176. Ср. платину в сидерито-кварцевых жилах Финляндии – § 84.

² Проба «кожуха» такой платины из Гусевки, сделанная К.А. Ненадкевичем, дала большое количество Mn и Fe. В старинной платине из Нижне-Тагильских россыпей (коллекция Московского университета) при обработке HNO_3 многие темные зернышки делаются, по моим опытам, светлыми, а в раствор переходит Fe (без Mn).

³ Далеко, однако, не доказано, чтобы процесс сводился только к одному истиранию. Очень вероятно, что он связан отчасти с уносом железа, так как платина элювиальных россыпей гораздо более богата железом (ферроплатина), чем платина аллювиальных россыпей (например, по Ису). Очень возможно, что мы имеем здесь некоторую форму передвижения платины в россыпях, аналогичную золоту. Нельзя не отметить также характер самородков платины, связанных с серпентинизацией оливиновой породы. Процесс серпентинизации далеко не ясен и не прост и, весьма вероятно, вторичный (ср. § 78).

⁴ *Johnson u. Lampadius*, 1837, с. 311.

⁵ Со слов ученика проф. Л.А. Чугаева – лесничего Орлова.

⁶ Д. Соколов, 1825, с. 152.

⁷ Общий очерк уральских месторождений см. *Duparc*, 1911; это начало его большой работы о платиновых месторождениях Урала. См. также *Высоцкий*, 1903, 1913, 1923.

сыпей в 1819 г. и точно констатирована в Невьянском окр., около Билимбаевска, позже в Верх-Исетских и Миасских россыпях (в 1822 г.)¹. Природа платины была впервые констатирована Любарским², который нашел вместе с ней и осмистый иридий. Работы эти были подтверждены Д. Соколовым (1824, с. 62 и сл.). Очень возможно, однако, что платина на Урале наблюдалась гораздо ранее³. Однако, по более тщательному исследованию Любарского (1824, с. 855), главная масса найденного в 1822 г. металла состояла из иридия (около 60%) и осмия (около 30%), но не из платины (2%) и только в 1824 г. рабочим Андреевым на р. Уралихе (приток р. Баранчи), в области Гороблагодатских заводов, была найдена первая платиновая россыпь Урала, так называемая Царево-Александровская – в 12 км на юго-запад от Баранчинского завода; здесь находилось до 35–40 г золотистой платины на 1 т песка (в среднем около 12–15 г). Природа этого тела была впервые констатирована Любарским, опубликовавшим первый ее анализ, и Малышевым⁴. Вслед за этой россыпью в том же 1824 г. найден ряд других – в той же области Гороблагодатских заводов, а также на р. Исе⁵. В 1825 г. платиновые россыпи найдены и в Нижне-Тагильском окр. (по р. Сухо-Висиму)⁶. В 1833 г. в уральской платине Брейтгауптом выделен самородный иридий⁷.

¹ Д. Соколов, 1824, с. 61; Н. Малышев, 1827, с. 24. В Екатеринбурге не могли определить этот металл (осмистый иридий) и называли его «белым металлом»; см. Колтовской, 1846, с. 273; Erman, 1833, с. 316; Дюпарк и Тихонович, 1920.

² Любарский, 1823, с. 20. Еще раньше исследовал эти порошки И. Варвинский (1822, с. 262 и сл.), но не пришел ни к каким точным результатам. Порошки были собраны горным инженером Ахте. Ср. также анализ 1823 г., напечатанный лишь в 1842 г., сделанный Гельмом (1842, с. 77 и сл.).

³ Возможно, что платина была известна еще до правильной разработки золотых россыпей. В 1806 г., даже в печати, Вокелен (*Vauquelin*, 1806, с. 317) сообщает слух, что несколько лет тому назад Pt была открыта «в Сибири» – «но слух этот не подтвердился». Ср. о том же *Guyton de Morveau*, 1810, с. 334. Еще раньше, в литературе XVIII века, мы находим туманные указания на нахождение Pt «в Азии». Очень вероятно, что она была известна отдельным ученым или любителям. Так, неизвестный французский переводчик мемуаров Уллоа и немецкий примечаний к ним Шнейдера указывает, что платина известна в Азии (*Ulloa*, 1787, с. 344). Все же азиатские месторождения платины открыты, как известно, позже уральских (*Kemp*, 1902 (1), с. 82 и сл.). Есть странное указание очевидца, бывшего в Петербурге в царствование императрицы Анны, видевшего будто бы там обработку платины, получаемой из Архангельска («*Nordische Miscellaneen*», 1782, с. 282). И. Ф. Герман (1790 (2), с. 214) думает, что это был золотиносный «железный песок». В. М. Севергин (1814, с. 44) говорит: «нет платины в России; разве что к сему роду причитать будем серо-желтое самородное золото, которое, по положению Вернера, содержит в себе платину. Таковое находится в Змеиногорске». Очень может быть, мы имеем здесь указания на нахождение теллуристых соединений золота, а не платины. По крайней мере, таково, очевидно, «серовато-желтое самородное золото» по Вернеру, указываемое в старых коллекциях из Трансильвании (*Karsten*, 1789, с. 345). Судя по возможному нахождению тетрадимита и других теллуристых соединений в Северной Финляндии и теллуристых соединений серебра в Заводинском руднике на Алтае, очень возможно нахождение на севере России и на Алтае серого теллуристого золотого соединения, добывавшегося в XVIII веке. Впрочем, анализ черного порошка (Евреинова), электрически полученного Якоби из алтайского бликового серебра, показал в нем следы платины (*Евреинов*, 1847, с. 364.)

⁴ Любарский, 1825, с. 203; Н. Малышев, 1827, с. 31 и сл. По указанию автора подробного описания Гороблагодатских заводов («Горн. журн.», СПб., 1839, с. 68), открытие это сделано маркшейдером Н. Волковым.

⁵ Голяховский, 1826, с. 103 и сл.

⁶ См. Кеммерер, 1826, с. 150.

⁷ Breithaupt, 1833, с. 1 и сл.

83. Переходя к обзору месторождений платины на Урале, можно отметить, что их надо ждать всюду в области распространения оливиновых пород, по-видимому специально *дунита* (§ 77)¹. Всяду, где есть дунит, реки платиноносны. Самородная платина найдена в самом дуните и в хромитах. В небольших количествах ее находят в перидотитах (гарцбургитах и лерцолитах), в габбро и в оливиновом пироксените. Это более редкий тип². Можно ждать ее нахождения на Крайнем Севере – по р. Иоутынью, где констатирован Е.С. Федоровым выход оливиновых пород³.

Выделение платины принадлежит к среднему палеозою, когда выходили дуниты⁴. В небольших количествах она находится во всех золотоносных россыпях восточного склона Урала. Севернее Денежкина Камня (Салатинский хребет и т.д.) в дунитовых массивах Дюпарк⁵ не нашел платины.

Самым северным месторождением платины будут находки ее в *Пермской губ.*, в *Верхотурском у.*, в *Лялинской даче*, в россыпях вместе с золотом, в одинаковом с ним или даже большем количестве по рекам Тосемье и Локсосу, притокам р. Ушмы и по р. Петропавловской (впадающей в Лозьву). Эти реки берут начало в оливиновых грядках Чистоба и Хой-Эквы⁶. Она наблюдается и на границе с Южно-Заозерской дачей (бассейн Ивделя). Небольшие количества ее известны в золотых россыпях в *Северно-Заозерской даче*⁷. В *Южно-Заозерской даче* платина найдена в хромите из дунита Денежкина Камня. Платиноносные россыпи известны по Малой Сольве, на западном склоне Денежкина Камня. Здесь, в кристаллах хромита из развитого в районе россыпи дунита, найдены следы платины. В россыпях по Шагультинскому увалу Pt встречается в одинаковых количествах с золотом. На севере, на границе с Лялинской дачей, она найдена по рекам Тальтии, Шапше и Южной Тошемке (бассейн Ивделя)⁸. В *Богословском окр.*, по приискам р. Киршина, притока р. Ваграны⁹, р. Травинки¹⁰ и др. В округе платина встречается в незначительных количествах во многих золотоносных россыпях, наиболее крупная – по ложкам р. Заболотной, иногда в сростании с золотом¹¹, например, в Березовской россыпи, где платина всегда облекала золото¹². Платина, по мнению Федорова и Никитина (1901 (3), с. 97–98), получилась от разрушения нижнедевонских туфовых сланцев, куда она попала при размывании старинных коренных месторождений. Этому, однако, прямо противоречит ее

¹ Виды на будущее на Урале связаны главным образом с возможностью открытия или использования мелких смешанных (с золотом) россыпей (главным образом элювиальных). «Надежды на открытие новых районов более или менее крупных чисто платиновых россыпей почти нет» (Левинсон-Лессинг, 1921, с. 8). По пространству платиносодержащие россыпи иногда очень велики: по Ису – 57 км, Туре – 88 км, Вые – 52 км и т. д. (Левинсон-Лессинг, 1921, с. 9).

² Дюпарк и Тихонович, 1920, с. 38–40; Высоцкий, 1913, с. 115 и сл.; 1923.

³ Высоцкий, 1903, с. 554.

⁴ Высоцкий, 1913.

⁵ Диракс, 1911, с. 6, 44.

⁶ Федоров, 1894, с. 89; Высоцкий, 1903, с. 554.

⁷ Попов, 1908, с. 218.

⁸ Левинсон-Лессинг, 1900, с. 69–70.

⁹ Нефодьев, 1871, с. 22.

¹⁰ С золотом и киноварью. – «Горн. журн.», 1832, I, с. 170.

¹¹ Е. Федоров и В. Никитин, 1901 (2), с. 15.

¹² М. Карпинский, 1840 (2), с. 225.

срастание с золотом. К тому же проф. Щеглов указывает, что в прожилках асбеста серпентинов из Коптяковского прииска (на Лобве) он нашел в коренном месторождении Au, Cu и Pt (ср. § 77); близкие к Коптяковскому прииску россыпи (Андреевская) бедны платиной¹.

Южнее, в *Вагранской* и *Знаменской* дачах, платина находится в виде приреси, в большем или меньшем количестве, в золотоносных россыпях (см. золото). Коренные выходы платины Дюпарк² указывает на р. Вагранке; из них – россыпь по р. Травинке (приток р. Вагранки). В *Соликамском* и *Верхотурском уездах* в *Растесской* и южнее – в *Николае-Павдинской* дачах россыпи платины находятся в связи с дунитом. В Растесской и Павдинской дачах Дюпарк различает коренные месторождения: 1) Тылай-Каньяковское с платиноносными речками Иовом и Полудневой и 2) Косьвинский Камень. Здесь два коренных выхода – на западном склоне Косьвинского Камня (Логвинская, Сосновки) и на восточном склоне Камня (Кытлымы и т.д.). Третьим коренным выходом будут Каменушки. Здесь в северной части платина давно известна³; платиноносные россыпи наблюдаются вдоль речек, стекающих с Косьвинского, Тылайского и других Камней, как на западном склоне по Сосновкам (бассейн Тылая), Малой Косье, так и на восточном – по Кытлымам (бассейн Лобвы), Каменушкам (бассейн Нясьмы). Платина в россыпях Малой Косьвы очень окатана. Мощность платиноносного слоя 0,8–2,1 м. Россыпи не очень богатые – по Кытлымам (мало окатанная Pt) 1,7 г на 1 т. По Каменушкам – элювиальные россыпи. Связана с перидотитовыми породами (дунитом, развитым, например, на Соколиной горе). Местами (например по Каменушкам – в сростках) с хромитом⁴.

Уже в южной части *Николае-Павдинского окр.*, затем в *Гороблагодатском (Верхотурского у.)* и *Бисерском (Пермского у.) окр.* расположены богатые россыпи *Исовского района*, но Ису, Вые и Туре и их притокам, описанные раньше (§ 79). В Исовском районе, Шуваловской даче, наблюдаются два коренных выхода самородной платины: 1) Воресовский увал (реки Покапы, Простокишенки, Березовка и т.д.) и 2) Светлый бор (Косья и Ложки, впадающие в Ис). Район Иса питается обоими выходами. Добыча из россыпей здесь началась в широких размерах с конца 1860-х годов, причем по мере увеличения разработки процент платины в породе уменьшается. Общая схема строения россыпей дана раньше. Можно еще отметить, что иногда платины больше всего в середине слоя (Капитоновский прииск) или в верхней его части (Исовский, Троицкий, Богоявленский и другие прииски). Кое-где наблюдаются два платиноносных слоя, разделенных пустою породою (Бушуевский, Алексее-Ольгинский по Малой Осокиной)⁵. Есть россыпи, приуроченные к старицам (по Ису – Старичный прииск и др.). Окатанность зерен платины увеличивается по мере приближения к устью Иса. Так, платина верхних приисков – Усть-Косьвинского, Елизаветинского, Александровского и др. –

¹ М. Карпинский, 1840 (2), с. 226–227, Щеглов, 1827, с. 513.

² Dupauc, 1911, с. 5.

¹⁰ Около Волчанского зимовья; М. Карпинский, 1833. с. 188.

⁴ Таль, 1871, с. 429; П. Кротов, 1888, с. 278–522 (по данным В. Новокрещенных); Зайцев, 1892 (2), с. 77; Г. Михайловский, 1898, с. 33–34; Dupauc, 1903, с. 387 и сл.; Зайцев, 1898 (1), с. 50; Высоцкий, 1903, с. 552.

⁵ Зайцев, 1898 (1), с. 44–45.

шероховата, в «кожухе», нередко крупная, весом до 4 г; уже с Артельного прииска зерна ее мельче и более окатаны, а в приисках Идей, Воскресенском и пр. они уже все плоские, мелкие, окатанные. Большая часть платины долины Иса «светлая». Элювиальная платина богата железом (т.е. ферроплатина, ср. § 81). Особняком стоят выработанные россыпи (до $\frac{1}{3}$ Pt на $\frac{2}{3}$ Au) по р. Орулихе, притоку р. Баранчи¹.

Южнее Исовского района, в *Верхнетуринской даче*, платина встречается как спутник золота в аллювиальных россыпях по рекам Большой и Малой Имянным, по Туре (Турьинский прииск – в области известняков)². Слабо платиносны некоторые притоки р. Салды (Малый Чирок, Айва и др.). Здесь платина связана с серпентинитами и, невидимому, богата осмистым иридием³. Платины в лучшие годы добывалось около 16–50 кг в год. В *Кушвинской* и *Баранчинской дачах* платиновые россыпи находятся по притокам р. Тагила (Орулихе, Сухому логу, впадающему в Баранчу около Лай)⁴. В *Нижне-Тагильском окр.* (§ 79) россыпи связаны главным образом с дунитами, но иногда с пироксенитами и с габбро. Россыпи – обычного типа (открыты в 1825 г.). Длина их 85–150 м, ширина 6–10 м, толщина платиноносного слоя до 3 м. Чрезвычайно характерно отсутствие в этих россыпях кварца и магнетита, столь обычных во всех золотоносных россыпях Урала. Иногда россыпи принимают характер конгломератов (например, Авроринская увальная россыпь, Висимская россыпь)⁵. Одним из самых богатых является Суховисимский прииск, разрабатывавшийся с 1825 по 1840 г. и давший больше 6 т (6,4 т) платины⁶. В определенных россыпях (лог по Большой Шульпихе, Пунков лог и т.д.) попадает полярномагнитная платина. В определенных россыпях (Мартьяновской, Сырковской) попадались самородки до 8 кг весом. С пироксенитами (или, может быть, с уралитизированным габбро) связаны месторождения в Тагильской даче по Кедровке (впадает в Белую Выю) и, может быть, Каменке Облейской (впадает в Черноисточенское озеро). Выходы пироксенитов незначительны. В Черноисточенское озеро впадает ряд платиноносных ручьев, стекающих с габбрового массива. Дюпарк⁷ считает, что бывшие здесь пироксениты, давшие начало платине, резорбированы полевошпатовой породой. Некоторые россыпи бассейна Тагила (по Магдаре, Вые, Токовой и др.) связаны с выходами серпентинитов и практического значения не имеют.

В *Екатеринбургском у.* платина известна в золотоносных россыпях, связанных с выходами оливиновых пород, в виде примеси (с осмистым иридием) к золоту, в дачах заводов: *Невьянских* (по Нейве, выше Быньговского завода)⁸, *Верх-Исетских* (например в Верхне-Тагильской даче по р. Шайтанке,

¹ Бурдаков и Гендриков, 1896 (2), с. 17.

² Сивков, 1836, с. 255 и сл.

³ Dupař, 1911, с. 67.

⁴ О платине в бассейне р. Баранчи, связанной с пироксенитами, см. Кондыкин, 1911, с. 328 и сл.; Dupař, 1910; 1911, с. 54 и сл.; Левинсон-Лессинг, 1909, с. 427 и сл.

⁵ Щуровский, 1841, с. 319; Зайцев, 1898 (1), с. 43. О сопровождающих платину породах и коренной платине Нижне-Тагильской дачи см. Заварицкий, 1909, с. 189 и сл.

⁶ Колтовской, 1846, 282–283. Здесь, на с. 247 и сл. обзор Нижне-Тагильских россыпей.

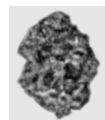
⁷ Dupař, 1911, с. 61.

⁸ Краснопольский, 1906, с. 84.

по ключу Студеному, р. Теплогорке, р. Шишиму¹, *Алапаевских, Билимбаевских* (по Черному Шишиму и т.д.)², в бывшем Екатеринбургском окр., в Березовске (§ 76). В этом округе ее меньше, чем где-либо в области золотоносных россыпей Урала, и она здесь произошла из жильных месторождений золота³ (ср. § 115). В *Сысертском окр.*, в Полевской даче, по рекам Омутной, Большой и Малой Крутояркам, притокам р. Чусовой, платина тесно связана с оливиновыми породами, частью крупная (Омутная), неокатанная, иногда в сростании с хромистым железняком и роговиковыми выделениями, частью тонкая и обтертая (Крутоярка). Действует на магнитную стрелку. С ней встречается сильно обтертое золото; осмистый иридий не наблюдается⁴. В *Кыштымском окр.* добывалась в Сунурском прииске, по р. Сак-Элга⁵. Встречается в золотоносных россыпях, например, в Соймоновской долине⁶.

Гораздо реже встречается на Южном Урале, в *Оренбургской губ.* В *Троицком у.*, в *Миасской даче*, замечена в золотоносных россыпях⁷, особенно в россыпях, лежащих на серпентине (Мариинский прииск, Каскиновский рудник). В Наралинских горах, богатых серпентином, и платины в россыпях больше (прииски Рождественский и Воронцовский⁸). Между тем в золотоносных россыпях, почва которых состоит из глинистого сланца или зеленокаменных пород, платины очень мало (прииски Павло-Петровский, Петропавловский, Миястовский и т.д.). То же самое наблюдается и по отношению к Наралинским горам – здесь, по мере удаления от области серпентиновых пород, платины меньше (прииски Мулдаковский, Свято-Ивановский, Николаевский) и на большом расстоянии она совсем исчезает из золотоносных россыпей. В небольшом количестве платина с осмистым иридием встречена в Балбукских золотых россыпях. Здесь, в Каратабыно-Баратабынской даче, по р. Казнахте изредка встречаются самородки (рис. 22).

Рис. 22. Самородок платины с р. Казнахты Троицкого у. Оренбургской губ.
Коллекция Московского университета. Доставлен И.Г. Жуковским. 1/1



В *Верхнеуральском у.* мелкая платина известна по р. Койсаку⁹, Наблюдалась она по рекам Ташкутарганке, Черной, Атляну. Около Варшавской станицы добывается до 200 г в год¹⁰. В *Орском у.* встречена в россыпях золота по верховьям рек Уртазыма, Танальска, Сакмары. Всюду находится в связи с выходами оливиновых пород.

¹ В. Никитин, 1907, с. 150.

² Рогов, 1874, с. 45.

³ Было бы чрезвычайно интересно проанализировать платину из Екатеринбургских золотых россыпей.

⁴ Коллекция Академии наук. По указанию В. Крыжановского. Добыто в 1905 г. 40 кг. См. И. Попов (сост.), 1908, с. 223.

⁵ Энгельгардт, 1829, с. 71. По указаниям Г. Гельмерсена.

⁶ G. Rose, 1842 (1), с. 144.

⁷ Энгельман, 1838, с. 384; М. Карпинский, 1840 (1), с. 66 и сл.

⁸ М. Карпинский, 1840 (2), с. 225.

⁹ Стражевский, 1841, с. 5.

¹⁰ Высоцкий, 1903.

Запасы платины на Урале еще не могут быть определены. Выше 65° с.ш. (588 км в длину) Урал совсем не изучен, и большая часть указанных выше месторождений также не исследована – платина в них лишь констатирована.

84. В Сибири платина нигде не встречена в большом количестве, но наблюдалась в очень многих местностях в золотоносных россыпях (на Алтае, по Гельмгаккеру, составляет 1/4000 Au).

В *Тобольской губ.*, в мало изученной северо-западной части, найдена в золотоносных россыпях на склонах Уральского хребта, например по р. Арвынье, притоку р. Маньи (впадает в Сосьву)¹.

В *Томской губ.*, на *Алтае*, в *Томском у.*, – в небольших количествах в золотых россыпях, например по р. Пичугиной², притоку р. Ура³, в Егорьевской золотоносной россыпи по р. Фомихе (бассейн Суенги), правильные октаэдры и кубы⁴, около Пезасской россыпи (Прокофьевский ключ, бассейн Нижней Терси)⁵. В россыпях системы рек Кочуры, Чулыша и др. (бассейн Кондомы)⁶, по р. Корычлану и др. (бассейн Мрассы)⁷. В *Мариинском у.*, в россыпях на Троицком (по р.Талановке)⁸, Чебулинском⁹ и Воздвиженском промыслах¹⁰ (бассейн Кии), Рахилевском золотоносном прииске по р. Троицкой (бассейн Кии)¹¹, по Бирикулю (бассейн Кии; коллекция Петербургского университета), Московском золотоносном прииске¹², по притоку р. Кёёре¹³. Изредка в Ала-Тау¹⁵ (система р. Балык-Су). В *Бийском у.*, на Царево-Александровском прииске (по р. Большому Каучуку, бассейн р. Лебеди)¹⁴, в россыпи Петровке наблюдалась платина в кристаллах с золотом¹⁵.

В *Енисейской губ.*¹, в *Енисейском у.*, по р. Тыгину (Воскресенский прииск Переpletчикова), по р. Малой Пенченге (Благодатный прииск Лопатина, бассейн р. Пита)¹, по р. Большому Шааргану, в золотоносной Михайловской россыпи (коллекция Академии наук; поступила от И. Лопатина), по р. Большой Мурожной (Константино-Еленинский прииск), по р. Енашимо (Ново-Мариинский прииск Григорова) и т.д. В Северо-Енисейской тайге известна самородная платина с р. Нойбы¹⁶. В *Южно-Енисейском горном округе* шлиховая платина встречалась в Аполлинариевской золотой россыпи по р. Урумку, притоку Удерея¹⁷. В *Ачинском у.*, в вершинах Белого, Черного и Большого Юса. По р. Изикиюлю (система р. Юса) попадают крупинки

¹ Коллекция Московского университета. Доставлена Д.И. Иловайским.

² Гельмерсен, 1848, с. 23.

³ Соколовский, 1834, с. 207.

⁴ Эйхвальд, 1844, с. 104; Чихачев, 1845, с. 263.

⁵ «Горн. журн», 1844, II, с. 224.

⁶ Ковалевский, 1836, с. 204; Семенов, 1837, с. 253. Ср. *Helmhacker*, 1891, с. 160, 365, 467.

⁷ Семенов, 1837, с. 253. Зерна платины «нередко бывают тесно соединены с зернами золота». Ср. *Helmhacker*, 1891, с. 160, 373 (золото), 467.

⁸ Коллекция Томского университета. Немагнитна (по указанию П. Пилипенко).

⁹ Зайцев, 1893 (2), с. 466.

¹⁰ Ковалевский, 1836, с. 202.

¹¹ Мамонтов, 1907, с. 46. Преобладает осмистый иридий.

¹² Пранг и Ярославцев, 1861, с. 336.

¹³ *Helmhacker*, 1891, с. 160–161 (Ала-Тау), 467 (Кёёре).

¹⁴ Еремеев, 1887, с. 283; 1898, с. XV – в руднике «Благодатном» (кубы).

¹⁵ *Иностранцев*, 1906 (2), с. 291.

¹⁶ Ячевский, 1909, с. 66. В коллекции Петербургского университета.

¹⁷ Мейстер, 1904, с. 108.

до 1 г¹ (приток р. Шестикхема, бассейн Енисея). В *Минусинском у.*, в Инокентьевском прииске, по р. Алгиаку², платина встречена также в системе р. Енбижека³. Небольшие и мало окатанные самородки – в разных россыпях *Усинского окр.*⁴; с р. Койлика (приток р. Теплой; коллекция Академии наук). В отрогах Куртушибинского хребта, в районе выходов оливиновых габбро или серпентинитов по рекам Большому и Малому Хайлыкам, по Ивановке и Сейлихему, в золотоносных россыпях встречается платина и главным образом осмистый иридий. На Ивановке встречен платиновый самородок в 2,5 г⁵. По И. Рачковскому, – в системе р. Золотой. Есть ряд указаний на платину с осмистым иридием с р. Саксыра⁶.

В *Иркутской губ.*, в *Иркутском у.*, по р. Сарахе, притоку р. Оки⁷. В песке р. Онота (§ 63). В *Нижеудинском у.* – по Биргосе⁸.

В *Забайкальской обл.*, по р. Джде, – платина, сроставшаяся с осмистым иридием, и в *Баргузинском у.* (в тайге)⁹.

В *Амурской обл.* небольшое количество платины указывается в золотых россыпях бассейна Малого Олдоя (по р. Аячи) и на золотых приисках системы р. Бомы¹⁰.

По Олдою обширный массив, очень напоминающий платиноносные места Урала, сложен из оливинового габбро-норита, богатого дунитом¹¹.

По указанию Э. Анерта, платина наблюдалась, по-видимому, на Андреевском прииске, в бассейне р. Сурама, система Алдана. Может быть, есть и по р. Мамыну¹².

На *Камчатке* платина указывается Оводенко¹³ как сомнительная.

В *Якутском музее* имеются некоторые образцы местной платины¹⁴. Золото по Вилюю, вблизи с. Сунтары, сопровождается металлом платиновой группы¹⁵.

В *Средне-Азиатской России*, для *Сыр-Дарьинской обл.*, *Ташкентского у.*, была заявка¹⁶.

В *Семиреченской обл.*, в *Джаркентском у.*, о редком нахождении платины приводит указание Вебер (1917, с. 75–76). Он ссылается на Брусницына (1892, с. 465). Есть еще указание Г.С. Карелина 1841 г.: «По уверению кирги-

¹ *Helmhacker*, 1891, с. 161; 1898. Есть реферат в «Вестнике золотопромышленности», 1898 и 1899.

² *Еремеев*, 1898, с. 15.

³ *Ячевский*, 1909, с. 65.

⁴ Сообщено П.К. Алексатом (1905) по указанию горного инженера Д.Н. Степанова. По определению Г. И. Касперовича, удельный вес мелкого самородка 18,6.

⁵ *Порватов*, 1915, с. 268. Ср. для Усинского края – *Коровин*, 1915.

⁶ *Ячевский*, 1909, с. 65.

⁷ Коллекция проф. И. Ауэрбаха в Институте сельского хозяйства в Петровско-Разумовском (сообщено Я. Самойловым). Ср. *Helmhacker*, 1891, с. 161 (р. Тукша).

⁸ *Helmhacker*, 1891, с. 160–161.

⁹ *Реутовский*, 1905 (1), с. 478.

¹⁰ *Львов*, 1913, стр. 206; *Реутовский*, 1905 (1), с. 451. Ссылка на Риппаса.

¹¹ «Изв. Геол. ком.», 1914, с. 145. По указанию Я. Макарова.

¹² *Ячевский*, 1909, с. 68.

¹³ *Оводенко*, 1913, с. 127.

¹⁴ *В. Николаев*, 1913, с. 73.

¹⁵ *К. Егоров*, 1916, с. 20.

¹⁶ *Андреев*, 1912, с. 102.

зов, в вершинах р. Каратала попадало много серебра и зерна белого металла, который ни они, ни китайцы не могли расплавить»¹.

В Финляндии, в Улеборгской губ., в Лапландии, платина была найдена сперва в 1870 г. в золотоносных песках по р. Ивало². Можно было убедиться, что она находится в россыпях Финской Лапландии в немногих участках, где сконцентрировано богатое золото, вблизи выхода золотоносных жил³. Она была найдена во многих россыпях, кроме Ивалоюки (например, в Гангасойа и Люттойоки), в ничтожных количествах. Наконец в последнее время ее удалось найти вместе с Au в коренном месторождении, в своеобразных кварцево-сидеритовых жилах, — местами в большем количестве, чем золото⁴.

85. Иридий, иридиястая платина, палладий в России. Первые два тела являются обычными спутниками платиновых и осмиево-рутениевых минералов. В небольшом количестве они очень часты в платиновых россыпях Урала (§ 83). Сент-Клер Девиль и Дебрэ нашли их в большинстве осмистых иридиев и «платиновых остатков» Урала⁵.

Так, они известны в Пермской губ., в Невьянских, Нижне-Тагильских и других россыпях⁶. В Гороблагодатских россыпях встречены зерна, сросшиеся с хромистым железняком⁷.

В Оренбургской губ., в Троицком у., — в Нижне-Миасском золотом прииске⁸.

В Сибири, в Енисейской губ., по р. Огне, притоку р. Енашимо (бассейн Подкаменной Тунгуски), — в Гавриловском золотом прииске Рязановых. В Мариинском золотом прииске (по Севагликону, бассейн Енашимо) — иногда тетраэдры и октаэдры⁹.

Самородный палладий указан в платиновых россыпях на Урале¹⁰.

86. Труд человека. Эта группа минералов служит единственной рудой, откуда добываются в настоящее время столь важные в культурной жизни человечества платина и платиновые препараты. Отчасти из них же добывают иридиевые и осмиевые соединения.

Платина известна была еще в древности¹¹. На это, несомненно, указывают не только ясные и едва ли иначе понимаемые описания древних писателей,

¹ Линский, 1905, с. 119.

² A. Nordenskiöld, 1870 (2), с. 336.

³ По Сведелиусу, см. Sarlin, 1902. Ср. Fircks, 1906 (1).

⁴ Fircks, 1906 (1), с. 26.

⁵ Они считают это тело особым сплавом Ir, Pt и Rh, не соединяя его с иридийной платиной Берцелиуса и Сванберга. См. H. Sainte Claire Deville et H. Debray 1859, с. 467. По-видимому, эти тела включены в платину и получаются при растворении ее зерен (§ 70).

¹⁰ Об уральских см. Breithaupt, 1833, с. 1 и сл.; 1835, с. 526; C. Rose, 1842 (1), с. 396; Еремеев, 1879, с. 155 и сл.

⁷ Schüller, 1833, с. 407. О гороблагодатской иридийной платине см. Козицкий, 1844, с. 170–171.

⁸ Коллекция Московского университета.

⁹ Еремеев, 1887 (2), с. 283; 1898, с. XV–XVI.

¹⁴ Breilhaupt, 1826. Уд. вес 12,93, 13,2; 1833 с. 1. Helmhacker, 1898 (1), с. 470. Не γ-палладистая платина? (§ 80). Этот «палладий» не изучен. В Нью-Йоркском музее хранится из коллекции Бемента довольно большая (до 1,5 см) пластинка, сплюснутая искусственно из самородка палладия на Урале. Требуется проверка.

¹¹ Картиновис (Cartinavis, 1760) первый указал на вероятное знакомство греков и римлян с платиной. Об этом см. еще Revers, 1827. F. Höfer, 1842, с. 140; Schweigger, 1835, с. 385 и сл.; 1848. Перевод первых работ по платине был издан в сборнике: «La platine, l'or blanc et le huitieme metal», Paris, 1758.

Анонимный редактор сборника, один из учеников Руззля, дал к нему любопытное предисловие.

например Плиния¹, но и археологические находки, правда очень редкие. Так, в обработанном виде, в изделиях найдена платина, богатая Ir, в Древнем Египте². Едва ли платина имела большое распространение в классическом мире. Она встречалась попутно, вместе с золотом. Точно так же мало известно ее употребление в Египте, ибо история металлов в Египте мало разработана, и мы имеем для них ряд названий, значение которых нам непонятно. Нельзя не отметить, что платиновые россыпи в Южной Абиссинии (§ 80) соприкасаются с местами, откуда в древности шло в Египет золото³.

Как бы то ни было, платина была забыта после распада Римской империи. Она была вновь встречена впервые испанцами вскоре после открытия Америки, в поисках за золотом, по-видимому уже в первые десятилетия после открытия Перу. По крайней мере, уже у Скалигера (ум. в 1558 г.) мы имеем ясные указания на знакомство с платиной. Скалигер⁴ указывает, что в россыпях «латуни» (*fodina aurichalci*) между Мексикой и Дариенским перешейком встречен металл, который никаким путем не мог быть расплавлен испанцами. Однако позже так или иначе эта задача была решена, ибо в первой половине XVIII столетия платина попадала в руки ученых уже в обработанном виде. В таком виде имел ее, вероятно, известный физик начала XVIII столетия с'Гравезанд. Ибо с'Гравезанд имел в своем распоряжении кусок металла, более тяжелого, чем золото⁵.

Однако в научной литературе первые более точные указания о платине появились лишь в середине XVIII столетия. В это время, в 1748 г. Уллоа⁶ в описании своей поездки в Перу в 1735 г. указал на ее нахождение в золотоносных россыпях в Чоко, в современной Колумбии, а Вуд сообщил Королевскому обществу в Лондоне в 1750 г. о разнообразных опытах, сделанных им на несколько лет раньше, подтвержденных Браунриггом и Уотсопом и указывавших на своеобразную металлическую природу этого тела⁷. Одновременно опубликовал свои наблюдения в Стокгольме Шеффер, исследовавший материал, привезенный в 1750 г. Руденшельдом⁸. Шеффер впервые

¹ Плиний, 1819, с. 127. Другое толкование этих мест см. *H. Kopp*, 1847. с. 221.

² *M. Berthelot*, 1906 (1), с. 35 и сл. В VII веке до н.э.

³ Любопытно, что один из неизвестных древних египетских металлов—«белое золото» (не электрум)—носит то же самое название, каким абиссинцы теперь называют платину (белое золото). Об этом «белом золоте» Египта см. *Brugsch*, 1891, с. 400. Бругш доказывает, что это не был электрум (который тоже называется белым золотом), но никак его не объясняет, думая видеть в нем другой сплав Ag + Au. Различение двух разных сплавов Ag и Au явно невероятно. Не была ли это платина? Старинным названием платины в Древнем мире тоже было «белое золото». Так описал платину и Шеффер в 1752 г.

⁴ *Scaliger*, 1582, с. 323. См. исторический очерк *Vandevelde*, 1920, с. 331. В Южной Америке платина известна с 1520–1530 гг.; она употреблялась для тарирования весов вместо свинца и т.п. — *Boussingault*, 1903, с. 7.

⁵ Первые исследователи платины, например, Уотсон, определенно на это указывают: *W. Watson*, 1752, с. 585, 587. С'Гравезанд получил свой кусок не из Америки, а из Восточной Индии. См. «*La platine etc.*», Paris, 1758, с. 13. Таким образом, платина из Азии была известна раньше американской.

⁶ *Ulloa*, 1748, с. 606.

⁷ Статьи: *Brownrigg*, 1752 и *W. Watson*, 1752. В руки испанского правительства она попала также в 1750-х годах (через Уллоа?). Исследование ее было поручено Боулесу; см. *Bowles*, 1776, с. 180.

⁸ *Scheffer*, 1752, с. 269 и сл., 274 и сл.

подчеркнул элементарную природу этого тела, как нового, восьмого в то время металла.

Открытие самородной платины возбудило большое внимание, так как оно колебало господствующую научную теорию благородных металлов. Оно нанесло удар одной из основных идей, связанных с получение золота, ибо золото, синтетически получать которое стремились алхимики, считалось в это время самым тяжелым металлом. Задача его получения сводилась более глубокими теоретиками к уплотнению материи. Казалось, она будет разрешена, если будет получен металл одинакового с золотом удельного веса. В более тяжелой, чем золото, но резко от него отличающейся платине неожиданно нашелся металл, разбивавший все эти теоретические предположения. В старинной литературе второй половины XVIII века эти далекие нам интересы проходят красной нитью, выступают на первое место.

87. В Южной Америке платина была известна давно уже потому, что месторождения Ионама, Тамана и Сипи, где она разрабатывалась с начала XVII столетия, содержат в россыпи золото и платину почти в равном количестве¹. Очень вероятно, что она была известна древним туземным племенам² и от них местные испанские металлурги и ремесленники научились ее плавить много раньше, чем этого добились ученые химики Европы.

Так или иначе, платина попала в Европу не только в самородном состоянии, но и в изделиях – ювелирных вещах и т. п. Ее также прибавляли по весу к золоту (она ценилась на месте по весу за $\frac{1}{2}$ серебра), отделять от которого не умели и отличать примесь обычными приемами не могли. Такая порча золота вызвала борьбу с платиной испанского правительства, сделавшего в 1735 г. распоряжение бросать всю платину в реки Боготу и Кауку под контролем королевских чиновников³. После поездки Уллоа, в 1773 г., эта мера была отменена – платину велено было сдавать в казну. В 1788 г. за эту платину стали платить деньги, и она шла в испанском монетном дворе на подмесь к монете⁴.

Сделавшаяся было более редкой, к концу века платина стала, благодаря прекращению ее уничтожения, более доступной. В 1772 г. и в Европе Зиккинген нашел способ готовить платиновые пластинки и проволоку. В 1784 г. Ашар приготовил первый платиновый тигель. Постепенно началось техническое применение платины – сперва Шабанон в Испании⁵, позже ювелир Ждынети в Париже начали готовить научные приборы из платины. Их приемы работы, так же как условия обработки Бреона и Волластона в начале XIX столетия, держались в строгом секрете. Скоро применение платины

¹ Левинсон-Лессинг, 1921, с. 1.

² W. Watson, 1752, с. 588. Есть указания на то, что оплавленные куски платины служили предметом поклонения. Ср. Bournov, 1813, с. 400. В округе Бушвельд она найдена в хромитах, аналогично Уралу. Об этом см. A. Hall a. W. Humphrey, 1909, с. 76.

³ Berthollet et Pelletier, 1792, с. 21; Соболевский, 1827 (1), с. 4; B. Neumann, 1904, с. 356. По исчислению Гартмана (1831), в год выбрасывалось платины при добыче золота и алмаза в Борнео не менее 250 кг (Hartmann, 1842, с. 529).

⁴ B. Neumann, 1904, с. 356.

⁵ Шабанон привез большие слитки платины в Париж около 1784 г. (Berthollet et Pelletier, 1792, с. 26). По-видимому, Шабанон знал способ ее обработки, которым пользовались испанцы в Америке.

стало больше. В 1808 г. появились впервые большие сосуды из платины во Франции, для изготовления серной кислоты¹. В 1827 г. русские ученые Соболевский и Любарский нашли, независимо, способ обработки платины и опубликовали его, а вскоре был открыт секрет Волластона, после его смерти².

Вначале употреблялась исключительно платина, которая добывалась в Чоко, в Новой Гренаде, где, по исчислению Канкрюна при введении платиновой монеты в России, добывалось ее в год 650 кг (1828)³. В 1828 г. была введена в России чеканка платиновой монеты, и под ее влиянием за период ее существования (1828–1845) происходила усиленная добыча платины на Урале, главным образом в Нижне-Тагильских россыпях. Всего за этот период добыто на Урале платины до 33 т. В это время русская платина шла исключительно для монеты и спрос на платину для техники и научных целей удовлетворялся на Западе южноамериканской платиной⁴. Прекращение в 1845 г. чеканки монеты вызвало кризис в платиновой промышленности России, но вскоре работы Сент-Клер Девиля и Дебрэ (1852–1857) привели к полному изменению металлургии платины, и спрос на нее значительно увеличился. Платиновая промышленность, благодаря значению платины как в научных потребностях, так и в медицине (зубоврачебном искусстве и т.д.) и в технике (главным образом в химической и электрической промышленности), постоянно растет. На первое место выступила уральская платина, особенно после того, как накопившиеся в государственных учреждениях Россия запасы чистой платины, вследствие прекращения чеканки монеты, были проданы по относительно дешевой цене за границу, куда уходила и уральская сырая платина (главным образом в английский дом Джонсон, Маттэ и К^о) после разрешения ее вывоза в сыром виде в 1867 г.⁵

И в настоящее время платина добывается главным образом на Урале – большей частью в округах Гороблагодатском, Бисерском, затем Нижне-Тагильском⁶. Здесь с 1824 по 1905 г. добыто около 200 т платины⁷, а в Колумбии с 1737 по 1900 г. всего 16–20 т⁸. В 1904 г. мировая добыча платины достигала, по официальным сведениям, около 6,3 т, из них 6 т с Урала и 0,3 т из Южной Америки⁹.

¹ Нейман (*B. Neumann*, 1904, с. 355) указывает, что первый сосуд сделан в 1809 г. английской фирмой Джонсон, Маттэ и К^о и весил 13 кг.

² См. историю отделения платины у *Соболевского*, 1827 (2), с. 87 и сл.; об очищении и обработке сырой платины: 1827 (1); 1835, с. 525 и сл.

³ По Соболевскому, не более 410 кг (*Соболевский*, 1835, с. 525).

⁴ Шнейдер, 1903, с. 5 и сл.; *Гендриков*, 1900 (1); *Гулишамбаров*, 1905.

⁵ После того, как закон 5.II.1862 г. о восстановлении чеканки платиновой монеты не был приведен в исполнение. Об этом см. *Гулишамбаров*, 1905, с. 38–39.

⁶ См. о современном положении платинового дела, сверх указанных раньше, – *Е. Барбот де Марни*, 1903, с. 29 и сл.

⁷ *Гендриков*, 1900 (2), с. 75; *Шнейдер*, 1903, с. 9; *Гулишамбаров*, 1905, с. 5; *И. Попов*, ред., 1908, с. VI. Эта цифра несомненно ниже действительной. Ср. прим. 1 на с. 115. С 1825 по 1900 г., по другим указаниям. – 157,2 т (*B. Neumann*, 1904, с. 361).

⁸ *B. Neumann*, 1904, с. 362.

⁹ *D. Day*, 1906, с. 359–360. Эти цифры ниже действительных. Ср. *Гулишамбаров*, 1905, с. 73–74. Ибо потребление платины превышает втрое ее мировую добычу. Вероятно, в России добывается не 6 т, а не меньше 8–9 т. Платина идет и из Абиссинии (§ 80), где она продается, по указанию А. Мягкова, в гаванях Красного моря. Эта платина совершенно не учитывается.

В 1911 г. мировая добыча платины составляла 6,14 т, из них на долю России пришлось 5,77 (93,1%), Колумбии 0,37 (6,1%). В России добыто платины (в т)¹:

1843–3,5	1883–1,9
1853–1	1893–5,1
1863–2,15	1903–6
1873–1,5	1913–5

Несмотря на все поиски, до сих пор не найдены новые источники платины. Повышение цен в 1906–1907 гг. привело лишь к попыткам разрабатывать коренные уральские месторождения. Из платиновых стран можно лишь иметь в виду Абиссинию, Борнео, Колумбию, может быть Канаду и Индокитай. Ныне известные месторождения Бразилии не имеют практического значения ввиду малого количества находящейся в них платины, но надежда на новые находки не может считаться вполне исчерпанной². Под влиянием высоких цен на платину в Северо-Американских Соединенных Штатах с 1904 г. было обращено серьезное внимание на нахождение платины в золотоносных шлихах. В результате, в Калифорнии и Орегоне вместо 0,03 т в 1903 г. добыто в 1904 г. 0,06 т³. Вся мировая добыча платины до конца XIX века едва ли достигала 240–250 т.

Платина, собираемая человеком, постепенно истирается и рассеивается вследствие применения в лабораторной и технической практике. Ее запас постепенно растрачивается.

Являясь почти единственным производителем платины, Россия не сумела воспользоваться своим исключительно благоприятным положением. Переработка платины сосредоточена в Великобритании, отчасти во Франции и Германии⁴.

88. Диагностика. Физические свойства см. § 71. Все разности неплавки перед паяльной трубкой. Они не меняются при нагревании. В царской водке *самородный иридий* и *иридийская платина* неразложимы (отличие от всех других разностей платины, которые переходят при этом в раствор). *Платина*, *β-ферроплатина* и *β-поликсен* после растворения в царской водке дают с нашатырем желтый осадок, тогда как *α-поликсен* и *α-ферроплатина* – оранжевый или бурый от иридия⁵; *α-палладистая платина* очень легко растворяется в слабой царской водке⁶, *β-палладистая* растворяется гораздо труднее и то только в крепкой царской водке; от прибавления нашатыря из этого раствора выпадают желтые октаэдры Am_2PdCl_6 и длинные плеохроичные темно-желтые иглы Am_2PdCl_6 . Цвет *α-* и *β-ферроплатины* черный или темно-серый, *α-* и *β-поликсена* – светло-серый. *Самородный иридий* и *иридийская платина* имеют цвет светло-серый с желтоватым оттенком⁷.

¹ «Общий обзор горной и горнозаводской промышленности», Пг., 1915, с. 77.

² Hussak, 1906 (1), с. 291.

³ D. Day, 1906.

⁴ Долго монополия на платину принадлежала английской фирме Джонсон, Маттэ и К°. С 1903 г. перешла к французской фирме – Индустриальная компания платины. С 1913 г. сделаны попытки государственной регистрации и контроля в России (Левинсон-Лессинг, 1921, с. 19).

⁵ См. Мухин, 1842, с. 108, 134.

⁶ Hussak, 1904, с. 459.

⁷ Для иридийской платины (Борнео) Черник (1912) дает следующие указания: белая, уд. вес 22, 19, тв. 5–6, мало ковкая.

химические соединения – осмистые и рутенистые тела, аналогичные фосфористым или азотистым. Если бы это подтвердилось, то место этих веществ в химической системе минералов должно быть иное и они должны быть перенесены в другую – особую – группу минералов. К сожалению, ни свойства природных тел, ни химия искусственных соединений не позволяют нам сделать это с несомненностью ввиду их малой изученности. А потому будет осторожнее оставить их на том месте, на которое поставила их научная традиция, и рассматривать их как металлические сплавы.

90. Наши знания об этой группе еще более недостаточны, чем это мы видели для природной платины. Даже беглый просмотр порошков природного осмистого иридия ясно указывает нам на чрезвычайную неоднородность относящихся сюда соединений. Уже первые исследователи выделили среди них несколько тел, но только немногие из них изучены химически, и большинство в общем немногочисленных анализов относится к смесям, а не к однородному веществу. В разных местностях наблюдаются различные тела или преобладают те или иные из «зерен» осмистого иридия.

По всей видимости, мы имеем здесь 6–8 различных тел, очень сильно отличающихся по своему химическому составу. Порошок осмистого иридия, как только он попадает в руки исследователя, получается вместе с золотом или платиной при отмучивании из россыпи ее тяжелых частей; иногда при этом остатки бывают обработаны ртутью или царской водкой. Получаемый остаток осмистого иридия различается по цвету и по форме зерен. Оставляя в стороне находящиеся при этом в нем иридистую платину и самородный иридий, точно так же неразложимые в царской водке и очень тяжелые, мы можем различить в этом порошке следующие части:

1) Наиболее легкие (удельный вес максимум 16,445) черные части, сильно окатанные (т.е. более мягкие), без следа спайности. Такие зорна наблюдаются в осмистом иридии из Бразилии и с Урала; в них были найдены Os и Ir впервые Теннантом¹. К сожалению, мы до сих пор не имеем анализа этого вещества² – *осмита*.

¹ *Tennant*, 1804, с. 412; *Berzelius*, 1834 (1), с. 232. Состав этого порошка по описанию не вполне подходит к данным Берцелиуса. Это порошок не светлый, как говорит Берцелиус, а черный, и, по указанию Теннанта, раньше смешивался с графитом («plumbago»). Уд. вес его 10,7. Ср. *Р. Герман*, 1836, с. 233. По Волластону (*Wollaston*, 1805, с. 317), уд. вес. этого порошка в крайнем пределе 14,2. Есть две легкие разности – светлая и темная? Он легче других (Os, Ir) разлагается селитрой; *Laugier*, 1825, с. 295.

² Берцелиус (*Berzelius*, 1834 (1), с. 232) говорит, что он анализировал это тело, но чисел он не дает. По его мнению (*Berzelius*, 1835, с. 178), состав его несомненно отличен от состава обыкновенно уральского осмистого иридия. Берцелиус указывает, что остаток от обработки платины царской водкой, состоящий из осмистого иридия, имеет уд. вес 15,78 (*Berzelius*, 1844, с. 435), но он смешан с хромитом и магнетитом. Эта примесь, может быть, и влияет на удельный вес? Берцелиус (1844, с. 450) считает, что эти зерна «не кристалличны». Это, как мы знаем (§ 70), неверно. Качественная проба этих платиновых остатков из уральской платины, сделанная Дерингом, может быть, была сделана не над вполне чистым веществом. Так же сомнительны числа Германа (57,4% Ir и 42,6% Os); см. *Р. Герман*, 1836, с. 227–228. О сложности «осмистого иридия» см. еще *Черник*, 1912, с. 68. К осмиту, может быть, относится одна из разностей осмистого иридия с Борнео, изученных Черником (разность *f*). Для точного определения ее было слишком мало. Тв. 5–6; уд. вес 14,25; спайность заметна; по цвету напоминала цейлонский графит; хрупка. Приблизительно 10% Ir, 80% Os, 5% Rh (*Черник*, 1912, с. 72, 76–77). По-видимому, Черник наблюдал на Борнео и платинистый невьянскит (разность *f*). В нем было около 60% Ir, 20% Os, 5% Pt и 10% Rh. Уд. вес 19,26, тв. 7, хрупок, ясная спайность.

2) Черного цвета, блестящие пластинки, очень тяжелые. Судя по анализу Сент-Клер Девиля и Дебрэ, это *родистый невянскит*¹.

3) Зерна неправильной формы и небольшие самородки с сильно колеблющимся удельным весом – от 18,6 до 20,5². По анализам Сент-Клер Девиля и Дебрэ, эти тела не содержат рутения, т.е. относятся к *невьянскиту*³.

4) Очень блестящие, с ясной спайностью, светлые зерна, очень твердые – большей частью в виде гексагональных пластинок. Уд. вес 18,9–19,25. Судя по анализам Девиля и Дебрэ, это *рутениевый невянскит*.

5) Плоские, темные, менее блестящие зерна с ясной спайностью, иногда в кристаллах, очень тяжелые. Удельный вес их достигает 21,11. По-видимому, эти пластинки очень богаты осмием⁴, но анализ их сделан не был. Были изучены Берцелиусом только потери от прокаливания, которые Берцелиус относил целиком к осмию. Эти потери дали 75–80% всего вещества, отчего Берцелиус придавал этому телу формулу IrOs_3 и IrOs_4 ⁵. Это тело позже названо *сысерскитом*.

Однако на этом сложность «осмистого иридия» не заканчивается. Описывая вещество, взятое им для анализа, проф. Клаус указывает на присутствие в нем еще одного тела – «желтовато-серых металлических частиц»⁶, которые не подходят ни к одной из указанных выше категорий. Они делают очень вероятным присутствие еще одного вещества, на что указывает и анализ Клауса, дающий большое количество платины. Может быть, это *платиновый невянскит* (см. § 91).

Эти шесть веществ не охватывают всего разнообразия порошка осмистого иридия. Всякий, кто имел его в руках и внимательно в него всматривался, мог различить в нем еще отдельные зерна, природа которых совершенно непонятна. Лишь дальнейшие, более точные исследования могут позволить выяснить природу этих тел. В настоящее же время мы вынуждены считаться с неполнотой нашего знания и дальше идти в анализе порошка не можем. Кроме осмистых тел, здесь почти всегда находится еще «иридистая платина» или «самородный иридий», на вид очень близкие к некоторым разностям (Os , Ir)⁷.

¹ См. *H. Sainte Claire Deville et H. Debray*, 1859, с. 467, 481–482. По их описанию, «похожи на порошок сурьмянистого свинцового блеска» (с. 467).

² Последнее для анализированного богатого иридием (70,36%) тела; см. *H. Sainte Claire Deville et H. Debray*, 1859.

³ Клаус (1860, с. 165) считает этот вывод Девиля и Дебрэ неверным. Рутений содержится в этой руде («менее блестящая дендритовая руда»), но в меньшем количестве. Осмия также в ней меньше. Вероятно, к невянскиту относится тот материал, который прежде шел на приготовление перьев. Торрей говорит про эту разность: «Зерна осмистого иридия, годные для перьев, закругленные и прочные, не расслаивающиеся при ударе или нагревании. Они, по-видимому, имеют иной состав, чем спрессованные или таблитчатые кристаллы. Содержание их в общем составе обычно не больше 10%, но иногда оно доходит до 20%» (для калифорнийской руды). См. *Gibbs*, 1861, с. 64.

⁴ Исследование этих тел было сделано до открытия рутения. Метод прокаливания ничтожных кристалликов (вес их был 45–49 мг), очевидно, не дает никаких точных количественных указаний.

⁵ См. *Berzelius*, 1834, с. 236–237.

⁶ Клаус, 1844, с. 140–141.

⁷ См. *G. Rose*, 1842 (1), с. 396. Сент-Клер Девиля и Дебрэ считали, что всегда здесь находится какое-то соединение Ir , Pt и Rh и, может быть, Pd , нерастворимое в царской водке, но растворимое в расплавленном свинце (*H. Sainte Claire Deville et H. Debray*, 1859, с. 467).

91. Химический анализ этих тел дает для них Ir, Os, Ru, Rh, Cu, Fe, иногда Pd, Pt, Pb. Может быть, в них заключается и *серебро*, отдельные пробы на которое не делались. Из всех этих элементов наибольшее значение имеют *четыре* первых элемента, может быть, еще Cu, Fe и Pt.

Сводя вместе все немногие имеющиеся анализы, мы имеем для этой группы следующие более или менее точно химически установленные тела¹:

	Ir	Rh	Pt	Ru	Os	Cu	Fe	Pd	Число анализов
1. Невьянскит	46,8– 77,2	0,5–7,7	0,1–3,1	0–0,5	21,0– 49,3	0–0,9	0–1,4	0–сл.	8
2. Рутение- вый невя- янскит	35,5– 57,8	0–5,7	0–0,6	4,7–8,5	33,5– 54,4	0–0,8	Сл.–1,5	–	6
3. Родиевый невьянскит	70,0– 70,4	11,3– 17,2	–	–	17,2– 17,3	0–сл.	Сл.–0	–	2
4. Платино- вый невя- янскит ²	55,2	1,5	10,1	5,9	37,3	Сл.	Сл.	Сл.	1
5. Осмит	35,5	–	–	8,17	54,37	–	1,44	–	1
6. Сысерскит	17,0	4,5	0,2	8,9	67,9	0,03	0,03	–	1

На этом химическая сложность этих тел, безусловно, не кончается, и очень возможно, что роль других элементов более существенна, чем предполагается. Так, *свинец* едва ли может быть относим к искусственным примесям³. Возможно нахождение в этих телах серебра⁴. Значение родия и особенно рутения совершенно не выяснено⁵.

Наконец, вполне возможно нахождение здесь новых, неизвестных химических элементов, как это думал Клаус (1847, с. 262).

¹ С. Hintze, I, 1898, с. 136. Главным образом это анализы Сент-Клер Девиля и Дебрэ. Рутениевый невяянскит – анализ Лейдиэ и Квенессена («Горн. журнал», 1905, I, с. 400), осмит – анализ Гортонна («Горн. и зол. изв.», 1913, с. 322). См. также анализы Черника (1912).

² Существование этого тела неясно. Большое количество платины указано только Клаусом в единственном опубликованном им анализе осмистого иридия (Клаус, 1844, стр. 140–141; 1854, с. 60), причем о материале одного и того же анализа он говорит различно. В русском оригинале (1844) он указывает, что взятая для анализа руда была неоднородна: «Одна часть этой руды состояла из весьма блестящих таблиц, другая из зерен с серебристым блеском, третья из ноздреватых, более тусклых зерен, четвертая из желтовато-серых металлических частиц» (с. 141). В немецком тексте (1854) – вещество того же анализа было «в виде блестящих шестисторонних табличек». Сент-Клер Девиля и Дебрэ (H. Sainte Claire Deville et H. Debray, 1859, с. 467) думают, что вся Pt осмистого иридия (иногда до 7%) принадлежит другому телу, состоящему из Pt, Ir и Rh (т.е. *иридистой платины*), растворимому в жидком свинце.

³ G. Rose, 1842 (1), с. 393 (Урал). Сам Розе считает примесь свинца искусственной. Ср. § 92.

⁴ H. Sainte Claire Deville et H. Debray, 1859, с. 440 – это относится к «платиновым рудам», ибо получаемый из них Pd обычно не свободен от Ag.

⁵ В русских невяянскитах и сысерскитах рутений, по мнению Клауса, находится всегда (§ 90). Обычно осмистый иридий Урала содержит около 5,7% Ru. См. Клаус, 1845, с. 163. В калифорнийском его больше (Gibbs, 1861, с. 64).

92. Сложность химического состава этих тел увеличивается еще благодаря тому, что они дают закономерные образования – *сростки*. Так, известны совершенно правильные сростки невяньскита и сысерскита: пластинки этих тел переслаиваются¹. С другой стороны, для самородков осмистого иридия из Орегона и Калифорнии ясно видно, что они имеют структуру, очень схожую с пегматитовой, где цементом является (Pt, Fe), удаляемая при обработке царской водкой². Это то же строение, какое известно для платины (§ 70). Очень своеобразны зерна из некоторых россыпей Урала (Царево-Александровская россыпь и др.), где цементом являлось золото, иногда содержащее свинец³.

Наконец, вполне возможно еще одно срастание – срастание осмистого иридия с *лауритом* – RuS_2 . В последних своих работах Сент-Клер Девиль и Дебрэ⁴ склонялись к тому мнению, что главная масса рутения находится в данных телах в таком закономерном срастании с (Os, Ir), т.е. для рутениевого невяньскита приходится придавать формулу $p\text{RuS}_2 + q(\text{Os}, \text{Ir})$. Но точные данные для такого взгляда не были опубликованы. Эти исследователи находили лаурит во всех осмистых иридиях.

93. Физические свойства. Точно так же недостаточно известны и физические свойства этих тел. Все разности осмистого иридия, вероятно, кристаллографически идентичны; они кристаллизуются в *гексагональной* системе [дигексагонально-дипирамидального класса L^6L^27Pc]. Первоначально относили их к гемиздрии, с отношением осей $1 : 1,4105^5$.

Обыкновенно встречаются пластинчатые кристаллы, благодаря развитию формы {0001} (по которой идет и совершенная спайность); другие формы встречаются редко и слабо развиты. Чаще других, в виде узких площадок, встречаются, по Розе и др., {1120} и {2243}⁶ (рис. 23 и 24). Двойники не наблюдались. Как большая редкость встречались оригинальные параллельные сростки (рис. 25), аналогичные платине (см. рис. 15). Сростки подобного характера, без отверстия в середине, наблюдаются среди зерен уральского осмистого иридия нередко⁷.

Осмистый иридий нередко встречается и в самородках, большей частью в очень мелких зернах (рис. 26–28). Строение этих зерен резко отличается от строения платиновых зерен, так как они являются большей частью целым кристаллом, легко раскалывающимся по спайности (ср. § 92). Иногда

¹ Еремеев, 1868, с. 249.

² По указанию Шаплей. См. *Kemp*, 1902, с. 53. Совершенно такие же «самородки» встречаются в уральской платине.

³ *G. Rose*, 1842 (1), с. 39, 393.

⁴ *H. Sainte Claire Deville et H. Debray*, 1875, с. 538.

⁵ *G. Rose*, 1851, с. 98. Это отношение осей требует проверки. По Де Бурнону угол (0001) с господствующей пирамидой равен $55^\circ 18'$, по Розе $62^\circ 0'$, по Еремееву $52^\circ 10'$, по Брейтгаупту $57^\circ 5'$. Удобнее было бы принять господствующую { $hh2\bar{h}l$ } за основную (10 $\bar{1}1$). [По рентгеновским данным, $a_0 : c_0 = 1 : 1,596$. Для грани (10 $\bar{1}1$) $\varphi = 30^\circ$, $\rho = 61^\circ 31'$, для (1122) $\varphi = 0^\circ$, $\rho = 57^\circ 56'$. Форма Розе {1120} $\rightarrow$ {1010}; {2243} $\rightarrow$ {2023}].

⁶ *Bournon*, 1813, с. 200; *Breithaupt*, 1833, с. 6; *G. Rose*, 1833 с. 452; 1851, с. 98; *A. Lévy*, 1837 (2), с. 308; *Еремеев*, 1868, с. 245 и сл.; 1887 (1), с. 272; *Lasaulx*, 1882, с. 99.

⁷ Я не привожу списка форм, так как класс определен недостаточно точно. Список см. *C. Hintze*, I, 1898, с. 133. У Гинтце пропущена форма b^2 Леви (1837)–{1123}. См. *A. Lévy*, 1837 (2), с. 308.

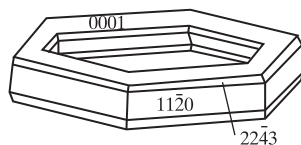
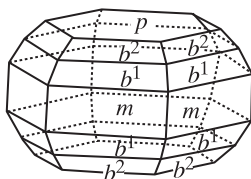
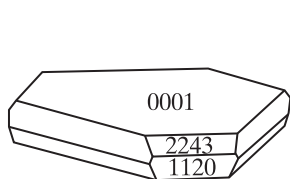


Рис. 23 и 24. Кристаллы осмистого иридия.

На рис. 23— из уральских россыпей (по Еремееву, 1868);
на рис. 24 — из россыпей Чоко в Новой Гренаде (по Леви, 1837).
 p {1000}; m {1120}; b^1 {2243}; b^2 {1123} (в установке Розе, 1851).
Увеличено

Рис. 25. Параллельные
срастания осмистого иридия.
(По Еремееву, 1868). {1120},
{2243}, {0001} в виде скелета.
Увеличено

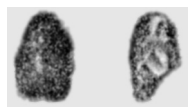
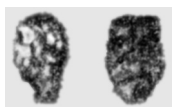


Рис. 26 и 27. Самородки осмистого
иридия из Туралинских россыпей
Верхне-Нейвинского завода.
Коллекция Академии Наук.
Фото Н. Сургунова. 1/1

Рис. 28. Самородки
из Енисейской тайги.
Часть осколка по спайности.
Коллекция К. Шишковского.
Фото Н. Сургунова. 1/1

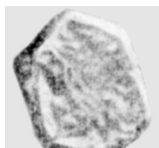
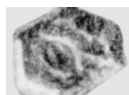


Рис. 29 и 30. Кристаллы осмистого иридия. Уральские россыпи.
Коллекция Академии Наук. Фото Г.И. Касперовича. Увеличено

наблюдаются зерна, сросшиеся из нескольких кристаллов. Благодаря совершенной спайности пластинка осмистого иридия встречается чаще его зерен, которые при истирании раскалываются. В россыпях нередки и отдельные его кристаллы, которые, благодаря твердости, мало окатаны.

94. Чрезвычайно характерна и обычна своеобразная *скульптура плоскостей* его кристаллов на {0001} (рис. 29 и 30). Базопинакоид большей частью не гладкий, если он не образован благодаря спайности. Иногда наблюдается переход этой скульптуры в параллельные сrostки, напоминающие железную розу.

Кроме характерной спайности {0001}, в осмистом иридии наблюдается *отдельность* по пирамиде. Она резко проявляется в тонких микроскопических листочках этого тела, выделенных из платины (§ 70). Эти листочки раскалываются иногда в треугольные пластинки и т.п. Почти несомненно, мы имеем здесь дело не со спайностью, а с плоскостями скольжения, аналогично тому, что наблюдается для тонких пластинок кварца¹. Это видно и по *штриховке*, иногда наблюдаемой на {0001}. Как следы

¹ По мнению Еремеева (1898, с. XVI–XVII), это отдельность по {1011}. Но его постановка этой спайности соответствует { $hh2hl$ } Розе.

отдельности, так и штриховка на {0001} соответствуют зоне {0001 : 11 $\bar{2}$ 0}. Все эти геометрические свойства осмистого иридия очень схожи с ромбоэдрическими металлами, как правильно заметил уже Розе, но едва ли отсюда можно заключать об одинаковости кристаллического класса этих тел.

В тонких листочках *осмит* (§ 90) прозрачен, светлосерый, с красноватым отливом, оптически одноосен. Это видно для осмистого иридия, выделенного из платины.

Чрезвычайно характерны, но, к сожалению, не изучены *магнитные* свойства. По-видимому, некоторые разности осмистого иридия ясно магнитны. Осмит притягивается магнитом очень легко¹. Может быть, это зависит от тонкого размельчения, в котором он находится. Однако несильный электромагнит легко притягивает некоторые довольно большие (преимущественно темные) пластинки по спайности осмистого иридия уральских россыпей, принадлежащие к другим разностям этого тела.

95. Нахождение в земной коре. Осмистый иридий образуется в земной коре, частью вместе с платиной, частью вместе с золотом. На первый способ его происхождения указывают уже столь обычные его срастания с платиной (§ 70). Платина, с которой он срастается, связана с основными магмами. В тесной связи с таким генезисом можно поставить единственный случай непосредственного наблюдения осмистого иридия в коренном месторождении – в оливиновой породе Нижне-Тагильска².

Таким образом, осмистый иридий, подобно платине, выделяется в основных *массивных породах* (§ 77). Механизм этого выделения неясен. Однако характер срастания с платиной указывает, что (Os, Ir) выпадает *раньше* платиновых тел, но почти с ними одновременно, причем это выпадение идет в среде, богатой свободным железом (§ 78).

Несомненно, для осмистого иридия существует, аналогично платине (§ 75), и другой способ выделения – *жилы*. Он является иногда спутником золота в некоторых кварцевых жилах. Только этим путем можно объяснить нахождение оригинальных сростков золота с осмистым иридием, например в Царево-Александровской россыпи (§ 92). На то же самое указывает постоянное нахождение осмистого иридия в золоте из Калифорнии (ср. § 99) или из некоторых россыпей Богословского окр. Наконец, есть прямые указания на нахождение его в золотоносных жилах около Дайго и Кеды, в провинции Хитаки в Японии³.

Главная масса его находится в золотоносных и платиноносных *россыпях*. На Урале он начинает преобладать над платиной в богатых золотом южноуральских месторождениях (Невьянский, Сысертский, Миасский горные округа).

Аналогичны россыпи осмиево-рутениеевой группы и в других странах⁴. Местами и здесь преобладает осмистый иридий, например в золотоносных россыпях Калифорнии или Орегона, в которых кое-где 80–90% платиновых минералов состоит из осмистого иридия, а не из платины⁵.

¹ Литературные указания см. § 70. Сверх того – *Laugier*, 1825, с. 294.

² *Daubrée*, 1879, с. 551.

³ *Wada*, 1904, с. 9. К сожалению, Вада не дает никаких дальнейших указаний и не упоминает об этих жилах в главе о золоте.

⁴ Обзор у *C. Hintze*, I, 1898, с. 141; *Kemp*, 1902 (1), с. 36 и сл.

⁵ *Kemp*, 1902 (1), с. 53.

Россыпи, богатые осмистым иридием, очень разнообразны по генезису. Очень оригинальны *морские россыпи* (аналогичны золотым), где (Os, Ir) встречается вместе с золотом, например вдоль побережья Тихого океана Северной Америки¹.

Изменения осмистого иридия в природе неизвестны.

96. Распространение в России. В *Европейской России* неизвестен.

Осмистый иридий на *Кавказе*, в *Батумской обл.*, в шлихе по Тальюм-Су, притоку р. Чороха, – редкость².

Он известен в многочисленных золотоносных и платиноносных россыпях *Урала*³. Едва ли есть уральская платина, не заключающая микроскопических включений осмистого иридия (осмита) (§ 70). Но кроме этого в россыпях встречаются отдельные зерна и пластинки этого тела⁴.

В *Пермской губ.*, в *Верхотурском у.*, такой осмистый иридий наблюдался изредка в *Богословском окр.*⁵, например в *Архангельском золотом прииске*⁶. В *Нижне-Туринском окр.*, в *Егоро-Архангельском прииске*⁷. Известен в платиновых приисках по Ису в *Гороблагодатском* и *Бисерском окр.* (ср. рис. 26–27, Верхне-Нейвинская дача). Попадался всегда в *Нижне-Тагильских* платиновых россыпях (например Ново-Анатолевская россыпь)⁷. Южнее – в *Екатеринбургском у.*, в *Невьянских*, *Березовских*, *Верх-Исетских*, *Сысертских*, *Билимбаевских* и других платиновых и золотых россыпях и т.д. Особенно богаты им – сравнительно с платиной – некоторые россыпи около Невьянска, Билимбаевска, Верх-Исетского завода (по-видимому, без платины) – по р. Витильке, в *Верхне-Тагильской даче*⁸.

В *Кыштымском окр.* осмистый иридий встречен в *Аннинском золотом прииске* по р. Киолиму, в области основных пород⁹. Иногда попадаются сростки с золотом¹⁰.

В *Оренбургской губ.*, в *Троицком у.*, – в россыпях *Миасского окр.*¹¹ Здесь Поросов нашел оригинальные сростания с золотом, являвшимся цементом зерен (Царево-Александровский золотой прииск)¹⁰.

Мелкий осмистый иридий попадает в Балбукских золотоносных россыпях¹². Наиболее част, по указанию Шейнцвита, в золотоносных россыпях по Нараменскому ключу – *Нижне-Кумачинской*, *Ивано-Ивановской*, *Васильевской*, *Орлово-Надеждинской*, *Надеждинской*, *Мулдакаевской*¹³.

¹ Dewey, 1891, с. 15.

² Черник, 1895, с. 496.

³ G. Rose, 1833, с. 452–453; 1842 (1), с. 390, 457 и сл.; Breithaupt, 1833; Кокишаров, 1870 (2), с. 239; Lasaulx, 1882, с. 99; Еремеев, 1898.

⁴ Различают нередко невьянскит и сысерскит. Эти различия, делаемые на глаз, явно произвольны и неверны. Более светлые разности (невьянскит) преобладают в Невьянских, Билимбаевских, Верх-Исетских, Миасских россыпях. Более темные (сысерскит) – в Нижне-Тагильских, Сысертских, Кыштымских, Балбукских; см. G. Rose, 1842 (1), с. 394–395; Еремеев, 1887 (1), с. 263.

⁵ В золоте, шедшем на монетный двор с 1843 г. См. Белозеров, 1856, с. 7.

⁶ Е. Федоров и В. Никитин, 1901 (2), с. 15.

⁷ См. G. Rose, 1842 (1), с. 392.

⁸ В. Никитин, 1907 (1), с. 151.

⁹ А. Николаев, 1912, с. 182.

¹⁰ G. Rose, 1842 (1), с. 39, 395, 457.

¹¹ Указан уже Щегловым (1829, с. 757), по данным Германа.

¹² Еремеев, 1887 (1), с. 272 – Кристаллы из {0001} · {1010} · {1011} · {0111} (ср. § 93).

¹³ М. Мельников, 1893, с. 108.

В *Сибири* встречается в золотоносных россыпях, не часто.

В *Томской губ.* – по рч. Троицкой (бассейн р. Кии), из Рахилевского золотого прииска (коллекция Томского университета), из россыпей по Тайдону, бассейн р. Томи (коллекция Петербургского университета), из Прокофьевской россыпи, бассейн Нижней Терси¹, по р. Фомихе, из Егорьевских золотых промыслов (с Au, Pt, HgS)², по р. Каянчи – с Au и Pt³, в золотоносных россыпях по р. Мрассе, в Кузенелигском ручье (Викторовская россыпь)⁴; в Воскресенском прииске (Триполитова, Томская тайга) – с самородным свинцом⁵; в россыпях по р. Тисуль (коллекция Академии Наук)⁶.

В *Енисейской губ.*, по-видимому, более обычен, чем предполагается. Из Енисейской «тайги» были в коллекции Шишковского самые большие пластинки (ср. рис. 28), какие мне приходилось видеть. По р. Иргунбею (притоку Хормы) – в Васильевско-Ургунбейском прииске (невьянскит и сысерскит). В *Южно-Енисейском окр.*, по слухам, встречался осмистый иридий в россыпях по р. Шааргану⁷. В *Минусинском у.*, в бассейне Енбижека, он встречается с платиной и выделяется при растворении ее зерен⁸. В Иннокентьевском прииске по р. Алгиаку (притоку Енисея)⁹. В *Усинском окр.* – в разных россыпях (ср. Pt); по р. Койлику (коллекция Академии Наук); осмистый иридий преобладает над платиной в золотоносных россыпях по рекам Большому и Малому Хайлыкам и Сейлихему (см. § 84), также по р. Танге (по И.П. Рачковскому).

В *Иркутской губ.*, в *Нижнеудинском у.*, – в Преображенском золотом прииске по р. Бирюсе и в Велико-Николаевских приисках по р. Хорме (притоку Бирюсы)¹⁰.

В *Забайкальской обл.*, в *Троицкосавском у.*, – в системе р. Джиды (верхнее течение Хамнея)¹¹.

97. Труд человека. По-видимому, уже в 1750 г. Шефер имел в своем распоряжении осмистый иридий¹². Сперва он имел чрезвычайно малое применение. Оно усилилось и получило значение лишь после того, как нашли отдельное применение иридию, а затем осмию. В настоящее время это чрезвычайно ценный продукт, более дорогой, чем платина и золото. Однако количество его, ежегодно добываемое, очень невелико, не добывается и 0,1 т. За все время едва ли добыто его несколько тонн¹³.

¹ «Горн. журн», 1844, II, с. 224.

² Чихачев, 1845, с. 263.

³ Мамонтов, 1907, с. 46.

⁴ Helmthacker, 1891, с. 160.

⁵ Пранг и Савицкий, 1864, с. 93.

⁶ См. отчет Геол. и Мин. музея Акад. Наук за 1912 г. – «Тр. Геол. музея Акад. Наук», 7, 1913, с. 17.

⁷ В. Обручев, 1915, с. 22.

⁸ Ячевский, 1909, с. 67.

⁹ Еремеев, 1898 (1), с. XVI.

¹⁰ Гофман, 1844 (2), с. 245.

¹¹ Реутовский, 1905 (1), с. 478.

¹² См. сб. «La platine, l'or blanc et le huitième metal», 1758, с. 37.

¹³ По мнению Мельникова (М. Мельников, 1893, с. 108), едва ли добыто до 1892 г. 5 т. В России с 1825 по 1880 г. в платиновых остатках было осмистого иридия до 4,5 т. С 1900 г. он стал идти в большем количестве. С 1890 по 1905 г., по официальным сведениям, его добыто в России 0,1 т; см. М. Мельников, 1893; Гулишамбаров, 1905, с. 6; И. Попов (ред.), 1908, с. VII. Эта цифра выражает только часть (Os, Ir), так как главная его масса получается из платиновых остатков.

Главная добыча сосредоточена на Урале¹; частью он получается как побочный продукт из золотосплавочных лабораторий Калифорнии.

Работа человека тратится на разложение этих в высшей степени стойких соединений; осмий переводится в кислородные соединения, неизвестные, по-видимому, в природе, а иридий идет в сплавы с платиной. Ввиду малого количества этих тел, процесс этот большого значения в химии земной коры не имеет.

98. Определение. Ср. § 93 и сл. Неплавки. Перед паяльной трубкой не меняются, кроме некоторых разностей (сысерскит и рутениевый невянскит), которые становятся черными и выделяют осмиевые пары (характерный запах). Все выделяют при сплавлении с селитрой осмиевые пары (зеленая масса)². Зеленый сплав с селитрой выделяет при кипячении с водой черный порошок – Ir. В царской водке неразложимы. Уд. вес 17–21,5. Цвет металлический светлосерый (невьянскиты) и более темный (осмит и сысерскит). Тв. 6–7. Совершенная спайность по {0001}. Определение этого тела основано на физических признаках: на нерастворимости в кислотах, металлическом блеске, спайности, твердости. Реакции на Ru, Rh и Ir удаются в малых количествах природного тела очень трудно и неудовлетворительно.

Природные золото – палладий – родий

Порпечит. Иридийное золото. Платинистое золото. Родит

99. Химический состав и физические свойства. Небольшая группа соединений *палладия*, а также *родия с золотом* является переходной к самородному золоту.

Естественные сплавы золота с палладием, так называемое *палладистое золото*, или *порпечит*, были открыты давно, но мало обращали на себя внимания. Палладистое золото одно время добывалось даже в большом количестве. В начале XIX столетия оно послужило в Бразилии рудой для добычи золота, но так мало обратило на себя внимания, что только немногие образцы его сохранились в старинных больших музеях, все остальное ушло безвозвратно на изделия. Большая часть палладия, встреченного в этом виде в значительном количестве, пропала.

Аналогичный случай представляет нахождение в природе *родистого золота*, или *родита*³. Родит наблюдался в Сан-Доминго. Он заключал около

¹ Добыча осмистого иридия на Урале все падает и почти прекратилась в конце концов. См. «Общий обзор...», 1915, с. 85. О необходимости исследования именно русскими см. *Вернадский*, 1916, с. 88. См. также *Воскресенский*, 1840, с. 155: «Между такими вопросами, которые до сих пор остаются еще нерешимыми, я намерен указать на некоторые, особенно важные для нас, Русских, потому что решения этих вопросов мы вправе ожидать от Русских химиков. История платины в последнее время обработана со всею возможною подробностью, но мы почти ничего не знаем об металлах, ей сопровождающих».

² Безусловно необходимо чрезвычайно тонко размельчить невянскит, иначе Os не выделяется. Это заметил уже Берцелиус (см. *Berzelius*, 1828, с. 468). У Берцелиуса даны приемы размельчения.

³ Родий – в значительном количестве – был указан Дель Рио в слитках золота, которое получали одно время на мексиканском монетном дворе (см. *Del Rio*, 1825, с. 137). По его исчислению, в некоторых образцах заключалось до 34–43% Rh. После него Rh в мексиканском золоте не наблюдался. Правда, Ландейро (*Landeiro*, 1891, с. 366) упоминает о родистом золоте, но

45% (?) золота¹. Крупинки родита из Батумской обл. хранятся в коллекции Академии Наук (от Г. Черника). Родистое золото с Урала, хранящееся в Музее естественной истории в Париже, является, по-видимому, сростанием золота с осмистым иридием или пластинками осмистого иридия, покрытыми золотом. Изучены эти тела чрезвычайно мало.

Насколько можно судить по немногим анализам, состав порпечита выразится следующими цифрами²:

Au	Ag	Pd	Pt	Fe	Cu
86,0–91,1	Сл. – 4	8,2–11,6	0–0,1	0–сл.	0–сл. ³

Нахождение в природе *платинистого золота* и *иридийского золота*, мне кажется, доказано анализом Г. Черника (1912, с. 81):

	Au	Ag	Pt	Ir	Pd	Cu	Fe	Bi
Платинистое золото	84,6	2,9	10,5	–	–	0,9	0,2	–
Иридийское золото	62,1	2,1	3,8	30,4	Сл.	0,03	0,6	Сл.

Платинистое золото трудно плавится перед паяльной трубкой, а иридийское – не плавится. Удельный вес платинистого золота 19,53, а иридийского 21,69. Иридийское золото указывалось в Калифорнии⁴.

Трудно сказать, не наблюдались ли в сплаве с Au и другие элементы платинового ряда; несомненно, что при малой изученности этих тел дальнейшее исследование может открыть нам неожиданные соединения⁴.

Странное тело указывает Пиддингтон⁵. Он наблюдал в россыпном золоте из Миднапура в Бенгалии желтовато-белый металл, ковкий и гибкий, не амальгамирующийся ртутью и с большим трудом растворяющийся при кипячении в царской водке, хотя и содержащий золото. В нем были следы платины. Пиддингтон предполагал возможным отождествить его с сернистым

все его сведения основаны на данных Дель Рио. Более новые исследователи мексиканской минералогии, например Агвилера, не имели его в руках и не дают о нем никаких указаний (Aguilera, 1898, с. 23; 1902, с. 517 и сл.). Реакции на Rh, приводимые Дель Рио, возбуждают большие недоумения. После Дель Рио, был указан родит на Кавказе (§ 101), где на ничтожном количестве определено 11,6% Rh и 88,4% Au. К сожалению, методы анализа не опубликованы.

¹ Genth, 1871, с. 439.

² C. Hintze, I, 1898, стр 320; Hussak, 1906 (1), с. 291 (порпечит). Есть четыре анализа. Черник (§ 101) получил исключительно большое число для Pd (35%). Вещество для анализа было взято в ничтожном количестве. Станные указания Дебрэ («Diction, chim. de Wurtz», II, 1, с. 723): порпечит из Якотинга в Гонгко-Соко, в Минас-Жераис в Бразилии (светлый) – 25% палладия; порпечит из Порпца – 10% палладия. Может быть, Berzelius, 1836.

³ Меди должно быть больше. Ср. Hussak, 1904, с. 393.

⁴ Dubois, 1854, с. 518. В золоте некоторых калифорнийских приисков Ir всегда присутствует, однако все показывает, что он находится там в форме осмистого иридия (см. Gibbs, 1861). По-видимому, среди платиновых минералов в «сырой платине» попадает какое-то соединение золота с платиновыми металлами, нерастворимое в царской водке. На это указывает следующее наблюдение Вёлера. В черном остатке от растворения платины в царской водке находятся, по его мнению, металлические зерна, «представляющие собой сплав золота, вероятно с иридием или осмием. По крайней мере, при исследовании одного образца, определенного прежними исследованиями как иридий, было порядочное количество золота» (Wöhler, 1834, с. 161–162). Точность наблюдений Вёлера делает это его указание очень ценным. Вёлер нашел и серебро в платиновых остатках (ср. § 91).

⁵ Piddington, 1856, с. 250. Указания Пиддингтона повторил V. Ball (1881 (1), с. 189).

золотом, что невероятно по всем его свойствам. От порпецита он отличается отношением к царской водке. Родия и палладия Пиддингтон не нашел.

Искусственные сплавы показывают, что Au смешивается с Pd, Pt и Rh во всех пропорциях¹.

100. Порпецит несомненно кристаллизуется в *правильной системе*. Большей частью он наблюдается в виде неправильных губчатых масс, шаровых конкреций, пленок, пластинок, аналогично другим формам природного золота (§ 107 и сл.). Однако для него известны полиэдры с многочисленными простыми формами². К сожалению, эти кристаллы порпецита не изучены.

Другие физические свойства также не изучены. Удельный вес порпецита 15,73, т.е. лежит в пределах обычных определений удельного веса природного золота³.

101. Нахождение в природе. Порпецит известен как в коренных месторождениях, так и в россыпях.

Он встречен в довольно большом количестве в Бразилии⁴. Встреченное еще в XVIII столетии в различных месторождениях – коренных и россыпных – штатов Гояс⁵ и Минас-Жераис палладистое золото долгое время смешивалось то с серебром, то с платиной, платинистым золотом. Ясно отличное от обыкновенного золота, это золото получило местное название *гнилого золота* (Oure pordo).

Оно наблюдается здесь как в коренных, так и во вторичных месторождениях. Коренные его месторождения чрезвычайно характерны. Оно здесь находится в определенных своеобразных контактовых породах, так называемых «якотингах», образующих гнездовые выделения и прослойки, мощностью до 50 см, в итабиритах⁶. Итабириты (слоистые кварциты, очень богатые гематитом) не содержат золота, которое сосредоточено, нередко в значительных количествах, в якотингах. Эти последние имеют ясный контактовый характер, развиты вблизи выходов гранитных пород и состоят из карбонатов (доломита и кальцита), хондродита, турмалина, касситерита, пироксена, магнетита, актинолита. По-видимому, якотинга представляет породу, близкую к магнетито-пироксениту, происшедшую путем метаморфизации (резорбции?) известняка. Вероятно, в связи с этой контактовой метаморфизацией прослоек известняка в итабиритах проникло в них и палладистое золото.

В этих самых включениях находится и самородная платина. Платина, как показывают анализы, чрезвычайно мало входит в состав порпецита. Приходится поэтому допустить, что мы имеем здесь – при одновременности их образования – распадение металлических тел, находившихся в контактовой зоне, на (Pt, Fe) и (Au, Pd) – аналогично тому, что наблюдается для (Pt, Fe) и (Ir, Os) (§§ 70, 92, 95).

¹ Для палладия см. *Ruer*, 1906, с. 393.

² *Hussak*, 1904, с. 427; *Hennwood*, 1871 (1), с. 176.

³ *Seamon*, 1882, с. 216.

⁴ *Hussak*, 1904, с. 384 и сл. (тут и литература); 1906 (1), с. 291.

⁵ От исковерканного названия *Goyaz* произошло, должно быть, и имя *Porpez* («не существующее»), по которому получил свое название минерал. См. *Hussak*, 1904.

⁶ О якотингах и итабиритах см. *Hennwood*, 1871 (2), с. 214 и сл.; *Hussak*, 1904, с. 390–424. Ср. для якотингов и для палладистого золота *Burton*, 1869.

Порпечит встречался в довольно значительных количествах в Гонгко-Соко, Итабира-до-Матто-Дентро, Кондонга и в других местностях штата Минас-Жераис. Отсюда он попал в россыпи и наблюдается в песке некоторых рек (Рио-дас-Вельяс, Рио-до-Кармо и др.). При выветривании он дает палладит¹.

В России порпечит и родит встречены только однажды, в ничтожных количествах, при пробе песков на золото, – на Кавказе, в Батумской обл., по р. Тальгом-Су, бассейн Чороха².

Одно время порпечит добывался в качестве золота, причем его вывозили из Бразилии без ясного понимания его химического состава. Полученное этим путем золото с трудом очищалось от палладия.

102. Определение. Порпечит по наружному виду неотличим от золота. Однако очень часто он дает на поверхности оттенки сероватого, иногда бронзового цвета. Уд. вес 15,73. Плавится перед паяльной трубкой. Кислоты растворяют, как золото.

Очень характерны реакции на палладий. При действии цианистой ртути на раствор минералов в HNO_3 выпадает характерный белый студенистый осадок цианистого палладия. При действии на тот же раствор KJ – черный осадок. При действии NH_4Cl получаются характерные оранжевые иглы двойной соли палладия. Дает обычные реакции на Au .

Родит почти нерастворим в царской водке. Перешел в раствор лишь при действии ее в течение нескольких дней и в большом количестве. Цвет родита светложелтый³.

Природные золото – серебро – медь

Золото. Электрум. Серебро. Кюстелит. Медистое золото.
Медистое серебро. (?) Цинковое серебро

103. Химический состав. Эта группа минералов, к числу которых относятся такие самые обычные и важные благородные металлы, как золото и серебро, далеко не является с химической стороны столь известной, как это можно было бы предполагать. Несмотря на то, что самородное золото служит главной рудой, откуда добывается золото, химическое исследование этой руды оставляет желать очень многого. В спешной погоне за золотом человек мало тратил времени и средств на познание его свойств. Для выяснения химического состава приходится пользоваться анализами, произведенными с техническими целями над материалом, однородность которого далеко не всегда прочно установлена⁴.

Как видно из § 39, можно выделить в настоящее время несколько минералов, сюда относящихся. Однако некоторые из них известны лишь на основании качественных проб (*медистое серебро* и *кюстелит*) и совершенно не изучены. Но даже и для более обычных, например для *медистого золота*,

¹ P. Johnson u. W. Lampadius, 1837, с. 319; Hussak, 1906 (1), с. 291.

² Вильм, 1893, с. 506 (в порпечите 8–9% Pd). Черник, 1895, с. 492 (в порпечите 35% Pd, в родите (с. 495) 11,6% Rh, Pt – сл.); 1896, с. 346.

³ Genth, 1871, с. 439.

⁴ О различии отдельных зерен золота из одной и той же россыпи и жилы по химическому составу см. G. Rose, 1842 (1), с. 407, 424.

имеется крайне мало химических анализов; их немного и для самородного серебра.

Химический состав этих тел (в процентах) выражается следующими числами¹:

	Au	Ag	Fe	Cu	Hg
1. Золото	} 57–100	Сл.–43	Сл.–1,0	0–1,4	–
2. Электрум					
3. Серебро	0–0,8	98–100	0–0,12	0–0,01	0–1,1
4. Медистое золото	74,3–80,1	2,3–16	–	9–20,4	–

Во многих случаях наблюдались ничтожные количества, обычно следы, других элементов, характер примеси которых неясен (§ 105)².

Необходимо, однако, здесь же отметить нахождение свинца в самородном золоте. Оно констатировано (и искалось?) не часто, но есть разность природного серебра, богатого золотом, названная *кюстелитом*, содержащая больше серебра, чем золота, и несколько процентов свинца³. К сожалению, это тело никогда не было подвергнуто научному исследованию, хотя встречалось оно одно время нередко, являясь золотой рудой⁴.

104. Наибольшее значение имеют взаимные отношения *золота и серебра*. Здесь мы имеем все переходы между химически чистым золотом и золотом, заключающим 57% Au (золото и электрум). Далее наблюдается большой перерыв, но есть несколько случаев серебра, содержащего 20–28% Au (*кюстелит*), и, наконец, следы золота содержатся в самородном серебре.

Золото, не заключающее следов серебра, встречается относительно редко и, может быть, наблюдалось только среди вторичного золота, происшедшего распадением теллуристых минералов или висмутистого золота.

Разности золота, богатые серебром (57–70% Au), называются *электрумом* и представляют более редкие формы самородного золота. Их парагенезис отличен от парагенезиса более богатого золота (70–100% Au). Поэтому необходимо выделить серебристое золото в отдельный минерал – *электрум*⁵, несмотря на то, что между ним и золотом наблюдается химически непрерыв-

¹ В основу положены данные, собранные Гинтце (*Hintze*, I, 1898, с. 316). Сверх того приняты во внимание анализы серебра и золота, упущенные им или более новые; *Bergt*, 1899, с. 117 (анализ Au – Кольбека); *Münster*, 1894, с. 56 (Ag); *Самойлов*, 1906, с. 90 (Au); 1905, с. 239 (Au); *Ненадкевич*, 1907 (Au); *А. Герасимов*, 1907 (2), с. 143 (два анализа электрума и Au – К.А. Ненадкевича). Принят во внимание еще не опубликованный анализ медистого золота, найденного А.В. Николаевым в Соимоновском окр. на Урале, сделанный К.А. Ненадкевичем. Он нашел: 74,33% Au, 4,49% Ag, 20,39% Cu. Нерастворимый остаток (магнетит)–0,26%. Это наиболее богатое медью, физически однородное золото, до сих пор встреченное. Анализы золота из Борнео см. *Г. Черник* (1912, с. 81); они дают содержание меди до 5,3%. Для золота и электрума имеется 152 анализа, для медистого золота – 3 анализа, для серебра – 10 анализов.

² Любопытен анализ однородного серебра из Сокольного рудника на Алтае, представляющего, по-видимому, особую разность, приводимый *П. Пилипенко* (1915, с. 338): 96,78% Ag, 0,56% Cu, 1,12% Zn, 1,04% Fe. Уд. вес 9,83. Вещество однородное – *цинковое серебро?*

³ Есть кюстелит, по-видимому, не заключающий свинца, – кюстелит из Конгсберга (§ 105). Может быть, есть два кюстелита?

⁴ *Breithaupt*, 1866, с. 169, 368.

⁵ Электрум уже различался древними египтянами. Анализы электрума с Алтая (*Пилипенко*, 1915, с. 327), из Змеиногорска: 71,02–77,50% Au, 28,86–22,46% Ag; из Зырянска: 61,85–61,86% Au, 38,05–38,23% Ag; всего четыре анализа.

ный переход, по крайней мере судя по имеющимся анализам, правда сделанным над материалом, однородность которого возбуждает некоторые сомнения. Однако имеющиеся анализы *кристаллов* золота не противоречат этому выводу.

Резкий перерыв между *кюстелитом* (до 72% Ag) и *электрумом* не вполне ясен. По крайней мере, Гент¹ указал на любопытные образования золота из графства Дейвидсон в Северной Каролине, которые представляют все переходы между электрумом и серебром. Здесь в одном из рудников, в Силвер-Хилл, были встречены самородки, один конец которых состоял из чистого золота, а другой из серебра, и между ними были, по-видимому, все переходы. К сожалению, это крайне любопытное месторождение научно не описано и образцы из него не сохранились. Если бы эти данные подтвердились и самородки действительно были бы однородны, то перерыв между электрумом и серебром исчез бы. Однако, принимая во внимание наиболее обычные природные разности, мы должны признать, что если соединения с 57–20% Au и существуют, то очень редки, а соединения с 1–20% Au в природе почти совершенно неизвестны².

Такой характер природных сплавов стоит в полном противоречии с результатами нашего опыта и, очевидно, указывает на некоторые особенности природного золота или серебра, ибо искусственно золото и серебро легко дают однородные смеси в любых пропорциях³.

Даже если бы характер золотых сростков из Дейвидсона заполнил пустые промежутки между электрумом и серебром, все же это было бы единичное, исключительное месторождение. Общее противоречие между природными и искусственными сплавами осталось бы.

Объяснение этому явлению можно искать или в различном парагенезисе природных золота и серебра, или в недостаточной точности метода изучения химической связи между золотом и серебром путем исследования застывания их сплавов, или, наконец, в полиморфизме этих элементов.

Нет надобности останавливаться на различном генезисе природных золота и серебра. Данные, наоборот, указывают во многом на значительные аналогии. Физические условия их образования схожи. Гораздо вероятнее мысль о том, что золото и серебро, никогда в природе не выпадающие из жидкого состояния, способны при природных условиях давать определенные соединения, которых они не образуют в сплавах. Уже Буссенго⁴ пытался найти определенные соединения золота и серебра – тина Au_2Ag , $AuAg$ и т.д. – среди

¹ Genth, 1891, с. 13, – по указанию Асбюри.

² Любопытно, что некоторые физические свойства сплавов Au и Ag дают перерыв при 50% атомного содержания Ag (35,4% весового); так, точка плавления золота почти не меняется до тех пор, пока количество Ag не превысит 50%, после этого она довольно резко падает. Точка плавления для Au – 1064°, для Au с 50 атомн. % Ag – 1061°, для Au с 39,9% Ag – 1046°, для Ag – 960°. См. W. Austen Roberts a. T. Rose, 1903, с. 162. Обычно эту кривую объясняют как доказательство изоморфизма Ag и Au, но малое влияние примеси Ag при этом объяснении непонятно. О сплавах Au–Ag см. Курнаков и Жемчужный, 1908, с. 16; McKeehan, 1922, с. 424; Tamm, 1919.

³ W. Austen Roberts a. T. Rose, 1903; Etard, 1906, с. 647 (литература).

⁴ Boussingault, 1827, с. 408; 1830, с. 440. Ср. G. Rose, 1842 (1), с. 402; 1831, с. 161; Авдеев, 1839 (1), с. 508 и сл.; 1839(2), с. 337. Ср. Я. Самойлов, 1905 (для кристаллов Au_6Ag); 1906 (Au_3Ag).

природного золота, причем они получаются лишь при относительном избытке Au. Однако этот вывод противоречит, по-видимому, анализам чистых кристаллов золота, сделанным Розе и Авдеевым. Нельзя отрицать, однако, что вопрос требует нового, тщательного исследования и не может считаться окончательно решенным.

Наконец, очень вероятно, что серебро и золото – в природных условиях – принадлежат к разным кристаллическим классам (§ 106). Это явление вполне просто объясняет наблюдаемые особенности химического состава (ср. α – γ -Fe, § 44).

105. В самородном золоте всегда присутствуют небольшие количества меди и железа, которые мы не можем относить к числу механических примесей. Кажется, их открывали всегда, когда их искали. Однако между нахождением этих элементов есть разница. В то самое время как богатое железом золото неизвестно¹, богатое медью – *медистое золото* – должно быть выделено как отдельный минерал с очень характерным парагенезисом. Химический состав этого природного медистого золота отвечает твердому раствору, ибо в нем процент Cu не превышает того количества, которое соответствует эвтектической однородной смеси золота и меди². Опыты Н. Курнакова и С. Жемчужного (1907, с. 224) указывают, что золото и медь дают сплавы во всех пропорциях. При 18% Cu, по их опытам, температура застывания наименьшая (883–884°). По-видимому, и для серебра мы имеем особую разность – *медистое серебро*³.

Медистое серебро из Зырянского рудника, проанализированное Пилипенко (1915, с. 335), представляет неоднородную смесь: сростание самородной меди и серебра. Примазки заводинского медистого серебра проанализированы Антиповым (1895, с. 98).

Исследования серебра из Кобальта показывают, что первичное серебро содержит Sb и Hg. Серебро вторичного выделения – химически чистое⁴.

Примеси остальных элементов открывались только в отдельных, частных случаях. Так, несомненно констатировано присутствие временами в самородных золоте и серебре Sn, Ph, Hg, Co, Ni, Pd, Pt⁵. По-видимому, особенно

¹ Любопытно указание Гарта о золоте из Бразилии: «иногда оно содержит значительный процент железа, когда оно очень темного цвета»; см. *Hartt*, 1870, с. 542.

² Я думаю, что правильно определение Аустена-Робертса и Розе (*W. Austen-Roberts a. T. Rose*. 1901, с. 107), дающих для эвтектической смеси около 18% Cu, а не выводы Шарни, допускавшего 45% Cu. Кристаллы (Au, Cu), содержащие до 18% Cu, являются однородными. О сплавах меди и золота см. *Курнаков*, *Жемчужный* и *Заседателев*, 1914, с. 486 и сл. Оказалось, что существует изоморфный α -раствор (Au, Cu) только до 367–370°; ниже он выделяет ауриды – CuAu и Cu₂Au. При обычной температуре существуют: первоначальная изоморфная смесь золота и меди (α -раствор), отвечающая 70–22 и 65–100 атом.% Au и твердые растворы ауридов Cu, Au и CuAu, соответственно содержащие 19–32 и 43–66 атом.% Au. Интересно было бы выяснить изменение, вносимое присутствием серебра. [В природе найдены минералы: купроаурид – Au₂Cu₃ (*Ложечкин*, Доклады Акад. Наук СССР, 1939, 24, 454) и аурикуприд – AuCu₃ (*Ramdohr*, Fortschr. Min., 1950, 28, 69)].

³ Медь более растворима в золоте, чем в серебре; см. *W. Ausien-Roberts a. T. Rose*. 1901, с. 112. О природном медистом серебре (до 10% Cu) см. *Berthier*, 1825, с. 72.

⁴ *Miller*, 1913 (2), с. 94.

⁵ О нахождении этих элементов см. *C. Hintze*, 1898. Сверх того, для Pt ср. *Hartt*, 1870, с. 542, для Pb (в Au из Якутской обл.) – К. Ненадкевич у *А. Герасимова*, 1907 (2), с. 143. Для серебра, о нахождении в нем Co и Ni, см. *H. Müller*, 1901, с. 159. О нахождении Pt в серебре и золоте см. *Loewenstein*, 1914, с. 22.

часто присутствие этих примесей в разностях, богатых серебром, так называемом *кюстелите*. По крайней мере, в двух известных местонахождениях этого минерала в Конгсберге в Норвегии и в Калифорнии (рудник Офир) в нем найдены значительные подмеси других элементов: в Конгсберге – *ртути* (до 5%) и *платины*, а в калифорнийском кюстелите – значительное количество *свинца*¹. Но такие количества совершенно исключительны; в огромном большинстве случаев содержание этих элементов достигает немногих долей процента. Несомненно, однако, что их нахождение, хотя бы и в небольших количествах, чрезвычайно характерно для выяснения парагенезиса природных золота и серебра (ср. § 41, 68–Fe, Pt).

Кроме этих составных частей, генезис которых неясен, наблюдались (особенно в *серебре*) примеси элементов, очевидно, происшедшие от минералов, разложением которых образовались самородные элементы; таково происхождение довольно обычных в серебре небольших примесей As, Sb, S, Bi, Cl. В какой форме они находятся в самородном золоте и серебре – неизвестно.

Очень мало изучен состав *медистого золота*, впервые встреченного сперва около Генуи², а позже найденного в других местах³. По-видимому, оно не содержит ничего, кроме Au, Ag и Cu.

106. Физические свойства золота и электрума. Отчасти благодаря колебанию в составе этих тел, их физические свойства подвержены чрезвычайной изменчивости; так, например, удельный вес самородного золота и электрума колеблется от 12,5 до 19,3⁴. Точно так же колеблется их цвет.

Все эти тела кристаллизуются в *правильной* системе⁵ [гексоктаэдрическом классе $3L^4 4L^3 6L^2 9Pc$]. Первоначально золото и электрум относили к гемиедрии, а серебро к голоэдрии (§ 108)⁶.

¹ Об этих примесях для Конгсберга см. критику у Münster, 1894, с. 51. Ср. кюстелит – § 103.

² Анализ Готье у Diday, 1850, с. 539.

³ В анализированном Вибелем (Wibell, 1873, с. 244) золоте из Западной Африки количество мели доходит до 25%, но так как это золото содержит значительное количество Zn (до 17,3%), нигде не найденного при данных условиях, то вполне возможно, что оно было фальсифицировано туземцами.

⁴ Эти колебания обусловлены главным образом примесью серебра. Об этом см. G. Rose, 1842 (1), с. 427. Однако удельный вес золота меняется, как известно, и от обработки, поэтому нельзя вывести прямую зависимость его от состава. Очень вероятно, что мы имеем здесь указания на разные полиморфные фазы золота. О получении «аморфного» Au механической обработкой см. Beilby, 1906, с. 355.

⁵ О кристаллической форме золота см. Romé De l'Isle, 1783 (2), с. 474; Hauy, 1822, с. 236; Mohs, 1839, с. 484; G. Rose, 1831, с. 196; 1842 (1); Lang, 1883, с. 435; Rath, 1877 (2), с. 1 и сл.; Helmhacker, 1877, с. 1 и сл.; W. Lewis, 1877, с. 456; E. Dana, 1887, с. 224; Еремеев, 1887 (1), стр. 263; E. Dana, 1892, с. 15; C. Hintze, I, 1898. О кристаллах золота см. еще А. Виноградский, 1821, с. 197; он упоминает тетраэдры и, как новинку для золота, – {110}. О кажущейся гемиедрии золота см. R. Graham, 1911, с. 45. Об аллотропии – H. Louis, 1894, с. 105. Перепечатано в «Ore deposits», ed. Emmons, 1913, с. 105 и сл.

⁶ Для золота попадались ясно выраженные тетраэдры, как указал Авдеев (1841, с. 159). Превосходные кристаллы в форме тетраэдров (из Бразилии) хранятся в коллекции Лейденского университета. О них см. Martin, 1898, с. 278. Тетраэдры из Березовска из коллекции Кокшарова находятся в Британском музее. На отсутствие L^4 указывают также двойники из Сысертска, описанные Гельмгаккером (Helmhacker, 1877, с. 10). Явления своеобразного дихроизма в тонких пластинках золота (см. W. Stein, 1872, с. 172) указывают даже на непринадлежность этих пластинок золота к правильной системе. Очень вероятно, что Au в тонких пластинках принадлежит к другой полиморфной разновидности. Но вопрос о физическом состоянии вещества в тонких, «твердых» пленках так сложен, что этот дихроизм не может считаться доказательством анизотропности внутреннего строения золота.

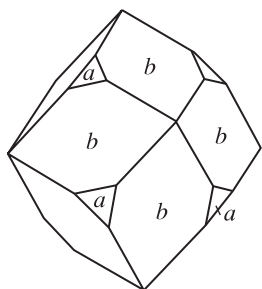


Рис. 31. Кристалл золота из Матто-Гроссо. По Леви, 1837. $b \{110\}$, $a \{111\}$ и $\{111\}$. Увеличено

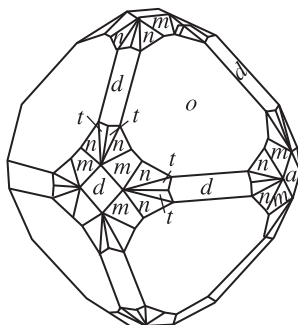


Рис. 32. Кристалл золота из Березовска. По Г. Розе, 1831. $o \{111\}$ и $\{111\}$, $d \{110\}$, $a \{100\}$, $m \{113\}$, $n \{214\}$, $t \{10.1.18\}$. Увеличено



Рис. 33. Кристалл золота из Юзельского лога, Сысертск, Урал. По Гельмгаккеру, 1877. Увеличено

Золото и электрум нередко проявляются в хорошо выраженных кристаллических многогранниках; чаще преобладают $\{110\}$ или $\{111\}$ ¹, реже $\{100\}$ и другие формы (рис. 31–32)². По наружному виду кристаллы обычно приближаются к голоэдрическим формам. Кристаллы золота обыкновенно чрезвычайно деформированы (см. рис. 34); плоскости не дают полного числа граней, покрыты скульптурами (рис. 33) или штриховкой (см. рис. 36). Комбинационная штриховка на $\{110\}$ идет параллельно $\{110\} \cdot \{100\}$, на $\{111\}$ параллельно $\{111\} \cdot \{311\}$, $\{111\} \cdot \{110\}$ и т.д.³ Деформация кристаллов золота иногда дает формы, приближающиеся к гексагональной системе, так, например, в очень характерных сростках золота из Орегона (см. рис. 39), описанных Дана⁴. Здесь «трапецоэдры» $\{311\}$, обычные для золота, превращаются в деформированные кристаллы, имеющие облик гексагональной системы (рис. 34).

Однако золото гораздо чаще встречается в параллельных и двойниковых (по $\{111\}$) сростках, чем в простых полиэдрах (рис. 35 и 36). Наиболее обычны при этом дендритовые формы чрезвычайно вытянутых по оси L^2 или по L^3 кристаллов⁵. Эти вытянутые кристаллы переходят нередко в волосатые формы, столь обычные для соединений, образующихся путем медленных химических распадов в твердой среде или при выделении вещества из раствора путем разложения его действием гальванического тока. Такие же волосатые

¹ По Авдееву (1839 (1), с. 511–514), форма зависит от состава: $\{110\}$ богаче Au, а $\{111\}$ – беднее. Сколько знаю, это наблюдение выдающегося русского ученого подтверждается немногими дальнейшими наблюдениями: для электрума всегда преобладает $\{111\} \cdot \{111\}$, иногда $\{100\}$, но не $\{110\}$.

² В этих рисунках-оригиналах отдельных исследователей принята голоэдрическая схема строения золота, выражающаяся очень резко в некоторых из этих комбинаций. Несомненно, надо иметь в виду обычную схематичность наших кристаллографических чертежей.

³ См. *Helmhacker*, 1877, с. 4 и сл.

⁴ *E. Dana*, 1887, с. 226.

⁵ По-видимому, последнее наблюдается для двойниковых пластин, сплюснутых по двойниковой оси (L^3).

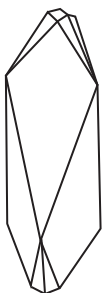


Рис. 34. Деформированный кристалл золота из Орегона. Форма $\{311\}$. По Дана, 1877. Увеличено

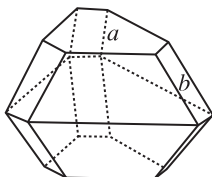


Рис. 35. Двойник золота по $\{111\}$. Обычны на Урале. По Леви, 1837. $a \{111\}$, $b \{110\}$

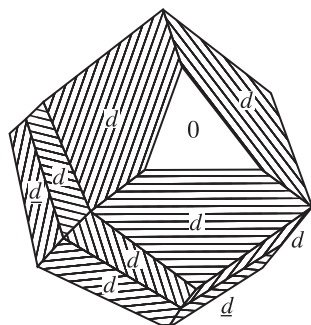


Рис. 36. Двойник золота по $\{111\}$ из Оренбургских россыпей. По Еремееву, 1887. $d \{110\}$, $o \{111\}$

кристаллы золота легко получают искусственно. Они легко закручиваются. В Крестовоздвиженской россыпи на Урале и в других местах самородки имели форму проволоки (рис. 37)¹.

Размеры выделений золота колеблются от мельчайших, не видимых глазу, легко плавающих на воде листочков до огромных кусков, достигающих нескольких пудов (самородков). Мельчайшие пылинки золота едва достигают сотых долей миллиметра².

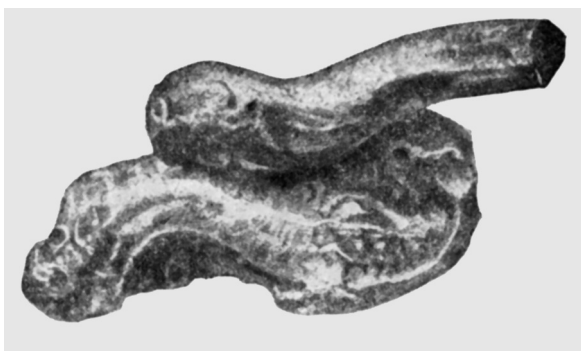


Рис. 37. Самородок золота из Березовского округа. По Лейхтенбергскому, 1867

107. Наиболее обычны, однако, не эти отдельные кристаллы или их срastания, но более сложные образования, имеющие вид пластинок, комков, губчатых масс, самородков. Между ними есть все переходы. Легко убедиться, что все эти образования золота представляют собой или кристаллические собрания или параллельные сростки (рис. 38). Их образование объясняется повторением этих процессов в пространстве. Параллельные или двойниковые срastания мельчайших неделимых золота дают этим путем скелеты; эти скелеты, срastаясь вместе в одной плоскости, дают древовидные (рис. 39) образования (дендриты). Такие срastания из тысячи мельчайших кристаллов (сильно вытянутых по тройной оси), обычно комбинации с преобладанием $\{100\}$, $\{110\}$, $\{311\}$ или $\{111\}$, развиваясь в одной плоскости, дают

¹ Авдеев, 1844, с. 160.

² По Эдману, в кварцах видны золотые пылинки до $1/480$ мм величиной. См. Cumenge et Robillaz, 1898, с. 40. Ср. Beilby, 1906.



Рис. 38. Параллельный сросток кристаллов золота из Сысертска.
По Гельмгаккеру, 1877

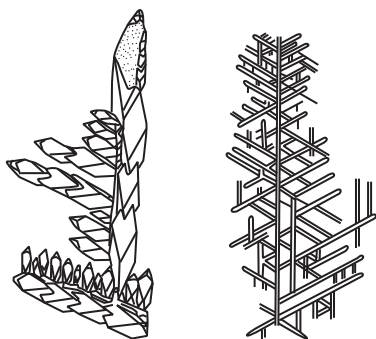


Рис. 39 и 40. Параллельные сростки кристаллов золота.

На рис. 39 – из Орегона (по Дана, 1887);
на рис. 40 – из Фачебая, Трансильвания
(по Рату, 1877). Господствует $\{102\}$

сетчатые пластины золота (рис. 40), причем промежутки между ветвями все более и более заполняются и в конце концов получают сплошные пластины золота, в которых лишь тщательное исследование дает возможность открыть их сложное строение (рис. 41–43). Как показали Рат и Гельмгаккер, такие пластины состоят из неделимых, которые находятся между собою в двойниковом положении по $\{111\}$, причем двойниковая плоскость и плоскость срастания параллельны плоскости пластины. Получается как бы общая двойниковая плоскость $\{111\}$, параллельная пластине, а верхняя и нижняя ее поверхности находятся в двойниковом положении¹. Очень вероятно, что большинство «листочков» золота имеет такое строение². Такие древовидные срастания часто идут не в плоскости, а в пространстве (нередко начинаясь вокруг зернышек пирита и т.п. тел)³, причем, по-видимому, пластинки⁴ располагаются перпендикулярно L^2 или L^3 . Мало-помалу все пространство между пластинками зарастает и получают комки или губчатые массы, где с трудом видна внутренняя структура (рис. 44). Благодаря чрезвычайной мяг-

кости золота, эти сложные образования легко искривляются и изгибаются, причем все следы срастания их неделимых исчезают. Таково строение *самородков*, даже самых больших⁵. Такие сложные структуры золота достигают иногда огромных размеров. Так, самый большой, кажется, самородок золота, до сих пор найденный (в 1872 г. в Новом Южном Валлисе), представлял пластину около 2,5 см толщиной, 144 см длиной и 9 см шириной⁶. Вес самого большого самородка в Молиагуле (Виктория) – 71 кг⁷.

¹ Такие образования получаются обычно в растворах при кристаллизации в узких пространствах и на поверхностной пленке раствора. Так, например, для KNO_3 см. *Вернадский*, 1896, с. 292. В этих опытах получаются отдельные кристаллы. Для NaCl П. Орлов получал этим путем большие двойниковые пластины.

² О строении золотых пластинок см. *Helmhacker*, 1877, с. 1 и сл.; *Rath*, 1877 (2), с. 1.

³ *Wilkinson*, 1867, с. 12–13.

⁴ Великолепные пластины золота наблюдаются в различных месторождениях Трансильвании, Эльдorado в Калифорнии, Антиохии в Колумбии. В России они прежде наблюдались и теперь сохранились в коллекциях из Сысертского и старого Невьянского рудников. Об этом см. *G. Rose*, 1837, с. 293 и сл.

⁵ Превосходные образцы самородков из Калифорнии, с ясным древовидным строением, находились в известной коллекции проф. Поля в Вене. О строении золотых самородков см. *Liversidge*, 1894, с. 199; 1897 (1), с. 70 и сл.; 1900, стр. 259.

⁶ *Valliant*, 1901, с. 132. Так называемый Гольтерманов самородок весил 28,6 кг. См. *E. Pittman*, 1901 (1), с. 30–31.

⁷ *Babu*, 1896, с. 350.

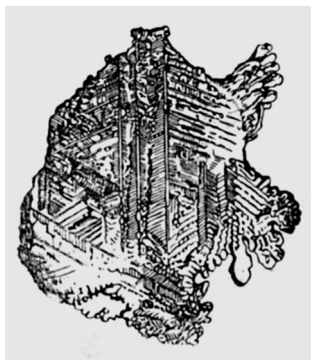


Рис. 41. Золотая пластинка
из Вереспатака.
По Рату, 1877

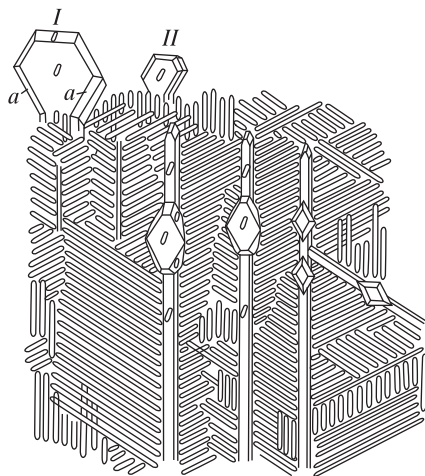


Рис. 42. Та же пластинка, увеличенная.
 $a \{100\}, o \{111\}, \{1\bar{1}1\}$

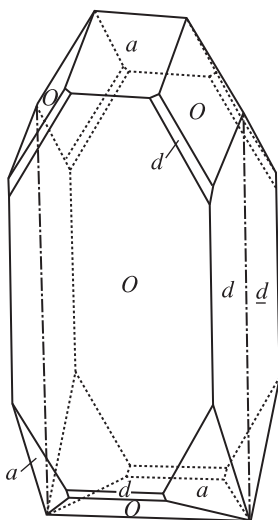


Рис. 43. Отдельный кристалл пластинки золота
(рис. 41–42). Двойник по $\{111\}$
 $a \{100\}, o \{111\}, d \{110\}$



Рис. 44. Самородок золота из Зотиевского
прииска.
По Лейхтенбергскому, 1867

Огромные самородки были найдены в Царево-Александровской россыпи. Наибольший из них найденный в 1837 г., весил 36 кг¹.

Генезис таких больших самородков все-таки является довольно загадочным. Долгое время их считали образующимися или дорастающими в *россыпях* (§ 127), так как сперва не встречали самородков золота в жилах. Однако уже давно были встречены ясные фактические опровержения этого взгляда — так, и в России, на Алтае², и в Австралии³ встречаются самородки, тесно связанные с жильным кварцем.

¹ Ср. о самородках: *Озерский*, 1843, с. 74 и сл.; *Gumenge et Robillaz*, 1898, с. 17 и сл.; *Lindgren*, 1913, с. 208.

² *М. Карпинский*, 1840 (2), с. 211.

³ *Kraatz*, 1896, с. 185, по Howitt.

В кварцевых жилах Монюментал-Майн, Сиерра, Калифорния, самородок весил 32,5 кг, а в кварцевой жиле Хилл-Энд, Новый Южный Валлис, – около 85,05 кг¹. Надо думать, что самородки произошли из *водных растворов* путем медленной кристаллизации.

Отдельно должны быть поставлены *конкреционные* образования золота (аналогично Pt, § 71). Нередко они имеют форму шариков². Такие конкреционные формы, должно быть, указывают на существование в природе растворов коллоидального золота или на выпадение его природных соединений в форме коллоидов, позже выделяющих самородное золото (§ 110)³.

108. Физические свойства самородного серебра. Очень схожи с золотом кристаллические образования самородного серебра. Однако, изучая его кристаллы, мы не видим явлений, которые указывали бы на отсутствие осей симметрии 4-го порядка. Очень возможно, что серебро кристаллизуется в *голоэдри* правильной системы (§ 106)⁴.

Простых форм для него известно мало. В кристаллических его многогранниках преобладают {100} или {111} (Конгсберг в Норвегии, старинное серебро Фрейберга, Караколес в Чили)⁵. Кристаллы серебра обычно сильно деформированы. Развитие длинных волосатых кристаллов (главным образом {100}, вытянутых по L^4) для него еще характернее, чем для золота; этим путем образуются волосы до 0,5 м длиной, сильно изгибающиеся, скручивающиеся, образующие комки (рис. 45–46). Чрезвычайно характерны двойники по {111}, причем входящие в состав двойника неделимые сильно деформированы, аналогично тому, что было указано для Au (§ 106, 107). Этим путем серебро дает пластины, состоящие из сплетения двойниковых вытянутых кристаллов серебра (рис. 47).

Строение металлических пластин серебра очень сложно благодаря неправильному развитию составляющих их кристаллов. Так, в мексиканском серебре встречаются своеобразные двойники по {111}, в виде параллельных сростков из простой комбинации {110}·{100}, совсем непохожие на геометрически правильные формы (рис. 48–49). Еще сложнее строение конгсбергского серебра⁶. Характер его пластинок может быть виден, например, из сравнения рис. 50, представляющего схему естественного сростка,

¹ Lindgren, 1913, с. 208.

² Оригинальные образования описаны Ливерсиджем (*Liversidge*, 1908, с. 161). Они имели строение, аналогичное агатам.

³ Ввиду неясности кристаллического класса я не привожу списка простых форм золота. Те списки, какие даются, относятся к голоэдри. См. список у *C. Hintze*, I, 1898, с. 236. Для медистого золота известен {111} (*А. Николаев*, 1908, с. 529).

⁴ Или в классе $3L^4 4L^3 6L^2$.

⁵ О кристаллической форме серебра: *Romé De l'Isle*, 1783 (2), с. 432; *Haidinger u. Mohs*, 1825, с. 434; *G. Rose*, 1831, с. 202; 1845, с. 533; *Sadebeck*, 1878, с. 293; *Fletcher*, 1880, с. 185; *C. Hintze*, I, 1898, с. 218.

⁶ Превосходная коллекция кристаллов серебра (дендриты и отдельные сростки), которые могут поспорить с конгсбергским, из Элькхорн в Монтане, принадлежит университету в Монреале.

Синтетически волосатое серебро получается при особых условиях, при восстановлении Ag_2S , может быть из его паров, образующихся при относительно низкой температуре. Кольшюттер и Эйрман считают волосатое серебро некристаллическим; см. *Kohlschütter u. Eydmann*, 1912 (1), с. 340; 1912 (2), с. 86.



Рис. 45. Самородное серебро
из Конгсберга.
Коллекция Московского университета.
Фото Н.И. Сургунова. 1/1



Рис. 46. Самородное серебро
из Конгсберга.
Коллекция Академии Наук.
Самородок был подарен Петру Великому. 1/2

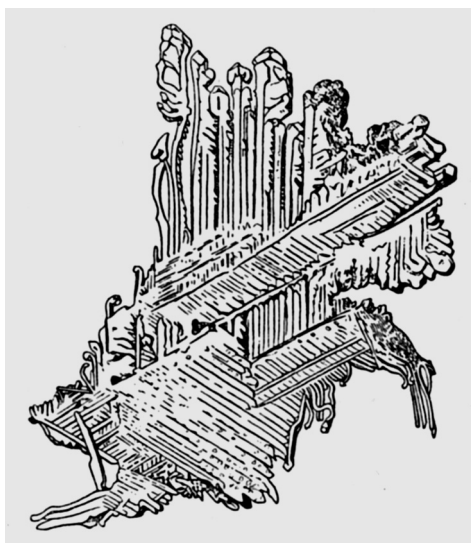


Рис. 47. Пластика серебра из Конгсберга.
По Рату, 1879

Рис. 48.
Двойники
серебра
из Мексики.
По Задебуку,
1878.
 $a \{100\}$,
 $1/4 d \{410\}$

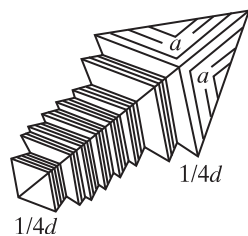
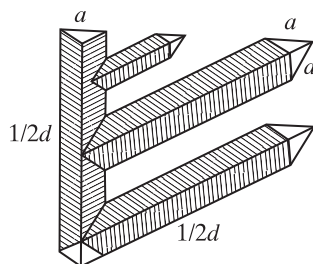


Рис. 49.
Увеличенная
ветка
дендритового
сростка.
Оттуда же.
 $a \{100\}$,
 $1/2 d \{210\}$



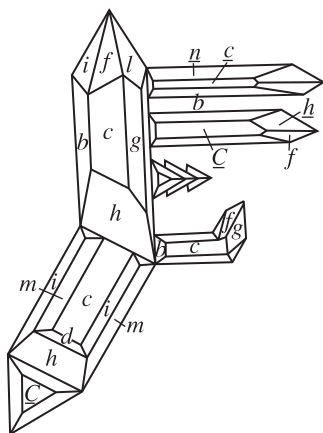


Рис. 50. Сrostки кристаллов серебра из Конгсберга.

По Розе и Задебеку, 1878. b, c, d {111}, остальные буквы обозначают форму {113}

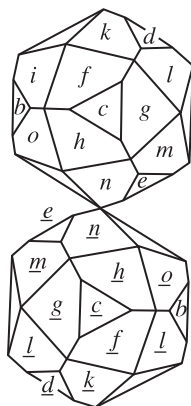


Рис. 51. Схема сrostка рис. 50. Обозначения те же

с рис. 51, дающим ту же комбинацию, правильно развитую и поставленную в двойниковое положение. Причина такого оригинального развития кристаллов серебра, вероятно, связана с их выделением в твердой среде или путем электролитических процессов.

Параллельные сrostки серебра образуются по L^4 или по L^2 , причем кристаллы-субиндивиды вытянуты по двойниковой оси. От повторения параллельных сrostков и полисинтетических двойников по {111} образуются самородки, которые достигают иногда огромных размеров; иногда они



Рис. 52 и 53. Серебряный самородок XVIII века с Медвежьего острова.

Вид с противоположных сторон

Коллекция Академии Наук. Фото препаратора Петца. 1/2

превышают 500 кг. Такие огромные самородки находили в старинных разработках Рудных гор, Медвежьего острова (рис. 52–53) на Белом море, в разных рудниках Перу, Чили¹ и т.д.

109. Нахождение золота в земной коре. Благодаря значению в жизни человека и своей большой ценности, месторождения золота изучены едва ли не более месторождений всех других металлических минералов. Учитывались и отмечались мельчайшие его находения в культурных странах, и в погоне за золотом человек ненасытно устремлялся в новые, дикие местности, захватывая их нередко путем преступлений и насилий.

На золото испробованы в течение веков все окружающие человека породы, и по отношению к нему мы можем утверждать с фактами в руках, что в небольшом количестве оно рассеяно всюду. Это было ясно уже для ученых XVIII столетия – для Ле Сажа, Бюффона и др.²

В минимальных следах оно рассеяно в почве, в воде некоторых рек, в массивных и метаморфических горных породах и минералах, очень часто в осадочных породах.

В заметных количествах оно находится в воде океанов³. Оно впервые было в ней констатировано Зонштадтом⁴. Позже были сделаны количественные исчисления, давшие числа, колеблющиеся между 0,0000004% (Дон – для Тихого океана) до 0,000006% (Ливерсидж)⁵. В общей массе океана эти ничтожные доли составят колоссальные количества золота, исчисляемые миллионами тонн.

110. Золото находится в природе в разной форме, но характер его первичных выделений нам не всегда ясен. Несомненно оно известно: 1) в самородном состоянии – в самородных золоте, ртути, серебре, висмуте и т.д. и 2) в виде химических соединений, среди которых наиболее точно установлены теллуристы.

Однако возможно, что оно образует еще и какие-то сульфосоли, в виде которых находится в ничтожных количествах в изоморфной подмеси к другим сульфосолям (блеклым рудам, айкиниту и т.п.), и, может быть, даже нестойкие простые сернистые, мышьяковистые, сурьмянистые соединения, представленные главным образом в виде подмеси к минералам аналогичного состава. Целый ряд данных о нахождении ничтожных следов Au в составе этих минералов делает такое предположение весьма вероятным⁶. Однако

¹ Самородок в Конгсберге, найденный в 1867 г., достигал 500 кг; см. *Münster*, 1894, с. 49–50. Другие примеры у *De Launay*, 1896 (1), с. 38–39. В Саксонии, около Гиммельсфюрста, не раз находили куски до 250 кг (еще в 1857 г.). См. *H. Müller*, 1901, с. 156–157. В древних легендах сохранились известия об огромных самородках Перу и Чили. О мексиканских см. *Mather*, 1833, с. 227, 234 и сл.

² *Flourens*, 1860, с. 55.

³ Вагонер нашел для морской воды Сан-Франциско 12–16 мг золота в 1 т воды (*Wagoner*, 1901, с. 798). Он нашел его и в воде глубин (1907, с. 704). О золоте в океане см. *P. Wilde*, 1905, с. 559; *Wiesler*, 1906, с. 1795. Общий обзор связи золота с породами, нахождение его в гидросфере и литосфере см. *Lincoln*, 1911, с. 247 и сл.

⁴ *Sonstadt*, 1872, с. 159; 1892, с. 131.

⁵ *Liversidge*, 1895, с. 336 и сл.; *Don*, 1898, с. 615. Другие определения см. *Vogt*, 1898, с. 318.

⁶ Ср. *Wilkinson*, 1867, с. 12–18; *Gutherlet*, 1857, с. 531 и сл.; *Atherton*, 1891, с. 278; *Bischof*, 1866, с. 839. Опыты Атертона для золота в арсенипиритах из Дип-Крик показали, что оно почти нацело растворимо в водном растворе Na_2S_2 . Эта реакция исключает, по-видимому, существование металлического золота, но не противоречит возможности существования мышьяковистых его соединений.

вполне возможно, что большая часть золота образует с этими телами тонкие механические смеси и находится в них в самородном состоянии.

Не раз пытались найти указания на другие формы золота в природе, но эти попытки не привели ни к каким точным выводам и существование других соединений золота носит чисто гипотетический характер. Так, уже в 1850-х годах Гутберлет принимал существование в водных растворах сложных силикатов золота¹, другие искали хлористое золото², фтористое³, иодистое и теллуристое⁴, аураты⁵ и т.д.

Все эти предположения вызваны попытками объяснить выделение золота из его *водных растворов*. Считалось, что в воде золото нерастворимо. Однако мы знаем теперь коллоидальные растворы металлического золота. Очень возможно, что в природных водных растворах мы имеем дело не с соединениями золота, а что золото находится в них в виде коллоидального золота, аналогично платине (§76). Характерная форма конкреций делает это предположение почти неизбежным в некоторых случаях.

111. Нахождение в некоторых поверхностных участках земной коры водных растворов, содержащих золото, как увидим ниже, доказывается всей историей природного золота. Но оно ясно не только из парагенетических наблюдений (§ 120). Множество фактов указывает на легкую подвижность, растворимость золота в циркулирующих в земной коре водах.

Уже одно нахождение его в измеримом количестве в воде океанов (§ 109), в которой скопляются все вещества, растворяющиеся в текучих водах земной поверхности, неопровержимо это доказывает. Есть и прямые наблюдения над выделением самородного золота в осадках современных горячих источников. Таковы, например, источники Стимбот в Северной Америке, Боулдер в Монтане; они и теперь отлагают золото вместе с SiO_2 , HgS , FeS_2 , сульфидами As и Sb и т.д.⁶ Наблюдения Смита, Ульриха и других над россыпями Австралии указали на отложение золота в кристаллах пирита, образовавшегося в историческое время и осевшего на органические остатки – деревянные закрепы и тому подобные новейшие сооружения, сохранившиеся в россыпях⁷.

В золотоносных местностях тропиков, например в Гвиане, золото проникает в растения, открывается в золе деревьев, причем можно было убедиться, что это не была механически захваченная золотая пыль⁸.

В жилах золото нередко выделяется в друзах вторичных кристаллов, несомненно, образовавшихся из водных растворов; так, в трансильванских месторождениях оно иногда выделялось внутри кристаллов горного хрусталя, гинса, в связи с цеолитами и т.д., в кварце и углекислых солях найдено на

¹ *Gutberlet*, 1857, с. 516 и сл. Эта идея много раз повторялась и позже, без всяких доказательств. Анализы пород и минералов Новой Зеландии в прекрасной работе Дона (*Don*, 1898, с. 650–653 и сл.) ясно доказывают, что в твердом виде золото не связано с силикатовыми телами, а связано с сернистыми.

² *Genth*, 1859, с. 254. Ср. также *Schneider*, 1891 (1), с. 2247.

³ *De Launay* 1907 (1), с. 127.

⁴ *Van Hise*, 1901, с. 117.

⁵ *Louis*, 1893–1894, с. 247.

⁶ *G. Becker*, 1887, с. 200 и сл.; 1888, с. 344; *Weed*, 1900, с. 234–235.

⁷ *J. Phillips*, 1884, с. 73.

⁸ *Lungwitz*, 1899, с. 23.

Урале, в барите – на Алтае и в Калифорнии, в азурите – в Моренси, в Аризоне, и т. п. Наконец, в тех же месторождениях оно оседает в виде неразличимой глазом пыли внутри кристаллов пирита (FeS_2), несомненно, выпавших водным путем¹. В гипсе кембрийской красноцветной толщи на р. Чаре (бассейн р. Олекмы, Якутская обл.) содержится золото (по указанию А.П. Герасимова).

На перенос его в растворах указывает, наконец, нахождение его в осадочных породах, богатых ископаемыми, например, в Калифорнии, в прибрежных Кордильерах, в руднике Манзанита, оно найдено вместе с киноварью в нижнемеловых сланцах (с *Aucella Piochi Gabb.*)²; в Южном Урале, на Саянке, – внутри стеблей криноидей³.

112. Эта легкая подвижность золота может быть связана не только с простой растворимостью в воде коллоидального золота или золотых соединений. Она может быть обусловлена другими своеобразными свойствами соединений золота, проявляющимися в сложных химических процессах, мало изученных, идущих в водных растворах. Здесь идут нередко – в присутствии в данной среде посторонних тел – своеобразные явления контактного характера. Так, растворимые золотые соединения (например, сернистое золото в воде, содержащей небольшие количества углекислых щелочей) чрезвычайно легко выделяют металлическое золото при соприкосновении с твердыми сернистыми соединениями свинца, железа и т.д., с органическими остатками, золотыми кусочками и пр.⁴ Несомненно, условия такого выделения золота должны не раз встречаться в природе, в россыпях или в верхних частях жил.

С другой стороны, нерастворимые при обычных условиях соединения и формы золота переходят в «раствор» при соприкосновении с растворами некоторых тел. Давно известно, что хлористые, азотнокислые, сернокислые соли щелочных металлов в водных растворах способны «растворять» золото. Растворы таких солей находятся всюду в поверхностной пленке земной коры и в течение веков слабое их действие может очень значительно сказаться на распределении золота. Таковы же и *сульфаты окиси железа*, способность водных растворов которых растворять металлическое золото тоже доказана опытом. Эти сульфаты образуются при разрушении пирита, несомненно часто находятся в богатых золотом участках земной коры. Этим путем, может быть, должны быть объяснены губчатые самородки золота верхних частей жил⁵ (§ 119). Есть случаи, где такое золото встречено в непосредственной связи с этими сульфатами (в кварцитах Батл-Маунт, в Колорадо)⁶. В какой

¹ Обзор вопроса о форме нахождения золота в пирите см. *Minnich*, 1911, с. 449 и сл. (литература). В Снеттишм-Майн около Джуно в Аляске наблюдались пириты, пронизанные золотом. По-видимому, здесь золото образовалось в конце образования пирита. Кристаллы золота не наблюдаются внутри пирита; они полувросшие – пирит заканчивал свой рост после выделения золота. См. об этом кристалле *Pogue*, 1910, с. 477–483.

² *Turner*, 1897, с. 473.

³ По указанию П.К. Алексата.

⁴ Ср., например, *Newberry*, 1868, с. 54–59; *Liversidge*, 1893, с. 330 (может быть, в связи со слабыми гальваническими процессами). О растворимости золота см. еще *Minnich*, 1911, с. 450.

⁵ Идея высказана Вурцем. См. *Pearce*, 1889, с. 244. О природных растворах золота см. *Wurtz*, 1858, с. 51; *Brokaw*, 1910, с. 321.

⁶ *Guiterman*, 1890, с. 266.

форме находится Au в таких растворах, неясно. Может быть, играют роль в растворении золота сернистые щелочи. Они отлагают золото при действии кислот и окислителей¹.

Очень возможно, что и многие другие вещества (например органические) обладают способностью растворять Au. Эти явления, по-видимому, связаны с мало изученной областью химии коллоидов.

113. Месторождения золота могут быть сведены к нескольким типам, частью – *коренным*, частью – *вторичным*.

Несомненно, главная масса самородного золота в земной коре сосредоточена в коренных месторождениях. К числу их относятся как месторождения золота, непосредственно связанные с массивными породами, так и отложения жильного характера.

Среди коренных месторождений наибольшее его количество находится выделенным в рассеянном виде, обычно в виде мельчайшей пыли в массивных или метаморфических породах. Эти месторождения большей частью не имели практического значения и потому позже других обратили на себя внимание, но, несомненно, они являются первоначальным источником золота; так или иначе, из них оно попадает в другие месторождения.

В конце концов и золото метаморфических пород происходит из массивных пород, так как не будет ошибочным считать метаморфические породы за измененные осадочные или массивные². В массивных породах оно находится как в породах эффузивных и интрузивных, так и в дайках, т.е. в жильных породах.

Поэтому можно высказать положение, что *первичной формой выделения самородного золота в природе является выпадение его в расплавленных массивных породах и нахождение рассеянным в силикатовых магмах*³.

Только в отдельных, частных случаях оно при этом видно глазом или может быть наблюдаемо под микроскопом (рис. 54)⁴, гораздо чаще оно рассеяно в виде незаметной илы и иногда открывается только химически. Форма таких выделений неправильна; иногда можно видеть дендритовое сложение (например в пехштейне).

Самородное золото найдено в самых разнообразных породах, как, например, в трахитах Южной Тасмании пермо-карбонового возраста⁵, в свежих диалагоновых перидотитах и дунитах Урала⁶, в дайках мончикита и камптонита

¹ Lenber, 1912, с. 744. О преимущественном значении при этом соединений марганца в качестве растворителя и железа – осадителя см. W. Emmons, 1910, с. 768.

² Очень возможно, с другой стороны, что все массивные породы, нам доступные, являются переплавленными осадочными. Это вытекает логически уже из рассуждений Геттона (J. Hutton, 1795, с. 98, 311 и сл.; Playfair, 1802, с. 10 и сл.). Выяснение значения геосинклиналей в процессах земной коры делает это предположение весьма вероятным.

³ О нахождении золота в массивных породах см. F. Clarke, 1911 (1), с. 613; D. Levat, 1912, с. 3–7; Lacroix, 1901, с. 190 (очень обычно на Мадагаскаре); Lindgren, 1913. Общая сводка – Lincoln, 1911, с. 247.

⁴ Möricke, 1891, с. 191; Merrill, 1896, с. 309; Jaquet, 1894, стр. 133. Ср. R. Beck, 1903, с. 18–19.

⁵ Twelvetrees a. Petterd. Proceedings of R.S. of Tasmania, 12 (N.S.). Работа была мне недоступна.

⁶ По исследованию Л. Ячевского. См. Чернышев, 1889 (1), с. 306. Уже в 1820-х годах указано было Щегловым в змеевике Коптяковского рудника. Ср. М. Карпинский, 1840 (2), с. 202; Высоцкий, 1913, с. 26. Одновременно с русскими исследователями (Щегловым, Карпинским и др.):

Мариупольского у. Таврической губ.¹, в гранитах из Соноры в Мексике², в диоритах³, базальте⁴, пехштейне и кварцевом трахите⁵ и т.д.⁶

Золото находится, как видим, как в кислых, так и в основных породах⁷ (ср. железо – § 50, платина – § 77). Относительно редко наблюдается оно в таких месторождениях в количествах, окупающих разработку, и преимущественно лишь тогда, когда оно собрано благодаря изменению породы в верхних ее частях (в элювии)⁸. Так, его добывали из сильно разрушенных гнейсов в окр. Кампанья и в Минас-Жераис в Бразилии⁹, из превращенных в латерит гнейсов Мадагаскара¹⁰ и латеритов Гондураса¹¹. Многочисленны случаи нахождения его на Урале в верхних частях пород, переработанных отчасти водой, как в кислых, так, особенно, в основных породах¹², например, в перидотитах системы р. Киолим на Южном Урале, в серпентинах около Соймановска и других мест Кыштымского окр.¹³, в разрушенных диабазах на Северном Урале (Никито-Павдинская россыпь) и т.д.¹⁴

114. Подобно тому, что мы видели и для других металлов, характер выделения золота в массивных породах неясен. Очень возможно, что оно не выпадало из расплавленной магмы, а выделялось с летучими или легко растворимыми в горячей воде соединениями.



Рис. 54. Золото в граните из Соноры, Мексика.

По Меррилли, 1896. Черное – золото. Меньший чертеж – зерно кварца, больший – ортоклаза. В последнем видны следы спайности. Увеличено

по-видимому, к тем же представлениям о нахождении золота в массивных породах пришли и на Западе. Гумбольдт держится этих мнений (для серпентинов Атубы, Гаити и т.д.); см. *Humboldt*, 1843, с. 527–528. Он указывает, что Пруст нашел золото в гранитах Испании; см. там же для Гаити *Gaym.* Ср. для Атубы *Reinwardt*, 1827, с. 330. Вагонер (*Wagoner*, 1901, с. 798 и сл.) находил в гранитах 104–1131 мг Au на 1 т.

¹ *Морозевич*, 1903, с. 10–11.

² *Merrill*, 1896, с. 309–310.

³ *Genth*, 1859, с. 253; *Schmeisser*, 1897, с. 74–75 (в пирите и арсенопирите?); *Spurr*, 1903, с. 500.

⁴ Из Декана в Индии – по указанию Джоли в заседании Британской ассоциации в Дублине в 1908 г. (*Joly*, 1908 (1), с. 9).

⁵ *Möricke*, 1891, с. 191 и сл.

⁶ См. многочисленные примеры у *Cumenge et Robillaz*, 1898, с. 24 и сл.; *Pittman*, 1901 (2), с. 62 и сл.

⁷ *De Launay*, 1897 (1), с. 224.

⁸ Такой генезис некоторых месторождений Урала определен еще в 1820-х годах Щегловым; см. *М. Карпинский*, 1840 (2), с. 202. Ср. *Чернышев*, 1889 (1), с. 305 – для Балбукской дачи.

⁹ *Derby*, 1884, с. 443.

¹⁰ *Lacroix*, 1901, с. 181.

¹¹ *Genth*, 1859, с. 253.

¹² Для основных пород впервые *Н. Щеглов*, для сиенитов, диоритов и т.д. – уже *М. Карпинский* (1840 (2), с. 202).

¹³ *Кокшаров*, 1870 (2), с. 323; *А. Карпинский*, 1883, с. 204.

¹⁴ *Е. Федоров*, 1894, с. 86.

Нередко в таких массивных и метаморфических породах золото скопляется в особых определенных участках, выделяется среди тяжелых металлических концентраций в породе. Так, среди кристаллических сланцев Бразилии и Южной Каролины оно сконцентрировано в выделениях железного блеска, и некоторые железные руды Бразилии служили золотой рудой (вместе с порпечитом, § 101). Точно так же в железном блеске силурийских слюдяных сланцев и кварцитов горы Ляйель в Тасмании выделилось самородное золото¹.

Гораздо чаще такие богатые золотом участки породы состоят не из кислородных, но из сернистых соединений, главным, образом из пирита. Пирит образует нередко огромные включения в гнейсах и сланцах, в форме чечевиц и тому подобных толщ. Такие толщи серного колчедана, богатого кварцем и содержащего золото, наблюдаются в очень многих местностях² – в Виргинии, Каролине, Аллеганских горах, Отаго в Новой Зеландии, на горе Ляйель в Тасмании³ и т.д. В пиритах же местами концентрируется золото и в массивных породах; так, в Чили, в руднике Хурумата и других в окр. Андоколлы, золото сконцентрировалось в пиритах, рассеянных в липарите⁴, в нем же оно выделилось в контактовых частях диорита в Куинсленде⁵. К тому же самому типу принадлежит выделение золота в пиритах, рассеянных в массе березита (гранита) в Березовске на Урале (§ 117)⁶. Аналогично выделение золота в гранитах системы р. Джалон, бассейн р. Зеи, Амурская обл., образовавших при своем разрушении богатейшие россыпи золота. Оно сосредоточено здесь в мельчайших прожилках в самой породе, состоящих из лимонита и достигающих максимум 10 мм толщины⁷ и т.д.

Очень вероятно, что первичной формой концентрации золота в этих массивных породах были сернистые и мышьяковистые соединения⁸, тогда как кислородные (гематит, лимонит и т.д.) – явились продуктом их разрушения. Но едва ли было бы правильно обобщать эти наблюдения.

Если пириты являются инъекцией в магму или последними выделениями в ней шлирового характера, мы имеем в этих коренных месторождениях золота переход к его жильным выпадениям.

Среди магматических жильных, *дайковых*, выделений золота особенное значение приобретают выделения его в гранитных пегматитовых жилах или даже выпадения его в мелкозернистом жильном граните, в аплите. Эти выделения приближаются к чисто жильным месторождениям, т.е. к месторождениям золота, выделенным при участии воды. Таковы коренные месторождения в бассейне Гилюя, в Зейском окр. Амурской обл. Здесь жильные гранитные породы пререзают гнейсы и состоят главным образом из кварца и полевого шпата, реже – из мусковита. Они содержат самородное золото⁹.

¹ Russel, 1896, с. 16–17.

² Wimmer, 1895, с. 3 и сл.

³ Russel, 1896, с. 16, 57, 65.

⁴ Möricke, 1897, с. 19–20.

⁵ Daintrée, 1878, с. 431.

⁶ О нахождении в пиритах Березовска см. возражения *Арицуни*, 1885.

⁷ A. Levat, 1897 (2), с. 150–163.

⁸ Золото находится иногда в арсенопирите и лёллингите, выпавших в магматической породе, и открывается в них химически, например, в Рейхенштейне в Силезии. См. *Traube*, 1888, с. 22, 135.

⁹ М. Иванов, 1901, с. 34.

Совершенно аналогичны кварцевые жилы Аляски, постепенно переходящие в «алюскиты» – жильные или пегматитовые породы¹. Между этими пегматитовыми образованиями и обычными кварцевыми жилами есть все переходы, и некоторые кварцевые жилы, содержащие золото, являются пегматитовыми жилами². Работы последних лет подтвердили в этом отношении старинные взгляды Фурнэ, Белта, Розалеса и др., настаивавших на огненном, в той или иной степени, происхождении жильного кварца. Значение этих пегматитовых месторождений в истории золота не может быть сейчас учтено. По-видимому, к ним придется отнести значительную часть богатых кварцевых жил золота (§ 118).

115. Эти переходы ясно указывают на сложность второго типа коренных месторождений самородного золота, его *жильного* генезиса. Характерным условием такого выделения золота может считаться участие в образовании жильных минералов воды, как известно, неизбежной и для пегматитовых жил. Жильные месторождения самородного золота могут быть разделены на следующие генетические группы.

Во-первых, мы имеем жильные выделения, находящиеся в тесной связи с изверженными породами и являющиеся как бы непосредственной конечной стадией застывания верхних или краевых частей массивной породы. В этой стадии богатые газообразными веществами верхние части породы перерабатываются горячей водой, и новые образовавшиеся соединения *остаются в породе*, заполняя пустоты и трещины, образовавшиеся в ней благодаря химическому действию воды, выделению газов, ее сжатию вследствие застывания. Такие золотые месторождения было бы неправильно называть жилами, а более всего они подходят к типу *золотоносных штокверков*, характерных для оловянного камня. Подобно ему, золото здесь не только проникает разрушенную породу, но вынесено и в настоящие трещины – жилы, тесно связанные с типичными штокверками.

Другим типом могут считаться золотые месторождения, сопровождающие жильные массивные породы. В тесной связи с некоторыми жильными массивными породами идут, к сожалению, мало до сих пор изученные выделения в них газообразных продуктов и вод, довольно резко отличающие их от обычных фумарольных выделений и от эффузивных и интрузивных пород. Может быть, удобнее всего назвать такие месторождения *контактовыми золотоносными жилами*. Они имеют много аналогий с пегматитовыми жилами, но золото выделено в них не столько в самой жильной массивной породе, сколько на ее контактах.

Наконец, *третий тип* жильных месторождений золота представляют обычные жилы, связь которых с окружающими породами весьма слаба. Они заполняют большей частью тектонические трещины земной коры и находятся вне непосредственной связи с той материнской массивной породой, откуда вынесены горячими водами или испарением их составные части; это обыкновенные *золотоносные жилы*. Между этими, почти исключительно кварцевыми, жилами и пегматитовыми выделениями золота наблюдаются все переходы.

¹ Об этом см. для Юкона: Spurr, 1896–1897, с. 202; 1903 (2), с. 309 и сл. (литература); Belt, 1861; 1888, с. 96. Работа Rosales (1860) перепечатана у Lock, 1882, с. 749 и сл.

² Возражения приняты мною взглядам на генезис кварцевых жил см. у Van Hise, 1904, с. 1048; Hastings, 1906, с. 647. Эли де Бомон в своих воззрениях, близких к современным, основывался на идеях Розэ (Roze); см. Elie de Beaumont, 1847, с. 1309.

116. В *штокверках* характер золотых месторождений меняется в зависимости от характера – основного или кислого – массивных пород.

В кислых породах золото выделяется в кварце, реже в халцедоне или опале, сопровождается простыми сернистыми соединениями и сульфосолями меди, свинца, цинка, серебра, железа; нередко тут же выпадают соединения бора, теллура, вольфрама, молибдена, указывающие, может быть, на переработку водой летучих соединений магм.

К этому типу относятся старинные золотые месторождения Трансильвании. Они расположены в пределах четырехугольника, образованного Оффенбанией, Залатной, Нагиагом, Карасом¹. Здесь² расположены знаменитые месторождения – Оффенбания, Абрудбания, Вереспатак, Ботес, Фачебай, Залатна, Бойца, Нагиаг и т.д. Золото находится главным образом в тесной связи с третичными магмами, различными роговообманковыми андезитами, дацитами и т.д. Золото выделилось в неправильных прожилках и жилах как в самих изверженных породах, так и в окружающих их третичных песчаниках, мергелях и т.п. Оно выпало в пустотах вместе с кварцем и сернистыми, местами теллуристыми, соединениями, главным образом с пиритом и в пирите, с блеклыми рудами, алабандином, карбонатами Ca, Fe, Mg, Mn и т.д. Особенно важны месторождения золота около Вереспатака и Оффенбании, где местами встречались значительные количества золота и где добыча его идет в течение тысячелетий: оно добывалось еще до прихода римлян и вырабатывается поныне. Как пример скоплений самородного золота в Вереспатаке можно привести шток Катрончи, который дал в 1823–1824 гг. золота на 1 млн флоринов и имел размеры: 130 м в длину и 20–40 м в ширину. Золото этих месторождений богато серебром.

Может быть, аналогичны им некоторые месторождения, связанные с кислыми третичными вулканическими породами (большей частью после миоцена) Мексики и Северной Америки. Они переходят в кварцевые метасоматические жилы контактового характера, богатые серебром (§ 117). Сюда же должны быть отнесены некоторые месторождения Новой Зеландии³, может быть, загадочное месторождение горы Морган в Куинсленде⁴.

К тому же типу месторождений должно быть отнесено золото в штокверках оловянного камня. Небольшие количества золота являются обычным спутником касситерита в таких месторождениях. Иногда разрушением таких, бедных золотом, месторождений образуются золотоносные россыпи – например в Центральной Франции⁵.

Совершенно иной тип представляют золотоносные *штокверки* в *основных породах*. Золото выделяется в трещинах и пустотах, заполненных продуктами переработки оливина и ромбических пироксенов горячей водой, т.е. в серпентинах, гидромагнезитах, магнезите, серпентин-асбесте, брусите и т.д. Все эти тела выделились в последнюю стадию застывания магмы.

¹ См. Papp, 1906, с. 305.

² См. Zepharovich, 1859, с. 169; 1873, с. 136; 1893, с. 109; Semper, 1900; Cotta, IV, 1862; R. Beck, 1903, с. 317 (литература); Stelzner u. Bergeat, 1906, с. 660 и сл. (литература).

³ Гаураки, в андезитовой брекчии; см. Rickard, 1894 (2), с. 325.

⁴ Jacka. Etheridge, 1892, с. 598 и сл.; Dunn, 1905, с. 343 и сл. Очень возможна связь с диатремами, аналогично некоторым месторождениям теллуристого золота.

⁵ De Launay, 1907 (1), с. 69–70. Cp. Lacroix, 1897, с. 420.

Таковы, например, некоторые золотоносные месторождения Балбукской дачи на Южном Урале¹, где золото выпало в виде тончайших пластинок и мути. Некоторые другие месторождения склонов Урал-Тау, в Верхнеуральском у., принадлежат к тому же самому типу². Аналогично уральским нахождение золота в серпентинах Онтарио³.

117. Контактные жильные месторождения золота, насколько известно, связаны главным образом с жильными гранитными или вообще кислыми породами.

Можно отличить здесь два резко выраженных типа. В одних случаях в области развития массивных пород, в связи с процессами их застывания, идет выделение кварцевых жил, богатых золотом, причем все окружающие породы резко изменены какими-то процессами, связанными с выделением *углекислоты* или горячих растворов, богатых карбонатами. Вместе с золотом в этих месторождениях всегда наблюдается выделение соединений хрома или висмута, пирита, нередко медных тел. В других случаях в такого же рода жильных выделениях карбонаты не играют видной роли. Золото выделялось в связи с соединениями *кремния* и *алюминия*. Из водных растворов выпадают вместе с ним силикаты и алюмосиликаты. Золото сопровождается соединениями серебра.

Очень ясно первый тип выражен в некоторых золотых рудниках Урала – в Березовске и Невьянске. В Березовске⁴ (рис. 55) своеобразные коренные месторождения были открыты в 1748 г. и с тех пор непрерывно разрабатываются. Здесь на пространстве 64 км² тальково-хлоритовые сланцы прорезаны дайками березита – мелкозернистого гранита, местами переходящего в грейзен (мощностью от 2 до 40 м). Их известно до 125; они идут почти в меридиональном направлении; самые длинные – до 7 км (рис. 55). Перпендикулярно к своему простиранию они пересекаются тонкими кварцевыми, иногда охристыми жилами (редко до 1 м мощностью), заключающими золото вместе с айкинитом, пиритом, халькопиритом, галенитом, местами с хромовыми соединениями⁵ и т.д. Эти «жилы» обыкновенно не выходят из березита. Золото очень обычно не только в кварцевых жилах, но и в зальбандах; оно встречено и в березите. В пирите, массах скопленном в березите, оно находится в значительном количестве. Чрезвычайно характерно изменение окружающих пород; это изменение привело к образованию *лиственита* – породы, в которой наряду с магнезиальными силикатами (тальком) и алюмосиликатами (серицитом) выделилась окись железа (гематит) и карбонаты (брейннерит, доломит и т.п.). Золото в Березовске выделилось в самородном состоянии вторичными процессами, почему его заметно больше в верхних горизонтах⁶.

¹ Чернышев, 1889 (1), с. 305.

² См. также Futterer, 1897, с. 193 и сл.

³ Baetz, 1911, с. 381.

⁴ Окладных, 1862, с. 253 и сл.; А. Карпинский, 1881; Н. Чупин, 1873 (1); G. Rose, 1837, с. 175 и сл.; 1842 (1); Ариуни, 1885, с. 866 и сл.; М. Карпинский, 1840 (1); К. Кулибин, 1887, с. 201 и сл.; А. Карпинский, 1897 (литература).

⁵ Вернадский, 1897 (2), с. 21–26.

⁶ В самой верхней «сухарной руде» (XVIII век) на 1 т приходилось 0,5–1,5 кг Au; в Преображенском руднике, в верхних его частях, около 340 г, в нижних – 10,6 г золота. См. Н. Чупин, 1873 (1), стр. 99, 104. По-видимому, увеличение содержания Au отчасти является следствием того, что многие части породы унесены (например, в «сухарной руде» из FeS₂ осталась только часть S). В пустотах, оставшихся от пирита, нередко золото скопляется массами, и раньше



Рис. 55. Система жил березита, содержащих золотоносные кварцевые жилы, около Березовского завода.

По А. Карпинскому, 1897. Эта карта впервые опубликована Окладных (1862)

Первоначально оно скопилось в пирите, айкините, галените; при их разрушении выпадало самородное золото, которое затем переносилось в водных растворах. Золотоносные жилы того же типа нередко наблюдаются на Южном и Среднем Урале (§ 153, 154).

Того же типа своеобразные кварцевые (местами богатые кальцитом и доломитом) жилы известны вдоль Тихоокеанского побережья Америки, они – большей частью мелового возраста. Золото находится здесь в свободном состоянии или сосредоточено в сернистых телах. Область этих жил¹ тянется

находили как бы ноздреватые псевдоморфозы золота по пириту; при разрушении айкинита выделяется волосатое золото. В «сухарной руде» золото находилось иногда в виде порошка. О ней см. еще Паллас, 1786, с. 216.

¹ Lindgren, 1903, с. 801; 1913, с. 529. Линдгрэн различает три типа кварцевых жил:

1. Глубинные – образовавшиеся при высоких температурах, содержащие турмалин, апатит, гранат, биотит, роговую обманку. Такие жилы встречены в докембрийских и древнепалеозойских породах Америки: в Аппалачах – от Мэриленда до Алабамы, в Онтарио, Квебеке, Южной Дакоте, Новой Мексике, Бразилии. Об Южных Аппалачах см. G. Becker; 1895, с. 250; McCasney, 1908, с. 36. Частью заполнения трещин, частью замещение в сильно измененных

на огромном протяжении от Мексики (в Нижней Калифорнии, на 160 км от границы с Соединенными Штатами), через Калифорнию, в Северную Калифорнию и в юго-западную и северо-восточную части Орегона и Айдахо. Затем можно видеть ее продолжение в Британской Колумбии (о-в Ванкувер), в Клондайке, около мыса Номэ на Аляске. Меловой возраст доказан в Калифорнии, мезозойский очень вероятен в Айдахо и Орегоне. В Британской Колумбии и Аляске возраст жил неясен. В связи с этими жилами находятся многочисленные россыпи (§ 125).

Несмотря на разнообразие этих жил, в общем можно заметить¹, что они расположены на контакте с тоналитами, причем во многих местах видно, что они образовались приблизительно одновременно с гранодиоритами (конец юрского или начало мелового периода). Здесь, так же как в Березовске, контакты подверглись резкому и характерному метаморфозу, очень напоминающему образование лиственита. Они превратились в смесь карбонатов (Са и Mg), серицита, кварца, пирита и т.п. Этот процесс² находится в известной зависимости от породы, в которой пролегает жила, и серпентины, например, изменены наиболее сильно (на 9–12 м), образуя смесь кальцита, доломита, марипозита, пирита. Жилы в массе своей состоят главным образом из кварца. Золото большей частью сосредоточено в пирите, реже наблюдается в совершенно свободном состоянии, большей частью очень распыленное, но попадаются значительные скопления, даже самородки. Все другие минералы (теллуристые минералы, галенит, сфалерит, блеклая руда, флюорит и т.д.) относительно редки. Золото в жилах ясно наблюдается в определенных столбах обогащения. Вначале жилы (верхние части) были более богаты золотом; теперь они дают 5–35 г на тонну, главным образом в пиритах. Дальнейшего уменьшения количества золота с глубиной не наблюдается.

Другой тип контактовых жил, бедных карбонатами, наиболее ясен для некоторых метасоматических жил. Таковы многочисленные так называемые пропилитовые, третичные (большей частью миоценовые) кварцевые жилы Мексики и Северной Америки³. В этих жилах золото обычно находится вместе с серебром и серебряными соединениями. Оно сопровождается алюмосиликатами – эпидотом, хлоритом, каолином, серицитом. Наиболее сильно развиты такие жилы в Мексике – на западном склоне Сиерра-Мадре, в Аризоне и Новой Мексике.

кристаллических сланцах. Жильное тело – стекловатый полупрозрачный кварц: золото, пирит, арсенопирит, пирротин, молибденит и т.д. (*Lindgren*, 1913, с. 634). Ср. о них *Lindgren a. Graton*, 1906. Связаны с гранитами. В сущности, это могут быть и нижние части обычных золотоносных жил? Очевидно, к этому типу относится Березовск. О докембрийских областях Бразилии см. *Derby*, 1903, с. 282; 1911, с. 185.

2. Поверхностные – образовавшиеся при температуре, не очень сильно отличающейся от 100° С. Таковы кварцевые жилы, связанные с третичными лавами, например, Комсток.

3. Промежуточные – образовавшиеся при температуре 200–300 °: Калифорния, Восточная Австралия, ряд месторождений Северной Америки. Молочные зернистые кристаллы кварца, иногда друзовидные, с золотом и содержащими золото серпентиновыми минералами. Отсутствуют биотит, эпидот, магнезит, гранат, турмалин. Есть иногда альбит, хлориты (*Lindgren*, 1913, с. 530).

¹ Ср. *Lindgren*, 1895, с. 225; 1892, с. 92; 1896, с. 13; *Turner*, 1899, с. 147–389; *Pritchard*, 1904, с. 454; *Kemp*, 1900, с. 361 и сл. (литература).

² См. *Lindgren*, 1895, с. 233–234.

³ *Lindgren*, 1903, с. 804 и сл.

118. Эти контактовые жилы имеют непрерывные переходы к *обычным золотоносным жилам*. В последних золото выделилось главным образом в кварце, образующем тело жилы; в значительно меньшем количестве в тело жилы входят углекислые соединения (кальцит, доломит, сидерит, бурый шпат), еще реже барит и флюорит.

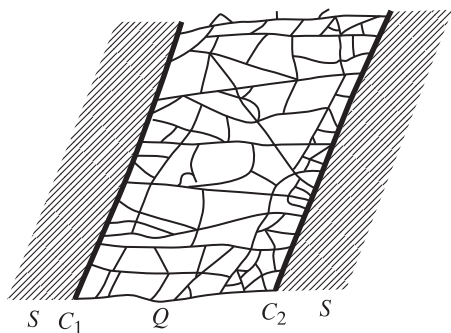


Рис. 56. Разрез кварцевой жилы в Викторин.

По Белту, 1861.

S — окружающая порода; C₁, C₂ — зальбанды; Q — кварц. Трещины обозначены тонкими линиями. Уменьшено

Характер жильного кварца¹ чрезвычайно оригинален и не позволяет предполагать выделение его из обычных водных растворов. В этом кварце наблюдаются многочисленные трещины (рис. 56) и явления сдвига, указывающие на изменение объема, связанное с его перекристаллизацией. Иногда в этих трещинах выпадает тонкое золото. Кварц содержит включения жидкостей, иногда жидкой углекислоты, частью растворы хлористых и сернокислых солей. По-видимому, он выделялся под большим давлением, иногда при значительной температуре. Лишь в верхней части жил видны позднейшие процессы его перекристаллизации, связанные с явлениями выветривания.

Среди кварцевых золотоносных жил мы не имеем обычных конкреционных жил. Здесь частью находятся пегматитовые кварцевые жилы (§ 114), частью своеобразные метасоматические. Породы около этих жил часто изменены, точно так же как минералы, находящиеся в жилах или в окружающих их стенках².

Кварцевые золотоносные жилы занимают нередко огромные пространства. Так, например, знаменитая жила Мозер-Лод в Калифорнии³ тянется почти без перерыва по крайней мере на пространстве 180 км (от графства Марипозы до графства Эльдorado) и выделяется в некоторых местах в виде белой кварцевой стены в общем рельефе страны; мощность ее 1,8–18,3 м. Кварцевые жилы иногда не имеют формы правильных жил, а представляют как бы чечевицы-штоки или даже слои (пласты) среди не заключающих золота пород, находящиеся в тесной зависимости от характера их разлома. Так, например, в Аллеганских горах и в Южной Африке известны чечевицеобразные включения кварца, содержащего пирит, богатый золотом⁴; таковы же слоистые «жилы» Бендиго в Австралии⁵. Того же типа, по-видимому,

¹ О строении этого кварца см. *Hauy*, 1822, с. 237; *Belt*, 1861, с. 10; *Courtis*, 1890, с. 639; *R. Beck*, 1903, с. 297.

² См. любопытные указания у *Lindgren*, 1907, с. 113 и сл.

³ См. *Tarr*, 1894, с. 150; *Fairbanks*, 1891, с. 209; *Kemp*, 1900, с. 369; *Ries*, 1905, с. 333. Генезис этой жилы вызывал разные теории. По-видимому, мы имеем здесь целую систему жил, очень сжатых, а не одну жилу.

⁴ См. *Schmeisser*, 1895 (1), с. 33 (Сутерленд).

⁵ *Babu*, 1896, с. 329; *Rickard*, 1892, с. 463; 1893, с. 686; 1894(1), с. 289; *R. Beck*, 1903, с. 305; *Pritchard*, 1904, с. 454 и сл.

и коренные месторождения Клондайка в Канаде, давшие столь знаменитые недавно россыпи. Золото находится здесь в чечевицеобразных включениях и прожилках кварца, в метаморфизованных серицитовых, частью хлоритовых сланцах (происшедших из плутонических пород) так называемой клондайкской серии¹.

В этих случаях тип простых кварцевых жил, связанных с трещинами, дает все переходы в контактовые жилы.

Обыкновенно в какой-нибудь местности наблюдаются целые сети трещин или жил, образующих жильное поле, причем все жилы одного возраста являются золотосодержащими. В Виктории, в Австралии, разрабатывалось до 1890 г. около 3000 кварцевых золотоносных жил, не считая выработанных и незначительных. Эти жилы прорезают осадочные силурийские породы². Мощность этих жил очень различна; некоторые из них достигают немногих сантиметров, иные – десятков метров; преобладают жилы до 1 м мощностью. Они тянутся на недоступную нам глубину, иногда соединяются вместе, разветвляются, дают местные сужения и расширения и т.п. Эти жилы находятся в известной генетической связи с диоритовыми породами. Золото большей частью мелкое, не видимое глазу. Изредка попадаются кристаллы (ср. § 107).

В России такую же область кварцевых жил в разрушенных гранитных породах или в связи с ними представляет так называемая Качкарская система на Южном Урале, являющаяся в настоящее время одним из самых богатых уральских коренных золотых месторождений (§ 155).

Многочисленные области подобных кварцевых жил рассеяны по всему земному шару.

119. В жилах золото в самородном состоянии, несомненно, находится лишь в верхних их частях, переработанных атмосферными водами³. Оно наблюдается здесь изредка в виде самородков (§ 107)⁴, гораздо чаще в виде дендритов, волос, кристаллических многогранников⁵, налетов, пластинок, нередко «пыли», не видной глазу. Около кислородной поверхности (§ 14) обычно наблюдается обогащение видимым самородным золотом.

Книзу оно сосредоточивается в различных сернистых, мышьяковистых, сурьмянистых и тому подобных соединениях – главным образом в пирите, арсенопирите, сульфосолях серебра, меди, свинца – и находится там иногда в состоянии, не извлекаемом амальгамацией, т. е., вероятно, не в самородном состоянии (ср. § 120). При разрушении этих первичных соединений золото кристаллизуется; в тесной связи с этим получается его своеобразный параге-

¹ G. Nordenskiöld, 1899 (2), с. 81; Mac Connell, 1905, с. 62; Богданович, 1901 (1), с. 57 и сл.; Mac Lean, 1915.

² Ср. об этих месторождениях: Fuchset De Launay, 1893 (2), с. 913–915; Belt, 1861; Schmeisser, 1897, стр. 61 и сл.; Suess, 1877, с. 280 и сл. Возраст этих жил неясен. Вероятно, они очень древни – до каменноугольного возраста. Ср. Ferguson, 1900, с. 120. Общий очерк золотых месторождений Виктории см. Jenner, 1921, с. 79 и сл.

³ Это ясно высказал уже Брейтгаупт; см. Breithaupt, 1849, с. 150.

⁴ О самородках золота в жилах Преображенского рудника на Урале см. М. Карпинский, 1840 (2), с. 212. Значительные скопления золота в кварцевых жилах выше водной поверхности в Калифорнии см. Rickard, 1902, с. 214.

⁵ Наблюдения Ливерсиджа для австралийского золота указывают, что кристаллы главным образом выделяются в пустотах или в жилах, содержащих не кварц, а кальцит; см. Liversidge, 1893, с. 287.

незис – оно сопровождается здесь характерными продуктами коры выветривания: кварцем и халцедоном, кислородными соединениями меди и свинца, гидратами окисей железа и марганца и т.д. Эта перекристаллизация золота нередко идет в *твердом виде*, является, как высказал Д. Соколов (1826, с. 24), «сухой кристаллизацией», т.е. золото не переходит при этом предварительно ни в жидкое, ни в газообразное состояние; происходит процесс, может быть, связанный с гальваническими токами. Таково, например, образование нитей золота из кристаллов айкинита в Березовске.

Золото концентрируется в жилах *неравномерно*. Очень часто за пределами современной коры выветривания книзу жила вообще беднее золотом¹, по крайней мере – извлекаемым обычными приемами. Но и в тех пределах жилы, где оно находится в самородном состоянии, оно рассеяно неравномерно: в вертикальном направлении чередуются столбы, части жилы, богатые золотом, с частями пустыми и бедными, в тесной зависимости от циркуляции тех вод, которые выделяли золото. Эти обогащенные золотом участки жилы параллельны между собою. Очень часто они сосредоточены на пересечении жил разного состава и направления. Это все явления, характерные для новообразований области коры выветривания².

Количество золота, собранного в одной и той же жиле, может иногда достигать огромных размеров – так, например, из жилы Комсток в Неваде с 1859 по 1891 г. (когда разработка была прекращена из-за высокой температуры и уменьшения количества золота) добыто золота (электрума) на 280 млн рублей³.

120. Выяснившееся повсеместное *вторичное образование* или по крайней мере вторичная концентрация золота в верхних частях жил невольно заставляет искать те формы, в каких оно попадает в жилы. Мы не можем решить вполне определенно этот вопрос и не знаем даже, находится ли золото в нижних частях жил в виде каких-нибудь определенных химических соединений или оно рассеяно в них в самородном состоянии, в виде тончайшей мути. В этом последнем случае приходится допустить, что эта муть входит в состав физической смеси некоторых из соединений жил⁴.

Как бы то ни было, несомненно, что во всех трех типах жильных месторождений золото всегда находится в известной зависимости от массивных пород, которые обыкновенно выходят поблизости от жил. Даже если эти выходы непосредственно нельзя наблюдать, можно всегда заметить, что жильное самородное золото находится в определенном постоянном генетическом парагенезисе с небольшим комплексом минералов, связанных так или иначе с магматическими процессами⁵.

¹ См. *Fuchs et De Launay*, 1893 (2), с. 885. Это вопрос невыясненный. См. *Hauchecorne*, 1894, с. 5 (возражение Гошкорну Зюсса – *Suess*, 1894, с. 531). Ср. также *J. Phillips*, 1896, с. 640; *R. Beck*, 1903, с. 303; *Stelzner u. Bergeat*, 1905–1906, с. 596; *Don*, 1898, с. 596 и сл.

² Впервые такое чередование было отмечено в 1850 г. Тринкером для Целля – см. *Suess*, 1877, стр. 103.

³ *Tarr*, 1894, с. 154–157.

⁴ Такова, может быть, его форма концентрации в пирите. Золото в пирите из Трансвааля извлекается синеродистым кали, не действующим на пирит. *Fuchs et Cumenge*, 1879, с. 588 (для Березовска). Ср. опыты А. Герасимова в предварительных отчетах по Лене, I–II, 1900–1901.

⁵ Такой парагенезис тщательно отмечался еще в XVIII столетии; см., например, список спутников золота у В. Севергина (1798, с. 58–59).

Связь золотоносных жил с выходами массивных пород была уже констатирована Эли де Бомоном¹, указавшим на связь их с гранитом; позже подчеркнута была Белтом². Само собой разумеется, что выделение золота из водных растворов в жилах нисколько не противоречит такому их происхождению, так как термы тесно связаны с магматическими массивами³.

Наиболее характерен вызываемый этой связью парагенезис золота. Мы наблюдаем всюду постоянное одновременное нахождение в золотоносных жилах минералов, заключающих химические элементы, выделяемые в магмах в газообразных или парообразных соединениях. Этот парагенезис указывает на связь золота с фумарольными процессами магмы.

Среди таких минералов наиболее часты *сернистые соединения* железа и меди (пирит, халькопирит)⁴ или *мышьяковистые соединения* железа (арсенипирит, лёллингит)⁵. В этих минералах золото сконцентрировано в нижних частях жил; наверху при их разрушении оно выделилось в самородном состоянии. Редки кварцевые жилы золота, где бы не наблюдались в значительном количестве те или иные из этих минералов и где бы они не были более богаты золотом, чем остальная масса жилы.

Не менее интересно и важно для выяснения парагенезиса золота сопутствие ему других, более редких минералов аналогичного происхождения⁶. Они все так или иначе связаны с массивными породами и, по-видимому, являются продуктами, в них выделенными в связи с действием горячих вод и фумарольных процессов, т.е. относятся к пневматолитической стадии застывания магмы. Это соединения U, Bi, Sb, Te, В, может быть Cr, Co, С, Se. В разных местностях то те, то другие из них сопровождают золото; случаи их нахождения становятся все более частыми, по мере того как улучшаются приемы научного исследования.

Урановые минералы наблюдались с золотом в Калифорнии⁷.

Висмутистые (висмута-теллуровые), обыкновенно с медными соединениями⁸, сопровождали золото в Березовске, Невьянске⁹, Шилов-Исетске¹⁰, в Юго-Западной Африке¹¹, Фалуни¹², в Бразилии (Моро-Вельо и др.)¹³, в Оравице

¹ *Elie de Beaumont*, 1847, с. 1253.

² *Belt*, 1861, с. 15.

³ См. ряд примеров у *Spurr*, 1903 (2), с. 316 и сл. — преимущественно в связи с кислыми породами. Есть неясные указания и на связь терм с основными породами.

⁴ По мнению Де Лонэ, в халькопирите, главным образом в жилах, связанных с породами более основного типа; *De Launay*, 1897 (2), с. 223. Едва ли это наблюдение выдерживает проверку фактами.

⁵ Штельцнер и Бержа (*Stelzner u. Bergeat*, 1905–1906, с. 623) считают такие жилы очень редкими, что, очевидно, неправильно.

⁶ Перечисление, неполное, спутников золота см. *Lock*, 1882, с. 838 и сл.; *Pearce*, 1889, с. 238 и сл.; *Louis*, 1893–1894, с. 241 и сл.; *Pittman*, 1901 (2), с. 67; *Rickard*, 1898, с. 194; *Lincoln*, 1911, с. 275 и сл. О нахождении золота в вольфрамовых соединениях (шеелите) в кварцевых жилах Поркупайн в Онтарио см. *Burrows*, 1913, с. 126.

⁷ *Rickard*, 1894 (2), стр. 329; 1902, стр. 215.

⁸ *Stelzner u. Bergeat*, 1905–1906, с. 630.

⁹ *Вернадский*, 1907, с. 27.

¹⁰ *Ненадкевич*, 1907, с. 83.

¹¹ *Futterer*, 1895, с. 103.

¹² *Törnebohm*, 1894, с. 678.

¹³ *Hussak*, 1898, с. 348; *Suess*, 1877, с. 97.

и Банате¹, в Куинсленде и Новом Южном Валлисе² и т.д. Наиболее обычны разные тетрадимиты.

С сурьмяными соединениями³ золото находится в Чехии (Красная гора и Милешов) и в Магурке в Венгрии⁴, Гольдкронахе в Фихтельгебирге⁵, в Трансваале в Селати (Мурчисоновых горах)⁶, в Австралии⁷, в Санта-Круц в Гондурасе⁸, в Новой Шотландии – в графстве Гантс и т.д. Число этих примеров легко могло бы быть увеличено. Всюду здесь золото выделилось с антимонитом. Иногда, однако, оно выпадает с другими сурьмяными соединениями; так, в Руби-Майн, около Бьютт в Монтане, золото выделилось в зоне обогащения жил одновременно с пираргиритом, в связи с риолитами⁹.

С бором золото связано в Березовске¹⁰, в Чили¹¹, в Минас-Жераис (Пассажем); бор сосредоточен здесь в турмалине¹². Еще обычнее совместное нахождение с золотом *теллуристых* соединений¹³.

Наконец, существуют признаки, заставляющие предполагать совместное выделение его с *хромовыми*¹⁰, *селеновыми*¹⁴ и *кобальтовыми*¹⁵ минералами. В руднике Нечаянном, в вершине Джалинды в Забайкалье, в плоскостях напластования песчаника встречены селенистые соединения золота¹⁶. Нельзя не обратить внимания на частое нахождение золота с *органическими веществами*, которые, может быть, служат осадителями золота из водных растворов¹⁷.

Для некоторых из этих элементов связь их с золотом нам теперь ясна, ибо они способны давать с ним соединения, и золото образуется в самородном состоянии их *разложением*; таковы Те, Вi и, может быть, иногда Se и Sb¹⁸. Но другие, например В, U, Co, Cr, указывают нам только на общее с ними магматическое происхождение жильного золота.

¹ Suess, 1877, с. 87.

² Jack a. Etheridge, 1892, с. 100 и сл.; Edgeworth David, 1891, с. 104 и сл.

³ Stelzner u. Bergeat, 1905–1906, с. 627 и сл.

⁴ Pošepny, 1895 (2), с. 165, 171.

⁵ R. Beck, 1903, с. 312.

⁶ Bordeaux, 1898, с. 98; Schmeisser, 1895 (2), с. 33 (не видно глазу, до 550 г в 1 т антимонита).

⁷ Edgeworth David, 1891, с. 107.

⁸ Об этом см. Van Hise, 1901, с. 118; раньше – Rickard, 1894 (1).

⁹ Weed, 1901, с. 433.

¹⁰ Вернадский, 1897 (2), с. 21–26.

¹¹ Möricke, 1897, с. 13.

¹² Hussak, 1898, с. 349.

¹³ Некоторые американские ученые, увлекаясь несомненными случаями образования золота из теллуристых минералов, переносят такой генезис на все самородное золото. См. Pearce, 1885, с. 2. О связи с теллуристыми и висмутистыми соединениями см. Sharwood, 1911, с. 23. О теллуристых соединениях золота см. ниже, в § 122, о силъваните и т.д.

¹⁴ Elterlein, 1898, с. 39. Связь с селеновыми минералами неясна. Возможно существование *селеновых соединений* золота (золото из Суматры?). Эта связь очень интересна, так как золото растворимо в селеновой кислоте. Об этой связи см. Krusch, 1907, с. 132. Золото из Редьянг-Лебонг (Южная Суматра) богато селеном; см. De Launay, 1906, с. 552. О связи с селеном см. Sharwood, 1911, с. 33. Возможна связь селена с серебром, спутником золота.

¹⁵ R. Beck, 1903, с. 315; Ochmichen, 1899, с. 271 – около Миддельбурга в Трансваале, в диабазовой жиле?

¹⁶ Ненадкевич, 1922, с. 9.

¹⁷ Bourdariat, 1893–1894, с. 39. О связи золота с углистыми телами (углеводородами?) в золотоносной области Витватерсранда см. Horwood, 1910, с. 65.

¹⁸ Для Sb см. соображения Fuchs et Cumenge, 1879, с. 589.

121. Тесная связь золотых месторождений с магматическими процессами невольно вызывает вопрос о *возрасте* выделений золота на земной поверхности. Ибо, несомненно, в истории земной коры были периоды более усиленной и более ослабленной вулканической деятельности, периоды большей и меньшей энергии магматических процессов. В непосредственной связи с этим были, очевидно, периоды приноса золота из глубинных магм и периоды приостановки его скопления на земной поверхности.

Идеи о возрасте золота выдвигались уже в XVIII веке, но вопрос этот только что начинает ставиться в науке¹. Можно, кажется, отметить *три* довольно резко выраженных периода, когда золото выделялось в земной коре в тесной связи с выходами изверженных пород²:

1) *Докембрийский* (Норвегия, Канада, Бразилия, Центральная Африка, Отаго в Новой Зеландии и т.д.) – жилы и кварцевые выделения, содержащие Au, находятся в сильно метаморфизованных породах и в тесной с ними связи. Золото сосредоточено в пиритах, халькопиритах, арсенопиритах.

2) *Палеозойский* – в первый период палеозойского времени, в эпоху так называемой *каледонской* складчатости (Беммеле в Норвегии, графство Меррионет в Валлисе, Березовск на Урале, может быть Трансвааль, Австралия, Новая Зеландия, Центральная Франция и т.д.). Золото в кварцевых жилах связано с гранитными породами.

3) *Третичный* (Анды – особенно в Мексике и Калифорнии, Альпийско-Гималайская цепь, Аукленд в Новой Зеландии) – главным образом золотые жилы, богатые серебром, в очень кислых породах. Очень характерно и бросается в глаза отсутствие заметных выделений золота в эпоху герцинской складчатости.

Хотя мы не имеем в настоящее время возможности установить все эти отношения вполне точно, кажется все же несомненным, что в связи с горообразовательными процессами идет принос в земную кору отдельных элементов, в данном случае – золота (см. § 37). По-видимому, в истории нашей планеты существуют периоды, когда так или иначе усиливается выделение тех или иных соединений на ее поверхности. В настоящую эпоху нет заметного приноса золота (кроме теллуристых соединений?), и все его значительные скопления принадлежат к прежним геологическим периодам.

Однако этот несомненный факт может получить и иное толкование: очень возможно, что и теперь в более глубоких магматических батолитах идет выделение золота, не достигающего земной поверхности, так как нам доступны только отложения древних периодов, оказавшиеся на поверхности благодаря денудации и движениям земной коры.

Дальнейшие работы, может быть, осветят в связи с историческим характером выделений самородного золота и *географию* его месторождений. В ней

¹ В этом отношении любопытны взгляды Д. Карстена (1768–1810). Он полагал, что золото вместе с оловом является на земной поверхности одним из древнейших металлов. См. *D. Karsten*, 1792 и 1803.

² См. об этом у *De Launay*, 1894, с. 533; 1905, с. 621 и сл.; 1907 (1), с. 127–128. О возрасте золотых месторождений см. *Maclaren*, 1908, с. 42; 1913, с. 2. Он связывает самые древние докембрийские выделения с диабазовой магматической дифференциацией. См. у него примеры.

мыслимы закономерности в тесной связи с историей горообразовательных периодов¹.

122. Первичные месторождения самородного золота дают начало другой группе – *месторождениям вторичного характера*. Эти месторождения можно разделить на три группы: 1) золото, выделяемое разложением химических соединений, аналогичное, может быть, самородному золоту верхних частей жил; 2) золото в россыпях; 3) золото в детритовых породах земной поверхности.

К первой группе относится *золото, полученное разложением* теллуристых и висмутистых его соединений. Такое золото, благодаря недавним находкам в Западной Австралии, явилось и для техники очень важным источником золота. В Австралии оно выделилось в форме чрезвычайно тонкого, необычайно характерного, мягкого моховидного матового порошка, почти химически чистого; оно образовалось распадением теллуристых соединений². Оно выпало в верхних частях жил, содержащих силванит и другие теллуристые минералы³. Это золото отличается от обычного золота и по цвету, более темному⁴. Оно получается, таким образом, в виде своеобразного химического осадка.

Аналогичное данному вторичное золото встречается и в других месторождениях теллуристых золотых руд, например в Колорадо, где попадаются даже ясные псевдоморфозы такого золота по силваниту и креннериту⁵. Вторичное золото получается распадением висмутистых золотых руд, например, в Минас-Жераис⁶.

123. Но главную массу вторичных месторождений золота составляют скопления его в породах, образовавшихся в значительной мере механическим путем⁷.

При разрушении содержащих золото пород (§ 113) или жил (§ 115) самородное золото не изменяется; оно остается в песках или глинах, происшедших от такого разрушения. Вместе с тем здесь нередко даже образуется *самородное золото* благодаря выветриванию сернистых соединений, содержащих золото, например пирита (§ 119). Таким путем получают два типа месторождений: или золото не скопляется в породах в значительных массах,

¹ Одно время считалось непреложным, что золото сосредоточено в странах жаркого климата, а железо – холодного. В космогонических теориях XVIII века факт большего богатства золотом и серебром экваториальных частей земного шара считался установленным. См. *И. Герман*, 1789 (2), с. 430. В натурфилософской литературе начала XIX столетия подобные указания обычны. См., например, *Treviranus*, 1803, с. 451. Тревиранус различает в этом отношении северное и южное полушария. О географии естественных продуктов см. *Wisotzki*, 1897, с. 118; *Вернадский*, 1904 (2), с. 9.

² *Hoover*, 1899, с. 762; *Bankroft*, 1899, с. 91. Для Фачебая, так называемого «Spaniol», – см. *Semper*, 1900, с. 120.

³ *Schmeisser*, 1897, с. 103.

⁴ Было бы очень интересно изучить кристаллическую форму этого золота. Не исключена возможность, что оно принадлежит к другой полиморфной разновидности золота.

⁵ *Pearce*, 1885, с. 3; *Rickard*, 1901, с. 713.

⁶ *Hussak*, 1898.

⁷ Литература о золотоносных россыпях огромна. Кроме соответственных глав у *J. Phillips*, 1896, с. 20 и сл. – *Lock*, 1882; *Fuchset De Launay*, 1893 (2), с. 949; *R. Beck*, 1903, с. 638 и сл.; *Stelzner u. Bergeat*, 1906, с. 1256 и сл. См. также *Д. Соколов*, 1823, с. 165 и сл., 309 и сл.; 1826, с. 3 и сл. и *М. Карпинский*, 1840 (1).

или же порода обогащается им по сравнению с коренным месторождением золота.

Явление первого рода может идти в том случае, когда золото *истирается* механическими приемами до такой степени, что легко уносится всякого рода текучей водой¹ (может быть, переходит в «коллоидальные» растворы?) и при малом весе и особенностях формы (тонкие пластинки) не подчиняется законам отмучивания по удельному весу. Самородное золото собирается аналогичным путем и тогда, когда осадки образуются при условиях, исключающих сортирующую деятельность текучей воды, например в отложениях морских, наземных или озерных. В таких отложениях золото всегда находится в тонко размельченном, почти незримом состоянии. Этим путем получают *золотоносные осадочные породы*, несомненно играющие крупную роль в истории золота на земной поверхности (§ 130).

Месторождения второго рода наблюдаются, когда в разрушении осадочной породы участвуют текучие воды (дожди, реки, морской прибой, ручьи), ледники или ветер. Тогда происходит образование *золотоносных россыпей*, участков кластических пород, значительно обогащенных золотом. Россыпь, заключающая 0,00002% Au и даже меньше, нередко разрабатывается. «Богатство» россыпи, очевидно, колеблется в зависимости от экономических и исторических условий данной эпохи и местности.

124. Россыпи, являющиеся важным источником золота, могут быть разбиты на несколько типов в зависимости от их структуры и *генезиса*.

По структуре россыпи делятся на: 1) *метаморфизованные* или *ископаемые* россыпи, измененные позднейшими процессами, благодаря которым они нередко приобрели характер твердых пород – конгломератов – и потеряли обычную для них рыхлую консистенцию; это россыпи более или менее древние; 2) *неизмененные* или мало измененные современные и геологически *новые* россыпи.

Остановимся сперва на этих последних. Среди них можно, на основании генезиса, различить по крайней мере пять разных типов: 1) элювиальные, 2) аллювиальные, 3) морские, 4) эоловые и 5) дилuviальные россыпи. Из них только первые два типа россыпей имеют большое значение в практике и доставили человеку значительные количества золота.

Элювиальные россыпи образовались на месте, без механического переноса или с очень слабым механическим переносом породы. Они, с геологической точки зрения, представляют обыкновенный элювий. В этом элювии иногда собираются продукты разрушения горных пород, шедшего многие тысячелетия. Такие россыпи могут сконцентрировать золото из пород, чрезвычайно им бедных, – из осадочных, массивных или метаморфических пород, содержащих следы его. Таковы «увальные» россыпи Енисейской губ.² и некоторые Мариинского окр. Томской губ.³; самые богатые части этих довольно

¹ Прямые опыты показывают, что река, в которой идет золотоносная промывка, уносит в своих водах значительное количество золота в виде мути. Так, по опытам Лаговского, поверхностные воды р. Енашимо уносят таким путем в сутки до 15 кг золота. 1 м³ воды заключал во взмученном состоянии, в виде пыли, 18 мг Au. По опытам Маркса, в береговом иле золота было еще больше. – *Лаговский*, 1889, с. 431.

² *Яворовский*, 1896, с. 384–385; *Зайцев*, 1892 (5), с. 9.

³ *Зайцев*, 1894, с. 19–20.

мощных россыпей (10–30 м мощности) теперь выработаны, и по самым условиям их генезиса не может быть надежды на разработку коренных золотых месторождений¹. Такого же происхождения некоторые россыпи по сухим склонам и оврагам гор (овражный аллювий) Миасского окр.², Гороблагодатского окр.³, Северной Америки, Борнео⁴, Николо-Ивдельская россыпь на Северном Урале – из диабазов⁵, россыпи по рекам Севагликону и Октолику в северной части Енисейского окр.⁶

В тропических и подтропических странах такие россыпи имеют особую форму – золото собирается в латеритах⁷, например, на Мадагаскаре⁸, в Гвиане⁹ и т.д.

Переход от этих россыпей к *аллювиальным* образуют так называемые *поддержники* – мелкие россыпи, очень обычные на Урале (особенно Южном)¹⁰, которые находятся почти на месте своего происхождения, не переносились, состоят из остросреберных остатков окружающих пород, нередко из жильного кварца, и образовались в нагорных ложбинках, на покатосях холмов и т.п.¹¹ Другой тип россыпей, являющихся переходом от элювиальных к аллювиальным, представляют каньонные золотые россыпи, материал которых очень мало перенесен и которые выпадают в форме террасовых образований¹².

125. *Аллювиальные россыпи* образованы деятельностью текучих вод – ручьев, рек, потоков; материал более или менее перенесен с места своего образования (обыкновенно не очень далеко от коренной породы), сильно обогащен тяжелыми, твердыми и химически инертными телами. Внутри его можно заметить известную сортировку и различить в таком аллювии струи, более богатые золотом, в которых сосредоточиваются наиболее тяжелые частицы, переносившиеся водою¹³.

В аллювиальных россыпях мы имеем почти всегда дело с уже закончившимся процессом, с рекой или ручьем, переставшим существовать, т.е. имеем дело с *древним аллювием*. Поэтому в строении такой россыпи отражается история реки, и в верхних ее слоях мы имеем обыкновенно покрывку, составленную нередко из *торфа* (обычного спутника древних аллювиев), образовавшегося при замирании реки (ср. § 79). Образуюсь в связи с процессами жизни реки, эти россыпи принорованы не только к ее современному ложу, но и к ее древним террасам. Можно различить поэтому очень разные типы аллювиальных россыпей. Аллювиальные россыпи золота развиты на Урале, в Калифорнии, Австралии, Сибири, Клондайке и т.д. и дали человеку огромное количество золота.

¹ Кёппен, 1894, с. 201–203.

² М. Карпинский, 1833, с. 183; Н. Барбот де Марни, 1857, с. 523.

³ Зайцев, 1898 (4), с. 13.

⁴ Posewitz, 1889, с. 251.

⁵ См. Е. Федоров, 1894, с. 86.

⁶ Гофман, 1844 (2).

⁷ О латеритовых россыпях см. Dubois, 1903, с. 308 и сл.

⁸ Lacroix, 1897, с. 425.

⁹ A. Levat, 1898, с. 415–424.

¹⁰ М. Карпинский, 1840 (2), с. 200–202.

¹¹ Они представляют довольно резко выраженную форму своеобразного горного или овражного аллювия.

¹² О таких россыпях в Бингем, Юта, см. Boutwell, 1903, с. 119 и сл.

¹³ В Австралии мощность золотоносного слоя 0,5–1,5 м (Babu, 1896, с. 436).

Возраст и мощность их очень различны. Иногда они относятся к другим геологическим периодам, приурочены к совершенно иным условиям рельефа и распределения текучих вод; таковы третичные (миоценовые и плиоценовые) австралийские (в Виктории) россыпи, достигающие 50–75 м мощности. Здесь можно различить древние третичные (миоценовые, например конгломераты бассейна Ярры, и плиоценовые) и новейшие – послеплиоценовые россыпи¹. Древние россыпи, аналогично калифорнийским, представляют системы речных долин, отличные от современных. Эти долины прикрыты базальтом, благодаря чему и сохранились нетронутыми. Новейшие россыпи большей частью лежат на высоких террасах современных рек. Россыпи Среднего Урала (Ревдинской, Шайтанской, Верхне-Тагильской и Нижне-Исетской дач) также древние – плейстоценовые; в них нередко остатки мамонта².

К плиоцену, может быть, относятся знаменитые золотые россыпи *Калифорнии*³. Эти россыпи образовались разрушением кварцевых жил (§ 117, 118). Они прикрыты местами мощными отложениями вулканических продуктов. Главная масса этих россыпей сосредоточена около Сиерра-Невады, в графствах Эльдorado, Пласер, Невада, на запад от оз. Тахо. Те же самые россыпи можно проследить и на юг от этих графств – в графстве Калаверас и др. На севере, в графствах Сиерра, Юба и т.д., мы имеем значительное скопление россыпей того же типа. Все эти россыпи являются системой речных, аллювиальных россыпей, причем нет ничего общего между современной системой рек и системой золотоносных рек прежнего времени. Возраст их может быть определен лишь приблизительно. Находки остатков мастодонтов и других животных заставили Уитнея отнести эти россыпи к плиоцену, но очень возможно, что эти остатки находятся во вторичном месторождении, и россыпи относятся к четвертичной эпохе (по Ле Конту). Наносы эти россыпи на карту, мы получаем яркую картину географического распространения древних речных ложбин, заполненных россыпью. Строение этих россыпей очень характерно. Сверху лежит слой лавы и отвердевшего вулканического туфа. Состав этих вулканических покровов («цемент» россыпи) различен – сверху андезиты, снизу риолиты. Книзу вулканический туф переходит в конгломерат, сцементированный лимонитом. В конгломерате находятся валуны кварца, отчасти измененного контактом с лавой. Постепенно конгломерат изменяется и переслаивается с тонкой глиной (pipe clay). Золотосодержащим слоем является слой кварцевой (нередко заключающей золото) гальки и валунов; главная масса золота находится на дне, в постели россыпи, нередко состоящей из кварцевой жилы, сланцев, гранитов. Древняя река текла вдоль жилы. Ширина этих отложений очень различна (100–300 м). Мощность золотоносного гравия 20–70 м и более, но главную массу золота (1/5–1/2) дает нижний слой в 1–2 м. Иногда наблюдается несколько лавовых покровов и т.д. Каждая россыпь рисует в своем строении физико-географическую историю местности – в данном случае старинного речного бассейна, измененного вулканическими извержениями. Реки эти были извилисты, имели широкие долины, напоминая современные реки Кашмира и равнин Индостана. Их жизнь продолжалась и после конца вулканических извержений, и потому, несомненно, россыпи принадлежат к различным гео-

¹ Wolff, 1873, с. 32 (литература); Babu, 1896, с. 343 и сл.

² См. Зайцев, 1886, с. 81.

³ Bordeaux, 1902, с. 220 и сл.; Stelzneru. Bergeat, 1905–1906.

логическим возрастам. Кое-где их отложения дали характерный конгломерат, напоминающий трансваальский (§ 129), например в графстве Сискию¹. Современные реки прорыли глубокие ложа в древних вулканических отложениях и местами перерезали древний золотоносный аллювий.

Но аллювиальные россыпи постоянно образуются и теперь. Современные пески многих рек являются золотоносными – таковы Рион в Закавказье², Рейн³ и его притоки, Эдер в Гессене и некоторые реки Тюрингии, Саксонии⁴ и т.д. Пески этих рек служили (а иногда, как Рейн, служат до сих пор) золотыми россыпями, и золото добывалось большей частью кустарным образом (ср. рис. 59 на стр. 184). Золотоносность песка этих рек так же мало служит указателем существования в стране золотоносных жил, богатых коренных его месторождений, как это было указано и для элювиальных россыпей (§ 124). Золото Рейна происходит из кристаллических сланцев, вероятно кварцитов Альп. Добре, подвергнув эти кварциты измельчению, получил золотинки, тождественные с рейнскими. Эти кварциты употребляются для мостовых Страсбурга, Базеля и т.п.⁵ Реки приносят золото из огромного района, со всего своего бассейна, и получают его разрушением первичных или некоторых вторичных находений золота, понемногу его концентрируя. Этим объясняется ненадежность, с точки зрения золотоносности, того района, в реках которого добывается золото. Золото в реках Италии, Франции, Пиренейского полуострова было уже выработано в доисторическое время или во времена Римского государства и давно практически иссякло (см. § 138, 141). Если бы процесс накопления золота в этих речных наносах был предоставлен своему естественному течению и человек не извлек бы из них золото, этот процесс привел бы в конце концов к образованию бедных аллювиальных россыпей. В огромном большинстве случаев золото этих рек очень мелкое, истертое (например, для Рейна), напоминающее золото детритовых пород.

126. Морские (и береговые) россыпи золота образуются на морских берегах и на дне моря, около берегов⁶ под влиянием морского прилива и ветра. По-видимому, образование таких россыпей может наблюдаться только в областях, где существуют приливы и отливы⁷. Эти россыпи могут быть сколько-нибудь богаты исключительно в тех случаях, когда на берегах значительно развиты богатые золотые месторождения. Такие морские россыпи развиты местами на побережьях Квантунского полуострова⁸, Новой Зеландии⁹, Огненной Земли¹⁰, на Коромандельском берегу¹¹, на побережьях Японии, Калифорнии, Орегона¹², Аляски¹², Австралии¹³ и т.д.

¹ Bordeaux, 1902, с. 240.

² Лебедев, 1890.

³ Между Базелем и Маннгеймом. Daubrée, 1846, с. 458–480; B. Neumann, 1903, с. 977.

⁴ Roßerpu, 1895 (2), с. 265 и сл. Золото добывалось до XVI столетия. Ср. у Brauns, 1903, с. 71 и сл.

⁵ Daubrée, 1846, с. 458–480.

⁶ Аносов, 1864, с. 538 и сл.

⁷ Об этих россыпях см. Богданович, 1901 (1), с. 83 и сл.; G. Becker, 1897, с. 1 и сл.

⁸ Пфаффиус, 1899, с. 41; Богданович, 1900, с. 215 и сл.

⁹ C. Hintze, I, 1898, с. 284.

¹⁰ Альбов, 1899, с. 152.

¹¹ Lodin, 1896, с. 638.

¹² Богданович, 1901, с. 83 и сл.

¹³ Pittman, 1901 (1), с. 8.



Рис. 57. Морская россыпь золота около р. Портедж на о-ве Кадьяк, Аляска.

По Г. Беккеру, 1898

Можно различить два типа этих морских россыпей: 1) находящиеся на берегу и 2) находящиеся на дне океанов. Процесс их образования зависит от соотношения между силой прибоя и отлагающей деятельностью рек. Золото в них большей частью мелкое, истертое, чрезвычайно тонкое. Эти россыпи тянутся узкой полосой в области приливов и отливов и прибоя морского берега. В значительной мере они состоят из черных песков, богатых магнетитом, ильменитом, титаномagnetитом.

Такие россыпи образовывались и раньше, в прежние геологические периоды; вследствие этого они теперь находятся иногда на суше, как бы в ископаемом состоянии, вдоль древних береговых линий¹. В общей истории золота эти россыпи не играют большой роли (рис. 57).

Точно так же относительно менее распространены и два других типа золотоносных россыпей – *оловые* и *дилювиальные*. *Оловые россыпи* наблюдаются исключительно в пустынях и представляют тип элювиальных россыпей, переработанных *ветром*, который служит важным агентом и при получении морских россыпей. Такие россыпи наблюдались в последнее время в Западной Австралии – в Кульгарли и Кольгурла. Самые богатые золотом части россыпи лежат на самой поверхности, а к низу россыпь обедняется золотом². Золото добывают, провеивая песок (рис. 58).

127. Особый тип россыпей представляют *дилювиальные россыпи*. К сожалению, они мало изучены.

Можно различить здесь, во-первых, россыпи, связанные с ледниковым покровом, аналогичным гренландскому, образованные его деятельностью,

¹ Spurr, 1897, с. 364.

² Rickard, 1899, с. 497 и сл.; Hoover, 1899, с. 762. Должно быть, прежде аналогичные россыпи существовали в Нубии (ср. § 138).

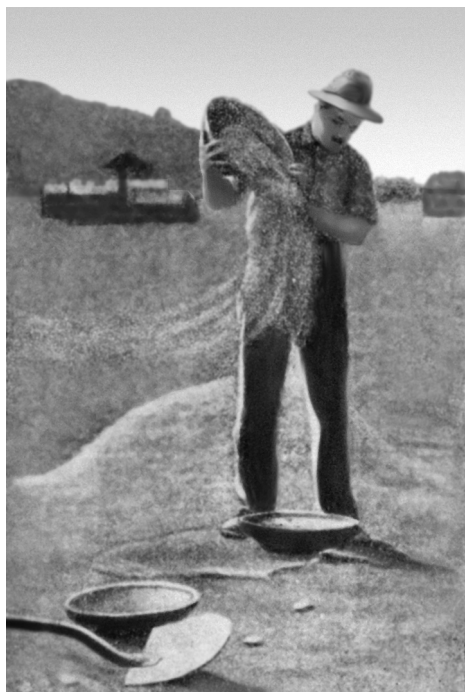


Рис. 58. Эоловая россыпь золота
в Западной Австралии. Вейка золота.

По Риккарду, 1899

главным образом переработкой поддонных моренных толщ текучими водами ледника, и, во-вторых, россыпи, связанные с альпийским типом ледников.

Россыпи первого рода, обычно бедные золотом и в общем не достигающие мощных размеров, известны в разных местах европейского ледникового покрова: их наблюдали в средней России, в Московской¹ и других губерниях (§ 152), в Чехии, в Силезии². Аналогичные россыпи известны и в ледниковых отложениях Северной Америки. Золото, в них наблюдаемое, очень мелко и, может быть, образовалось на месте разрушением золотосодержащих колчеданов³ или разрушением пород, заключавших самородное золото. Это золото перенесено ледником, нередко за сотни и тысячи верст, к месту своего теперешнего залегания.

Россыпи второго рода, по-видимому, иногда достигают значительных размеров. Таково, например, наиболее вероятное происхождение довольно богатых россыпей Горной Бухары и Туркестана⁴. Здесь

древние — зоценовые — аллювиальные золотоносные россыпи позже переработаны ледниками и обогатились золотом благодаря такой вторичной сортировке. Деятельностью ледников образованы на восточных отрогах Дарвазских гор — на сотни верст — мощные отложения своеобразных «ледниковых конгломератов» (поддонные морены?), содержащих золото. В отличие от аллювиальных россыпей, в этих конгломератах мы не видим правильной сортировки; в них нет обогащения к основанию конгломерата, золото сосредоточено в верхней части, где рыхлые конгломераты образовались из разрушенных аллювиальных третичных слоев. Золото и здесь очень мелкое и истертое. Конгломерат сам по себе беден золотом, но позднейшим размыванием — в ложбинах современных рек и ручьев — образуются более богатые золотом россыпи, связанные с третьей переработкой первичных отложений⁵.

¹ Лури, 1904. Такого происхождения должно быть и золото в речном песке на Оке, у Мурома, указываемое старинными авторами. См. Севергин, 1791, с. 59.

² Около Лигнипа; см. С. Hintze, I, 1898, с. 244.

³ Ср. Любарский, 1828 (1), с. 130 (для Тверской губ.).

⁴ А. Levat, 1902 (2), с. 439; 1903, с. 198. О конгломератах Бухары см. еще Вебер, 1913. с. 26 и сл.

⁵ Есть и другие типы россыпей. Так, особую форму россыпей представляют подвижные золотоносные россыпи Новой Зеландии. Они ежегодно образуются после весеннего таяния снега и сносятся с гор водами, в зависимости от климатических условий года — в различных

Россыпи второго типа, переработанные реками и отчасти морем, наблюдаются, по-видимому, на Огненной Земле (§ 126)¹.

128. Количество золота, находящегося в россыпях, сильно колеблется. В россыпи, как и в жиле, есть места, более богатые (струи) и более бедные золотом. Как пример богатой россыпи можно привести Благовещенскую россыпь (система р. Онона, в Восточной Сибири), где с 1868 по 1894 г. довольно примитивными приемами, при неполной ее выработке и несомненной утайке (краже) золота, выработано его около 10 т (промыто свыше 40 млн т песка)².

Форма золотинок россыпи до сих пор не обращала на себя серьезного внимания, хотя, как показал Яворовский (1900 (2), с. 387 и сл.) для Зейского района, ее изучение может дать нам понятие о генезисе золота. Эта форма зависит: 1) от характера выделений самородного золота в породе, 2) от механического истирания его при образовании россыпи и 3) от дальнейшей перекристаллизации или от химического изменения золота в россыпи. В элювиальных россыпях вторая причина почти не действует: здесь мы видим нередко почти необтертые кристаллы или конкреционные образования золота. В россыпях, связанных с сильным механическим истиранием, золотинок принимают пластинчатый вид, в связи с той формой равновесия, какая свойственна золоту при перетирании. Как только истирание прекратится, начинает действовать третья причина, может быть имеющая гораздо большее значение, чем то, какое придают ей при изучении форм самородного золота.

Золото, попав в россыпь, не остается без изменения. Несомненно, оно химически переносится в ней так или иначе с места на место (§ 112). Так, например, золото в древних калифорнийских россыпях находится в пиритах, покрывающих стволы деревьев, попавших в синие конгломераты, образующие россыпь³; оно открыто в деревянных закрепах, долго пролежавших в россыпях, точно так же большей частью во вновь образовавшихся пиритах. До сих пор не может считаться окончательно выясненным⁴, не выпадает ли часть золота в россыпях из *раствора* в проникающих россыпь водах⁵ и не увеличиваются ли золотые самородки за счет такого золота⁶. Едва ли можно сомневаться, что такие процессы идут в россыпях, но какое они имеют значение — неизвестно.

В тесной связи с новообразованием золота в россыпях находится другой вопрос, поставленный уже практиками старого времени, но который, к сожалению, все еще не решен до сих пор ни в ту, ни в другую сторону⁷. Было

количествах; см. *C. Hintze*, I 1898. Точно так же отдельно должны быть поставлены пловучие россыпи золота. Так, в Гороблагодатском округе на Урале, по рекам Кедровке, Серебрянке и др., встречены россыпи, где золото находилось в «жиделах» — в пловучей, полужидкой глине; см. *Архипов*, 1833, с. 328–329.

¹ О них см. *Pöhlmann*, 1899, с. 307; *Stappenbeck*, 1910, с. 72.

² *A. Levat*, 1897 (1), с. 33 и сл.

³ *Ньюберри*, 1882, с. 338.

⁴ Сводка работ до 1880 г. у *Lock*, 1892, с. 746; позже — *C. Hintze*, I, 1898, с. 241.

⁵ *Genth*, 1859, с. 255.

⁶ *Selvyn*, 1860, с. 146.

⁷ *Stelzner* и *Bergeat*, 1905–1906, с. 1266.

высказываемо мнение, что россыпное золото чище, т. е. беднее серебром, чем жильное золото, и уже в 1794 г. Фихтель¹ объяснял это тем, что серебро уносится водами в виде хлористого серебра. Возможно, что по той же причине и самородное серебро (§ 135) встречается в россыпях реже, чем золото.

Для россыпного золота его проба колеблется от 500 до 999; для жильного золота обычно от 500 до 850 (проба 997–999 исключена). В Калифорнии россыпное золото (третичное) с пробой 930 – 950, жильное – 850, что объясняется растворением серебра². В самородках Клондайка наружная корка содержит на 5–7% меньше серебра³. В жильных месторождениях иногда проба золота достигает 900 (в карманах), обычно средняя 800 и редко 700. Для рудника Сан-Гисепп, около Сокары, 990⁴.

Увеличение и перекристаллизация золота наблюдались в латеритах и элювиальных россыпях Мадагаскара⁵.

129. Хотя для нас совершенно скрыты, таким образом, изменения, которые с течением времени происходят в россыпях, – нельзя сомневаться, что в них идут разнообразные химические процессы. Они приводят в конце концов к превращению россыпи в твердую кластическую породу, в *конгломерат*. Получается метаморфизованная или ископаемая россыпь⁶.

Цемент, который связывает такую россыпь, имеет различный состав и происхождение. В простых случаях, например в некоторых приисках Восточной Сибири, в Нерчинском округе, в системе р. Газимур, древние россыпи сцементированы *ископаемым льдом*⁷.

Генезис бухарских конгломератов неясен. В. Вебер (1910, с. 664) считает, что они связаны с речными выносами, мощность которых увеличивалась благодаря тектоническим движениям местности.

Но большей частью цемент состоит из *кремнезема* или *его соединений* (реже из *углекислой извести*). Таковы древние россыпи Новой Зеландии, кембрийские из Черных гор в Северной Америке⁸, каменноугольные россыпи в Новом Южном Уэльсе⁹ и т.д. Из всех этих россыпей наибольшее значение приобрели знаменитые витватерсрандские конгломераты Южной Африки, открытые в 1883 г. Струбенем и давшие колоссальное количество золота¹⁰.

¹ См. сводку данных у *Elterlein*, 1898, с. 36, 10 и сл. См. *Д. Соколов*, 1826, с. 19–20. Соколов для Урала указывает, что: 1) россыпное золото, происходящее главным образом из верхов жил, богаче современного жильного, отвечающего хвостам прежних жил; 2) золото жил произошло разложением пиритов; 3) Ag и Cu в золоте россыпей удалились благодаря действию солянокислых солей и, может быть, H_2SO_4 , происшедшей от разрушения пиритов.

² *Lindgren*, 1901, с. 637; 1911, № 73; 1913, с. 211; *Devereux*, 1882, с. 465; *Browne*, 1895, с. 100.

³ *Mac Connell*, I, 1907, с. 979

⁴ *Lindgren*, 1913, с. 538.

⁵ См. *Lacroix*, 1922 (2), с. 27–28.

⁶ Существование ископаемых россыпей было указано в 1867 г. Пошепным; см. *Pošepny*, 1895 (1) с. 314 и сл.; 1895 (2), с. 480; *J. Phillips*, 1896, стр. 24; *J. Irving*, 1904 (1), с. 132.

⁷ См. *A. Levat*, 1897 (1), с. 153.

⁸ О золотоносных конгломератах Черных гор см. подробное описание Ирвинга и Эммонса – *J. Irving*, 1904 (2), с. 98 и сл.

⁹ *Lodin*, 1896, с. 637.

¹⁰ О Витватерсранде см. *Hatch a. Chalmers*, 1895, с. 283; *Hatch a. Corstorphine*, 1905, с. 33, 135, 147; *Mellor*, 1916; *Hatch*, 1911, с. 202; *Gregory* 1909, с. 118; *R. Beck*, 1906, с. 209; 1909, с. 183.

С 1887 по 1911 г. эти конгломераты дали более чем на 1,5 млрд долларов золота, т.е. больше, чем вся Калифорния с 1848 г. (*Lindgren*, 1913, с. 219–220). Работают глубже 1,5 км.

Здесь золото содержится в древних, может быть палеозойских пластах конгломерата. Относительно богатые золотом конгломераты, сильно нарушенные в своем залегании, прослежены на протяжении более 70 км. Мощный слой конгломерата может быть разделен на несколько отделов, имеющих форму выклинивающихся чечевиц, не содержащих золота и более богатых золотом (золотосодержащими являются главным образом различные слои Мейн-Риф). В общем разработка золотоносных слоев может идти правильно, подобно тому, как идет разработка каменноугольных пластов. Цемент, в котором содержится золото, состоит главным образом из кварца, но содержит марказит, пирит, хлорит, серицит, мусковит, только изредка рутил, циркон, корунд, хлоритоид. Очень любопытно большое количество заключенного в нем углисто-го вещества, в непосредственной связи с которым часто выпадало и золото¹. Характер цемента ясно указывает на метаморфизацию конгломерата. Золото большей частью не видно глазу, иногда видно в микроскоп, очень часто сконцентрировано в пирите и марказите. Характерно, что оно находится главным образом в *цементе*, реже в кварцевых гальках. В общем, среднее содержание золота строго выдерживается, неизменно в определенном горизонте конгломерата, по крайней мере для большей части бедных золотом, но мощно развитых конгломератов серии Мейн-Риф. Очень характерно сосредоточение золота исключительно в определенных горизонтах, указывающее как бы на его позднейшую инфильтрацию.

Генезис этого месторождения не вполне ясен. Вероятно, мы имеем здесь ископаемую россыпь (может быть, морскую прибрежную), но золото вполне или частью проникло в нее из растворов позже ее первоначального отложения; возможно, что мы имеем здесь дело просто с колоссальной ископаемой морской россыпью². Аналогичные образования открыты в Родезии³.

130. Образование россыпей составляет только одну из форм, в которых концентрируется золото при поверхностном разрушении золотосодержащих пород. В тонком и мелком раздроблении оно всегда собирается в кластических породах (§ 123), в песках и песчаниках, глинистых сланцах и глинах, в которых концентрируются и другие продукты выветривания. Этим объясняется нахождение золота в почве, в коксе и золе от сжигания каменных углей,

Должно быть, кембрий или докембрий серии Мейн-Риф вверху витватерсрандской свиты. Мейн-Риф 1,2 м мощностью. Мейн-Риф-Ледер 0,6 м мощностью отделен от Мейн-Риф сломом кварцита (6,1 м). Он наиболее богат. Вопрос о происхождении неясен.

¹ См. еще *F. Voit*, 1908 (1), с. 181; *J. Kunz*, 1908, с. 172; *R. Young*, 1909, с. 82. Фойт связывает вторичное выпадение золота с действием органических веществ. Золотосодержащий марказит в цементе выпадал во время образования конгломерата. По Юнгу, золото происходит из массивных пород; содержащий его пирит осаждался на титанистом железнике, находившемся в разрушенных породах. Аналогичны данным и некоторые месторождения Западной Африки (Тарква-Банкет). См. *R. Stokes*, 1908, с. 362.

² Литература об этом месторождении огромна. См. *Schmeisser*, 1895 (2), с. 33 и сл.; *De Launay*, 1902; 1896 (2); *Hatch a. Chalmers*, 1895; *Pelikan*, 1894, с. 422; *Lodin*, 1896, с. 637; *Denny*, 1897, с. 65; *G. Becker*, 1898, с. 197 и сл.; *Hatch*, 1898, с. 81; *Truscott*, 1902; *Penrose*, 1907, с. 735; *Hatch a. Corstorphine*, 1905, с. 140 и сл. Взгляды на характер Витватерсрандского месторождения очень различны, и многие не считают его за ископаемую россыпь (например, *Stelzner*, 1894, с. 580, *Hatcha. Corstorphine*, 1905). О связи этих конгломератов с вулканическими породами см. *Krause* 1897, с. 14 и сл.

³ *Mennel*, 1906, с. 82.

например в каменных углях Южной Африки¹, в антрацитах из Будзейовиц в Чехии (до 6 г на 1 т)² и т.д. В песчаных отложениях пермских слоев в пределах Пермской губ. всюду находится ничтожное количество золота в виде чрезвычайно тонкой, мелкой, истертой пыли. Форма этих золотинок и их количество ясно указывают на их выпадение в водах, далеких от места генезиса золота³. Очень вероятно, что эти песчаные отложения пермского моря снесены на сотни верст и являются окончательной нам известной стадией разрушения древнего Уральского хребта⁴.

Самородное золото обломочных пород, например очень часто – глинистых сланцев⁵, может являться в свою очередь источником золота для образования других его месторождений, даже коренных (§ 113). С одной стороны, при геосинклиналях, в связанной с ними метаморфизации кластических пород, такое золото может собираться вновь в жилы или в массивные породы. Вместе с тем на земной поверхности при дальнейшем разрушении глинистых сланцев и других осадочных пород, содержащих золото, могут образоваться россыпи элювиального или олового типа. Вблизи таких россыпей – например в Енисейской тайге – нельзя найти никаких следов ни золотоносных жил, ни массивных пород, которые явились бы источником золота. Для происхождения россыпей приходится допускать элювиальное изменение мощных толщ осадочных пород, бедных золотом. При этих процессах чрезвычайно характерно *истирание* золота (§ 128, 34), ясно при этом выраженное⁶.

К тому же типу месторождений относится нахождение золота в *известняках* и *доломитах*, куда оно попало, по-видимому, из растворов, может быть концентрируясь в пиритах. Такие месторождения известны на Урале (§ 153), в Черных горах в Северной Америке и т.д.

Золото находится в каменной соли разных местностей⁷.

Несомненно, значительная часть месторождений золота в *метаморфических породах* (§ 109, 113) происходит изменением не массивных, а детритовых пород. Таково, например, золото кварцитов и кварцевых сланцев, разрушением которых образовались россыпи Золотого Берега Африки⁸, составлявшие для местных негритянских племен предмет вековой разработки (§ 141).

Кремнистые руды Черных гор представляют любопытный пример метасоматического процесса. Отдельные участки кембрийских доломитов или магнезиальных известняков превращены в кварц, содержащий золото, в связи с тектоническими процессами. Кварц частью жильного происхождения. Вместе с золотом находятся барит, флюорит, урановая слюдка и т.д. Характер золота неясен; некоторые думают, что первичным телом являлся силванит⁹.

¹ Schmeisser, 1895 (2).

² Pošepny, 1895 (2), с. 219–220.

³ Бегер, 1826 (3).

⁴ См. Авдеев, 1850, с. 89.

⁵ Гофман, 1847, с. 193 и сл.; Зайцев, 1892 (4), с. 9 (приведена литература).

⁶ Очень любопытные наблюдения об этом см. М. Карпинский, 1840 (2), с. 215–216.

⁷ Liversidge, 1897 (2), с. 298.

⁸ Stelzner и. Bergeat, 1905–1906, p. 1268.

⁹ J. Irving, 1904 (1), с. 137; 1904 (2), с. 111. О золоте в метаморфических сланцах Мадагаскара см. Lacroix, 1922, с. 17 и сл.

Тип метасоматических руд Черных гор должен быть выделен, как это делает Линдгрэн (1913, с. 550 и сл.). Его наблюдают в Кордильерах, где порфиры проникают в известковые породы.

При таком скоплении золота в поверхностном слое земной коры становится само собою понятным, что золото может собираться и в *атмосферной пыли*. И действительно, оно наблюдалось в пыли, например в Австралии. Для такого золота, аналогично тому, что указано для Fe–Ni, предполагалось и космическое его происхождение¹.

Изменение золота нам неизвестно (ср. § 34).

131. Электрум и медистое золото и земной коре. Месторождения *электрума* отличаются по парагенезису довольно резко от месторождений золота. Насколько можно теперь судить, эти месторождения тесно связаны исключительно с кислыми массивными породами и постоянно находятся в тесной связи с различными соединениями *серебра и меди*².

Электрум наблюдался как в россыпях (например, в южных отрогах Америкен-Форд в Калифорнии), так и в коренных месторождениях. Из коренных месторождений он известен только в *жилах* – как в обычных золотоносных жилах, так и в золотоносных штокверках.

Нахождение совместно с серебряными соединениями – аргентитом, блеклыми рудами, красной серебряной рудой, штрмейеритом и т.п. – необыкновенно характерно для электрума, тогда как серебряные соединения относительно редко сопровождают золото, не связанное с электрумом. Кварцевые жилы, содержащие электрум, по-видимому, более богаты баритом и карбонатами, чем кварцевые жилы золота. Золото в глубоких частях таких жил частью содержится в сернистых соединениях серебра, частью в пиритах; по-видимому, более богатый серебром электрум образуется в верхних частях жил из водных растворов, содержащих одновременно серебро и золото; поэтому в тех же жилах встречаются вместе с электрумом и *самородные золото и серебро*. Подобно тому, как это наблюдается для золота (§ 119), и для электрума приходится допускать выделение его в верхней части жил, лежащей в коре выветривания. Электрум жил образуется при низких температуре и давлении.

Среди жильных месторождений электрума любопытны богатые серебром алтайские месторождения – в Змеиногорском и Зыряновском рудниках. В Змеиногорске электрум выделился из водного раствора при взаимодействии притекавших извне содержавших золото растворов и сульфидов серебра³. Электрум заключен в кварцевых и роговиковых прожилках в сланцах; жилы кварца и роговика прорезаны всюду жилами барита; золото и главным образом электрум находятся в тесной связи с медным колчеданом, медным и серебряным блесками, штрмейеритом.

К числу таких же жильных месторождений электрума относится знаменитая Комстокская жила⁴ в Неваде, давшая с 1859 по 1891 г. 4820 т серебра

¹ *Liversidge*, 1903, с. 282 и сл. Ср. *Suess*, 1877, с. 355.

² Уже Зюсс указал на связь между собой некоторых месторождений Au и Ag (*Suess*, 1877, с. 96 и сл.; 1892, с. 11 и сл.).

³ *Пилипенко*, 1915, с. 325. Ср. также литературу § 172.

⁴ *Suess*, 1877, с. 128; 1892, с. 67; *G. Becker*, 1882; *Stelzneru*. *Bergeat*, 1905–1906, с. 675. Характерно, что как раз для этого золота у нас почти нет анализов. Обычно говорят о золоте Комстокской жилы, хотя все указывает на электрум. Даже в подробном исследовании Беккера природа золота точно не выяснена.

и 214 т золота – одного золота более чем на 280 млн рублей¹. Это резко выраженная контактовая жила, содержащая большое количество серебряных соединений (стефанита, серебряного блеска, полибазита, медного колчедана, богатого серебром) в кварцевых выделениях, на контакте с диоритом и андезитом. Электрум, по-видимому, находился главным образом в железном колчедане, выделившемся на контакте.

Комстокская жила выработана до глубины 943 м, и дальнейшая разработка ее остановилась из-за технических трудностей, из-за встреченной высокой температуры. Но есть месторождения, дающие электрум непрерывно в течение веков, например, указанный раньше штокверк Вереспатак в Трансильвании, все время дающий большие количества электрума вместе с самородным золотом (ср. § 116).

Электрум изменяется значительно сильнее золота благодаря присутствию серебра – по-видимому, давая на поверхности темные корки галоидных и сернистых соединений серебра, частью в свою очередь выделяющих тонкую пленку самородного серебра. Очень возможно, что и золото образуется этим путем из электрума в отдельных частных случаях.

На Мадагаскаре электрум встречается исключительно в *жилах* на границе кристаллических сланцев и осадочных пород. Золото самих сланцев и метаморфических пород высокой пробы².

132. Месторождения *медистого золота*, к сожалению, чрезвычайно мало изучены. Однако, на основании имеющихся данных, едва ли будет ошибочным заключение, что они всегда связаны с основными породами – часто серпентинами – и выделяются или на их контактах или в самой массе породы. Таково месторождение около Гетуи (§ 105). Еще значительнее месторождение медистого золота на горе Карабаш, в Кыштымской даче; оно находится как на контакте с змеевиком жильной авгито-гранатовой породы, так и в самой породе. Вместе с золотом здесь находятся самородная медь, кальцит, хлорапатит, диопсид, магнетит и т.д.³ По-видимому, мы имеем здесь дело или с выпадением (Au, Cu) из магмы или с пневматолитическими процессами, связанными с основными породами. Подобно тому как спутниками электрума являются серебряные минералы, спутником медистого золота бывает самородная медь.

133. Серебро и кюстелит в земной коре. Месторождения *самородного серебра* во многом резко отличны от нахождения золота и электрума⁴; лишь условия совместного нахождения самородного серебра с кюстелитом неразрывно связаны с только что рассмотренными типами золотых месторождений.

Среди таких месторождений серебра наиболее замечательным является Конгсбергское месторождение в Норвегии⁵. Здесь самородное серебро (иногда кюстелит) встречается в тонких жилах (известно более 500 жил мощностью 0,005 – 0,20 м); оно выделилось из растворов, главным образом

¹ Tarr, 1894, с. 154–157; R. Beck, 1906, с. 332 (по Фохту).

² Lacroix, 1922, с. 7.

³ А. Николаев, 1908, с. 522.

⁴ Общее см. Moesta, 1869; Suess, 1892; De Launay, 1896 (1).

⁵ Münster, 1894; Fichtel et De Launay, 1893 (2), с. 759; R. Beck, 1903, с. 281; Vogt, 1899, с. 113 и сл.; Hansteen, 1900.

с кальцитом, пропитанным органическими веществами, также с плавиком, кварцем, баритом, цинковой обманкой, свинцовым блеском. Жилы прорезают толщи «докембрийских сланцев» Конгсберга, большей частью превращенных в гнейсы. Эти гнейсы местами обогащены сернистыми и мышьяковистыми соединениями, т.е. образуют фальбанды. Однако эти фальбанды не могут считаться источниками серебра, так как оно находится в них только в слюдах (не более 0,0002–0,0004% Ag); но в жилах наблюдается скопление серебра вблизи фальбандов. Отдельные кристаллы серебряного блеска встречаются в жилах как величайшая редкость, но плотный серебряный блеск составляет приблизительно 5–10% всей конгсбергской серебряной руды¹. Кроме того, из серебряных соединений в Конгсберге встречаются еще амальгамы. Изучение распределения самородного серебра в жилах показывает, что оно древнее сернистых соединений, содержащих серебро². Количество серебра в этих рудах очень велико; так, Королевская копь с 1865 по 1885 г. давала 1 кг серебра на 3 т жильной породы³. На больших глубинах, которых достигали разработки (более 600 м), все в той же ассоциации находятся самородное серебро и кюстелит в тонких прожилках, не переходящие книзу в сернистые и мышьяковистые соединения. Такое необычайное (§ 134) нахождение серебряной руды давно вызывало недоумения; однако, как мы видим, это Конгсбергское месторождение мало отличается от месторождений электрума и должно быть одного с ними происхождения⁴.

В 1903 г. открыто в Онтарио, в окрестностях вновь возникшего города Кобальта, мощное месторождение *самородного серебра*. Самородное серебро здесь, по-видимому, первичного характера (в таком случае включает всегда Hg и иногда Sb). Впечатление такое, что Hg находится в количестве до нескольких процентов (аналогично конгсбергскому), и неясно, не имеем ли мы здесь богатую серебром амальгаму. Золота совсем не находится или находятся только следы, открываемые в бульоне. Серебро наблюдается в кальцитовых, частью доломитовых жилах, прорезающих докембрийские породы и не переходящих в силурийские. Количество жил, имеющих практическое значение, превышает 100 (в 1912 г. – 115). Его приводят в связь с диабазами, наблюдаемыми в этих породах, хотя в диабазах почти никогда не наблюдаются жилы, богатые серебром, главным образом сосредоточенные в самых древних конгломератах, лежащих ниже диабаза. Серебро по трещинам проникает и в окружающие породы. Докембрийские породы местами прорезаны обычно узкими жилами, богатыми серебром, на значительном протяжении; известны и более мощные жилы. Могут разрабатываться, однако, легко, так как обычно узкие жилы скучены в породе. Чрезвычайно характерно совместное нахождение Ag с As, Co, Hg, Ni. В отличие от других месторождений серебра, очень характерно отхождение на второй план Cu, Pb, Au. Галенит

¹ Münster, 1894, с. 11 и сл., 39, 48; Vogt, 1899, с. 113 и сл.

² По Чьерульффу и Даллю; см. Hansteen, 1900, с. 64.

³ Münster, 1894, с. 46.

⁴ Нахождение его на больших глубинах не противоречит фактам, наблюдаемым для многих месторождений золота. По мнению Фохта (Vogt, 1899), серебро в Конгсберге выделялось действием горячей воды на Ag₂S, в виде которого принесено серебро в жилы; по мнению Мюнстера, оно выпадало из растворов Ag₂CO₃, разложившихся действием электролиза (действием фальбандов); Münster, 1894, с. 70 и сл., 80 и сл.

очень редок, также не часты борнит (ковеллин?) и халькопирит. Лишь изредка встречается серебро в соединении с медью (блеклые руды, штрουμεйерит). Главным минералом является смальтин, затем наблюдаются нередко никелин и брейтгауптит. Характерна редкость сернистых соединений (аргентит, штрουμεйерит, красная серебряная руда, стефанит, фрейбергит) и сурьмянистых (дискразит). Вторичный характер этих тел, например дискразита или блеклой руды, по сравнению с самородным серебром неясен. По-видимому, часть их – одновременного образования с самородным серебром.

Серебро выделилось из водных растворов (из карбонатов, по Миллеру). На первичный характер самородного серебра указывает, между прочим, то, что серебро наблюдается с аргентитом в пустотах в виде вторичного серебра (главным образом, волосатое), не заключающего тогда ни Hg, ни Sb. Серебро образует значительные сростки-самородки, иногда пластины обычного, характерного для водных осадков древовидного срастания. Попадают куски такого серебра во много килограммов весом. Очень своеобразную картину представляли выходы богатых серебром жил на поверхности отполированных льдом скал (например, еще теперь сохраняемые в руднике Роза).

Серебро не встречается очень глубоко от поверхности. Объясняют это тем, что водные серебряные растворы исходили из диабазов. Спускаясь из них по трещинам, они осаждались очень быстро на кобальтово-никелевых соединениях¹. Объяснение это вызывает большие сомнения, так как очень нередко серебро находится совсем отдельно от кобальтовых соединений и образует большие сростки, совершенно лишенные соединений кобальта или никеля. Процесс является гораздо более сложным, что видно уже по тому, что одновременно с серебром осаждались его сернистые соединения и стибины. По-видимому, процесс далек от простого объяснения, даваемого Миллером.

Количество серебра, скопленного этим путем, было огромно и отразилось на мировой добыче серебра. С 1904 по 1912 г. здесь добыто не менее 4700 т самородного серебра, и в 1912 г. серебро из Кобальта составляло около 13% мировой добычи серебра. Главная, подавляющая часть серебра в Кобальте добывалась из самородного серебра.

По-видимому, существуют месторождения самородного серебра в массивных породах. Они, к сожалению, не изучены. О серебре в фельзитовом порфире Бийского у. см. § 175. Того же типа должно быть серебро, найденное в пепле Котопах и Туигурагуа², если оно находится там в самородном состоянии, что не доказано. Кларк³ допускает образование его из паров серебра, выделявшихся при вулканическом извержении.

134. Наиболее обычен и лучше изучен другой тип серебряных месторождений – вторичное выделение самородного серебра. Самородное серебро находится в этом случае в теснейшей связи с другими соединениями серебра; оно происходит их разложением при участии атмосферы и воды. Первичными исходными соединениями для такого серебра являются сульфосоли (главным

¹ Об этом месторождении см. *Miller*, 1913 (1); 1913 (2), с. 51 и сл.; *Dulieux*, 1910, с. 335.

² *Mallet*, 1887 (2); 1890.

³ *F. Clarke*, 1911 (1), с. 258. О нахождении серебра в массивных породах см. *F. Clarke*, 1911 (1), с. 619 и сл. Однако неясно, не находится ли оно при этом в значительной степени в самородном золоте или в сернистых телах.

образом красная серебряная руда, стефанит, отчасти блеклые руды и халькопирит) и сернистые соединения (серебряный блеск, серебряная чернь, свинцовый блеск), реже–теллуристые соединения, стибины и арсины¹, электрум.

В верхних частях месторождений все соединения серебра так или иначе приходят к трем типам минералов – *самородному серебру*, *сернистому серебру* (аргентиту и еще чаще к *серебряной черни*) и *галогидным соединениям серебра*. Процесс распада серебряных соединений идет более или менее быстро; эти три типа серебряных минералов иногда находятся между собой в состоянии равновесия², но в конце концов преобладает самородное серебро. Поэтому в большем или в меньшем количестве самородное серебро будет встречено в верхних частях, вблизи земной поверхности, во всех месторождениях серебряных минералов, как в жильных, так и в осадочных. Этот тип генезиса самородного серебра был выяснен в блестящих работах Брейтгаупта в первой половине XIX века³ и затем подтвержден изучением серебряных месторождений всего мира⁴.

При начале разработки месторождений любых серебряных руд, не тронутых человеком, всегда находят самородное серебро, выделенное природными процессами и являющееся первой наиболее богатой серебряной рудой, почти не требующей обработки. Книзу оно более или менее быстро сменяется первичными типами серебряных соединений и затем встречается в немногих отдельных участках как минералогическая редкость. Так, во Фрейберге в Саксонии в первое время, в средние века, работали руду дудками на поверхности и находили самородное серебро в тесной смеси с роговым серебром (1170–1287 гг.). В это время оно было главной серебряной рудой⁵. В XVI столетии, когда начались разработки некоторых прирейнских месторождений галенита, наталкивались в них на значительные массы самородного серебра. Так, в 1539 г. около Маркирха в Эльзасе, в Юнгтрубе Сент-Вильгельм, найдено самородное серебро весом в 150 кг, которое могло сразу идти в обработку; в 1581 г. в руднике Цур-Трейс в Клейнлеберау найдено самородное древовидное серебро в 592 кг весом и т.д.⁶ В первые времена разработки европейцами серебряных рудников Перу, Чили и Мексики⁷ в XVI–XVIII столетиях, богатейшие скопления такого серебра (иногда в мельчайшем раздробленном виде – *rasos colorados* и т.д.) долгое время поддерживали легенды о неимоверных богатствах Нового Света благородными металлами, но скоро и там самородное серебро явилось ничтожной по размерам частью серебряных руд. Оно встречалось и позже – огромными пластинами, например, одна из

¹ Обыкновенно разложением теллуристых соединений образуется самородное золото, но иногда серебро выделяется отдельно, например, из нагиагита (см. *Fellenberg*, 1860, с. 174) в Нагиаге.

² Аналогичны указанным отношениям $\text{Ag}_2\text{S} \rightarrow \text{Ag}$ (§ 32) и отношения $\text{AgCl} \rightleftharpoons \text{Ag}$ и $\text{AgCl} \rightleftharpoons \text{Ag}_2\text{S}$. Это доказывается их взаимными псевдоморфозами. О них см. *Blum*, 1843–1879.

³ *Breithaupt*, 1849, с. 148–149.

⁴ На то же самое указывают псевдоморфозы серебра по разным минералам. Такие псевдоморфозы (*Blum*, 1852, 1863, 1879; *J. Roth*, 1879, с. 205, 260, 290) известны по кераргириту, бромистому серебру, пираргириту, аргентиту, пруститу, полибазиту, дискразиту.

⁵ *H. Müller*, 1901, с. 3.

⁶ *Freise*, 1907, с. 6.

⁷ *Humboldt*, 1827, с. 164–165, 169.

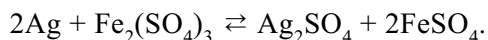
них в Ханарсильо весила 1420 кг¹. В XVIII веке значительные массы самородного серебра, в несколько десятков килограммов весом (ср. рис. 52–53 на с. 139), были найдены на Медвежьем острове в Архангельской губ. и вызвали было предпринимательскую горячку среди заправил бироновщины; но скоро и здесь богатые серебряные руды – самородное серебро (из свинцового блеска) – иссякли, и это дело замерло².

На Алтае часть серебра произошла распадением кераргирита. Его образование здесь шло частью прямым окислением аргентита, частью восстанавливающим действием сернокислых солей (главным образом железа) или органических веществ на растворы кислородных солей серебра³.

135. Причина такого выделения самородного серебра на земной поверхности нам неизвестна. По-видимому, процесс его выделения связан с *электрическими токами*, столь обычными в поверхностных слоях земной коры. Как показал Беккерель⁴, эти токи легко выделяют серебро из всех его соединений.

Серебро при этом переносится в растворах, в связи с органическими веществами, далеко от мест нахождения своих первичных соединений; так, во Фрейберге оно в виде «налетов» (цементного серебра) находится в верхних частях жил, в окружающих их породах, проникая в них по трещинам⁵. Особенно резко такая циркуляция серебра наблюдается в осадочных месторождениях; здесь оно иногда составляет цемент песчаников, например в Силвер-Риф в Юта⁶; в Гессене, во Франкенберге, в пехштейне оно сосредоточивается в кусочках дерева, являясь для них окаменяющим веществом⁷.

Серебро выделяется из растворов своих солей кобальто-никелевыми минералами⁸. Так объясняет Миллер образование самородного серебра в Кобальте. Может быть серебро выделяется в растворах феррисульфатов, аналогично золоту (§ 112). По Стоксу⁹:



Серебро выделяется в рудниках и в историческое время. Не раз наблюдали его выпадение в деревянных скрепах и частях рудников, например в Потоси. В древних финикийских и римских шлаках в Герериас, в провинции Альмерии, образовавшихся вследствие неполной обработки серебряных руд, можно заметить новообразование самородного серебра, происшедшее в историческое время¹⁰. Для нас совершенно неясна картина происходящего здесь

¹ *Domeyko*, 1846, с. 451. Ср. о руднике Батопилас в Новой Бискайе у *Humboldt*, 1827, с. 164.

² *Рожков*, 1885, с. 277. До передачи этих рудников бироновской компании (Шомбергу) добыто с 1734 по 1739 г. около 550 кг самородного серебра, преимущественно из элювиальных отложений.

³ *Пилипенко*, 1915, с. 332, 339.

⁴ *Е. Becquerel*, 1859. Ср. для серебра литературу у П. Чирвинского.

⁵ *H. Müller*, 1901. с. 157–158.

⁶ *Kemp*, 1895, с. 260–261.

⁷ *Lehmann*, 1753, с. 158 и сл.; *М. Ломоносов*, 1759, с. 20; *Werner*, 1802, с. 185; *Bischof*, 1863, с. 183.

⁸ *Palmer a. Bastin*, 1913.

⁹ *H. Stokes*, 1906, с. 649. О растворении серебра см. *F. Clarke*, 1911 (1), с. 620 и сл.

¹⁰ *Е. Fraas*, 1886, с. 67.

химического процесса и совершенно неизвестны те соединения, в виде которых переносится серебро водами, выделяясь затем в самородном состоянии.

Из всех этих месторождений самородное серебро попадает в *россыпи*. Однако в россыпях оно не сохраняется неизменным так долго, как золото. Отчасти благодаря этому, отчасти благодаря относительно малой цене серебра, человек не разрабатывает серебряных россыпей.

Но было бы ошибочно думать, что серебро менее обычно, чем золото, в верхних, рыхлых породах земной коры. Впечатление, нами получаемое, в сильной степени зависит от экономических условий от невыгодности разрабатывать россыпи серебра с тем его содержанием, которое окупается для золота. Местами встречаются золотые россыпи, очень богатые самородным серебром, например в Британской Колумбии, где находили в россыпях даже большие его самородки (особенно окр. Оменика)¹. В былое время в Китае серебро добывали из россыпей².

136. Изменение серебра. Самородное серебро, в отличие от золота, не остается неизменным. Обычно оно покрыто *черной пленкой* продуктов изменения под влиянием света или химических составных частей воздуха, например озона. Характер этих изменений неясен. Очень возможно, что этот черный налет состоит из соединений серебра – окисей³ или гидратов. Но вполне допустимо, что этот тонкий слой состоит из самородного же серебра, выделенного из тех его соединений, которые образуются на земной поверхности, но затем распадаются, с выделением тонкой черной пленки вторичного металлического серебра. Эта пленка придает характерный матово-черный цвет самородному серебру, иногда покрывает его тонким налетом, дающим цвета желтого оттенка, похожие на золото⁴.

Обычно образование этой пленки задерживает дальнейшее изменение серебра. Помимо этих реакций каталитического характера, ограничивающихся только поверхностным слоем, на земной поверхности, особенно если серебро находится в почве, в «земле», т.е. вне свободного доступа воздуха, оно претерпевает другие разнообразные изменения, из которых в настоящее время с точностью известны два, но несомненно существуют и другие.

Серебро изменяется и переходит в *аргентит* или *серебряную чернь* – Ag_2S – под влиянием воды, заключающей H_2S или сернистые щелочи, и в *кераргирит* – AgCl – под влиянием растворов, заключающих NaCl и другие хлористые соединения.

Оба эти процесса идут чрезвычайно часто в месторождениях самородного серебра, которое, как мы видели, нередко образуется в жилах (§ 134) из аргентита и других сернистых соединений. В жилах часто наблюдается

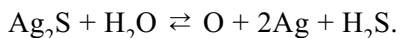
¹ G. Hoffmann, 1890 (1), с 23.

² Mely, 1896. с. 19, 159.

³ Озон дает черную окраску серебряным предметам при обычной температуре, если на них присутствует переноситель активного кислорода, например соединения Fe_2O_3 . Следовательно, осаждение пленки лимонита на Ag может вызвать почернение самородного серебра. Реакция эта ясно указывает на вероятность образования при этом – по крайней мере вначале – окиси серебра. О действии озона на серебро см. Manchot u. Kampschulte, 1907, с. 2894.

⁴ Очень может быть, мы имеем здесь дело с другой полиморфной разностью серебра, аналогичной изученным Кери Ли.

значительное количество сернистых щелочей или H_2S в водном растворе и, следовательно, существуют условия, благоприятствующие изменению серебра. Как было указано раньше, этот процесс в целом ряде жильных местностей имеет характер равновесия и может быть выражен уравнением:



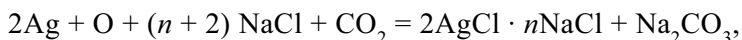
Как видно из этой схемы, он идет в присутствии воздуха. Поэтому в жильных месторождениях, особенно около кислородной поверхности, мы нередко встречаем псевдоморфозы серебра по аргентиту, или наоборот. По-видимому, вначале выделяется серебряная чернь, являющаяся особой, полиморфной разностью Ag_2S и переходящая затем в аргентит.

137. Гораздо более обычен и идет в больших размерах другой процесс – превращение серебра в *галоидные соединения*, главным образом в *кераргирит*. Едва ли будет ошибочным высказать положение, что кераргирит – AgCl – является в природе почти исключительно продуктом изменения самородного серебра. Образовавшийся этим путем кераргирит встречается иногда огромными массами, сотнями и тысячами тонн, является важной рудой на серебро.

Переход в кераргирит идет в значительной мере под влиянием почвенных вод. В сухих местностях хлор приносится ветром (в виде NaCl из океанов); таково происхождение кераргиритов в некоторых месторождениях Новой Мексики¹.

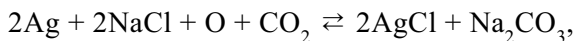
Серебро, более или менее долго полежавшее в земле, покрывается пленкой кераргирита и в конце концов целиком в него переходит. Анализ древних серебряных изделий показывает, что они нередко состоят уже не из серебра, а из кераргирита. Поэтому серебро гораздо хуже золота сохраняется и в россыпях.

Изменение серебра происходит здесь под влиянием NaCl , однако реакция далеко не такая простая, как можно было бы думать с первого взгляда. Чрезвычайно характерно, что образующееся AgCl очень часто уносится водами; приходится допустить существование гипотетической двойной соли AgCl с NaCl , соли, растворимой в воде². Принимая это во внимание, ход химической реакции, по Бертело, может быть выражен следующим уравнением:



причем реакция идет в водном растворе. Этим объясняется, например, то, что серебро и серебряные предметы не сохраняются в море, а постоянно переходят в раствор; в морской воде всегда находится небольшое количество серебра³.

Но далеко не всегда образуется двойная соль; нередко идет образование непосредственно AgCl , причем многочисленные псевдоморфозы серебра по кераргириту и обратно (см. § 136) указывают, что мы имеем здесь более простую реакцию обратимого характера:



¹ Keyes, 1907, с. 779.

² Бертело получил ее искусственно, но ближе не изучил (M. Berthelot, 1906 (1), с. 49–50, 125).

³ О нахождении серебра в воде океанов см. Krimmel, 1907; F. Clarke, 1911, с. 111.

тоже идущую в водной среде. Это равновесие, как и для других соединений серебра, меняется под могущественным влиянием света (ср. § 22)¹.

По-видимому, на земной поверхности – при существующих условиях ее состава – устойчивой формой для серебра является не самородное серебро, а галоидные его соединения (AgCl , AgBr , AgI), самородное же серебро выпадает как промежуточная стадия распадаения сульфосоединений и не имеет широких рамок существования.

Кроме этих двух – несомненных – форм изменения серебра, вполне возможно, что оно при некоторых условиях переходит в водный раствор в виде каких-то других соединений – может быть, в виде коллоидального серебра, Ag_2SO_4 или Ag_2CO_3 . Но эти соединения не могут считаться установленными.

138. История золота. Человек добыл и добывает огромные количества золота. Долгое время в истории этой добычи роль человека заключалась в концентрации самородного золота на земной поверхности, аналогично той работе, какую природа другими процессами производит в золотоносных россыпях. По существу, это была роль механического деятеля.

Однако уже давно к этой работе присоединилась работа химическая. Золото в природе, как мы знаем, главным образом находится в соединении с серебром и чистое золото встречается относительно редко. Около IV века до н.э. человек научился отделять серебро от золота. С этого времени² появляются химически чистые золотые изделия. Это относится по крайней мере ко всей культурной области народов Средиземного моря³. С этой эпохи началась новая работа, постоянно усиливающаяся.

Если мы примем во внимание только химически чистое золото, то, несомненно, – человек добывает его в настоящее время больше, чем сколько его всего накоплено природными процессами. Он переводят его затем в новые сплавы, в природе большей частью неизвестные.

Находящееся в свободном состоянии, иногда в виде больших самородков, яркое и блестящее, резко отличающееся от окружающих камней, золото давно бросилось в глаза человеку и обратило на себя его внимание. Знакомство с золотом идет в глубь веков и очень может быть, что это был первый металл, с которым ознакомился человек. В разных местностях Земли оно имело свою историю. По-видимому, независимо, в разное время человека привлекал благородный металл и он научался употреблять его в своем быту. Испанские конкистадоры встретили его в руках полудиких племен Центральной и Северной Америки, куда оно проникло под влиянием культурных государств Южной и Центральной Америки, бывших независимыми в своем развитии от культурного круга Евразии.

¹ Возможно здесь образование в некоторых случаях не AgCl , а Ag_mCl_n , более стойких и менее растворимых, чем AgCl (ср. *M. Berthelot*, 1906 (1), с. 50). Как известно, характер действия света на AgCl неясен.

² *M. Berthelot*, 1906 (1), с. 19.

³ Однако тот же процесс, может быть, шел и в других частях земного шара. Так, есть указания, что древняя индийская (добуддийского периода) монета сперва состояла из электрума – см. *Del Mar*, 1902, с. 10. Эти указания Дель Мара, по-видимому, не подтверждаются данными индийской нумизматики. Мне неизвестны месторождения электрума в Индии.

Однако были области, где оно не было известно, – даже области, отличающиеся известной культурой. Так, оно не было известно во всей Полинезии, хотя в Новой Зеландии находились значительные месторождения золота. Оно не было известно и аборигенам Австралии.

В пределах континентов Европы, Азии и Африки знакомство с золотом может быть прослежено в такую глубь веков, в которой исчезают письменные или материальные памятники населяющих их народов, т.е. дальше 6–7 тыс. лет назад. В эту доисторическую эпоху уже шла кустарная, но, в общем результате, колоссальная добыча золота, приведшая в конце концов к тому, что в старых культурных странах все поверхностное золото было выработано. Еще Гумбольдт заметил, что золотые россыпи, откуда человек прежде всего добывал золото, находятся на границах культурного мира. По мере развития культуры эти россыпи отходят все дальше и дальше, а старые оказываются выработанными¹.

139. Старая Европа потеряла свои россыпи, давно исчезли они в культурных областях Азии.

В неолитическую эпоху золото в Европе не было известно; оно появилось в ней после меди, сперва на окраинах – в Испании и Франции, в Трансильвании². В Трансильвании находилось его древнейшее и самое богатое скопление на нашем континенте.

Древнейшую историю золота можно проследить по истории языка. Индо-европейцы до своего разделения не знали золота, – корни слов, выражающих это понятие, различны у разных народов³. Эти народы ознакомились с золотом, по-видимому, независимо друг от друга. В индо-европейской группе языков мы находим два самостоятельных названия золота: у индо-иранцев и в германо-славяно-литовской группе языков. И действительно, в странах, которые в историческое время были искони населены народами, говорящими на этих языках, – область между Каспием, Персидским заливом и устьем Ганга, с одной стороны, прикарпатскими странами, с другой, – золото могло быть в их руках туземным продуктом. Независимое и древнее знакомство с золотом должно быть допущено для народов тюрко-татарской группы урало-алтайских языков, где одно и то же название золота царит от Дарданелл до берегов Лены. С другой стороны, издавна знали его семиты, еще до разделения западной и восточной ветвей семитских языков. Самостоятельное название имеет оно в египетском языке.

Другие большие племена заимствовали названия золота, которое явилось для них позднейшим продуктом; это относится к грекам (от семитов), кельтам (от римлян?), римлянам и итальянским народностям (неизвестно от кого), финнам (западные – от германо-славян, восточные – от иранцев), мадьярам.

Таким образом, исследование языка указывает нам несколько местностей, где началась разработка золота, которая должна быть отнесена к первым временам нашей истории. Мы должны искать эти исконные места добычи в прародине индо-иранцев, германо-славяно-литовцев, семитов, тюрко-татар,

¹ Ср. работы *Suess*, 1877 и 1892; *Humboldt*, 1838, с. 26; *White*, 1920.

² *Much*, 1893, с. 356. В конце каменного века золото проникло в Швецию; см. *Montelius*, 1906, с. 22.

³ *Schrader*, 1906, с. 30 и сл.

в Южном Египте. Мало изученные места Ирана и Аравии, карпатские области, прилегающие к Трансильвании, реки Малой Азии, Алтая и приалтайских гор, Нубия – более или менее точно отвечают возможным областям древней родины этих народов. Везде здесь золото стало добываться человеком давно, но, однако, не в одну и ту же эпоху. В других местностях оно стало добываться *позже*, в зависимости от того, когда данная страна подпадала под культурное влияние того или иного народа, знакомого с золотом.

140. Мы имеем в этом отношении прямые исторические указания, например для Греции, где золото стали впервые добывать финикийцы¹, вероятно уже в микенскую эпоху, в XVI веке до н.э. Неизбежно допустить то же самое для рек Италии, Франции, Испании и т.д., выработанных уже на заре римской истории.

Но история ознакомления человека с золотом идет, должно быть, еще глубже. Мы и до сих пор встречаем языки – осколки когда-то больших единиц, имеющие свои имена для золота, которые они получили от исчезнувших человеческих рас или выработали на неизвестной своей прародине. У басков, этрусков, в лезгинских и черкесских языках имеются свои названия золота, генезис которых нам неясен².

В общем, вполне согласны с этими указаниями языкознания первые летописные данные всемирной истории. Самая древняя культурная монархия – Египет³ – получала золото из Нубии, из областей, лежащих между Красным морем и Нилом, из недр внутренней Африки⁴. Те же области служили главным источником золота – в относительно более позднюю эпоху, в первое тысячелетие до н. э. – для финикийцев, евреев⁵ и других семитских народов передней Азии, для Карфагена. Но круг их торгового влияния был более значителен – он охватывал области Ирана, прилегающие к Персидскому заливу, переднюю Индию, Аравию. В средней Аравии, в совершенно неизученной горной области Иемены, может быть древнего Хавилаха, находились много-

¹ Геродот, 1888, с. 84. Ср. *Blümner*, 1887, с. 12. О финикийцах см. *H. Winckler*, 1904, с. 337 и сл.

² Кавказские племена едва ли могли ознакомиться с ним на Кавказе, бедном золотом. Легенда о походе аргонавтов в значительной мере искажает наши представления о Кавказе как золотом дне. Возможная связь кавказских языков с языками народностей древних государств Малой Азии переносит в нее центр ознакомления их с золотом.

³ О золотых разработках египтян см. литературу у *Futterer*, 1895, с. 5 и сл.; *E. Thomas*, 1909; *De Launay*, 1902, с. 116 и сл. По Вертелю (*M. Berthelot*, 1906 (1), с. 19 и сл., 44), до эпохи Креза не очищалось золото от серебра. О золоте в древнем Египте см. *Petrie Flinders*, 1915. Золото уже употреблялось в Египте, судя по находкам Ф. Петри, еще в додинастическую эпоху, т. е. много раньше 4241 г. до н. э. (введение календаря). См. *Бростэд*, 1915, с. 30; *D. Randall-Macivior*, 1906 (3), с. 325 и сл. Прения по его докладу – там же, с. 336 и сл. Выводы Рандалл-Макивора подвергнуты справедливой критике в новой любопытной работе Холла (*R. Hall*, 1909). По Эдвардсу (*Edwards*, 1906, с. 340), по крайней мере 75 млн фунтов стерлингов золота было добыто из этих доисторических разработок.

⁴ Возражения против этого взгляда и литературу см. у *Хвостова*, 1907, с. 73 и сл.

⁵ В тесной связи с этим вопросом находится вопрос об Офире, о той загадочной стране, откуда получал золото Соломон. Офир указывался в самых разнообразных местностях, начиная со всего восточного побережья Африки, западной и южной Аравии и кончая Индией. По-видимому, Офир не был страной, где добывалось золото, но лишь вывозным пунктом. Литература об Офире огромна. Из новой см. *Glaser*, 1890; *Oppert*, 1903, с. 219 и сл.; *Keane*, 1901. Ср. также *Бэр*, 1873, с. 12 и сл.

численные, очень древние разработки коренного золота, описанные, еще в действии, южноарабским географом X века Хамадани¹. Отсюда золото шло в гавани Персидского залива и Красного моря, и это создало представление о золотых рудниках Йемены и Тихамы², в которых золото, кажется, никогда не добывалось. Но область влияния семитских государств шла гораздо дальше. На юге Африки – в Родезии, в бассейне Замбези, находятся древние копи золота, указывающие на колоссальные разработки, бывшие здесь, невидимому, задолго до н. э. Весьма вероятно участие в этих разработках доисламских государств Аравии, может быть Индии. Хотя о древности находящихся здесь развалин были высказаны в последнее время большие сомнения³, по пока данные, по-видимому, скорее говорят в пользу большой древности бывшего здесь культурного населения. Влияние семитских государств и Египта ясно и несомненно в истории золотых месторождений Северной Африки. Уже в III тысячелетии до н.э., т. е. за 5000 лет до нашего времени, золото разрабатывалось в горах, прилежащих к Красному морю, местными племенами; около этого времени эти места были завоеваны египтянами, и здесь ими велась усиленная разработка бедных кварцевых золотоносных жил, может быть метаморфических пород, содержащих золото. Оно добывалось беспощадной эксплуатацией невольников и преступников⁴. Египет скоро сделался средоточием африканского золота, хотя раньше в нем серебро ценилось выше или наравне с золотом. Золото получалось в Египте как из россыпей, так и из коренных месторождений⁵. Первые россыпи были, по-видимому, олового типа (§ 126). Вероятно, египтяне встретились с таким золотом где-нибудь в окружающих пустынях Нубии.

Из Египта, несомненно, получали значительную часть золота и древние монархии и государства Малой Азии⁶. Хотя туда же шло золото караванным

¹ Glaser, 1890, с. 347 и сл.

² E. Meyer, 1884, с. 223.

³ Сомнения возбуждены исследованием Рандалл-Макивора. Для некоторых построек он представил аргументы в пользу их относительно нового возраста (эпохи европейских средних веков). См. *Randall-Macivor*, 1906 (1), с. 303; 1906 (2), с. 102. Возражения см. у *R. Hall*, 1907; с. 519–647. Очень возможно, что постройки в области Замбези – разного возраста и что золотые разработки много их древнее. Эти остатки и развалины относили к народам семитских доисламских культов. См. литературу у *Futterer*, 1895, с. 160 и сл.; *Keane*, 1901. Такое представление очень хорошо увязывается со схемой истории торговли в Египте, см. *Хвостов*, 1907, с. 81, 427.

⁴ См. потрясающее описание у *Диодора*, 1846. Ср. *Futterer*, 1895; *Blümner*, 1887, с. 13.

⁵ *Futterer*, 1895; *Lepsius*, 1872, с. 35, 51. Гиероглифический знак россыпного золота, судя по надписям и рисункам, состоит или из платка, в котором встряхивают золото (Фивы), или из мешка, в котором его промывают (Бенигасом). Лепсиус (*Lepsius*, 1872, с. 31) указывает на то, что оно в обоих случаях промывалось, но мы имеем, должно быть, в первом случае явление, аналогичное кустарной добыче золота в Австралии (см. также рис. 59 на с. 184).

⁶ Вопрос о родине золота, получавшегося этими монархиями, неясен. В древних ассирийских летописях есть указания, что золото получалось с севера и в образной речи золото идентифицировалось с севером. Карппе (*Karppe*, 1901, с. 515) указывает любопытное толкование, в связи с этим, одного места из книги Иова, этой древнейшей поэмы рудоискателей (XXXVII, 22: «золото приходит из полуночных стран»). Ср. *Haas*, 1902, с. 211 и сл. Вероятно проникновение в Ассирию золота из Индии. Ср. *Lexis*, 1900, с. 749. Египетские памятники показывают уплату долга ассирийцами золотом. См. *Н. Винер*, 1880, с. 283. Следовательно, золото не все шло из Египта. История древней добычи золота может быть выяснена только тогда, когда будет изучена история семитских народов Аравии и государственных организаций передней Индии.

путем, оно, несомненно, проникало к ним из Ирана, Аравии¹, Трансильвании, Индии. Весьма вероятно, что часть завоевательной политики, далеких походов этих военных монархий была вызвана стремлением захватить области, где добывалось получаемое ими золото. Возможно, что такова была причина несчастного похода Дария² в Скифию (т.е. Трансильванию)³ и походов ассирийских царей против Элама, закончившихся в VIII столетии до н. э. подчинением их влиянию золотоносных областей западной Аравии⁴. Таково же было завоевание Египта Камбизом, перевезшим много золота в Азию⁵.

141. Черные расы Африки сохраняли веками, до наших дней, навык к добыче золота из бедных россыпей. Целые народцы веками работали над золотом как рабы мелких князьков⁶. «Золотой песок» с Золотого Берега Гвинеи шел в древний Карфаген, позже в Рим, проходил в Индию и Китай в дохристианское время и побуждал в XV–XVII веках европейцев к смелым и опасным путешествиям, приведшим к полному изменению представлений культурного человечества о земной поверхности. Уже давно наряду с россыпным стало добываться золото коренное.

В течение всего периода роста и развития переднеазиатских монархий, всего цикла развития древней Эллады, эллинистических государств, Римской империи – золото попадало в средиземноморскую область культуры из того же самого источника⁷. Однако с развитием культуры появились самостоятельные центры добычи золота. Кое-где, например в Трансильвании, месторождения золота разрабатывались уже до соприкосновения живших там народов непосредственно со средиземноморскими культурными государствами; здесь уже в VI–VII столетиях до н. э. добывалось золото, вероятно из богатых золотом верхних наносов⁸. По-видимому, также независимо добывали золото кельтские и другие племена Испании, теперешней Франции (на северных отрогах Пиренеев и в Севеннах)⁹, Германии¹⁰ (Рейн и т.д.), Ирландии¹¹, Хорутании (юго-восточная Каринтия). Одним из мест такой древней добычи

¹ E. Meyer, 1884, с. 223.

² Bury, 1897, с. 277.

³ Niederle, 1904, с. 262.

⁴ Claser, 1890, с. 351.

⁵ Jacob, 1838, с. 25.

⁶ См. условия разработки золота у негров Африки – Futterer, 1895, с. 164 и сл.; Laurent, 1902, с. 49 и сл.

⁷ Возможно значительное проникновение и индийского золота через Персию и Египет. Софокл отличал чистое золото Индии от электрума Лидии (Софокл. Антигона, 1884, ст. 1037). Остатки огромных древних разработок золота известны в Южной Индии (V. Ball, 1881 (1), с. 177; ср. о Тибете, с. 207).

⁸ Интересны указания Палласа и Борна о чрезвычайном сходстве разработок в Трансильвании с западносибирскими разработками. Паллас предполагает, что народ, добывавший медь и поверхностное золото на запад от Енисея, перешел в Венгрию (Паллас, 1780, с. 332 и сл.). Он идентифицирует их с венграми, т.е. относит разработки к средним векам, что явно неверно. Но связь, может быть, и была – более древняя. О древних разработках см. Litschauer, 1904, с. 464. О разработках в римскую эпоху ср. Papp, 1906, с. 309; Brand, 1903, с. 453 и сл. Об истории добычи золота в Трансильвании см. еще Schumacher, 1912, с. 15 и сл.

⁹ Daubrée, 1868, стр. 3; Cartailhac, 1889, с. 272. Ср. Dottin, 1906, с. 132–133, 154.

¹⁰ Такая добыча шла на Рейне и его притоках еще до римлян. Весьма вероятна связь с золотом походов римлян к Рейну – как в Эльдорадо (Preise, 1907, с. 1 и сл.).

¹¹ Kinahan, 1883, с. 263; Rudler, 1905, с. 233. Отголоски этого богатства золотом Ирландии сохранились в древней поэзии. См. Flanghaila, 1907, с. 189.

золота был Пьемонт (на севере Италии), область салассов. В 143 г. консул Аппий Клавдий без объявления войны напал на салассов и захватил часть золотоносной области. Римские завоеватели организовали там добычу золота¹. В этой области кельтского влияния шла циркуляция золота, медленно проникавшего отсюда и в другие страны. Так, из Ирландии оно шло (V век до н.э.) в Скандинавию². Но лишь финикияне³ и карфагеняне вызвали более энергичную разработку этих золотых месторождений⁴ и ввели их окончательно в мировой обмен. С завоеваниями Цезаря огромные количества золота, накопленного кельтской цивилизацией, попали в Рим.

Вскоре золотые россыпи были выработаны, даже такие богатые, какими, по-видимому, были месторождения Испании⁵ и Франции. Большей частью это были накопленные веками элювиальные и аллювиальные россыпи. Таковы были золотые россыпи греческих островов Сифноса, Фазоса, побережий Фракии (Скаптэсилэ) и Малой Азии (Троя)⁶. Здесь золото иссякло уже в I веке до н.э. В Малой Азии расцвет золотой промышленности, может быть, относится к многим столетиям раньше, ко времени гиттитской и индийской истории⁷. В Европе – в Македонии и во Франции – добыча золота продолжалась еще несколько столетий позже. В Македонии в IV веке до н.э. золотые рудники Пангея явились основой ее могущества⁷. Эти древние рудники были захвачены Филиппом; разработка их была поведена им очень энергично, дала сразу много золота и довольно быстро привела к их значительному истощению⁸. Кое-где римляне и туземцы разрабатывали и коренные месторождения, например, кварцевые жилы в графстве Кирмартен в Уэльсе⁹, во Франции¹⁰, может быть в Верхней Хорутании – в Высоких Таврах¹¹.

Вероятно, наибольшее значение из золотых разработок в римскую эпоху¹² имели месторождения Пиренейского полуострова. Грандиозные разработки в южной Португалии и Испании описаны еще Плинием¹³. Здесь в римскую эпоху добывалось до 2900 кг золота в год¹⁴ и эта добыча не замерла в средние века, существовала в эпоху мавританских государств. В горах Тахо она

¹ Ферреро, 1915, с. 44. Ферреро увлекается, сравнивая область салассов с Трансваалем. Центр торговли золотом – Виктумулы в обл. Верцелл. Он ссылается на Страбона (V, гл. 1, 12), Плиния (Plinius, кн. 33, 21; Übers. 1882, 24). См. Rochata, 1878, с. 217.

² Montelius, 1906, с. 116.

³ Очень любопытные данные о значении в мировом обмене так называемых финикиян и о их предшественниках см. H. Winckler, 1904, с. 440 и сл.

⁴ См. обзор у Blümner, 1887, с. 20 и сл.

⁵ Fournet, 1861, с. 361 и сл.

⁶ Ср. Landerer, 1849, с. 432 и сл.; 1864, с. 46 и сл. Собственно в Греции (Сифнос и т.д.) золотые месторождения были очень бедны. Ср. Neumann u. Partsch, 1885, с. 223. О добыче золота на Фазосе и Скаптесилэ (а не Скапте-Гюле; может быть в Пангее) см. Perdrizet, 1910, с. 1. Добыча в общем была невелика.

⁷ De Launay, 1908 (1), с. 70–71, 79.

⁸ Reinach, 1902, с. 52.

⁹ Rudler, 1905, с. 129 (литература).

¹⁰ Daubrée, 1868, с. 3.

¹¹ Rochata, 1878.

¹² К сожалению, история рудного дела в Римской империи не разработана. Из новых работ см. Freise, 1908; Neuburg, 1900, с. 46 и сл.

¹³ Plinius, 1882, 33, с. 24.

¹⁴ Haas, 1902, с. 223. Ср. Del Mar, 1902, с. 64 и сл.; главным образом россыпи.

процветала в X веке, при Абдеррахмане III¹. Другими центрами были в римскую эпоху Трансильвания² и Верхняя Хорутания – область таврисков, снабжавшие золотом средиземноморские земли еще до римлян. Область таврисков давала римлянам золото с 15 г. до середины V века, когда она была завоевана варварами. Золото добывалось из высоких альпийских коренных месторождений, нередко у границы вечного снега³. На Балканском полуострове мы встречаемся с ясными указаниями извечной добычи золота⁴. Главные разработки сосредоточивались в западной его части. В начале нашей эры был расцвет золотых россыпей Далмации⁵. Более древние разработки Герцеговины и Боснии⁶ (россыпи) были выработаны и заброшены к эпохе Константина, к IV веку н.э. Более богатые россыпи были выработаны в первое тысячелетие нашей культуры, немногие аллювиальные россыпи сохранили свое значение исключительно лишь как небольшие кустарные разработки. Во времена Римской империи такая добыча продолжалась непрерывно все время во всех ее углах, давая в общем счете значительные количества золота. В III столетии н.э., вследствие нашествия варваров и внутренней дезорганизации Римской империи, очень многие из этих разработок прекратились.

У нас сохранилось очень мало сведений по истории рудного дела в последние века Римской империи, но, по-видимому, кое-где добыча золота из россыпей держалась в первые века н.э., например в Сардинии. Во всей империи рудное дело хотя и падало, но продолжалось еще в IV–V столетиях⁷. Вероятно, кустарная добыча никогда не прекращалась и она традиционно сохранилась до наших дней в разных местах на Рейне и других реках Германии или в Болгарии, около Кюстендила и в других местах⁸.

142. Извека – с древности – и в средние века шла торговля золотом в Западной Сахаре⁹; оно менялось на соль, добывавшуюся в Северной Африке. Торговля шла через Тимбукту. Между северными народами и племенами, добывавшими золото, было много посредников. Африка продолжала оставаться все это время главной золотой страной как для государств нашей культуры, так и для азиатских монархий. К эпохе упадка Римской империи золото из Африки переменило рынок – пошло на запад, в культурные области мусульманского мира, куда оно шло, по-видимому в меньшем количестве, и

¹ *Calderón u. Tenne*, 1902, с. 14 (литература); *Breidenbach*, 1893; *B. Neumann*, 1904, с. 197–198.

² Римляне владели Дакией с 105 по 265 г. н.э. В это время шла или усилилась разработка золота. По Паппу (*Papp*, 1906, с. 311), на основании недостаточных данных, здесь добыто 12,5 т золота. О добыче в средние века известно очень мало. По-видимому, в Трансильванию (Дакию) были римлянами переселены рудокопы из Далмации, так как местное население в значительной мере погибло в войне с римлянами (*Neuburg*, 1900, с. 325). Об истории рудного дела в Трансильвании см. *Weisz*, 1891. Для древнего периода сведения крайне скудны.

³ *Rochata*, 1878, с. 219, 253 и сл. Об исконной добыче здесь золота см. *Much*, 1907, с. 118.

⁴ *Jovanovitch*, 1907, с. 7.

⁵ *Neuburg*, 1900, с. 325.

⁶ Для Боснии и Герцеговины см. *Rücker*, 1896. В Боснии золото добывалось и в средние века.

⁷ *Neuburg*, 1900, с. 68, 95 и сл.

⁸ Для Германии – *Brauns*, 1903, с. 71 и сл.; *Freise*, 1907, с. 1 (Рейн и его притоки). Для Болгарии – *Златарски*, 1882, с. 12; *Jiriček*, 1888, с. 326, 393.

⁹ Добыча шла в Гонгаране, находящемся между двумя притоками р. Сенегала и Бамбуком, окруженным двумя другими притоками. Теперь золото добывают, как описывал Эдризиджи, например, при спаде зимних вод р. Фалете (*Ronsière*, 1923, стр. 663, 669–670). О значении Малой Азии и добыче золота с р. Тмола и др. указывал *Чихачев* (1864, с. 233, 242).

раньше. Арабские завоеватели Египта восстановили добычу золота в древних копях вдоль берегов Красного моря¹. Через арабов африканское золото в значительном количестве направилось в Азию.

Азия долго не играла такой роли в золотом деле, какую веками играла Африка. Но все же за несколько веков до н.э. золото являлось важным объектом караванной торговли в Азии и на берегах Понта (ионийская эпоха); получали золото, добытое на Урале, Алтае, в Тибете². Богатые золотые месторождения Северной Азии и Урала стали известны только в новое время – в XVIII, XIX столетиях. На Урале, где существовало древнее медное производство, богатые россыпи золота не разрабатывались, и археологические находки золота в Пермской губ. указывают на его привоз с юга – из культурных областей древнеперсидского царства (Сасанидов), позже через посредство Болгарии – арабскими купцами³. Здесь разрабатывались на золото лишь разрушенные верхние части жил и медных месторождений, содержащих небольшие блески золота. Такие месторождения были известны главным образом в Южном Урале. Сохранились и следы разработок⁴. Однако эти разработки прекратились уже в первые века н.э.

По-видимому, нигде на Азиатском континенте не существовали экономические и социальные условия, которые делали бы возможной и выгодной эксплуатацию бедных россыпей, добычу в широком размере золота из рек и речного аллювия, подобно тому, как это в течение веков практиковалось в Африке. Местами, однако, и здесь всегда происходила разработка бедных золотых россыпей и железных шапок и вековым трудом добывались в конце концов большие количества благородного металла. Так, например, в Туркестане, Бухаре, Кашгаре и вообще в передней Индии, Белуджистане, Киргизской степи⁵ и Западной Сибири – на запад от Енисея⁶ – извека шла разработка золотоносных россыпей, в общем бедных, и едва ли где, кроме современных россыпей в ложе рек, можно встретить здесь нетронутые отложения⁷. При промывке всюду наталкиваются на следы древних работ, на изделия и вещи различных сменявшихся здесь культур и народностей. Через элли-

¹ *Futterer*, 1895, с. 11 и сл. В начале IX столетия.

² *Tomaschek*, 1888, с. 729. О значении Урала и Алтая для древней добычи золота см. *Hymboldt*, 1843, с. 389 и сл. О загадке источника древнего русского серебра см. там же, с. 493–495. О древних разработках золота в Азии см. *De Launay*, 1911, стр. 15.

³ Ср. так называемое закамское серебро первых веков нашей истории. *Теплоухов*, 1895, с. 247; *Дмитриев*, 1889; *Флоринский*, 1894, с. 205; *Эйхвальд*, 1838, с. 264 и сл.; 1854. Последний считает, что золотые россыпи Южного Урала разрабатывались очень энергично чудью. Но это ничем не подкрепленное предположение. По-видимому, древние обитатели этих мест знали золото из железных шапок медных рудников и добывали его попутно.

⁴ *Лепехин*, 1802, с. 96–97. Ср. *Jacob*, 1838, с. 21 и сл. *Флоринский*, 1894, с. 218 и сл., 255.

⁵ О находках золотых бус и медных орудий на Николаевском промысле по р. Сенташу см. *Ковригин*, 1860, с. 191. Он считает, что они попали в россыпь в момент ее образования. Об аналогичных находках Сапожникова в Усть-Каменогорском окр. см. *Флоринский*, 1894, с. 215. В Казанском прииске, в Зайсанском у. Семипалатинской обл. – см. *Крат*, 1892, с. 173.

⁶ *Паллас*, 1780, с. 322. Ср. *Яворовский*, 1894, с. 145. Разработки, может быть, наблюдались и на восток от Енисея; бронзовые вещи находились в россыпях по р. Шаарган; см. *Atkinson*, 1860, с. 241.

⁷ *A Levat*, 1903, с. 203, 217. См. известия старых писателей у *Blümner*, 1887, с. 16. Ср. *L. Beck*, 1890, с. 212.

нистические и греко-варварские государства это золото поступало в общий обмен культурного мира. Аналогичны были и разработки золота и электрума на Алтае (§ 150).

143. Самостоятельным центром древней культуры были Индия, Индокитай и Китай. История их не заходит так далеко в глубь веков (в своих памятниках), как история Египта; однако и здесь золото добывалось уже в течение тысячелетий, может быть в течение 3500–4000 лет. Эти культурные центры не раз соприкасались с нашим мировым – средиземноморским – культурным кругом, но в общем их развитие шло от него независимо.

В собственно Китае не было богатых россыпей или коренных месторождений золота; оно добывалось в различных местах упорным трудом из бедных россыпей и ввозилось в значительной части с севера (см. § 150, Алтай) и запада¹. В VIII столетии н.э. начались первые разработки золота в Японии², никогда не достигавшие, однако, широких размеров. В Южном и Западном Китае, в областях, где долго боролось влияние Китая, Индии, малайских центров Индокитая, шла издревле разработка бедного аллювиального золота и еще теперь его добывают из песка Голубой реки и Кин-Хо³. Несомненно, однако, что временами если не китайцы, то народы их культурного влияния наталкивались на богатые золотые месторождения. Так, при начале разработки богатых Амурских россыпей встречены были огромные отвалы старых разработок, самая память о существовании которых исчезла⁴. По-видимому, разработка золота производилась здесь владельцами мелких тунгусских государств, существовавших в пределах теперешней Приморской области за несколько столетий до прихода русских⁵. Но и после их разрушения – уже в XVIII и XIX веках – шла кустарная разработка золота китайскими старателями.

Совершенно так же особняком стоит Индокитай с его смешанным и своеобразным населением, соприкасающимся с цивилизацией Китая, Индонезии и Индии. Здесь на юге, на п-ове Малаккском («золотом острове» Птоломея), находились древние разработки золота, и некоторые исследователи видели в нем древний Офир Библии⁶. Сюда, весьма возможно, стекалось золото Зондских островов⁷.

В самой Индии древние разработки – столетия до начала нашей эры – были сосредоточены на юге, в Мадраасском округе. И здесь искали Офир Соломона! Другая область древних разработок лежит на крайнем севере, в горных альпийских местностях северных отрогов Гималаев⁸, в Тибете⁹. Во многих других местностях Индии извека шла кустарная добыча золота из

¹ Выдержки из китайских источников у *Pfitzmaier*, 1866, с. 221, 226.

² *Wada*, 1893, с. 1.

³ *Leclère*, 1902, с. 101 и сл.

⁴ *Аносов*, 1863, с. 353.

⁵ *Лопатин*, 1863, с. 173.

⁶ *Бэр*, 1873, с. 340 и сл.

⁷ На Борнео кустарная добыча шла издавна (*Posewitz*, 1889, с. 240). *V. Ball*, 1881 (1), с. 175 и сл., 213 и сл.

⁸ *V. Ball*, 1881 (1), с. 175 и сл., 213 и сл.

⁹ О древней и новой разработке в горных областях Тибета – Северной Индии см. *Tomaschek*, 1888, с. 752–754. Для Пянджистана (Памира) древние разработки см. у *Иностранцева*, 1917, с. 893 и сл.



Рис. 59. Промывка золота в речном песке в Сингбумо, Индия. По Боппу, 1881

речного песка, местами сохранившаяся до нашего времени (рис. 59). Всюду в Индии наталкиваются на забытые огромные старинные разработки золота¹.

Отсюда медленно проникало золото в течение долгих столетий, скопляясь главным образом в местных государствах. В XIV столетии мусульманские завоеватели Индии бросили в мировой обмен нашего культурного района огромные количества этого отдаленного от нас золота.

144. В Европе время упадка Римской империи характеризуется распространением ранее добытого золота в малокультурных германских и славянских странах. Археологические находки в Скандинавии указали на огромные количества золота, проникавшего в нее в виде дани и военной добычи. Золото начало широко поступать на север с V века и непрерывно шло туда в течение многих столетий в эпоху викингов.

Добыча золота под влиянием разрушения Римского государства сильно уменьшилась. С 480 по 780 г. нет совсем указаний на горные разработки у современных писателей², хотя сохранение древней рудной техники в ранней средневековой рудной промышленности германских государств ясно свидетельствует о непрерывной передаче и сохранении традиции рудного дела³. Неясно, имело ли это место специально для золота.

Постепенно запасы золота, находившиеся в Европе, истощались. Это видно по чеканке золотой монеты. Сперва в ней к золоту прибавлялось серебро, потом изготовление золотой монеты совсем прекратилось. С IX по XIII сто-

¹ Reuning, 1908, с. 483.

² Jacob, 1838, с. 152.

³ Neuburg, 1900, с. 334.

летие, за исключением Византии и мавританских государств Испании, в Европе не было чеканки золотой монеты¹.

Эта монета начала чеканиться вновь в XIII и XIV столетиях, в связи с распространением мировой добычи золота. Но золото стало добываться в Европе ранее². Появились новые центры его добычи, так как в средние века, при падении высоты культуры, область культуры широко распространилась. Новые разработки начались частью вне пределов Римской империи, частью в ее пределах. Всюду возобновлялись старинные рудники – может быть, память о них никогда и не исчезала. В середине VIII столетия возобновились некоторые из римских рудников в Хорутании (около Нассфельда)³; вероятно около этого же времени были возобновлены маврами рудники Испании⁴ (§ 141). В X веке восстановлены еще доисторические разработки золота в Чехии⁵. В XIII столетии они достигли расцвета.

В XIII–XIV столетиях в Силезии⁶ «золотая горячка» тесно связана была с борьбой германских и славянских народов на этой международной границе. В течение XIII и до XV столетия, в эпоху существования сербских государств на Балканском полуострове, в тесной связи с расцветом далматинских городов шла энергичная добыча золота в Сербии⁷.

В Средней Европе⁸ все время шла добыча золота. Золото было дорого. К XV веку получило значение золото Венгрии и Семиградья. В начале XV века был расцвет (1395–1430) добычи в Гольдкронахе в Фихтельгебирге⁹, где золото добывалось с XIV столетия, а может быть, и раньше; в XIII и XIV столетиях существовали россыпи золота в Рудных горах. С начала XV столетия начался вновь расцвет старинных золотых месторождений в Хорутании (особенно Гольдцехе и др.). Открытие пороха в высшей степени способствовало этой добыче. Период расцвета в Хорутании длился до конца XVI века, когда ему был положен конец выселением рудокопов благодаря религиозным неурядицам. По Коху – Штернфельду, здесь было выработано с 1460 по 1560 г. около 5 т золота¹⁰.

В Османской империи, в эпоху ее могущества, энергически добывалось золото из коренных месторождений в Македонии и в других местах. Для

¹ *Luschin v. Ebengreuth*, 1904, с. 32.

² *Neuburg*, 1900, с. 334.

³ *Rochata*, 1878, с. 220, 232 и др.

⁴ *Del Mar*, 1902, с. 120 и сл.

⁵ Работались еще в бронзовый период при кельтах. – *Wraný*, 1903, с. 100; *Pošepny*, 1895 (2), с. 422 и сл. (добыто до 250 т золота). К сожалению, точных данных нет, так как осталось мало письменных свидетельств. По-видимому, несомненен перерыв в добыче золота в первой части средних веков. См. сводку у *Hrabák*, 1902, с. 5 и сл. О добыче золота в области древних славянских поселений Чехии, Саксонии, Тюрингии см. *Schurtz*, 1891, с. 144 и сл. Для Чехии, по Штернбергу (1836–1838 гг.), разработки золота много раз возобновлялись и позже, в XVI–XVIII веках. Работали и в XX веке. Золото – особенно коренное – не выработано до сих пор. См. еще *Ježek*, 1919. В век Карла IV Йилове в Чехии было богатейшим золотым месторождением Средней Европы (*Slavík*, 1917 (1), с. 10). См. о прошлом в связи с будущим золотого дела в Чехии – *Stoček*, 1917; *Slavík*, 1917 (2).

⁶ *Faulhaber*, 1896; *Quiring*, 1919, с. 266.

⁷ *Jiriček*, 1879; *Новакович*, 1879, с. 275 и сл.

⁸ *Haas*, 1902, с. 240 и сл.

⁹ *Faulhaber*, 1896.

¹⁰ *Rochata*, 1878, с. 220, 222, 232. По его указанию – на 14 000 марок золота.

одного из этих старинных месторождений – Сидерокапса в Македонии – сохранилось современное описание разработок в первой половине XVI столетия, сделанное одним из первых натуралистов нового времени Белоном¹. Наступивший вскоре упадок Османской империи прервал эти разработки и свел их к кустарным промыслам.

Но все эти месторождения давали относительно небольшое количество золота, могли существовать только потому, что цена золота была очень высокая. Главное количество золота шло из Африки, и труд народов негритянских рас обеспечивал все это время золотом культурный мир². К этому времени относится, может быть, часть колоссальных разработок Южной Африки, в Родезии (§ 140), ибо сюда достигло в это время влияние мусульманского Востока. В Европе всего добывавшегося золота едва хватало для того, чтобы покрывать его отход от истирания и потерь; запас золота не увеличивался³.

145. Во второй четверти XVI века эти отношения круто изменились, и в Европу влилось огромное количество золота, добытого при иных условиях народами, стоявшими совершенно в стороне от цивилизации древнего мира. Местные центры добычи и рудники закрывались под влиянием падения цен на золото.

В это время испанцы привезли в Европу колоссальные количества золота, сперва Отобранного у туземцев Южной и Центральной Америки, затем добытого в этих новых местностях. Сразу, в течение немногих лет, в Европу было брошено количество золота, в несколько раз превышавшее то, которое было в ней накоплено вековой историей.

Особенно заметные его количества начали идти с завоевания Мексики, с 1521 г. С 1492 по 1546 г. количество золота и серебра, перевезенных в Европу, вдвое превысило то их количество, которое к этому времени могло находиться в европейских государствах. К концу XVI столетия оно должно было в 5 раз превышать все запасы, которые находились в руках европейцев к началу XVI столетия⁴.

Это золото и серебро начало заметно добываться разработкой только с 1546 г., когда стало добываться серебро в Потоси и была применена амальгамация золотой руды. Первое время главная часть благородных металлов была добыта путем грабежа. По довольно умеренным расчетам, количество золота, попавшего в руки испанцев до начала разработки значительных рудников – при покорении Перу и Мексики и мелких туземных племен, – достигало 106 тыс. марок золота⁵ (т.е. 25,1 т). Это был, кажется, единственный случай в истории, когда было захвачено и перевезено в другую страну почти все золото, накопленное как правительствами, так и состоятельными классами общества в течение веков в обособленных от европейского обмена государствах, богатых золотом.

¹ *Belon du Mans*, 1555, с. 45.

² *Soetheer*, 1879, с. 42; *Futterer*, 1895, с. 62.

³ *Jacob*, 1838, с. 35 и сл.

⁴ Там же.

⁵ *Humboldt*, 1827, с. 424. Самостоятельные расчеты Джакоба дали очень близкие результаты, см. *Jacob*, 1838, с. 30, 39.

Это золото в Америке было довольно широко распространено по стране благодаря местному торговому обмену¹, и испанцы находили его у туземцев вдали от мест его добычи. Но, кроме того, оно было накоплено туземцами при первоначальной разработке девственных еще, хотя вообще и бедных золотом вторичных месторождений. Золото это (так же как и серебро) туземцы получали исключительно из россыпей; коренные месторождения были ими совершенно не тронуты, если исключить небольшие работы в верхних частях жильных месторождений, в железных шапках. В Мексике эти работы были сконцентрированы преимущественно в юго-западной части, в штате Оахака²; в Перу были известны исключительно россыпи³.

По окончании военных грабежей испанцы энергично начали разработку золота в завоеванных странах всюду, где могли⁴. И хотя количество добытого ими золота не может даже сравниться с массами выработанного ими серебра или с теми богатыми золотыми рудами, которые ныне открыты и переработаны в этих местах, все же количество золота, ими выделенного и вывезенного, было очень велико. Центральная и Южная Америка заняли в это время первое место в мировой добыче золота⁵.

146. Однако все это количество не было достаточно для удовлетворения возраставшей потребности человечества в золоте. Цена его в Европе стала подниматься. Старая добыча золота в Африке все время стояла на втором месте после Новой Испании, доставляя значительные массы золота⁶. В Европе развивались разработки в Трансильвании, начали разрабатываться вновь бедные его месторождения, например, в первой половине XVII столетия возникло золотое дело в Целле, в Тироле. В то же самое время на Дальнем Востоке китайцы стали усиленно добывать золото всюду в сфере своего влияния – в Японии⁷, на Зондских островах, в Индокитае и т.д. Это золото через португальцев поступало в мировой обмен⁸.

Но все эти отдельные разработки не имели мирового значения. Новые значительные находки золота, поднявшие мировую его добычу, были сделаны в начале XVIII столетия. На первое место стала Бразилия⁹. Здесь золото было известно и добывалось уже в XVI–XVII столетиях¹⁰, но главные находки россыпного золота – по-видимому, по следам туземных племен, добывавших его для украшений – были сделаны к началу XVIII века. В провинции Минас-Жераис богатые россыпи были открыты в 1697 г., но правильная разработка могла начаться в этой дикой местности лишь с 1710 г.; в Гояс богатое золото открыто в 1719 г., широкие разработки начались в 1726 г.; в 1719 г. открыто богатое золото в Матто-Гроссо. К середине XVIII столетия золотопромыш-

¹ *Humboldt*, 1827, с. 419–420.

² *Ramirez*, 1884, с. 25 и сл.; *Humboldt*, 1827, с. 114.

³ *Del Mar*, 1902, с. 202.

⁴ *Jacob*, 1838, с. 32.

⁵ *Suess*, 1877, с. 221 и сл.

⁶ См. цифры у *Soetbeer*, 1879, с. 107.

⁷ Считавшаяся почти до середины XIX столетия «золотой» страной в глазах европейского Запада – Япония никогда не была богата золотом. Об истории золота в Японии см. *Geerts*, 1876, с. 91; *Riess*, 1898, с. 144 и сл.

⁸ Ср. *Lexis*, 1900, с. 752–753.

⁹ Об истории золота в Бразилии см. *Freise*, 1910, с. 444 и сл.

¹⁰ *Jacob*, 1838, с. 82; *Eschwege*, 1833, с. 459.

ленность в Минас-Жераис и Матто-Гроссо достигла максимума, Бразилия явилась первой поставщицей золота для всего мира. С 1756 по 1777 г. Бразилия (по данным Эшвеге)¹ дала 138 т зарегистрированного золота, не считая контрабанды и утайки. Одна Минас-Жераис с 1752 по 1761 г. давала ежегодно по 104 арробас² (т.е. 1,5 т). С 1777 по 1803 г. добыча Бразилии составила около 90 т золота.

К концу XVIII столетия добыча золота в ней постепенно начала падать, и к первой четверти XIX столетия на первое место выступил Урал³. Здесь коренное золото (Березовск) открыто в 1742 г., в конце века (1771) там же открыты и россыпи, значение которых долго не было понято. Лишь в 1814 г. началась разработка золотоносных россыпей на Урале. До 1820 г. она не имела большого значения (с 1814 по 1820 г. добыто 0,32 т золота)⁴ и лишь в первой четверти XIX века золотые россыпи Урала, а в начале 1830-х годов и Алтая получили важное значение в общей мировой добыче золота. С тех пор постепенно они вырабатываются, и золотое дело отходит все дальше в глубь Сибири. К 1840 г. добыча золота в России резко поднялась с открытием в 1839 г. чрезвычайно богатых (28–30 г Au на 1 т) россыпей в Енисейской тайге, быстро (к 1848 г.) уже снизивших свою добычу⁵. В настоящее время россыпное золото в Сибири добывается до берегов Тихого океана, нигде, однако, не приобретая мирового значения и с трудом поддерживая золотую добычу России на высоком уровне, несмотря на богатство некоторых восточносибирских золотых месторождений.

147. В XIX веке на мировую сцену выступили новые страны. В 1848 г. впервые открыты россыпи, позже – коренные месторождения – Калифорнии; вскоре затем (1853 г.) найдены не менее богатые россыпи Виктории в Австралии, сразу необычайно повысившие добычу золота и резко понизившие его цену.

Вслед за Калифорнией год за годом золотые месторождения открывались в новых штатах Северной Америки и пополняли быстро иссякавшие запасы богатых верхов первых открытых россыпей или коренных месторождений. Теперь этот процесс заканчивается для Северной Америки. В 1860 г. добыча достигла Невады (Комсток и Эйрека), затем Юта; в 1874 г. стало играть роль золото Колорадо (Лидвилл), в 1876 г. – Монтаны (в 1880-х годах началась разработка в ней жил), в 1891 г. – Канады и Аляски; здесь добыча золота достигла крайней границы на северо-восточном побережье; в 1896 г. открыто золото в Юкон-Клондайке, произведшее огромное впечатление; однако скоро добыча в нем сильно упала. В 1899 г. добыча золота достигла мыса Номэ⁶.

¹ Jacob, 1838, с. 82; Eschwege, 1833, с. 459.

² Зарегистрированного золота; см. Humboldt, 1827, с. 448.

³ Ср. Soetbeer, 1879, с. 111.

⁴ Чевкин, 1851, с. 378. Ср. § 153.

⁵ Сжатый очерк хода русской золотопромышленности см. в официальном издании: «Общий обзор главных отраслей горной и горнозаводской промышленности», 1915, с. 7 и сл.

⁶ De Launay, 1906, с. 506. Ср. также Богданович, 1901 (1), с. 37 и сл. Любопытно, что незадолго до продажи Аляски Северо-Американским Штатам некоторые русские исследователи (Дорошин) указывали на благонадежность ее золотых россыпей (Богданович, 1901, с. 38). Об этом при продаже «забыли». Юкон был впервые исследован русскими (Лукиным и др. – см. Богданович, там же, с. 47). Продажа Аляски ждет своего историка и составляет одну из печальных страниц русской истории.

К XX веку время героических, колоссальных разработок для Северной Америки закончилось. На первое место в мировой добыче с 1887 г. выступил Трансвааль с своими оригинальными месторождениями (§ 129). Здесь сосредоточено золота на 15–20 млрд франков, а вынута около пятой части¹.

К этому времени применение нового способа добычи золота – обработки золотых руд цианистыми солями² – вызвало колоссальный подъем его добычи как в Северной Америке и Австралии, так и в Трансваале. Одновременно с этим не прекращались и открытия новых значительных залежей или широкое развитие старых. Так, в 1893 г. открыты богатые руды золота в Западной Австралии, в 1904–1905 гг. быстро поднялась добыча золота в Мексике, вследствие этого перешедшей к золотой валюте. Эти временные подъемы заставили замолкнуть опасения о возможности золотого кризиса (§ 149).

Наряду с этим изменением характера добычи, изменились и самые источники золота. До XIX века основным источником золота были *россыпи*, главным образом элювиальные и аллювиальные, но со второй половины XIX века на первое место выдвинулись коренные, главным образом жильные месторождения, и к концу века они давали 70% добываемого золота³ (причисляя сюда и ископаемые россыпи Витватерсранда, см. § 129). Теперь число это понизилось благодаря появлению золота американских и австралийских россыпей на мировом рынке.

148. Трудно и почти невозможно исчислить все количество золота, добытого человеком. Это можно сделать только для последних столетий – начиная с XVI века. Но количество золота, добытого во всю предыдущую вековую работу человечества, совершенно ничтожно по сравнению с колоссальной работой XIX века. Принимая это во внимание, мы имеем, согласно исчислениям Зётбеера и Бидермана⁴, резюмировавших предшествующие работы, следующие числа мировой добычи золота (в т) по столетиям:

1493–1600	XVI	754,8
1601–1700	XVII	912,3
1701–1800	XVIII	1900,0
1801–1900	XIX	11544,1
1901–1904	–	1880,0

Всего, таким образом, добыто золота 16 991,3 т, причем в эту цифру не вошла вся добыча Азии и Африки, шедшая на потребление стран, далеких от европейской культуры, почти до конца или середины XIX столетия. Эта цифра много ниже действительной⁵. Самым поразительным является быстрый рост добычи золота. Так, в 358 лет, с 1493 по 1850 г., добыто 4752 т, а с 1850 по 1900, в 50 лет, более чем вдвое – 10 359 т. Темп процесса все увеличивается (§ 27). В один год XX столетия добывается столько золота, сколько в XVI или XVII столетии не добывалось и в 50 лет (так, в 1903 г.

¹ De Launay, 1906, с. 509.

² Открытие действия цианистых солей на золото было сделано в 1840-х годах русским ученым П. Багратионом. Но первое применение этих солей к добыче золота было сделано лишь в 1880-х годах Мак Артуром и братьями Форрест (Рыбалкин, 1904, с. 97).

³ Hauchecorne, 1894, с. 49.

⁴ Soetbeer, 1879, с. 107 и сл.; 1885, с. 1; Biedermann, 1904, с. 39.

⁵ По Де Лонэ (De Launay, 1906, с. 513), с 1500 по 1906 г. добыто около 17 600 т золота.

добыто 492,1 т). С 1901 по 1910 г. добыто золота 5729 т¹; за 10 лет XX столетия – больше половины добытого в XIX столетии. В 1913 г. добыто 697,7 т (мировая добыча). С 1911 по 1913 г., за три года, добыто 2114 т. За последнее пятилетие: Трансвааль – 33%, Соединенные Штаты – 20%, Австралия – 14%, Россия – 9% мировой добычи².

149. Невольно при таком росте добычи золота и при увеличении потребности в нем в связи с финансовыми задачами³ явилось опасение, что количество золота, доступного человеку в верхних частях земной коры, быстро иссякнет, и темп его добычи не будет соответствовать росту потребности в нем. Такая мысль была развита в конце 1870-х годов знаменитым венским геологом Зюссом, и его идеи вызвали целую литературу⁴.

По мнению Зюсса, количество золота накоплено на поверхности Земли медленным вековым процессом и не может быть восстановлено в короткий срок; в то же время человек не может с выгодой для себя собирать рассеянное в коренных месторождениях в минимальных количествах золото, раз будут выработаны обогащенные природными процессами россыпи или верхи жил. Поэтому, при увеличивающейся потребности человечества в золоте, его не хватит на ее удовлетворение.

Эти идеи Зюсса весьма вероятны, хотя едва ли справедливы его предположения о быстром наступлении кризиса, который Зюсс предполагал возможным в первой четверти XX столетия. За 30 лет, истекших после опубликования его работы, не заметно ни малейшей заминки в добыче золота. Напротив, выступили на сцену такие типы месторождений золота, которые раньше не имели никакого значения, – как, например, *ископаемые россыпи* (Витватерсранд – один дающий почти половину всего производства золота), *теллуристые месторождения*. Зюсс в своих расчетах переоценивал точность наших знаний о характере месторождений золота.

Однако основная мысль Зюсса правильна: меняются лишь хронологические расчеты. Россыпи быстро иссякают, нетронутых коренных месторождений становится все меньше. Стоимость добычи золота должна увеличиваться, так как в общем энергия, на нее затрачиваемая, должна расти. Недалеко то время, когда вопрос о добыче потребного человечеству золота станет перед нами в форме серьезной проблемы практической государственной жизни.

Наряду с этим, для золота может быть поставлен и другой вопрос, вопрос о полном его недостатке в форме достаточно крупных выделений. Золото, мелко раздробленное и всюду рассеянное, недоступно для человека (кроме

¹ Minnich, 1911, с. 435.

² См. «Общий обзор и т.д.», 1915, с. 25; Мамасов, 1914.

³ По исчислениям Лексиса, для одного 1897 г. необходимо было золота на 1838,3 млн марок (т.е. около 650 т) для мировой чеканки монеты и на 267 млн марок (т.е. около 90 т) на изде-
лия. Большая часть золота была старая, раньше добытая (см. Lexis, 1900, с. 761). Очевидно, теперь эти цифры много больше.

⁴ Suess, 1877. В 1893 г. этот вопрос разбирался в одной из комиссий германского рейхстага, протоколы которой дают много любопытных данных. См. «Verhandlungen d. Silbercommission d. Deutschen Reichstags», I–II, 1894. В этой комиссии участвовали в качестве экспертов Зюсс и многие видные ученые Германии. См. изложение вопроса у Ruhland, 1891, с. 505 и сл.; Suess, 1894; Миклашевский, 1895, с. 133 и сл.; Lexis, 1900, с. 748 и сл.; 1901, с. 724 (литература); Lindgren, 1903, с. 791 и сл. В связи с теорией Зюсса о расширении добычи золота см. Minnich, 1911, с. 435 и сл.

золота океанов?); для того, чтобы человек мог добывать его, оно должно быть раньше сконцентрировано природными процессами. Но много ли вообще такого сконцентрированного золота? Не может ли приблизиться количество потребного человечеству золота ко всему запасу золота, собранного в природе? Нет ли, таким образом, естественного предела доступного человечеству золота? Запас золота, находящийся в руках человека, как мы видели, растет и в то же время в течение немногих тысячелетий весь истирается (§ 34). Когда он приблизится к количеству золота, сконцентрированного природными процессами и собранного в океанах, а ежегодная потеря от истирания составит заметную долю ежегодной добычи, мы подойдем к естественной границе доступного человеку золота. От этой границы мы не так далеки.

Часть золота исчезает из обращения, вследствие привычки некоторых народов его прятать и не пускать в оборот. По Д. Уильсону, в Индии таким путем ушло золота в годы с 1891 по 1900 на 2,8 млн, с 1901 по 1910 на 8,1 млн фунтов стерлингов. Ожидается, что в 1913 г. уйдет из оборота этим путем золота на 30 млн фунтов стерлингов. Аналогичный процесс идет – не в столь большом темпе – в Египте¹.

150. История электрума и серебра. Другие минералы этой группы, *электрум и медистое золото*, являются подсобными металлами и служат для добычи золота там, где они встречаются в значительных количествах.

Из них *электрум* одно время имел большое значение, так как золото было известно раньше серебра и технические свойства чистого или бедного серебром золота ниже технических свойств электрума. Поэтому электрум прежде ценился выше своей действительной стоимости. Отчасти одно время в Африке и Малой Азии он являлся даже важным источником *серебра*, которое из него выплавляли².

Но много раньше, чем поняли состав электрума, он сам по себе, благодаря своим свойствам, находил применение. Приблизительно за семь столетий до н.э. электрум был найден в довольно значительном количестве в речном песке и аллювии некоторых рек Малой Азии – Тмола, Сипила, Пактола. В Пактоле находили значительные самородки этого металла. Эти месторождения дали начало монете из электрума в Лидийском государстве, причем электрум явился первым монетным металлом, раньше золота и серебра³.

Лишь в V столетии до н. э. найден был способ его очищения и выделения из него серебра (§ 138). После разрушения Лидийского государства монеты из природного электрума еще долго употреблялись в ионийских городских общинах – Кизике, Лампсаке, Фокее – и распространялись по всей культурной округе эллинской цивилизации⁴.

Несомненно, электрум мог добываться в Европе еще в Трансильвании. Может быть на него же (из Пиренеев и Севенн) указывает несколько неясное замечание Страбона⁵.

¹ McNeill, 1913, с. 473. По Де Лонэ, нормальная жизнь золотоносного района продолжается 15–20 лет, в редких случаях достигает 50 лет.

² Blümner, 1887, с. 30–31; Scheins, 1871; Lepsius, 1872, с. 48.

³ Brandis, 1866, с. 163; Reinach, 1902, с. 31–32.

⁴ Reinach, 1902, с. 43, 65 и сл.

⁵ См. Scheins, 1871; с. 31; Lenz, 1861, с. 53.

Другой древний центр добычи электрума лежал на Алтае. Отсюда, должно быть, происходят изделия из электрума, находимые в древних «чудских» могилах Алтая, Сибири, восточного склона Урала. Может быть, отсюда же шел электрум «скифских могил» Керчи¹. На Алтае, в Змеиногорском руднике, были в XVIII столетии открыты остатки разработок верхних железных шапок и элювиальных россыпей, содержавших богатое серебро и золото. Народ, добывавший электрум, пользовался каменными и медными орудиями². Разработка электрума на Алтае прекратилась за много столетий до прихода русских (в XVII столетии) и память о ней не сохранилась у туземцев того времени³.

Судя по надписям, был еще один древний центр добычи электрума в Африке, в эфиопских областях, примыкающих к Южному Египту. В Египте скоплялось иногда значительное количество электрума⁴.

Кроме монеты, природный электрум все время шел на изделия. Позднее, с V столетия до н.э., его очищали и он употреблялся как руда на золото и серебро, временами доставляя значительные их количества (ср. например, Комсток в XIX столетии, § 131).

151. *Самородное серебро* только временами, то здесь, то там, является важной рудой на серебро, но затем его значение быстро теряется, так как, вообще говоря (ср. § 133), оно неуклонно и быстро исчезает при углублении разработок. Серебро начало добываться позже золота и меди. Еще в Египте серебро в начале культуры было дороже золота. Приблизительно около II тысячелетия до н.э. серебро стало довольно обычным, но добывалось оно из галенита.

Однако в целом ряде местностей добыча самородного серебра несомненно играла важную роль – так, это наблюдалось, судя по описаниям древних писателей, в Испании, может быть, с конца II тысячелетия до н.э.⁵, в эпоху расцвета Финикийских и Карфагенского государств; то же самое мы наблюдаем и в древней Ирландии⁶. Обыкновенно при этом очень быстро наталкивались на нижележащие руды – галенит, иногда сульфосоединения серебра, добыча которого из этих соединений была открыта очень давно. Нельзя, однако, отрицать, что мелко рассеянное самородное серебро, смешанное с серебряной чернью, эмболитом, кераргиритом и т.д., составляло и составляет заметную часть серебра Южной Америки, так называемых руд «расос», «colorados» и т.д.⁷ То же было и на Алтае.

Таким образом, самородное серебро является эфемерным источником серебряных руд. Исключение составляет, кажется, только Конгсбергское месторождение в Норвегии, которое дало много тысяч тонн серебра (§ 133). Даже

¹ См. *Эйхвальд*, 1854, с. 20 и сл. В Керчь электрум мог попасть и из Малой Азии и из Трансильвании.

² *Паллас*, 1773 (1), с. 608 и сл.

³ О древних разработках на Алтае см. *Tomaschek*, 1888, с. 763–764. Томашек считает, что в Припонтийскую область (древнегреческая ионийская эпоха) золото поступало из Северной Индии (Тибета).

⁴ *Lepsius*, 1872, с. 44 и сл. Месторождения эти теперь неизвестны.

⁵ *Lexis*, 1901, с. 724.

⁶ *Kinahane*, 1886, с. 201 и сл.

⁷ Об этих рудах см. любопытные указания у *Domeyko*, 1879, с. 353, 355. Ср. ниже – серебряная чернь.

в таких месторождениях, как Фрейберг, где самородное серебро заведомо не раз в многовековой истории этих рудников являлось рудой, оно дало наименьшую часть всего добытого здесь серебра¹.

152. Золото в России. Месторождения золота в России очень многочисленны, но богатые (коренные и отчасти россыпи) его месторождения сосредоточены по восточному склону *Урала*, в среднем и южном его протяжении, в некоторых уездах *Енисейской*, *Забайкальской*, *Иркутской* и *Приамурской* губ. Здесь количество отдельных приисков и заявок достигает многих тысяч, не менее 20 тыс.² В других частях нашей страны мы имеем относительно бедные или не очень важные месторождения.

Уже из общего исторического очерка видно, что Россия играла временами крупную роль в добыче мирового золота, причем оно добывалось в ней исключительно почти из самородного золота и электрума (реже из серебра, сернистых руд и т.д.). За 1744–1813 гг. добыто около 21 т золота. Годовая добыча (в т) колебалась в следующее столетие:

1814	–	0,3
1841–1850	–	22,0
1901–1910	–	44,9
1913	–	61,8

В общем, по официальной статистике, с 1744 по 1913 г. добыто не менее 2648,2 т³. Как легко видеть (§ 148), эта добыча составляет едва ли меньше $\frac{1}{6}$ мировой добычи золота. Любопытна связь с процентом суши, какую составляет Россия. Добыча в России за 10 лет увеличилась на 70% (в Трансваале – на 118%).

Главную массу золота давали Урал и Сибирь. Как изменялось их участие в добыче, видно из следующих данных (в %):

	Урал	Зап. Сибирь	Вост. Сибирь
1864	23,9	5,2	70,9
1913	17,6	5,4	77,0

В Кыштымских заводах в 1912 г. добыто около 1 т золота при электролизе меди.

В общем добыча россыпного и коренного золота менялась в России так (в т):

	Урал		Зап. Сибирь		Вост. Сибирь		Вся Россия	
	россып.	жилын.	россып.	жилын.	россып.	жилын.	россып.	жилын.
1884	6,8	1,16	2,06	0,08	25,3	0,25	34,18	1,50
1894	8,1	2,53	2,70	0,10	29,26	0,25	40,98	2,88
1904	5,83	4,17	2,28	0,90	29,25	0,67	38,96	5,75
1913	5,29	6,42	1,47	1,80	46,30	0,87	52,76	9,06

¹ Во Фрейбергском районе, на 55 км² с 1163 по 1896 г. добыто серебра 5242 т 957 кг, из них наименьшая часть получена из самородного. По Готтшальку, с 1163 по 1523 г. добыто здесь 1958 т 800 кг серебра (*H. Müller*, 1891, с. 31). В этой более древней добыче значение самородного серебра больше.

² Уже в 1876 г. И. Боголюбский считал, что «число всех приисков, разведанных в золотоносных залежах», равно 10 000 (*Боголюбский*, 1877, с. 20).

³ См. «Общий обзор...», 1915, с. 2 и сл., 10, 21.

Причиной малой добычи жильного золота в Восточной Сибири является неисследованность края и массовый переход к разработке мелкими артелями «золотничников». Совершенно ясно, что нами коренные запасы золота Восточной Сибири еще не тронуты.

Работы золотничных артелей портят месторождения, а между тем они получили чрезвычайное распространение (в 1913 г. 58,89% всей добычи!).

В пределах *Европейской России* нет богатых отложений золота. Значительная часть из перечисляемых ниже месторождений представляет ничтожные выделения золота, которые обратили на себя внимание только потому, что дело касается такого ценного минерала, каким является золото.

В *Архангельской губ.*, в *Кемском у.*, в Воицком руднике¹, который разрабатывался в XVIII столетии, золото находится в кварцевой жиле в тальковом сланце с кальцитом, тетрадимитом, молибденитом, борнитом и другими медными соединениями². Золото нередко находится в тесной связи с борнитом, произошло из него, кое-где покрыто ковеллином. В жиле попадались значительные самородки золота (до 400 г) губчатого строения; в этих древовидных массах золота можно видеть отдельные кристаллы {100}, реже {111} · {111} (коллекция Академии Наук). Золото попадалось и в некоторых других жилах по р. Выгу. Здесь же есть очень бедные золотые россыпи³. Мощные фальбанды, содержащие Au, найдены среди роговообманковых сланцев и гнейсов около с. Керети на п-ове Карташ, на о-ве Кереть и в восточной части о-ва Великого. Д.С. Белянкин нашел их на Луде Паленой и у Пердунихи. Золото (может быть, серебристое) находится, должно быть, в самородном состоянии (возможно, в виде кюстелита), не в колчедане, так как в шлихе колчедановой зоны его гораздо меньше, чем в самой породе. Среднее содержание – 1,3 г золота на 1 т⁴. Для *Лапландии* см. сомнительные указания Н. Дергачева (1877, с. 14). В *Онежском у.* известно оно на Медвеьем острове, на Белом море⁵. В пределах *Печорского у.* есть бедные россыпи в отрогах Урала (§ 153).

На *Новой Земле* Сидоров (1877) указывал на нахождение золота в речках и ручьях, впадающих в море в Костином и в Маточкином Шаре⁶.

Во *Владимирской губ.* – бедные россыпи в песчаных отложениях *Гороховецкого у.*, около Гороховца⁷. В *Муромском у.* встречено в р. Оке около *Мурома*, в песке (§ 127)⁸.

¹ Нефедьев (1871, с. 12) считал это золото медистым. Это неверно. Анализ Ненадкевича (см. Ненадкевич, 1907, с. 82; Вернадский, 1907, с. 28) дал для этого золота: 89,76% Au, 9,45% Ag, 0,35% Cu, сл. Pb, при уд. весе 17,96. О Воицком руднике см. еще *Озерецковский*, 1792, с. 259 и сл.; 1793, с. 346.

² *Георги*, 1798 (1), с. 136; 1798 (3), с. 362; *Лопатинский*, 1826, с. 76; *Грамматчиков*, 1828, с. 25; *Бутенев*, 1837, с. 388; *Иностранцев*, 1877, с. 678; *Майер*, 1907, с. 277 и сл. С 1745 по 1794 г. добыто более 72 кг золота – *Лопатинский*, 1826, с. 77–83. Ср. документы у *Рожкова*, 1885, с. 298. Золото открыто в 1744 г.; раньше его принимали за «желтую медь», собирали и «расковывали молотком» в течение нескольких лет. См. у *Рожкова* старинные указания Н.С. Ярцова.

³ *Бутенев*, 1837, с. 385–400; *Макееровский*, 1851, с. 10.

⁴ *Гинзбург*, 1921, с. 13 и сл.

⁵ «Зернами и налетами, в жильной породе и буром марказите». Ср. *Георги*, 1798 (3), с. 359.

⁶ *Жилинский*, 1919, с. 202.

⁷ «Горн. журн.», 1828, № 12, с. 19 и сл.

⁸ *Паллас*, 1773 (2), с. 57.

В *Екатеринославской губ.*, в *Вахмутском у.*, указывалось нахождение золота в конгломератах ртутного месторождения в Софийском районе, близ Никитовки; требует подтверждения¹. На возможную золотоносность рек Кальмиуса и Нальчика указывал Иваницкий (1833, с. 59, 63); названия рек также указывают на это: *каль* – золото, *миус* – река.

В *Области Войска Донского*², в *Миусском окр.*, в Нагольном Кряже, в Остром Бугре и около слободы Бобриковой-Петровской, – в верхних частях кварцевых жил (до 13 г, в среднем, на 1 т кварца), в связи с пиритом (частью мышьяковистым) и арсенопиритом в каменноугольных песчаниках³. Золото находится также в цинковой обманке и галените. Видимое золото – в виде дендритов, налетов, кристаллов.

В *Вятской губ.*, в *Слободском у.*, довольно ясные россыпи около Холуницкого завода⁴; очень мелкое в глинах и песках *Нолинского у.*, около дер. Мыз и в *Сарапульском у.*, на землях Камско-Воткинского завода, – россыпи, очень бедные золотом⁵. Следы золота в *Малмыжском у.*, около Малмыжа⁶.

В *Московской губ.*, в *Московском у.*, около г. Москвы и в ее пределах (Лосинный остров), и в *Дмитровском у.*, около ст. Икша, находятся очень бедные ледниковые россыпи⁷ (§ 127).

В *Новгородской губ.*, *Боровичском у.*, около Боровичей, золото указано в каменноугольных колчеданах, минерализующих стигмарию⁸.

В *Олонецкой губ.*, в *Повенецком у.*, по-видимому, встречалось в медном руднике «Надежда»⁹; признаки золота известны в медных рудниках у Пергубы. Следы золота в россыпях¹⁰.

В *Пермской губ.* (вне Урала – § 153), в *Красноуфимском у.*, в области Артинского завода, – очень мелкое золото, бедные россыпи. Наиболее богаты пески по р. Курке, близ дер. Поползухи¹¹ (ср. § 130).

В *Таврической губ.*, в *Мариупольском у.*, – в жильных кристаллических породах (§ 113). О сомнительных и неверных указаниях для Крыма см. П. Двойченко (1914, с. 45).

В *Тверской губернии*, в *Осташковском у.*¹², около Андреополя на Двине, – очень бедные россыпи¹³.

¹ Марков, 1917, с. 4.

² О нахождении шариков золота (82% Au и 14% Ag) в мелком конгломерате близ хутора Даровки на р. Несветае см. Мевкус, 1873, с. 260–261 (требуется подтверждения?).

³ Чернышев и Романовский, 1895, с. 230; Еремеев, 1895, прот., с. 60. Самойлов, 1906, с. 86 и сл. Кристаллы {111}, {111}, {100}. Тетраэдры развиты неравномерно. Анализ кристаллов дал Самойлову 85,2% Au и 14,7% Ag. К сожалению, анализ сделан над смесью более темного и более светлого золота. Не исключена возможность нахождения здесь электрума.

⁴ Д. Соколов, 1825, с. 152.

⁵ Гурьев, 1832, с. 375.

⁶ Ерман, 1833, с. 250–251.

⁷ А. Иванов, 1907, с. 7–9.

⁸ Ячевский, 1894, с. 140.

⁹ Ренованц, 1781, с. 145.

¹⁰ Бутенев, 1838, с. 332. Ср. Иностранцев, 1877, с. 682.

¹¹ Вагнер, 1840, с. 34.

¹² Любарский, 1828 (1), с. 129.

¹³ Кроме этих месторождений, есть многочисленные указания и намеки на нахождение золота, может быть в россыпях, на юге России. Вопрос этот заслуживает гораздо более серьезного внимания, чем ему до сих пор уделялось. Отмечу здесь некоторые указания. В Полтавской

В *Уральской обл.*, на западных склонах Мугоджарских гор (ср. § 157), следы россыпного золота наблюдаются в аллювиальных долинах р. Ак-Тыкенды (бассейн Эмбы), к северо-западу от Айрюка, и рек Терс-Бутака и Тык-Бутака (бассейн р. Ори), – может быть, в связи с кварцевым порфиром и жильным кварцем¹.

153. Главные месторождения золота, как коренного, так и россыпного, сосредоточены, однако, на *Урале*, в пределах как *Пермской*, так и *Оренбургской*, местами в прилегающих участках *Уфимской*, *Архангельской* и *Вологодской губ.*² В общем, уральское рудное золото менее богато золотом, чем россыпное; так, в *Екатеринбургском окр.* оно включает 88,29% Au, тогда как россыпное в том же округе – 90,52% Au, а в *Златоустовском* даже 92,63%³.

Золотоносные россыпи, постплиоценовые, главным образом аллювиальные или элювиальные, являются до сих пор важным источником уральского золота. Почти половина уральского золота идет из россыпей. В 1905 г. – последний год, за который опубликованы статистические данные, – добыто 3,5 т золота из россыпей и 4,1 т из коренных месторождений⁴. Их разрабатывается несколько сот (в 1905 г. более 700, в начале 1880-х годов – более 400). Самая обычная толщина золотоносного слоя 0,5–1 м. Длина – от 20–30 м до 0,5 км, редко считается километрами. Ширина обычно 20–30 м. Кроме золота, уральские россыпи богаты черным шлихом, состоящим главным образом из магнетита, также гематита, хромита, титанистого железняка. Главная масса россыпей расположена на восточном склоне Урала⁵.

Среди коренных месторождений все более и более значения приобретают жильные месторождения (Южный Урал).

Главная добыча жильного золота в России сосредоточена на Урале. Уральская добыча составляет 70% всего жильного золота России.

Добыча золота на Урале (в т)⁶:

	Жильное	Россыпное	Электролитическое
1884	1,17	6,80	–
1912	6,43	4,57	0,95

губ. были находки в различных уездах, например в Хорольском, и вопрос этот обсуждался несколько лет назад в Губернском земском собрании. Нельзя не отметить также нахождение золота в колчеданах средней России (ср. § 127).

¹ Пригоровский, 1914, с. 925.

² Литература о золоте на Урале огромна: Щуровский, 1841, с. 250 и сл.; А. Карпинский, 1881, с. 1 и сл.; Кокшаров, 1870 (2), с. 323 и сл.; С. Hintze, I, 1898, с. 262 и сл. Многочисленные указания в «Сборнике статистических сведений о горнозаводской промышленности России», издаваемом Ученым горным комитетом. Об открытии золота на Урале см. Гельмерсен, 1839, с. 218. Ср. § 147. Общие соображения о золотоносности Урала в связи с теорией различной глубинности металлических месторождений см. De Launay, 1911, с. 565. Все золото Урала Де Лонэ связывает с гранитом и относит коренные месторождения к очень глубоким горизонтам гранитных массивов.

³ «Горн. журн.», 1828, № 6, с. 32. Некоторое понятие о характере золота дают средние валовые пробы за много лет. Так, до 1870 г. (с 1820-х годов) мы имеем следующие средние пробы: Богословский завод – 86³/₈, Кушвинский – 83¹/₂, Нижне-Тагильский – 87¹/₄ (за 1862–1865 гг.), Екатеринбургский – 87¹/₂, Златоустовский – 88 (Боголюбский, 1877, с. 25).

⁴ И. Попов (ред.), 1908, с. 1.

⁵ А. Антипов, 1860, с. 480 и сл.; А. Карпинский, 1881, с. 14 и сл.

⁶ См. «Общий обзор...», 1915, с. 10, 13, 27; Ярков, 1912; Прудков, 1918.

На самом севере Урала, в *Верхотурском* и *Чердынском у.*, в *Пермской губ.* (местами в *Печорском у.* *Архангельской губ.* и *Сольвычегодском у.* *Вологодской губ.*), мы наблюдаем бедные золотые россыпи (ср. § 159). В *Верхотурском у.* они находятся в *Лялинской даче* (§ 83), затем – южнее, по многочисленным мелким речкам бассейна Ивделя, правого притока р. Лозьвы (Малиновке, Холодной и т.д.). Золото крупнозернистое¹. На дне Ивделя иногда находятся скопления богатых золотом гнезд. Наиболее богатые россыпи сосредоточены около Никито-Ивделя. Россыпи нередко элювиальные. Кое-где золото заключено в самой породе, например, в диабазе на р. Вияй, в роговиковых породах, связанных с диабазовыми туфами, по р. Ивделю и т.д.² Россыпи находятся в связи с диабазами, диабазовыми и авгитовыми порфиритами. Есть бедные россыпи и в округе *Всеволодо-благодатских заводов*³, по мелким речкам в бассейне Лозьвы (Суходолье)⁴. В *Чердынском* и *Соликамском у.*, на западном склоне Урала, они наблюдаются по притокам Печоры (реки Безымянная, Почток и др.) и Вишеры⁵. На севере относительно наиболее богаты россыпи в верховьях р. Шудьи. В Соликамском у. разрабатывались россыпи по Кырье и Малой Косье, в связи с платиной. Они расположены на тальково-хлоритовых сланцах, в разноцветных глинах в юго-восточном углу *Растесской дачи*, по притокам р. Тылая и т.д. Большие скопления редки. Золото довольно крупное⁶. Наиболее богатыми в этой части Урала являлись россыпи левых притоков Кутима и правых – Улса⁷. Но и здесь максимум золота был 2,6 г на 1 т. Попадались самородки до 200 г (Успенский ключ, Соликамские россыпи и т.д.). Золото, по-видимому, связано с метаморфическими сланцами, реже с массивными породами (россыпи, богатые платиной). Россыпи элювиальные, аллювиальные, может быть ледниковые. Мощность их незначительна. На Вишере, у устья Чувала, золото, видимое глазом, находится в черном слюистом девонском известняке и в кварцевых жилах, в нем проходящих, с медными соединениями⁸. В *Северо-Заозерской даче* оно находится в кварцевых жилах. Здесь же есть и бедные россыпи. В *Южно-Заозерской даче* известны многочисленные россыпи как аллювиальные, так и элювиальные и россыпи

¹ Протасов, 1831, с. 204 и сл.

² Е. Федоров, 1894, с. 86 и сл.; 1897, с. 97 и сл.

³ Пестеров, 1839, с. 18 и сл.

⁴ А. Антипов, 1860, с. 480 и сл. А. Карпинский, 1881, с. 14 и сл.

⁵ О золотоносных приисках по р. Велсу, притоку Вишеры, см. Чеклецов, 1834, с. 478. О россыпях Соликамского и Чердынского Урала – П. Кротов, 1888, с. 521. В.Н. Мамонтов передал мне следующую заметку: «Россыпное золото в 1911 г. добывалось в Чердынском у. Пермской губ. исключительно в верховьях р. Велса (левого притока Вишеры, притока Камы), по его левым притокам – рекам Талой и Большой Мартайке. Самый значительный прииск – Николаевский В.Я. Сибарова – расположен по речке Заблудящей, правому притоку р. Талой. Россыпь, шириною 36 м и толщиной больше 2 м, прикрыта на 3,8 м речниками и лежит на кварцитах. Среднее содержание Au – 0,9 г на 1 т песка. Елизаветинский прииск И.В. Прудкова по Никольскому ключу, впадающему с правой стороны в р. Талую, расположен среди метаморфических сланцев. Среднее содержание Au – 1,5 г на 1 т. Спасский прииск Г.Е. Навалихина по р. Большой Мартайке, в 9 км от ее устья, разрабатывает россыпь, лежащую на кварцитах, с содержанием лишь 0,2 г на 1 т. О россыпях Николо-Павдинского окр., связанных с кварцевыми жилами, см. еще Stahl, 1897, с. 394.

⁶ Таль, 1871, с. 428 – по исследованию Чернова; Г. Михайловский, 1898, с. 28–32.

⁷ П. Кротов, 1888, с. 521, 522, 516; Белоусов, 1893, с. 103.

⁸ Штукенберг, 1902, прот., с. 44 и сл. Ср. Нефедьев, 1871, с. 1.

смешанного типа. Элювиальные россыпи приурочены к массивным породам разного характера (порфиристы, диабазы, туфы, порфиры) или к их контакту с известняками и сланцами. Главные аллювиальные россыпи находятся в бассейне р. Лангура¹.

В собственно *Богословском горном округе* очень богатых месторождений нет. Ежегодная добыча золота колеблется от 325 до 480–500 кг. Здесь можно различить три группы золотых месторождений². Во-первых – северную, по берегам р. Сосьвы. Здесь золото, вероятно, находится в связи с выходами авгито-гранатовых пород. Коренные месторождения (кварцевые жилы) были открыты еще в конце XVIII столетия около с. Воскресенского в связи с медными рудами³, позже найдены на р. Малом Пуе⁴. Несколько важнее россыпи⁵. Вторую группу представляют россыпи по рекам Большой Волчанке, Большому Чапу, Ларьковке и их притокам (бассейн Сосьвы). Неясно, с какими породами связано золото. В диоритах, находимых в россыпях (Кедровской, Магдалинской и др.), заключается золото, по-видимому в пиритах⁶. По р. Ларьковке известны выходы кварцевых жил, бедных золотом⁷. Самые богатые месторождения наблюдаются в Песчанской группе – по бассейну р. Каменки, в области Турьинского и Фроловского рудников, по притокам р. Каквы. Золото связано с выходами авгито-гранатовых пород – так, Архангельская золотоносная россыпь представляет элювий этих пород; в магнитных железняках по р. Какве также находится золото и т.д. В этой области находились старинные богатые россыпи, например, Петропавловская по р. Песчанке, где попадались самородки (с 13,2–13,0% Au). Коренные месторождения – кварцевые жилы в области авгито-гранатовых пород – довольно многочисленны⁷.

В *Николае-Павдинском окр.* аллювиальные россыпи наблюдаются и разрабатывались по Большой Нясьме и ее притокам, по Малой Нясьме, по притокам р. Ляли, р. Лати (Питателевский прииск). Россыпи эти развиты главным образом в области метаморфических пород (талковых сланцев и др.)⁸. Они связаны с кварцевыми жилами (около Сухогорского завода). В некоторых россыпях (Нясьминские) попадались самородки золота до 400 г и более⁹. Коренные месторождения известны в виде кварцевых жил у р. Оленьей Травянки. Эти жилы проходят в оригинальной породе, близкой к пегматиту⁹.

В *Знаменской и Вагранской дачах* россыпи известны по системам рек Лобвы, Сосьвы, Ваграны, Каквы, Ляли и т.д. В *Пашийской даче* (в *Пермском у.*),

¹ Левинсон-Лессинг, 1900, с. 70.

² Е. Федоров и В. Никитин, 1901 (3), с. 96 и сл.

³ М. Карпинский, 1840 (3), с. 219. Характер месторождения остался неясным и богатство также. О нахождении в диоритах см. Щуровский, 1841, с. 281.

⁴ G. Rose, 1837, с. 421. Другие указания: «Горн. журнал», 1839, II, с.: 212. По Розе, 86,51% Au, 13,19% Ag в золоте Петропавловской россыпи.

⁵ О Богословских россыпях см. Чеклецов, 1827, с. 102; 1832, с. 163 и сл.; G. Rose, 1837; Гельмерсен, 1843 (2), с. 156 и сл.; Таль, 1871, с. 429; Е. Федоров и В. Никитин, 1901 (3); «Горн. журн.», 1832, I, с. 163 и сл.

⁶ М. Карпинский, 1840 (2), с. 200.

⁷ Е. Федоров и В. Никитин, 1901 (3), с. 90–95. Песчанские россыпи открыты в 1829 г. Бабушкиным. См. Гельмерсен, 1843 (2), с. 159.

⁸ М. Карпинский, 1833, с. 186 и сл.; G. Rose, 1837, с. 390.

⁹ Зайцев, 1892, с. 31, 76. Породы состоят из кварца и ортоклаза (отчасти плагиоклаза). Не имеем ли мы здесь дело с аляскинтом? (ср. § 114).

на западном склоне Урала, бедные россыпи (до 1,5 г на 1 т) найдены в верховьях рек Вежая и Вильвы (бассейн р. Чусовой)¹.

В *Северо-Верхотурском окр.*, в *Лялинской даче*, в 1913 г. Еленинский прииск дал около 67 кг золота².

В *Южно-Верхотурском окр.* значительное количество россыпей, содержащих вместе с золотом некоторое количество платины, известно в *Кушвинской (Гороблагодатской) даче*; таковы Царево-Александровская россыпь по р. Уралихе, россыпи по р. Серебряной (бассейн Чусовой), Салде (бассейн Туры) и т.д.³ Россыпи в общем не очень богатые, узкие, длиною 50–600 м. Впервые золото было найдено в 1823 г. Згибловым на западном склоне Урала⁴. Россыпи частью элювиальные, частью пловучие (§ 127). Одной из самых богатых была россыпь по р. Глубокой (ширина 15–30 м, длина свыше 3 км, золота до 10–11 г на 1 т.); обыкновенно золота меньше (0,4–1 г на 1 т в 1830-х годах)⁵. Золото всегда находится с платиной, причем иногда в вершинах россыпи находится золото, а к устьям преобладает платина (реки Пектыш, Нижняя Талица и др.)⁶. В платиновых россыпях (§ 83) также находится золото. Аналогичны россыпи по р. Серебряной, в *Серебрянской* и *Баранчинской дачах*. В *Баранчинской даче*, в бассейне р. Баранчи, золото находится в россыпях – частью с платиной (в области габбро), частью без нее (в области кислородных пород)⁷. Коренные месторождения наблюдаются в форме кварцевых жил в сиенито-гнейсах, диоритах и т.д. на границе с Нижне-Тагильским окр. в системе рек Большой Имянной, Лай, Глубокой⁸. В 22 км от Кушвинского завода есть выход кварцевой золотоносной жилы⁹.

В *Бисерском окр.* россыпи открыты в 1824 г. в бассейне р. Чусовой (Крестовоздвиженская россыпь на р. Полуденной, россыпи по р. Северной и т.д.); частью золото сопровождает платину (§ 83). Одно время россыпи разрабатывались по р. Большой Имянной (Лобовский прииск) и т.д.⁹ В Адольфовской россыпи золото сопровождается алмазом и большим количеством пирита¹⁰.

Многочисленные россыпи разрабатывались в *Нижне-Туринской*¹¹ (по Талице, Елиху и др.) и *Верхне-Туринской дачах*, по системам рек Туры, Салды и т.д. Близ дер. Северной на перевале Урала находятся золотоносные кварцевые жилы в сланцах¹¹.

В *Нижне-Тагильском окр.* наиболее значительные россыпи сосредоточены по берегам р. Тагила и его притоков, также по логам западных отрогов горного хребта, между Нейвой и Тагилом; менее богатые сосредоточены по восточным отрогам. Первый бедный прииск (Ключевский) открыт в 1822 г. Одним из богатейших является Вилуйский прииск, открытый в 1824 г., когда

¹ О россыпях по рекам Глубокой и Пектышу см. *Кокшаров*, 1849, с. 344.

² См. «Общий обзор...», 1915, с. 30.

³ О золотых россыпях см. *Голляховский*, 1827 (2), с. 22 и сл.; *Архипов*, 1833, с. 326 и сл.; *Сивков*, 1836, с. 250 и сл.; *G. Rose*, 1837, с. 351; *Кокшаров*, 1849, с. 337; *Еремеев*, 1859, с. 599.

⁴ *Голляховский*, 1827(1), с. 35.

⁵ *Сивков*, 1836, с. 252.

⁶ *Зайцев*, 1898(3), № 20–22.

⁷ *Кондыкин*, 1911, с. 328.

⁸ *А. Карпинский*, 1881, с. 7.

⁹ *Краснопольский*, 1890, с. 187 и 1908, с. 82.

¹⁰ *G. Rose*, 1837, с. 358. По указанию Полье.

¹¹ *Краснопольский*, 1890, с. 187 и 1908, с. 82.

из него было добыто 432 кг золота; местами 1 т песка давала 250 г золота. С 1824 до 1842 г. прииск дал 1,75 т золота. В нем находили много кристаллов магнетита, псевдоморфоз лимонита по пириту, небольшую примесь платины. Шилово-Бортевская россыпь в Нижне-Тагильской даче разрабатывается с 1828 г. до сих пор и до 1895 г. дала 1,84 т золота¹. По р. Порожной в россыпях встречается крупное ветвистое золото². Нередко встречались самородки (по Малой Теляне – свыше 2 кг). В Березовской россыпи на восточных отрогах Урала Швецов наблюдал титанистый железняк с включениями золота. По анализу Розе, золото из этих россыпей содержит от 5,23 до 16,15% Ag (Борушская россыпь)³. Золото находится и в платиновых россыпях округа (§ 83). Встречено в коренных месторождениях, в кварцевых жилах (с галени- том) в рудниках Павловском (1831 г.), Анатольевском (1832 г.)⁴, Уткинском⁵, Надпорожинском⁶ и др. Любопытно, что местами здесь золото связано с мед- ным колчеданом (например, в Андреевском руднике)⁷.

В *Невьянском окр.* любопытны старинные коренные разработки, по-види- мому, типа контактовых жил, аналогичных березовским. Золото, по Розе, со- держало 10,64% Ag (§ 117, 154). Коренные месторождения известны также в виде обычных кварцевых жил (до 1,5 м мощностью) и во многих других мес- тах (около 2-го Ключевского прииска много золота было «в виде проволок» и т.д.)⁸. Эти коренные месторождения подчинены большей частью порфири- там. Порфирит около жил проникнут пиритом и богат золотом (рудники близ Конева, Невьянска и т.д.). Некоторые жилы подчинены сланцам, иногда гра- нитам (Редкинский прииск около Конева)⁹. Россыпи начали разрабатываться в 1822 г. Они сосредоточены главным образом по Нейве, Богные, Аяти и т.д. Большая часть россыпей расположена по долинам и логам округа золото- носных песков (35 см – 1 м), 0,5–0,8 г золота на 1 т песка; большая часть их бедные. Сопровождается золото платиной и осмистым иридием⁹ (§ 83, 85, 96). Из россыпей богаты были Нейвинская и Нейвинско-Столбинская, при- чем Нейвинская россыпь являлась, по-видимому, элювиальной в связи с вы- ходами серпентиновых пород¹⁰.

154. В *Екатеринбургском у., в Верх-Исетском окр.*, около Мостовой, россыпи известны в связи с выходами серпентина и березита (Верхотурс- кая россыпь)¹¹. В разрушенных березитовых выходах наблюдаются иногда превосходно выраженные кристаллы, дендриты, пластинки золота¹². Другие коренные месторождения аналогичны Невьянским – кварцевые жилы в пор-

¹ Краснопольский, 1908, с. 82.

² Там же.

³ Об этих россыпях см. G. Rose, 1837, с. 312 и сл.; 1842 (1), с. 145; Колтовской, 1846, с. 199 и сл.

⁴ Колтовской, 1838, с. 424, 431.

⁵ Бутнев, 1834, с. 442.

⁶ Щуровский, 1841, с. 280; Колтовской, 1846, с. 302.

⁷ Романовский, 1852, с. 141.

⁸ А. Карпинский, 1881, с. 6–7.

⁹ Краснопольский, 1906, с. 98, 83, 97.

¹⁰ G. Rose, 1837, с. 294. Ср. об оригинальной россыпи, по-видимому очень древней, около Невьянска – Гельмерсен, 1843(2), с. 215.

¹¹ G. Rose, 1837, с. 288.

¹² Превосходные образцы в коллекции И.Н. Крыжановского. О кристаллах золота из Ека- теринбургских промыслов – Е. Федоров, 1909, с. 311.

фиритах (у с. Аятского, около Кунары и т.д.). Около оз. Аятского золото находится в антимоните, заключенном в кварцево-халцедоновой породе (коллекция Академии наук). В *Верхне-Тагильской даче* бедные аллювиальные россыпи расположены по р. Тагилу и его притокам¹. Золото рассеяно в колчеданах в самородном состоянии в Белореченском месторождении, в 8 км от ст. Нейво-Рудянск. На 1 т колчеданы содержат 8–21 г Ag и 5–21 г Au². Разрабатывается месторождение открытыми работами. В Шуралинском участке в последнее время также начали разрабатываться золотые россыпи. В *Обще-Верх-Нейвинской даче*, в долине р. Нейвы, сосредоточены богатые россыпи. Здесь же в области туфопо-сланцевых пород находятся кварцевые жилы, содержащие пирит, золото, карбонаты (Капотино и др.)³. Генезис этих жил сложный и невыясненный – иногда пневматолитического характера, с турмалином (Ягодный прииск). Золото находится и в окружающих породах⁴.

Бедные, мало изученные россыпи расположены в *Ревдинской даче*, в бассейне р. Чусовой (Ельчевка и др.). Есть золотоносные коренные отложения, плохо изученные, связанные с выходами массивных пород, березитом и медными рудами, например Пышминско-Ключевский медный рудник – контакт типа Березовска? (§ 117) – или Пробойный рудник около Режевского завода⁴.

Гораздо важнее месторождения *Северного и Южного Екатеринбургских горных округов*. Богатейшие коренные месторождения сосредоточены около Березовска⁵. Здесь иногда попадаются кристаллы золота⁶, например, в Преображенском руднике – {100}, {100} · {111}; также наблюдались в нем и более редкие формы – {113}, {124} и т.д. В руднике этом железная шапка и верхние части жил были чрезвычайно богаты золотом в виде самородков⁷. Золото содержит 5,9–8% Ag. Месторождения, аналогичные Березовским, наблюдались на р. Исети около Уктуса, около дер. Шилово-Исетской⁸ (§ 120), по обоим берегам р. Чусовой, около дер. Макаровой и Кургановой в *Северской даче*⁹. Здесь давно, в 1804 г., открыты были рудники Крылатовский, Бабинский

¹ В. Никитин, 1907(1), с. 154–155.

² Бобр, 1914, с. 147.

³ В 1913 г. из Капотина добыто около 49 кг золота («Общий обзор...», 1915, с. 31).

⁴ В. Никитин, 1907 (1), с. 170 и сл., 180, 201 и сл., 222; А. Карпинский, 1881, с. 6–7.

⁵ См. литературу в § 117. Сверх того, очень интересны старинные указания И. Германа (1789 (2), с. 106 и сл.). См. А. Виноградский, 1821, с. 191 и сл.; Паллас, 1786, с. 208 и сл.

⁶ О кристаллах золота Екатеринбургского окр. см. Чайковский, 1830, с. 298; G. Rose, 1831, с. 198; 1837, с. 198; Fletcher, 1880, с. 185; Еремеев, 1894, с. 363 (в Кремлевском золотом руднике).

⁷ Колобов, 1836.

⁸ И. Герман, 1789(1), с. 190 (разрабатывался с 1745 по 1755 г.); G. Rose, 1837, с. 177; Щуровский, 1841, с. 278. Старинный Шилово-Исетский рудник открыт для золота раньше Березовска, т.е. раньше 1745 г. Он потом был заброшен и затерян (П. Чупин, 1892, с. 112 и сл. И. Герман, 1807(2), с. 32). Золото встречалось проволоочное, пластинчатое, зерна – главным образом в кварцах с измененным пиритом. Более богатое золотом, чем березовское (230 г Au и 13 г Ag на 1 т); иногда – как пыль. Встречались мохообразные и дендритовые формы. Изредка – {111} (очень мелкие). В Смолинском руднике попадалась «сухарная» руда (§ 117), аналогичная березовской. См. Георги, 1798(3), с. 359. Ср. ниже – о бисмутаурите – § 179.

⁹ О золотых россыпях Шайтанской дачи в речках бассейна Чусовой (Ельничной, Шайтанке, Марининке, Талице и т.д.) см. Н. Смирнов, 1910, с. 118 и сл. Когда-то здесь шла богатая добыча. Сейчас россыпи почти выработаны. По-видимому, они связаны с кварцевыми жилами и диоритами.

и др.¹ Золото находится в кварцевых жилах, в связи с пиритом. Жилы пересекают тальковый и хлоритовый сланцы и березит. На Мурзинской площадке золото, частью химически связанное, находится вместе с медными и свинцовыми рудами (блеклой рудой, галенитом, пиритом и т.д.). В Благодатных рудниках – кварцевые жилы контактового характера, в связи с березитовыми порфирами. В той же области находятся кварцевые жилы Шульгинского и Кремлевского золотых рудников, связь которых с порфирами более отдаленная и которые бедны сернистыми телами². В Кремлевском прииске попало золото в виде великолепных пластинок (коллекция Академии наук).

Коренные месторождения в виде золотоносных кварцевых жил в березите наблюдались еще около дер. Становой, на восток от Екатеринбурга³.

Кое-где месторождения, связанные с березитом, дали элювиальные россыпи, например очень богатая Бугровская россыпь в бассейне Чусовой⁴. Чрезвычайно многочисленны аллювиальные золотоносные россыпи⁵ – по рекам Исети (частью в Камышловском у.), Пышме, Большому и Малому Рефту и т.д., – например Нагорная (с прекрасными кристаллами гематита), Калиновская (с киноварью) и т.п. Впервые золото в россыпях было найдено в 1814 г. Ф. Брусницыным (1864, с. 378). В рудниках по Большому Рефту (например, в рудниках бывших Поклевских) встречались превосходные пластины золота. Золото встречалось в кварцевых жилах, в тальково-хлоритовых (?) сланцах (коллекция Академии наук). Золотоносные россыпи тянутся и южнее, к Сысертску. Таковы Шабровские россыпи (кристаллы $\{111\} \cdot \{1\bar{1}1\}$ – очень чистое золото, содержащее 98,96% Au) или россыпи около Горношита⁶ (в россыпи Болотовской попадались кристаллы золота – $\{111\} \cdot \{1\bar{1}1\}$ и $\{110\}$, бывали и самородки)⁷. Они образовались разрушением жильных месторождений, может быть связанных с березитом.

В Сысертском окр. россыпи давно известны в бассейне р. Чусовой. Некоторые из них (например, Железинская россыпь по р. Железинке) были очень богаты, вначале давали 185–190 г. на 1 т⁸. Оригинальные пластинки золота встречались в россыпях по Юзельскому логу, с преобладанием форм $\{111\} \cdot \{111\}$, нередко двойники по $\{111\}$ ⁹ (рис. 33, 38 на с. 132 и 134). Около Верхне-Сысертского завода встречены кварцевые золотоносные жилы, подчиненные и согласно пластующиеся с гнейсами. Россыпное золото давно выработано¹⁰.

¹ Томсон, 1835, с. 190 и сл.; Щуровский, 1841; А. Карпинский, 1881, с. 6.

² В. Никитин, 1907 (1), с. 224 и сл. и 272 и сл.

³ А. Карпинский, 1881, с. 6.

⁴ Томсон, 1835, с. 195.

⁵ G. Rose, 1837, с. 227 и сл., 281.

⁶ G. Rose, 1837, с. 158, 258 и сл.; Пожарный, 1895(2), с. 530.

⁷ Рудаков, 1835, с. 226 и сл. Эта россыпь очень богата тальком и магнетитом. Золото «медно-золотого» цвета: медистое золото?

⁸ Томсон, 1835, с. 191 и сл.

⁹ Helmhacker, 1877, с. 1.

¹⁰ Штукенберг, 1894, с. 56. В Сысертском округе старателями был однажды найден самородок сурьмянистого золота, отличавшийся по цвету (беловато-желтому) от обычного золота. По анализу в нем оказалось 54,69% Au, 40,22% Ag, 3,42% Sb, 1,62% Fe, 0,07% Cu. По наружному виду его нельзя было признать за искусственный продукт. Больше таких самородков не встречалось. См. «Горн. журн.», 1871, II, 121–122. Ср. § 120.

В *Уфалейском окр.* около Уфалейского завода находятся коренные месторождения, аналогичные Березовским¹. Бедные россыпи встречены среди слюдяных сланцев по рекам Суховязу и Анцыфировке², несколько более богатые развиты среди змеевиков и хлоритовых сланцев, большей частью выработанные.

В *Западно-Екатеринбургском горном округе*, в *Кыштымских заводах*, известны многочисленные россыпи, в значительной мере выработанные³. Генезис их различен; так, около р. Барзовки давно известны россыпи в связи с выходами барзовита⁴. Россыпи *Кыштымской дачи* – по р. Миассу и его притокам (Киолиму и т.д.), – по-видимому, связаны с разрушением кварцевых жил, может быть пород, содержащих золото. Так, очень богатые россыпи образовались около Соймоновска в связи с выходом серпентиновых пород; золото встречается вместе с платиной и осмистым иридием; титанистый железняк нередко содержит золото⁵. Коренные месторождения Кыштымской дачи открыты в последние годы. В Соймоновской долине наблюдаются золотосодержащие лимониты, являющиеся железной шапкой жильных выделений пирита, содержащего золото. Тело жилы богато баритом и кварцем (Смирновский рудник). Эти образования находятся среди метаморфических пород. В лимонитах золото находится иногда в самородках. В западной части Соймоновской долины известны кварцевые золотоносные жилы. Около Сак-Элгинских выселков проходит жила доломита в метаморфических сланцах, содержащая золото⁶.

Россыпи *Каслинской дачи* по рекам Большому Мауку, Хмелевке и др. связаны, по-видимому, также с кварцевыми жилами и золотосодержащими метаморфическими породами. По р. Хмелевке и Мочалину логу известны выходы коренных месторождений – пластинки золота в кварцевых выделениях, также на превращенных в лимонит пиритах; иногда кристаллы $\{111\} \cdot \{1\bar{1}1\}$ и двойники. Коренные породы – хлоритовый сланец – по р. Большому Мауку содержат небольшие количества (110 мг на 1 т) золота⁷.

Бедные россыпи и золотоносные кварцевые жилы известны в *Златоустовском окр.*, *Златоустовском у. Уфимской губ.*, на западном склоне Урала, например по рекам Кусе и Изранде⁸.

155. В *Оренбургской губ.*, в *Троицком у.*, в *Миасской даче* и на землях *Оренбургского Казачьего Войска*, расположены многочисленные месторождения золота, как коренного, так главным образом россыпного⁹.

В северной части Миасской дачи рудные и россыпные месторождения сосредоточены около сел. Андреевского. Здесь кварцевые жилы развиты в

¹ И. Герман, 1797, с. 143–144; G. Rose, 1842 (1), с. 156.

² Н. Барбот де Марни, 1861, с. 400; Штукенберг, 1889, с. 83.

³ Зайцев, 1884, с. 32; Д. Николаев, 1902, с. 56 (литература).

⁴ G. Rose, 1842 (1), с. 148.

⁵ Там же, с. 145. Очень может быть, – не титанистый, а хромистый железняк.

⁶ Д. Николаев, 1902, с. 64; А. Николаев, 1908, с. 494 и сл.; 1912, с. 182; Суцинский, 1904, с. 254.

⁷ Суцинский, 1904, с. 231.

⁸ Нестеровский, 1835, с. 453; Мушкетов, 1878 (2), с. 160.

⁹ Об этих месторождениях см. Дроздилов, 1828, с. 18 и сл.; Энгельгардт, 1829 (1), с. 335 и сл.; G. Rose, 1842 (1), с. 23 и сл.; Мушкетов, 1873, с. 84; 1877, с. 262 и др.; Рошеру, 1895 (2), с. 553; А. Карпинский, 1881, с. 7; Тихонович, 1918.

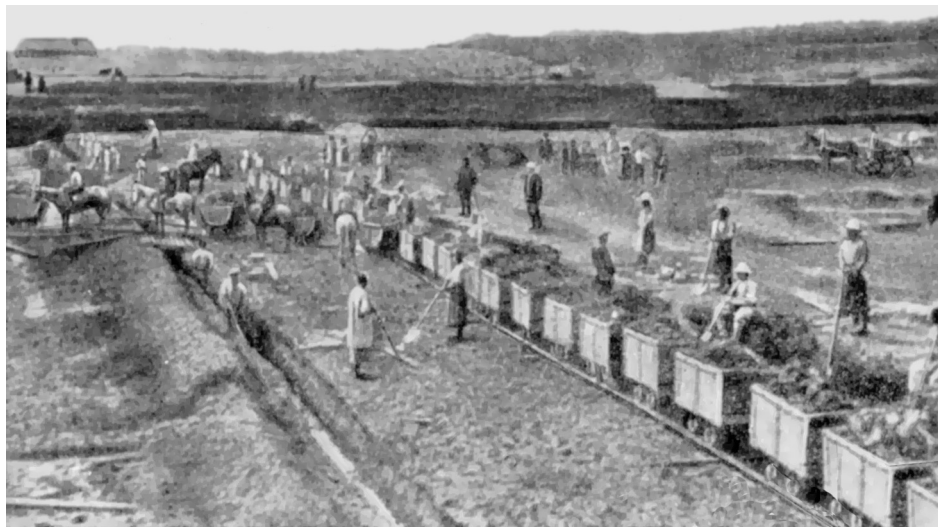


Рис. 60. Ирмельский прииск около Миасса, Урал.

Фото Арсеньева в Златоусте в 1890-х годах

области метаморфических сланцев (Гора Наелая, Старо- или Перво-Андреевский рудник и т.д.)¹. Коренные месторождения известны с 1796 г.²; большей частью это кварцевые жилы, тесно связанные местами с березитом, гранитом. Кое-где здесь встречались самородки *in situ*. Таковы рудники Петропавловский, Перво-Павловский³, Мечниковский, Смоленский, Владимирский, Кашеевский, Кулюшинский⁴ и т.д. Золото попадалось в биотите и в самой породе. Так, оно найдено в змеевиках около Каскиновского прииска⁵, в хлоритовых сланцах около Верхне-Андреевского⁶ и т.д.

Главная масса россыпей расположена в средней части, в долине Миасса (рис. 60) и Атляна. Здесь некоторые россыпи явно элювиальные и произошли разрушением гранитных пород⁷ или серпентинитов⁸, содержащих золото, иногда кварцевых жил. К числу последних принадлежат россыпи вдоль горы Березовой, где найдены и коренные месторождения в виде кварцевых жил в разрушенных диоритах⁹. Богатейшую часть этих мест представляет долина р. Ташкутарганки¹⁰, где золото найдено было в начале XIX века. Здесь нахо-

¹ Романовский, 1868, с. 517 и сл.; Мушкетов, 1877, с. 286.

² G. Rose, 1842(1), с. 36; Озерский, 1843 (2), с. 234; С. Кулибин, 1883, с. 402 и сл.; Аныхтин, 1888, с. 179; Posepny, 1895 (2), с. 576 и сл.

³ Энгельгардт, 1829 (1), с. 340 и сл.

⁴ Золото в ортоклазе – Чернышев, 1889 (3), с. 347.

⁵ Антипов, 1860, с. 483.

⁶ Мушкетов, 1873, с. 86, 92.

⁷ Например, Фулловский прииск (Н. Барбот де Марни, 1857, с. 526; Мушкетов, 1873, с. 92).

⁸ Антипов, 1860, с. 483; А. Карпинский, 1881, с. 14, – Каскиновская дистанция. Россыпи возобновляются разрушением плотика.

⁹ Энгельгардт, 1829 (1), с. 342; Мушкетов, 1877 (1), с. 295.

¹⁰ Рихтер, 1832.

дили нередко самородки (Царево-Николаевский рудник)¹, в этой долине, в Царево-Александровском прииске, найден самый большой самородок – около 35 кг чистого золота² и т.д.

В северной части Миасской дачи золотоносные пески крупнозернисты, малоглинисты, богаты галькой, содержат циркон, корунд, гранат. Постелью служит хлоритовый сланец (например, Андреевский, Миасский прииски). В более южной части (прииски Атлянский, Царево-Александровский и т.д.) пески мельче, богаче глиной, содержат брукит, анатаз. Почву составляет энкринитовый известняк. В самых южных частях (Ифименьский, Мулдакаевский прииски) россыпи очень глинисты. Из минералов встречается только лимонит; постель – змеевик. Наиболее богаты золотом россыпи в районе известняков³. Ниже впадения Иремеля, в долине Миасса, наблюдаются уже менее значительные россыпи. Коренные месторождения золота в *Миасской даче* (кварцевые жилы с пиритом, арсенопиритом, медными соединениями и т.д.) встречены в Царево-Александровской дистанции (Петропавловский, Николаевский, Владимирский, Кашеевский и Кулюжинский рудники). В Мулдакаевской дистанции – Орловский рудник. В Андреевской дистанции любопытно Наелинское месторождение (по р. Наеле) в каолиновой жиле⁴. Некоторые из этих коренных месторождений, например старинное Степное месторождение, начали вновь разрабатываться в последнее время⁵.

Южнее, по дороге к Качкару, также известны коренные месторождения золота. Из них можно отметить Владимирско-Богородский рудник около дер. Камбулат – кварцевые жилы, содержащие пирит, галенит, халькопирит и т.д., и аналогичный ему Травниковский рудник. Эти кварцевые жилы расположены в разрушенном диорите⁶. В том же районе (станция Кундравинской, Степной⁷, Травниковской, Уйской и т.д.) известны многочисленные россыпи.

В Нижнеуевельском месторождении медных руд (около ст. Нижнеуевельской) крупинки золота встречаются в гранатовой жиле вместе с кислородными соединениями меди. Вероятно, это месторождение аналогично указанным в § 156 месторождениям Верхнеуральского у.

Богатейшим коренным месторождением золота Урала является, однако, так называемая *Качкарская система* рудных месторождений около с. Качкарского (рудники Воронкова, Успенский и проч.). Здесь золотоносные месторождения расположены на пространстве 1000 км², причем богатейшие из них сосредоточены около Антипина лога, впадающего в Качкарку, и по речкам Черной и Осейке. Разработка золота в Качкарской системе началась в

¹ Стуленко, 1829.

² Об этом прииске см. Редикорцев, 1832, с. 315 и сл.; Озерский, 1843(2), с. 236; Кокишаров, 1873, с. 366. Заварицкий (1911, с. 125) пытался изучить тальковые и серпентиновые породы окрестностей Царево-Александровского рудника, содержащие золото. Он (без достаточных оснований) считает, что золото было связано с пиритом. Считает аналогичными Вознесенскому месторождению около Калкана. См. § 156. Это может быть верно, но связь с пиритом сомнительна.

³ Мушкетов, 1873, с. 91. О кристаллах золота см. Еремеев, 1887 (1), с. 263 и сл.

⁴ К. Кулибин, 1887, с. 196 и сл.; Рождерпу, 1895(2), с. 583 и сл.; А. Карпинский, 1881, с. 9.

⁵ И. Попов (ред.), 1908, с. 58 и сл.

⁶ Мушкетов, 1877 (2), с. 184.

⁷ Стражевский, 1838, с. 2 и сл.; 1841, с. 3 и сл.; Паллас, 1786, с. 102.



Рис. 61. Качкарская система
золотоносных жил.

По Н.К. Высоцкому. I, II, III, IV – жилы
в гранитах и порфирах; V – жилы в порфиритах;
VI – динамометаморфические сланцы;
VII – жилы в известняках

1844 г., и с 1845 по 1897 г. добыто около 39,5 т золота¹. Коренные месторождения золота представляют из себя кварцевые жилы с золотом, арсенопиритом, пиритом, галенитом, антимонитом и т.д.; золото встречается также с кампилитом или пироморфитом (рис. 61). Жилы приурочены к гранитным породам, причем гранит, богатый сернистыми металлами, вблизи кварцевых жил содержит золото в таком количестве, что может разрабатываться². То же самое наблюдается и для других пород, заключающих кварцевые жилы, – порфиритов, известняков и т.д. Жилы с золотом приурочены к наиболее дислоцированной части местности. В верхних частях жил золото более высокопробное (87–90%), чем в области сернистых металлов, где оно приближается к электруму (70% золота и ниже). Золотосодержащие части жилы расположены «столбами» (§ 119). В той же местности известны многочисленные россыпи. Большинство россыпей – элювиального типа. Плотик их нередко состоит из размытого известняка. В этих россыпях (по р. Каменке) интересны примеси самых разнообразных,

нередко прекрасно выкристаллизованных минералов (топаз, брукит, кварц, и т.д.)³. На запад от Качкара, около с. Михайловского, лежат россыпи Поклевского.

156. Южнее, ближе к границам *Верхнеуральского у.*, коренные месторождения развиты в *Балбукской даче*, в Каратабынской и Баратабынской волостях, частью тесно связанные с диоритовыми породами, частью с серпентином и диаллагоновым перидотитом. В габбро-диоритах наблюдаются золотоносные кварцевые жилы с галенитом (серебристым), халькопиритом, пиритом (например, в Кумачинских горах); диорит около жил сильно разрушен и переходит в серпентиновое вещество⁴. В змеевиках, тесно связанных

¹ Высоцкий, 1900, с. 4–5, 16 и сл., 37 и сл. По данным в «Общем обзоре» (1915, с. 33), в Качкарской системе с 1840 по 1860 г. преобладала разработка россыпей, позже – коренных месторождений; с 1885 г. введена химическая обработка. В 1913 г. добыто 2,46 т (1,3 т – химически).

² Н. Барбот де Марни, 1857, с. 517; Высоцкий, 1900, с. 39.

³ Высоцкий, 1900, с. 78 и сл. О кристаллах из россыпей ср. Еремеев. 1887 (1), с. 263 и сл.

⁴ Мушкетов, 1877 (1), с. 313.

с габбро, также находятся кварцевые жилы с золотом, например около Казнахты (или Краснахты); здесь золото проникает в породу, скопляясь в асбестовых прожилках в серпентиновых штокверках (§ 116). Аналогичны месторождения около оз. Калкана (Вознесенское месторождение)¹. Смешанный тип представляют месторождения золота около Камышана². Здесь богатая карбонатами и силикатами магния жила с золотом находится на границе серпентинов (происходят из диаллагонных перидотитов) и роговообманковой породы. Серпентины Поляковских гор и диаллагон-перидотиты около Камышана содержат золото. Коренные месторождения другого типа развиты на склонах Урал-Тау (§ 116); тут же наблюдаются выделения золота в связи с диоритами, в тонких кварцевых включениях³. Коренные кварцевые жилы кое-где разрабатывались (например, Ацуно-Мещерянская дача, Ильинский рудник в Тептярской даче и т.д.). В небольшом количестве золото находилось в кварцевых жилах и в старинных медных рудниках, разрабатывавшихся в XVIII столетии (например, в Никольском, около Кукушевского – 1770 г., в Поляковском, Гавриловском рудниках)⁴. Россыпи Балбукской дачи имеют большей частью элювиальный характер, или связаны с небольшими передвижениями; мощность золотоносного пласта 0,75–2 м. Россыпи лежат в верховьях Уя и его притоков. В последнее время стали разрабатываться золотоносные россыпи в пределах земель *Оренбургского Казачьего Войска*, долго считавшиеся бедными (в станицах Березинской, Великопетровской, Великоуральской, Варшавской, Магнитной и др.)⁵.

В *Верхнеуральском у.* известны как коренные, так и россыпные месторождения. В бассейне р. Гумбейки (притока Урала) золото стало разрабатываться с 1890-х годов; добыча доходила до 655 кг, в 1914 г. – 230 кг. 75% золота добывалось из россыпей, 25% – жильное. Прииски сосредоточены около ст. Наваринской и пос. Требии. Коренные месторождения: 1) тонкие кварцевые прожилки, рассекающие дайки аплита и гранит-порфира, и 2) кварцевые жилы с раздувами среди зеленокаменных (частью сланцеватых) пород. Золото – бонанцами («кустами»). Россыпи, происшедшие из этих месторождений, невелики. Восточнее, в окрестностях пос. Красногорского по р. Ташты-Бутак (Ольгинский прииск и др.), находятся россыпи (давшие с 1895 г. до 1,15 т золота), связанные с змеевиками. Золото находится (частью в пирите) частью в жилах из хризотила, частью в тальковой породе, включенной в змеевики. Другим районом является район Верхнего, Среднего и Нижнего Тогузаков, где золото находится в тонких и чечевицеобразных кварцевых жилах в зеленых сланцах (по р. Ольговке есть теллуристый висмут), частью в пирите⁶. Система россыпей аллювиального характера расположена в *Тептярской даче*, между реками Шагаром и Карашаром⁷. Наконец, многочисленные рос-

¹ А. Карпинский, 1885, с. 331.

² Чернышев, 1889 (2), с. 305 и сл.; Мушкетов, 1877(1), с. 315 и сл.

³ Helmhacker, 1892, с. 96.

⁴ Паллас, 1786, с. 150; Фальк, 1786, с. 57 (кварцевые жилы в кремнистых сланцах); Мушкетов, 1877 (1), с. 316.

⁵ О золотых россыпях бассейна рек Уя и Увелики Оренбургского Казачьего Войска см. М. Мельников, 1889 (2), с. 252 и сл. О нахождении здесь золота в известняках (например, Николаевский прииск около Самарского рудника), там же, с. 273.

⁶ Заварицкий, 1916, с. 41, 43, 45.

⁷ Чернышев, 1889(2), с. 311.

сыпи находятся в *Миндякской даче*, в бассейне р. Миндяка (притока Урала), и еще южнее – на восточном склоне Ирендыка, на землях Бурзянской и Карагай-Кипчакской волостей. Всюду здесь россыпи связаны с кварцевыми жилами и диоритовыми породами¹.

В россыпях как этого уезда, так и *Троицкого* нередко кристаллы, главным образом формы {111}, {1 $\bar{1}$ 1}, {110}, также {311} и т.д.², иногда пленки на гематите (прииск Котца), титанистом железняке (Балбуковский прииск по р. Ую). В Казанской россыпи найдены валуны оригинального золотоносного конгломерата³.

157. В *Орском у.* многочисленные месторождения расположены в бассейне р. Сувундука (притока Урала). В Айдырлинской группе известно 20 кварцевых жил, главным образом в гранодиоритах (жила Ламаная работает до 300 м наклонной глубины и больше; золота обычно немного, кустами, до 112 г на 1 т, в связи с сернистыми соединениями). Вероятно, мы имеем эндогенетические жилы. Меньшее значение имеет Синешиханская группа. Кварцевые жилы, мало изученные, находятся частью в гранитных, частью в осадочных породах. По Урус-Кискану (бассейн р. Сувундука), около пос. Елисаветинского, находятся коренные (кварцевые жилы) месторождения золота, приуроченные к гранитам⁴.

В руднике «Счастливым» (на р. Сувундуке) золото находится в конгломератах⁵. Кварцевые жилы в диорите и кварцевом порфире содержат Au в Рамеевском руднике около дер. Кусиевой⁶ (у оз. Султан-Куль). Другой Рамеевский рудник разрабатывал золото в верхних разрушенных частях диабазового порфирита и туфов. Золото находилось в железной шапке с лимонитом, в самородках, без кварца⁶. Кварцевые жилы встречаются и в других местах, например около дер. Шадыгаевой⁶. Около дер. Мамбетовой известны кварцевые жилы с золотом и галенитом в Таналыкском прииске⁷. Россыпи в этом уезде довольно бедные⁶, они разрабатывались на дачах башкир Бурзянских волостей, в пределах земель *Оренбургского Казачьего Войска*, в Кваркенской и Таналыкской станицах. В Кваркенской станице известны и жильные месторождения.

В *Челябинском у.*, в 16–20 км от Челябинска, находится ряд коренных месторождений золота в кварцевых жилах (0,2–0,7 м, иногда до 2 м мощностью), образующих жильное поле и сопровождающих трещины, заполненные разрушенным гранитом. Жилы в глубину содержат пирит и арсенопирит (Михайло-Архангельский рудник и др.). Жилы, по-видимому, связаны с гранитными породами и напоминают Качкарскую систему⁸ (§155). Разрушением этих жильных месторождений образовались и россыпи. Россыпи разрабатывались в даче башкир Черменской волости⁹.

¹ Н. Михайлов, 1862, с. 370 и сл. В Миндякской даче на Красной горе известно коренное золото в кварцевой жиле (Чернышев, 1889 (2), с. 310).

² О форме см. Еремеев, 1887 (1), с. 264 и сл. Уже Авдеев (1844, с. 161) указывает {111} и дендриты золота в Ильябанских россыпях.

³ Н. Барбот де Марни, 1854, с. 442.

⁴ Отчет Геол. ком. за 1915 г., 1916, с. 49 и сл., 54, 60; Антипов и Меглицкий, 1858.

⁵ Еремеев, 1887 (1), с. 266.

⁶ М. Мельников, 1889 (1), с. 377–378; Чернышев, 1892, с. 225.

⁷ Штукенберг, 1898, с. 5.

⁸ А. Карпинский, 1897, с. 30; Ярков, 1913, с. 12 и сл.

⁹ И. Попов (ред.), 1908, с. 42.

158. Золото на Кавказе и в Закавказье известно только в небольших количествах, и бедные россыпи выработаны, по-видимому, еще в очень древнюю эпоху¹. Едва ли когда Кавказ был богат золотом. Легенды о путешествии Язона, приносившие к Кавказу, придали ему в исторической традиции несвойственный его богатству облик².

В *Елисаветпольской губ.*, в *Казахском у.*, золото наблюдалось в кварцевых (частью баритовых) жилах, по берегу р. Акстафы – с аметистом, галенитом, азуритом и т.д. Самородное золото находится и в разрушенном сиенитовом порфире³. В *Елисаветпольском у.* – в песке р. Ганжинки, в г. Елисаветполе⁴. В бассейне Куры (реки Кура, Акстафа, Дамблудка и т.д.) имеются в разных местах очень бедные россыпи, как современные речные, так и более древние аллювиальные⁵.

В *Закатальском отделе*, около Закатал, в песке р. Залибанчай, – очень мелкое золото⁶.

В *Кутаисской губ.*, в *Лечхумском у.*, жители добывали золото из песка р. Цхенис-Цхали⁷. Золото наблюдается в Сванетии, в аллювиальной долине р. Ингура, где есть выходы кварцевых золотоносных жил (около с. Аца, в землях обществ Эли и Инари)⁸.

В *Батумской обл.* бедные россыпи развиты в долине р. Чороха⁹, где были найдены *порпечит* и *родистое золото* (§ 101), изредка *золото*⁹ – все в ничтожных количествах.

В *Терской обл.*, в бассейне р. Терека, около Моздока и других местностей, бедные россыпи¹⁰. Коренное золото найдено по р. Фиэг-Дону (притоку Терека), при слиянии его с Замарашем у дер. Бугульмы-Кау. Кристаллы и пластины очень темнеют в арсенопирите. В арсенопирите же невидное золото.

В *Тифлисской губ.*, в *Борчалинском у.*, около уроч. Абульмульк, золото найдено в Дамблудском медном месторождении¹¹. Золото наблюдалось в железных и свинцовых охрах в кварце (небольшое содержание золота). По р. Дамблудке (приток Машавери), самой Машавери и др. в том же районе

¹ *Н. Лебедев*, 1898, с. 10 и сл. О прямых указаниях по разработке россыпей см. *Страбон*, изд. 1879 г., с. 509. Возможно существование древнего рудного центра около пределов современной России, в Закавказье – см. *De Launay*, 1908, с. 454 и 1910, с. 15, 18–19.

² О золоте см. *Меллер* и *Денисов*, 1900, с. 35 и сл.; *Г. Смирнов*, 1905, с. 198; *Н. Лебедев*, 1898.

³ *Севергин*, 1806, с. 99; *Эйхфельд*, 1827, с. 60; «Горн. журн.», 1851, I, с. 41 и сл.; 1854, I, с. 262; *Иваницкий*, 1853, с. 119; *Н. Лебедев*, 1898, с. 26.

⁴ Найдено Карпинским в 1820 г. Ср. *Гурьев*, 1830, с. 163 и сл.; «Горн. журн.», 1851, I, с. 97; *Н. Лебедев*, 1898, с. 28.

⁵ «Горн. журн.», 1851, I, 109 и сл.; *Н. Лебедев*, 1898, с. 28–30 и сл. Золото отчасти низкопробное – электрум (по Акстафе иногда 72% – см. «Горн. журн.», I, с. 104). Попадаетеся содержащее 9,9% Ag, 87,4% Au, без Pt («Горн. журн.», IV, с. 77).

⁶ *Клейменов*, 1832, с. 188. Ср. «Горн. журн.», 1851, I, с. 119.

⁷ *Reineggs (Ehlich)*, 1797, с. 138.

⁸ «Горн. журн.», 1851, I, с. 123 и сл.; *Гилев*, 1863, с. 69–73; *Симонович*, 1877, стр. 43 и 1901, с. 9 и сл.; *Н. Лебедев*, 1898, с. 46; *Шостак*, 1903, с. 43–49.

⁹ *Н. Лебедев*, 1898, с. 177 и сл. (отрицательные данные); *Черник*, 1904, с. 116 и сл.; *К. Кулибин*, 1903, с. 17–33.

¹⁰ Горн. журн.», 1851, I, с. 124; *Н. Лебедев*, 1898, с. 55 и сл. Ср. о содержании золота в минералах Владикавказского округа у *Стрижова*, 1899, с. 7.

¹¹ *Тресковский*, 1875, с. 5.

находятся бедные золотые россыпи¹. В Тифлисском, Душетском и Тионетском у., в Сагурамо-Глданском лесничестве, известны бедные диллювиальные россыпи с очень мелким золотом². По рекам Глданке, Тезами и т.д. наблюдаются очень бедные аллювиальные россыпи.

В Эриванской губ., в Нахичеванском у., в бассейне Аракса, золото указано в верховьях р. Аленджи-Чай (притока р. Аракса). Россыпи в речнике, бедные (0,16 г на 1 т) – тонкие пластинки (дер. Ляказы), песчинки (дер. Милах) и т.д. Максимум 0,32 г на 1 т; самая крупная песчинка – 0,88 г³. По-видимому, около Агарацкого завода попадался *электрум*⁴.

159. В Сибири⁵, в Тобольской губ., в Березовском у., бедные россыпи наблюдались вблизи отрогов Урала, по притокам р. Северной Сосьвы, например по рекам Куксии, Лягушей, Широкой (ср. § 84).

В Томской губ. главными месторождениями золота служат россыпи; коренные его выделения изучены относительно плохо. Россыпи открыты впервые Поповым в 1828 г. в Кийской речной системе, по р. Бирикулю⁶.

В собственно Алтае, в Змеиногорском у., небольшие количества самородного золота (произошло из *электрума*?) наблюдались во многих серебро-свинцовых месторождениях: в рудниках Змеиногорском⁷ (иногда в роговике), Зыряновском⁸, Риддерском⁹, Крюковском¹⁰, Новом и Старом Сокольных¹¹, Семеновском¹¹, Комиссаровском¹¹, Филипповском¹², Черепановском¹³, Втором Карамышевском¹⁴, Березовском¹⁵, в приисках Путинцевском, Москвинском, Малеевском¹¹ и др. Золото всюду здесь большей частью чрезвычайно мелкое, нередко в барите и в тесной связи с серебряными, медными

¹ Цулукидзе, 1887, с. 53 и сл.

² Марголицус, 1903, с. 78 и сл., 134, 149; Г. Смирнов, 1905, с. 198.

³ Цулукидзе, Архипов и Халатов, 1870, с. 21.

⁴ Мало проверенные указания для Бакинской губ. и Карской обл. см. у Г. Смирнова, 1905, с. 202.

⁵ Общий обзор о золоте для Сибири см. В. Обручев, I, 1911; II, 1911–1912; III, 1912; Протасов, 1833, с. 339; Абрамов, 1857, с. 413.

⁶ См. историю открытия у Ковалевского, 1835, с. 375 и сл.

⁷ В начале разработок золото встречалось часто, большей частью в виде пластинок толщиной «с лезвие ножа», редко – нитей и кристаллов – {100}, {111}, {111}. В прежнее время в Комисском Разносе встречалось на кераргирите, т.е. являлось самой новой генерацией; см. Ренованцу, 1788, с. 129; И. Герман, 1801, с. 129; 1802, с. 287–288; Шангин, 1808, с. 13; G. Rose, 1837, с. 534. По Ренованцу встречались все переходы от золота к серебру. Но он, по-видимому, судил по цвету.

⁸ Здесь встречались довольно большие зерна (с горошину). Найдено и в окружающей породе («gelbliches Pechstein», по Герману, см. И. Герман, 1801 (2), с. 222); Шангин, 1808, с. 53, 57 (Снегиревский прииск). Ср. G. Rose, 1837; Басов, 1861, с. 461 и сл.

⁹ И. Герман, 1801, с. 234; Шангин, 1808, с. 69. Прежде попадалось в хороших кристаллах (в кварце). Гривнак, 1873, с. 245. Большая часть золота очень мелкая. Связано с колчеданами. См. Ерин, 1893, с. 150.

¹⁰ Ренованцу, 1788, с. 210 (встречались зерна, волосатое на цинковой обманке); Гривнак, 1873; Майер, 1896, с. 6.

¹¹ Гривнак, 1873, с. 253; Майер, 1896, с. 6 и сл.

¹² Севергин, 1809, с. 111.

¹³ Ренованцу, 1788, с. 193; И. Герман, 1801, с. 177 (листочки в роговике и кварце с кераргиритом).

¹⁴ И. Герман, 1801, с. 193.

¹⁵ Ренованцу, 1788, с. 20; И. Герман, 1801, с. 215.

и свинцовыми соединениями – аргентитом, галенитом, халькопиритом и т.д.¹ Бедные россыпи в собственно Алтае давно указаны в бассейне Катунь и Чуи в области метаморфических сланцев (по р. Муйту и т.д.)².

Главные россыпи Томской губ. сосредоточены в речных системах, вдали от Алтайского хребта. В *Мариинском у.* в бассейне р. Яи, можно отметить *Кельбесскую систему*³. Здесь россыпи работали главным образом по правым притокам Яи (по речкам Золотому Китату, Кельбесам, Барзасу и их притокам), частью увальные (золото очень угловатое), частью русловые. Увальные россыпи отличаются большой мощностью шурфов (до 15 м) и непостоянством содержания золота. Золото очень высокопробное (до 937^{1/2}). Оно происходит, по-видимому, частью из массивных пород, частью из палеозойских железистых конгломератов, *in situ* не изученных⁴. Попадались отдельные прииски, чрезвычайно богатые, например, Марио-Афанасьевский (по р. Кельбесу) дал один более 400 кг золота. В некоторых россыпях (например Владимирской) попадались значительные самородки (до 4 кг).

Другая сеть приисков сосредоточена в том же *Мариинском у.*, в *Кийской* речной системе⁵, по р. Кии и ее бассейну – по рекам Кундату, Кундустуюлю, Большому Кожуху, Бирикулю и т.д. Золото происходит здесь отчасти из кварцевых жил, содержащих пирит, иногда халькопирит и галенит, и проходящих в гранитных и сиенитовых породах, в диоритах и порфиритах; отчасти оно заключалось в метаморфических сланцах и массивных породах – сиенитах, диоритах и пр. Кое-где кварцевые жилы разрабатывались, например, в Дмитриевском прииске⁶, в Лотерейном прииске (по р. Чирковой)⁷, Гавриловском (на Гавриловке, притоке Малого Бирикуля)⁸ и т.д. Эти жилы подчинены гранитным породам, частью лежат на контакте порфиринов с гранитами или известняками, иногда в порфиритах (по речке Митрофановой). Простираение их ВЗ. Россыпи бывают: 1) долинные или русловые, более рыхлые, с окатанными гальками, с крупным золотом внизу; 2) увальные – элювий с мало окатанной галькой; эти россыпи глинисты и содержат крупное золото. Наиболее типично они развиты в системе р. Кундаты⁹; 3) террасовые – остатки древнего аллювия (например, прииск «Отрадный» по р. Кундату); 4) нагорные (горный аллювий или элювий) – с очень крупной галькой и неокатанным

¹ Майер, 1896; Петц, 1907, с. 247.

² «Горн. журн.», 1844, II, с. 340 и сл.

³ Реутовский, 1905 (1); Зайцев, 1893 (1); 1895; Краснопольский, 1898, с. 87.

⁴ Зайцев, 1893 (1), с. 226 и сл.; 1895, с. 395 и сл.; Реутовский, 1905(1), с. 269, 271. Характер этих конгломератов заслуживает внимания. Не имеем ли мы здесь диатрем? Реутовский (1896 (2), с. 125), между прочим, указывает: «О залегании конгломератов в виде жилы дает понятие разведка в верхнем течении Благонадежного ключа».

⁵ Ковалевский, 1836, с. 196 и сл.; Семенов, 1837, с. 246 и сл.; Соколовский, 1837, с. 599; Чихачев, 1845; Щуровский, 1846, с. 202, 268; Полетика, 1860, с. 16; Зайцев, 1894, с. 7, 18; Реутовский, 1905 (1), с. 272 и сл. Открытие золота по Кии Поповым в 1828 г. было сделано по следам ссыльно-поселенца Е. Лесного (Толмачев, 1909, с. 716).

⁶ Зайцев, 1893 (2), с. 456; 1893 (1), с. 148. Золото очень богатое серебром – не электрум ли?

⁷ Зайцев, 1893 (1), с. 150; 1904 (2), с. 76 и сл. О коренных месторождениях см. еще Гудовицков, 1895, с. 197 и сл.

⁸ Зайцев, 1893(1), с. 171; 1904(2), с. 77.

⁹ Зайцев, 1910, с. 122.

золотом. Кое-где форма золота очень характерна, например в Федотовском и Андреевском приисках (по р. Бобровой, притоку Большого Кожуха) золото имело форму шариков, причем величина их увеличивалась по мере приближения к вершинам россыпей (до горошинок)¹. Богатейшие россыпи разного типа сосредоточены были по долине Кундустуюля, давшей более 12 т золота. В одном Воскресенском прииске добыто 8,7 т золота. Здесь попадались самородки весом до 5 кг, в Петропавловском – до 10 кг (с кварцем)².

В Кузнецком у. лежит золотоносная область Томско-Енисейского края, в бассейне р. Томи и ее правых притоков (Нижней, Верхней и Средней Терсей, Тайдона, Усы и т.д.). Россыпи этой горной местности очень неправильны и рассеяны отдельными участками. Они расположены частью на склонах гор – на кристаллических породах, гранитах и гнейсах, вблизи их контакта с осадочными породами (Верховья Тайдона, Алзаса и пр.), и тогда богаты золотом³. Руслевые же россыпи, с 0,5–1,3 г до 2,6 г золота на 1 т породы⁴, лежат у подножия гор, в полосе сильно метаморфизованных девонских пород – известняков с дайками изверженных пород из группы ортофинов и норфиритов, причем эти сильно метаморфизованные породы иногда переслаиваются с известняками. К первому типу россыпей относится, например, Бурлевская, дававшая самородки до 400 г, иногда прекрасные кристаллы золота⁵. В россыпи Басалаевской (бассейн Средней Терси) наблюдалось древовидное золото. В постели россыпи (например, Богородице-Рождественской) наблюдались выходы кварцевых жил; они указаны и по р. Бурлевке. В общем, аналогична им по характеру россыпей и другая часть области бассейна р. Томи и ее левых притоков – Кондомы, Мрас-Су, Балыксы и т.д. Россыпи по Балыксе и ее притокам – Магызе, Большому Камзасу, Веселой и др. – образовались, по-видимому, разрушением кварцевых жил. Иногда в них встречаются самородки⁶. Тот же характер имеют и другие россыпи бассейна Томи. Одним из богатейших промыслов был Царево-Николаевский на притоке р. Ортона – Федоровке, в бассейне Мрас-Су. Здесь попадались самородки и куски золота с кварцем. Россыпи находились в области известняков и сланцев. С 1836 по 1858 г. они дали до 6 т золота. Прииск вновь немного работал в 1880–1890-х годах⁷. Богатые прииски расположены в верховьях р. Абакана (по рекам Кызасу, Ане, Чахану и др.)⁷. Здесь из одного Пророко-Ильинского прииска (по Кызасу)

¹ Ковалевский, 1836, с. 205; Семенов, 1837, с. 252.

² О так называемом белом золоте Петропавловского прииска см. ниже – золотая амальгама, § 191.

³ Реутовский, (1806 (2), с. 163) считает их связанными с береговой линией древнего моря. По р. Тайдону золото найдено в 1849 г. партией Сафонова, по р. Нижней Терси в 1834 г. – Фрезе и т.д. (см. Толмачев, 1909, с. 717, 723). Толмачев встретил золотое дело в упадке. Запасы Au в Кузнецком Ала-Тау далеко не исчерпаны. Толмачев дает сводку, прибавляя очень мало своего.

⁴ О них см. Семенов, 1837; Щуровский, 1846; Пранг и Ярославцев, 1861, с. 330 и сл.; Реутовский, 1896 (2), с. 163; Поленов, 1901, с. 300 и сл. (литература); Реутовский, 1905 (1), с. 280 и сл.

⁵ Щуровский, 1846, с. 190.

⁶ Зайцев, 1892 (1).

⁷ Реутовский, 1894, с. 29; 1896 (2); 1905 (1), с. 286, 291; Пранг и Ярославцев, 1861, с. 332 и сл.; Щуровский, 1846, с. 156; Адрианов, 1888, с. 92 и сл.; Зайцев, 1892 (1). О связи золота с породами Абаканского района см. еще В. Обручев, 1911 (2), с. 15; Ячевский, 1909, с. 23.

добыто больше 9 т золота. По Кондоме золото наблюдалось и в кварцевых жилах¹. Россыпи по Большому и Малому Кызасам произошли разрушением кварцевых золотоносных жил или прожилков в полосе метаморфических песчаников и сланцев².

В *Томском у.* россыпи наблюдались по притокам Томи (по р. Северной Ушайке)³ В *Кузнецком*, частью *Барнаульском* и *Томском у.*, в Салаирском кряже⁴, россыпи расположены по притокам р. Верди (Суенга, Большой Ик и т.д.), Ини (Касьма, Ур⁵ и пр.), Малой Тайлы и др. По Берде и Малой Тайле россыпи приурочены к выходам кристаллического известняка⁶. По притоку р. Суенги – Фомихе (Петровке) лежит Георгиевский (Егорьевский) золотой промысел, открытый в 1830 г. Он дал с 1830 по 1844 г. больше 500 кг золота. Откуда описаны самородки золота, состоящие из {111}⁷. Золотоносны и другие речки и лога, впадающие в Суенгу и ее притоки⁸. Около дер. Петеновой по Суенге найдена кварцевая золотоносная жила. Такие жилы наблюдались и во многих других местах, например среди диоритовых порфиров около р. Копенной (притока Ура)⁹, около Салаира, на Немецкой горе¹⁰. Издавна золото указывалось в охрах и барите Первого Салаирского рудника¹¹.

На *Алтае* известны главным образом коренные месторождения золота. В Петровском руднике оно находится с баритом, тетраэдритом и аргентитом в сажистой зоне; в Семеновском – в виде волосков в сфалерите, пластинок и чешуек в других рудах¹². Кристаллы редки. Золото неоднородное. Обычно встречается электрум.

В южной части – в *Бийском у.* – золотоносна система р. Лебеди, притока р. Бии (по рекам Большому Каучаку, Андабе, Албассе и т.п.). Здесь наблюдались аллювиальные россыпи¹³. В Воронцовском прииске в системе р. Андабы найден самородок золота весом 24,87 кг¹⁴. Увальные россыпи известны около с. Каянчи. Здесь и по р. Найме (бассейн Катунь) наблюдались выходы кварцевых и кварцево-баритовых золотоносных жил. Золото наблюдалось и в массивных породах – в фельзитовом порфире около дер. Уалы (примазки в трещинах). В фельзитовом порфире около р. Эгули (приток Иша, бассейн Катунь) золото найдено в фельзитовой массе и в кристаллах плагиоклаза. Мелкое золото наблюдалось в кварцевых порфирах и песчаниках по р. Бии¹⁵.

¹ Зайцев, 1903, с. 75 и сл.

² Ср. о поисках коренных месторождений – Мамонтов, 1908, с. 62. О золотоносных жилах см. В. Обручев, 1915, с. 91–92.

³ Зайцев, 1896, с. 103; 1910, с. 117 и сл.

⁴ Державин, 1896, с. 83; Реутовский 1905 (1), 297 и сл.

⁵ Соколовский, 1834, с. 207.

⁶ Соколовский, 1834; Иностранцев, 1898 (2), с. 95. В доломитизированном известняке находится серный колчедан, содержащий золото. См. Щуровский, 1846, с. 251.

⁷ Иностранцев, 1906, с. 291.

⁸ Щуровский, 1846, с. 253 и сл.; Чихачев, 1845, с. 263; Гельмерсен, 1848, с. 24; Еремеев, 1895; прот., с. 62 (крист.); Петц, 1898, с. 108.

⁹ Нестеровский, 1896, с. 327; Поленов, 1898, с. 143.

¹⁰ Иностранцев, 1895 (2), с. 4. Ср. для бассейна Суенги – Мамонтов, 1908, с. 4, 64.

¹¹ И. Герман, 1801, с. 276; Шангин, 1808, с. 79.

¹² Пилипенко, 1915, с. 323 и сл.

¹³ Еремин, 1895.

¹⁴ Макеров, 1906, с. 140.

¹⁵ Яковлев, 1908.

В окрестностях Телецкого озера известны как россыпи, так и коренные месторождения (около Сергиевского прииска по р. Малому Колычану и др.)¹. Наконец, в самой южной части губернии золотые прииски находятся в бассейне р. Бухтармы².

Для *Кузнецкого Ала-Тау* В. Обручев (1911 (2), с. 136) связывает золотоносность с выделениями гранитов и их дериватов (в том числе зеленокаменной породы); в связи с ними выделились содержащие золото жилы и импрегнации. Б. Поленов (1915, с. 569) полагает, что «при настоящем, по крайней мере, уровне нашего знакомства с геологическим строением Ала-Тау и Салаирского кряжа было бы более правильно в зеленокаменных породах метаморфической толщи видеть не только вторичных носителей золота, полученного ими при интрузии пород гранитной формации, но и первичный его источник». Район этот недостаточно разведан на золото.

Недалеко от китайской границы есть золоторудный район по р. Алкабеку (притокам его – Нижней Теректе и Ашале), в предгорьях правого берега Черного Иртыша. Кварцевые жилы в хлоритовых и других сланцах, в связи с гранитами, с пиритом, иногда блеклой рудой. Золото мелкое, иногда невидимое, высокопробное (960–995)³. Район не изучен.

160. *Енисейская губ.* наиболее богата в Сибири месторождениями золота. Россыпи открыты в 1837 г., коренные – золотоносные кварцевые жилы – в 1870–1880 годах, хотя уже раньше были указания на их существование⁴.

В Енисейской губ. с 1840 по 1907 г. добыто 437 т золота. Для россыпей наблюдается постепенное уменьшение количества приисков и добычи золота:

1882	224	прииска	3,38	т
1895	274	»	3,0	»
1902	177	»	1,64	»
1907	108	»	1,25	»
1912	112	»	1,48	»

Начинают разрабатываться бедные россыпи – усовершенствованными способами.

Добыча рудного золота:

1884	1	рудник	5	кг
1893	3	»	15	»
1901	1	»	5,5	»
1912	3	»	8	»

За 1884–1912 гг. добыто не более 0,6 т Au. По-видимому, месторождения неблагонадежны. В. Обручев (1915, с. 8, 10, 91) считает, что наиболее важными явятся и в будущем россыпи.

Золотоносные месторождения Енисейской губ. схожи с саянскими и североалтайскими. Золотые россыпи приурочены к древнейшим осадочным породам и находятся в генетической связи с гранитными массивами, их кварцевыми жилами, заполнившими трещины, образовавшиеся до интрузии гранитов.

¹ Реутовский, 1905 (1), с. 300 и сл., 311; Бояришинов, 1845, с. 22; Мамонтов, 1908, с. 70.

² Реутовский, 1905(1), с. 301.

³ Котульский, 1921.

⁴ В. Кулибин, 1890, с. 552; Лаговский, 1889, с. 424 и сл.; Латкин, 1867, с. 498 и сл.; 1892, с. 197 и сл.; В. Обручев, 1915, с. 7, 50 (общая сводка для Северо-Енисейского района).

Главные месторождения сосредоточены в *Енисейском у.*, где различают две группы приисков – северную и южную¹. Здесь, на *севере*, золотоносные прииски сосредоточены в бассейне Енисея, главным образом по Большому Питу и его притокам и в области Подкаменной Тунгуски, где самые богатые прииски лежат в бассейнах Теи и главным образом Енашимо. Есть немногие прииски в системах рек Кутукаса, Гаревки и Тиса, впадающих справа в Енисей. Большая часть россыпей бассейна Енисея – долинные. Богатые россыпи сосредоточены по системе р. Нойбы (левого притока Теи) и правым притокам Енашимо (Количикон, Олонокон, Огнё и т.д.) и по самому Енашимо².

Вероятно, самыми богатыми россыпями явились россыпи по р. Севаг-ликону (притоку Калами, впадающей в Енашимо), давшие с 1841 по 1900 г. на протяжении 16 км (россыпи непрерывно тянутся на протяжении 30 км, ширина приисков 200–400 м) 51 т золота при среднем содержании 4 г на 1 т³. Россыпи произошли разрушением гнейсов, слюдистых и глинисто-слюдистых сланцев, богатых золотоносными кварцевыми жилами. Один Титовский прииск дал 17 т золота. Золото содержало 87–93% Au, 6,5–12% Ag. Немного менее богаты были россыпи в бассейне р. Вангаши, по притокам Большого Пита – Актолику и др. По Актолику Ивановский прииск (1841–1900 гг.) дал 18,6 т Au при среднем содержании 4,8 г на 1 т. Богатство россыпи зависит в значительной степени от характера дна. Местами, в зависимости от его размывания, образуются огромные ямы, гнезда, богатые золотом (Гавриловский и Нижне-Мариинский прииски на Енашимо). Некоторые россыпи, например Гавриловский прииск (на Енашимо, около устья р. Огнё), являются элювиальными россыпями (на золотоносной брекчии)⁴. В Гавриловском прииске золото встречалось в самородках, с кварцем в виде «кристаллов, жилок и веточек»⁵. Большей частью элювиальные россыпи, происшедшие разрушением брекчий, распространены полосой по направлению сдвига от Успенского прииска до Огневки. В этих россыпях золото большей частью мелкое, ноздреватое. Самородки редки. Встречались прииски, исключительно дававшие самородки (до нескольких фунтов – Михайловский, Бенардаки, по р. Олонокону, притоку Енашимо). Здесь золото было 88 пробы, обычно 89–89²/₃⁶.

В Северо-Енисейском окр. до 1900 г. известен был 491 прииск. Среднее валовое содержание золота в них мало колебалось; так, с 1891 по 1900 г. оно отвечало 0,75–0,85 г на 1 т песка⁷. Проба золота во всем округе колебалась от 981 (Васильевский прииск по Енашимо и р. Безымянная по Большому Питу) до 871 (Александр-Ачеевский прииск по рекам Большой и Малой

¹ *Севастьянов*, 1862, с. 545 и сл.; *Латкин*, 1869; *Тове и Горбачев*, 1899; *Реутовский*, 1905 (1), с. 313 и сл.; *Внуковский*, 1905; «Геологические исследования в золотоносных областях Сибири. Енисейский район», I–V, VIII, 1900–1909; *Мейстер*, 1903–1908; 1904(2); 1905; 1907; 1908(2).

² *Ячевский*, 1900, с. 14 и сл.

³ *Гофман*, 1844 (1), с. 139; *Внуковский*, 1905, с. 344.

⁴ *Гофман*, 1844 (2), с. 347 и сл.; *Севастьянов*, 1862, с. 547–548; *Зайцев*, 1895, с. 139; *Ячевский*, 1900, с. 17–18.

⁵ *Латкин*, 1869, с. 25.

⁶ *Севастьянов*, 1862, с. 554.

⁷ *Внуковский*, 1905, с. 416.

Дытынам). Россыпи, богатые самородками, давали металл высшей пробы, рудное золото было низшей пробы¹.

В бассейне р. Аяхты (бассейн Большого Пита) россыпи произошли от разрушения гранитных пород. Золото светло-желтое $86^{2/3}$ пробы). Сходны россыпи по р. Унтугун (золото 90–91 пробы)².

Россыпи в Северо-Енисейском районе большей частью аллювиальные и более или менее снесены. К «почти элювиальным» можно отнести выработанную россыпь Сухого лога (по Севагликону). На террасовые или увальные мало обращали внимания (увальные, например, Даниловский ключ, приток р. Севагликон). Толщина золотоносного слоя 1,5–2 м. На р. Огнё (прииск Рязановых) работался золотоносный пласт мощностью 20,5 м. Ширина россыпи по небольшим речкам 10–30 м, на больших нередко от 80–120 до 400–500 м³.

На основании всех данных В. Обручев считает, что золотоносность осадочных и метаморфических пород доказана недостаточно и не может объяснить аллювиальные россыпи. Часть россыпей северной части – по рекам Огнё, Огневке, Енашимо, Нойбе, Чингасану, Оллончимо – могла образоваться разрушением коренных образований по линиям сбросов (по Ячевскому – созданных выходящими источниками). Обручев подчеркивает, что все эти породы наблюдались только в отвалах. Для средней и южной части района кварцевые жилы связаны с гранитными массивами (Аяхтинский, Чилимбинский и Гурахтинский).

Золотоносные конгломераты, должно быть, представляют морские ископаемые россыпи кембро-силурийского возраста⁴.

Очень развиты в этом районе разнообразные месторождения золота в детритовых породах разного возраста. Часть их, может быть, является ископаемыми россыпями (конгломераты), часть несомненно принадлежит к чисто *детритовым месторождениям золота* (§ 130). Так, золотоносны любопытные песчаниковые породы, богатые пиритом, тейской свиты. Еще более резко выражена золотоносность древних конгломератов и связанных с ними песчаников по р. Вороговке (впадающей в Енисей) и притокам р. Теи (впадающей в Подкаменную Тунгуску). Конгломераты богаты гальками кварца и цементированы кварцево-железистым цементом. По-видимому, главная масса золота сосредоточена в цементе⁵.

Собственно коренные находения золота могут быть отнесены к месторождениям резко разного типа: 1) брекчии; связанные со сдвигами, 2) кварцевые жилы и 3) массивные породы. Первый тип⁶, к сожалению, мало изучен. Большей частью он представлен россыпями, расположенными по сдвигу, как указано выше. Цемент брекчии известковый и кремнистый; она содержит куски жильного кварца, известняков, лимонита, гальки глинистых сланцев и т.д. Очень характерно нахождение в нем халцедона. Другой тип представляют кварцевые жилы, иногда пластового характера. Золотоносные кварцевые жилы по среднему течению Енашимо и его притокам были разрабатываемы

¹ Там же, с. 419.

² Стальнов, 1912, с. 26 и сл.

³ В. Обручев, 1915, с. 65.

⁴ В. Обручев, 1915, с. 75, 83.

⁵ Ячевский, 1903, с. 55 и сл., 60 и сл.

⁶ Ячевский, 1900, с. 17–18; 1903, с. 73.

(Сергиевский прииск и др.) и известны по Севагликону и другим местам¹. Жилы содержат, кроме золота, пирит (иногда мышьяковистый), арсенопирит. Эти колчеданы содержат золото. Местами жилы были богаты видимым золотом, оно высокопробное. По-видимому, есть разные типы жил – кварцевые пластовые среди гнейсов и слюдяных сланцев и обычные кварцевые среди метаморфических глинистых сланцев и кварцитов. Не исключена возможность контактовых жил на границе гранитов с породами тейской свиты. В массивных породах золото невидное, в очень малом количестве². Вероятно, к тому же типу должна быть отнесена золотоносность гнейсов³.

161. В южной части Енисейского у. прииски (террасовые, долинные и увальные россыпи) сосредоточены: на юге – по правым притокам р. Ангара (Каменке, Удерею, Рыбной, Большой и Малой Мурожной, Татарке)⁴, на севере – по левым притокам Большого Пита (Горбилку, Большой и Малой Пенченге, Аяхте, Сухому Питу, Унтугуну, Кадре)⁵, на западе – по притокам Енисея (Рудиковке и Зырянке). Россыпи очень глинисты, богаты галькой местных пород. Преобладают россыпи более или менее резко выраженного элювиального или руслового характера.

Русловые россыпи (аллювиальные) образовались в один период, «без серьезных перерывов». В таких россыпях золото мелкое и более или менее окатанное (по р. Безымянке, Иннокентьевский прииск и т.д.). Золото нередко покрыто «рубашкой» (мало снесенные россыпи).

Россыпи второй террасы иного характера, более песчанисты, золото крупное, окатанное, с кварцем, в «рубашке» (Ивановский прииск по р. Удоронге)⁶.

По речкам Боровой, Талой и т.д. встречались глубокие увальные россыпи, выше современного русла рек; мощность наносной вязкой глины в таких россыпях больше 20–25 м. Золото в них крупное, мало окатанное, с кварцем. Оно встречается иногда в нескольких горизонтах россыпи (Эдуардовский прииск по Большой Мурожной, Алымовский по р. Боровой и т.д.)⁷. Зайцев считал такие россыпи элювиальными, Мейстер думает видеть в них террасовые россыпи или отложения бурных потоков. Мощные (до 28 м и больше) россыпи (по Большой Мурожной, например Крестовоздвиженская) обусловлены неровностями древнего ложа реки (вызванными «поперечными относительно направления долины сбросами»). Это смешанный тип – террасовый и долинный. Возможно его существование в верховьях Удерея.

¹ Лаговский, 1889, с. 426; В. Кулибин, 1890, с. 559; Ячевский, 1894, с. 137–141; 1900, с. 15 и сл.; 1903, с. 52 и сл.; Азанчевский, 1896, с. 166; Реутовский, 1905(1), с. 334 и сл. В вершинах Суховологи (левого притока Севагликона) разрабатывалось коренное месторождение золота в «кварцевых, фальбандового характера» жилах, проходящих в гнейсе (Ячевский, 1894).

² Ячевский, 1903, с. 74; 1904, с. 42; Ижицкий, 1904, с. 24 (в граните, содержащем пирит).

³ Богаты турмалином по р. Гаревке (Ячевский, 1903, с. 59).

⁴ Мейстер, 1908 (1); 1903 (2); 1904 (3); Тове и Горбачев, 1899; В. Обручев, 1915, с. 11.

⁵ Ижицкий, 1901, с. 49 и сл.; Гофман, 1844 (2), с. 389 и сл.; Латкин. Энцикл. слов. Брокгауза, XXII, с. 649 и сл.; Реутовский, 1905 (1), стр. 336 и сл. Сводка А. Мейстера, 1910, по южной части Енисейского окр.; В. Обручев, 1915.

⁶ Мейстер, 1900, с. 74–75. По мнению В. Обручева (1915, с. 22), аллювиальные россыпи Мейстера скорее имеют характер элювиальный. Я думаю, это верно.

⁷ Зайцев, 1892; Мейстер, 1908 (1), с. 55 и сл.

Источником золота в россыпях являются главным образом золотосодержащие кварцевые жилы. Кварцевые жилы выполняют тектонические трещины, иногда содержат полевой шпат и приближаются к аплитам; они связаны с послевулканическими процессами, обусловленными выходом гранита. Эти процессы закончились перед кембро(?)–силурийской эпохой.

Кроме возможного нахождения глубоких россыпей в верховьях Удерея, нет надежд на дальнейшее их развитие; они могут считаться практически замирающими. Будущее района зависит от возможного открытия кварцевых золотоносных жил¹. Встречались в этом районе очень богатые прииски, так, например, в Петропавловском прииске на Малом Шааргане с 1839 г. добыто до 9,4 т золота²; в Спасском прииске по р. Пескиной (бассейн Удерея) с 1839 по 1889 г. добыто 13,3 т золота; толщина песка достигала 4 м³. В россыпях вершин Удерея и по р. Мuroжной попадаются кристаллы и самородки золота. В Крестовоздвиженском прииске (бассейн Мuroжной) встречались самородки до 4 кг⁴. В Благодатном прииске по р. Шааргану наблюдались кристаллы золота {110}⁵. В Александровском прииске по р. Мuroжной – {100} параллельные сростки⁶. Своеобразное золото попадалось по р. Пескиной (в прииске Николаевском и др.): «зерна золота, величиною с орех или горошину и более, покрыты бурой, блестящей корою водного окисла железа, столь плотно облегающей зерно, что ее надобно отбивать молотком; малые же зерна совершенно чисты»⁷. Химический состав золота сильно колеблется; в приисках по р. Пескиной 85–88% Au, 11,5–14% Ag, по Удерею – более богатое, например, в Леонтье-Николаевском прииске (по р. Тагдатайке) 96% Au и около 4% Ag. По р. Мамону встречено было очень светлое, богатое серебром золото 84-й пробы (Успенский, Николаевский и другие прииски)⁸.

В. Обручев (1915, с. 23) верно указывает на связь всех россыпей Южно-Енисейского района с гранитными массивами (см. его карту) – Аяхтинским (Аяхта, Унтугун, Кадра и ее притоки, богатый золотом Нижний Севагликон и т.д. и левые притоки Большой Пенченги). Другим гранитным массивом является Татарский массив, названный так Обручевым. Аяхтинский массив дал до 1897 г. 6,28 т золота, Татарский – 147 т. Распределение россыпей, связанное с этими массивами, очень неправильное, что указывает на неравномерное распределение в этих массивах коренных месторождений. Кварцевые жилы (иногда содержащие не только полевой шпат и мусковит, но и биотит и турмалин) связаны с гранитными породами и являются отложениями ювенильных кремнистых терм. В отличие от Мейстера, Обручев считает, что для Южно-Енисейской тайги не исключена возможность нахождения новых площадей россыпного золота⁹.

¹ Мейстер, 1910, с. 103–129.

² Мейстер, 1905, с. 32.

³ «Горн, журн.», 1844, I, с. 137.

⁴ Гофман, 1844(2), с. 401.

⁵ Мейстер, 1904 (1), с. 107; указан в 1845 г. в «Северной Почте».

⁶ Коллекция Академии наук. Доставлено Переплетчиковым.

⁷ Гофман, 1844 (2), с. 393.

⁸ Тове и Горбачев, 1899, с. 53.

⁹ В. Обручев, 1915, с. 35.

В Козьмодемьянском руднике (Хилковской жиле), по-видимому, золото связано с пиритом. Рудник заслуживает разведки¹.

Коренные месторождения мало изучены. Кое-где кварцевые жилы разрабатывались, например, в системе р. Рыбной, притока Ангары (Козьмодемьянский рудник), р. Мурожной (Герасимо-Федоровский рудник и т.д.)². Золото Южно-Енисейского района не связано с выходами изверженных пород, но находится в кварцевых жилах, рассеяно в глинистых сланцах, филлитах, доломитах и известняках. Выход его связан с дислокационными процессами. Некоторые жилы были очень мощны (например, Герасимо-Федоровская – до 6 м мощностью), заключая в среднем 26 г Au на 1 т породы. Жилы содержат золотоносный пирит³. Из глинисто-слюдистых сланцев, при их истирании, получается очень мелкое золото (Петропавловский прииск на Малом Шааргане и Успенский – на Безымянном ключе). Сланцы богаты колчеданом, в котором иногда находится золото (также в доломитах)⁴. Количество его доходит до 21 г на 1 т породы (Успенский прииск). Однако прямые опыты указывают, что нельзя всегда считать колчедан источником золотоносности породы. Так, например, в глинистом сланце по Большому Питу оказалось 0,55 г золота на 1 т, а выделенный из него колчедан золота не содержал. Золото россыпей большей частью более крупное и произошло из кварцевых жил⁵, хотя часть его попала и из детритовых пород.

В 1911 г. открыто коренное золото в Аяхтинском районе (Николаевский второй рудник), в кварцевых золотоносных жилах в кварцево-слюдистых сланцах, внедряющихся в гранитный массив. Это кварцево-пиритовая формация (с арсенопиритом)⁶.

Об Аяхто-Шайдурихинском районе см. И. Токарев, 1920, с. 378.

162. В Красноярском у. относительно бедные россыпи расположены по левым притокам Енисея (Почвенная, Бирюса и т.д.) и Маны⁷.

Точно так же небогаты россыпи Канского у., расположенные по правым притокам Енисея и Кана⁸, главным образом по западному склону Приенисейского кряжа. В Успенском прииске (по р. Кимбирке) найден гранит с включениями золота⁹.

Гораздо больше значения имеют месторождения Ачинского у., главным образом коренного золота (разрабатываются с 1896 г.)¹⁰. Здесь кварцевые жилы связаны с гранитами, диабазами и уралитовыми порфиритами, а также

¹ Там же, с. 38–48.

² Зайцев, 1892 (1); Мейстер, 1900, с. 75; 1901, с. 32 и сл.; 1903 (1), стр. 19; 1905, с. 36; Тове и Горбачев, 1899, с. 397 и сл.; Азанчевский, 1896, с. 166.

³ Реутовский, 1905 (1), с. 347 и сл.; Мейстер, 1904 (3), с. 55.

⁴ О нахождении золота в сланцах (химическим путем) в р. Блохиной, системы Ангары, см. Мейстер, 1904 (2), с. 31. В мелких колчеданах из доломитов по р. Ангаре золото констатировано сухим путем – Мейстер, 1904 (3), с. 13.

⁵ Мейстер, 1903 (1), с. 23–24; Макеровский, 1844, с. 24–25; Гофман, 1844 (2), с. 393 и сл.

⁶ В. Обручев, 1915, с. 48 и сл.

⁷ Реутовский, 1905 (1), с. 351 и сл.; В. Обручев, 1911, с. 43 и сл.

⁸ Реутовский, 1905 (1), с. 352–353. Ср. Павлинов, 1835, с. 78 и сл. (по р. Яксе золото найдено в чиполинах).

⁹ Ячевский, 1890, с. 12.

¹⁰ Зайцев, 1901; 1904 (2), с. 77, 53 и др.; Bordeaux, 1902, с. 506 и сл. О Саралинской группе см. Маршалов, 1922, с. 114.

с сиенитами. Они развиты в бассейне рек Черного, Саралы и других Юсов (система р. Чулыма); на них расположены рудники Иоанновский, Богомдарованный, Владимирский и др. В Богомдарованном руднике содержащая пирит и золото разрушенная порода представляет порфирит, изменившийся на контакте с дайками лампрофировых пород (вогезитов и т.д.). Жильный кварц содержит алюмосиликаты и является как бы переходом в аплиты¹.

Россыпи сейчас мало работают. Они образовались частью из кварцевых жил, частью из пород, богатых золотоносным пиритом. Мощность кварцевых жил невелика (1–3 м); они представляют заполнения брекчиевидно разрушенной породы (богатой эпидотом); золото содержится на некотором от них расстоянии и в окружающей породе (до 6–7 м от контакта с жилой). Жилы нередко заключают пирит. Золото очень мелкое, находится в кварце. Большая часть жил имеет простирание З-В, но есть и другая система жил – С-Ю. Зальбандов нет, но между кварцевыми жилами, более или менее параллельными, находится измененная порода (особенно ясно для сиенита). Россыпи² открыты в 1834 г. и расположены по восточным склонам Ала-Тау; кое-где встречались в них самородки (например, в Рождественском прииске по р. Малому Ингулу; в Аннинском прииске по р. Юсу находились самородки с кварцем).

В Минусинском у. коренные месторождения выражены кварцевыми жилами, которые имеют ясно контактовый характер – в гранитах или на спае между сиенитовым порфиром и гранитом³ (ср. § 117) по р. Тибику и др., бассейн Абакана (ср. § 159). Коренное золото добывалось до 1906 г., россыпное с 1830 г. В 1860 г. добывалось более 1,23 т, в 1870–1880 – около 0,5 т, в 1909 г. – 190 кг. Прииски долинные, постплиоценовые и новейшие (остатки с железными орудиями на Михайловском прииске, бассейн Большого Анзаса). И. Толмачев (1913) их не считает безнадежными – наоборот. В пластинках и кристаллах в кальците с гранатом и фассаитом золото встречается в контактовых породах в Ольгинском прииске (р. Полуденный Мурюк). Серебристое золото наблюдалось в контактовых гранатовых породах (до 3,9 г на 1 т, по Н. Тихонову)⁴. Возможно нахождение Au в бедных россыпях по Тарбану (притоку Большого Уленя). Разрабатываются коренные месторождения по р. Ольховке (притоку р. Дусеби, впадающей в р. Кизыр). Золото находится в кварцевых, известняковых и роговиковых породах на контакте гранитного массива с метаморфизованными породами, в пирите и в свободном состоянии (проба 800–860). В 25 км открыто коренное месторождение Чибижек близ Спасо-Преображенского прииска, на контакте известняков с гранитами, большей частью в кварцевых прослойках среди известняков, но и в самих известняках⁴.

Современные и древние наносы главных рек Минусинского у. золотоносны (в среднем 0,65 г на 1 т)⁵. В восточной части уезда, в системе рек Амыла и Систикема, кварцевые жилы залегают в метаморфических сланцах⁶.

¹ Гудков, 1910; Эдельштейн, 1909, с. 67–87, 63, 65.

² Полетика, 1860, с. 15; Реутовский, 1905 (1), с. 353 и сл.; Bordeaux, 1902.

³ Ячевский, 1896, с. 12.

⁴ Эдельштейн, 1915, с. 95–96, 54; 1916, с. 154, 157.

⁵ Д. Соколов, 1916, с. 174.

⁶ Реутовский, 1905 (1), с. 367–368: О золотоносности Минусинского уезда см. Толмачев, 1913, с. 44 и сл.

Наиболее богатые россыпи¹ сосредоточены в восточной части уезда – в системах рек Тубы, Сисима и т.д., а также Амыла, Систикема. В Спасо-Преображенском прииске по р. Чибижеку (система Кизыра) найден наибольший самородок золота, встреченный до сих пор в Сибири, – в 29 кг². Известны россыпи в *Усинском окр.*, в бассейне р. Усы (ср. § 84, 96)³. Золотоносность в бассейне р. Таловки (Талыкжул), впадающей в р. Серлих (Илекем), приток Енисея, в отрогах Куртушибинского хребта⁴, связана с роговообманковыми диоритами. Кварцевые золотоносные жилы находятся всегда на контакте метаморфизованных пород с роговообманковыми. Известны (с 1880 г.) россыпи (*Илекемская система*), которые не могут считаться выработанными. Добыто золота около 3,27 т, высокой пробы, пласт 1,75–2,8 м, Au – 0,8–1,1 г на 1 т. Золото большей частью в пластинках. Россыпи образовались не только за счет кварцевых жил, но и за счет метаморфизованных пород (песчаники и сланцы), заключающих сульфиды (пирит), содержащие золото. В 1913–1915 гг. в Куртушибинском хребте открыто рудное золото в кварцевых жилах с золотосодержащим пиритом, пирротином и т.д.

163. В *Иркутской губ.* впервые золото найдено в 1825 г. Лавинским⁵. В *Нижнеудинском у.* золотоносные прииски расположены в системе р. Ангара, по рекам Бирюсам и их притокам – Хорме (открыто в 1836 г.), Унгурбею и т.д. Золото было местами крупное, попадались самородки (в Ново-Великониколаевском руднике, в бассейне Хормы, – до 400 г). Золото включает 91–95% Au, 4–8% Ag. Россыпи, по-видимому элювиальные, находятся в генетической связи с разнообразными породами – сильно измененными авгитовыми сиенитами, диабазами, гранитами, офиокальцитами и т.д.⁶ В 1833 г. найдены россыпи по системам рек Кана, Малого Агула, Маны, на границе *Канского у.*⁷

В *Иркутском у.* бедные прииски известны около Иркутска, затем по рекам Оке, Белой, около оз. Байкала. Здесь выходят конгломераты, цемент которых содержит золото. Золото очень мелкое. Разрушением этого конгломерата образуются бедные россыпи (например, по р. Малые Коты и т.д.)⁸. Небогатые россыпи золота известны по левым притокам р. Оки, у монгольской границы, в низовьях рек Большого Сархоя, Мончал Дибан в верховьях р. Дибан и т.д. Золота не больше 2,6 г на 1 т⁹.

В *Верхотенском у.* бедные россыпи отмечены в верховьях р. Сармы и в истоках Лены, а более значительные известны в бассейне р. Тыи¹⁰, где золотоносно среднее течение р. Нюрундукана; здесь, на ключе Ковынах (левом

¹ Реутовский, 1905 (1), с. 359 и сл.

² Зайцев, 1898 (2), с. 91.

³ В. Обручев, 1911 (2), вып. 1, с. 19 и сл.; Коровин, 1915.

⁴ Порватов, 1915, с. 267.

⁵ Саблин, 1846, с. 230 и сл. «Находка золота» Лавинским требует поправки. Охотники нашли золото в желудках глухарей, убитых по р. Белой, впадающей в Ангара, в 80 км от Иркутска. Посланные Лавинским чиновники и горный инженер золота не нашли. См. дневник Щукина, участника экспедиции, 1858, с. 2 и сл.

⁶ Гофман, 1844 (2), с. 231 и сл.; Макеровский, 1844, с. 9 и сл.; Ижицкий, 1896, с. 92.

⁷ Саблин, 1846, с. 245.

⁸ Макеровский, 1844, с. 5; Саблин, 1846, с. 233. О месторождениях в Иркутском у. См. Черский, 1895, с. 160.

⁹ Эдельштейн, 1917(1), с. 221.

¹⁰ Реутовский, 1905 (1), с. 370 и сл.

притоке Нюрундукана), золото добывалось давно. Золото крупное; были самородки до 1,2 кг (с кварцем). Работают Александровский и Николаевский прииски¹. Золото есть и в самом Нюрундукане. Золото из метаморфической породы, должно быть, старое, детритовое (ископаемые россыпи).

В *Киренском у.* признаки золотых россыпей наблюдались около Киренска, и россыпи работали по речной системе Нерпи (Джелагуну и т.д.)².

164. В *Якутской обл.*, в бассейне Лены, сосредоточены одни из богатейших площадей золотоносных россыпей Сибири. В *Олекминском окр.*³ золото найдено в 1843 г., а разработки начались в 1852 г. в так называемой *Олекминской* золотоносной системе⁴. В 1860 г. было открыто золото в *Витимской* золотоносной системе, где россыпи расположены по притокам Витима – рекам Бодайбо, Безымянной, Энгажимо и т.д., в Олекминской системе – по рекам Ныгри, Атыркан-Бирекану, Угахану, Кадаликану, Хомолхо и т.д. Золотоносна не только область бассейнов Олекмы и Витима, но и бассейны других притоков Лены, например Большого Патома⁵. Россыпи здесь по возрасту доледниковые или нижнеледниковые, межледниковые и послеледниковые. Долодниковые практически наиболее важны – глубокие россыпи элювиального, иногда аллювиального типа. Современные и межледниковые – мелкие элювиальные и аллювиальные, причем межледниковые наблюдаются в нижней морене. Ледниковые состоят из отложений подледниковых вод или озер. Они образовались путем переработки коренных, большей частью элювиальных россыпей древнего возраста (террасовых). В общем, во всех этих россыпях мало наблюдается перенос материала. По положению в речных долинах можно различать россыпи увальные (террасовые) и долинные; так, например, по Сухому логу известна террасовая Предтеченская россыпь и внизу долинная Александринская⁶. Наиболее древние россыпи – террасовые. В долинных мы наблюдаем более древнюю группу и более молодую – русловые россыпи. Золото русловых россыпей очень мелкое. В элювиальных россыпях, очень мощных, золото нередко крупное и попадаются кристаллы {111}, {111̄}, {100} (прииск «Верный»)⁷. Большей частью россыпи лежат на коренной золотоносной породе. Золотоносный пласт состоит из темно-серых песчано-щебневых и песчано-галечных отложений; он богат крупными обломками и щебнем

¹ П. Преображенский, 1913, с. 112.

² Саблин, 1846, с. 237.

³ Таскин, 1865, с. 236 и сл.; Реутовский, 1905 (1), с. 374 и сл. «Геол. исследования в золотой, обл. Сибири, Ленский район», I – IV, СПб., 1901–1907; А. Герасимов, 1904; 1907; В. Обручев, 1891; 1903, с. 70 и сл.; 1907, стр. 238. Общие данные см. В. Обручев, 1923. Об Олекминском золотоносном районе, играющем вместе с Витимским важную роль в русской золотопромышленности, см. Е. Барбот де Марни, 1912, с. 105 и сл. О золотоносности кос р. Нюкжи (приток Олекмы) см. Миткевич-Волчасский, 1916, с. 232.

⁴ Средняя проба сплавленного золота, по данным Иркутской лаборатории, 84¹/₂ (Савицкий и Шамарин, 1883). Это золото богаче серебром, чем забайкальское.

⁵ О возможности связи золота Ленского бассейна не с пиритами сланцев, а с кварцевыми жилами см. Мейстер, 1914, с. 208. По мнению Мейстера, район Малого Патома и верхнего течения р. Молво, где работали с 1850 г., едва ли может питать крупную промышленность. Районы рек Энгажимо и Нечеры, лежащие ближе к гранитному массиву, не разведаны, но благоприятны (Мейстер, 1914, с. 210–211).

⁶ А. Герасимов, 1904, с. 162.

⁷ О кристаллах см. Самойлов, 1905, с. 237 и сл.

местных пород, неслоист. Мощность его доходит до 2 м, большей частью не превышает 0,70–1,5 м. Очень богат пиритом – кристаллы в виде {100} и иногда {hk0}, бурым шпатом. Шлих иногда состоит только из пирита. Более богаты золотом нижние части пласта и средние части россыпи, вследствие чего россыпи прикрыты мощным слоем пустых отложений. Россыпи иногда лежат глубоко от современной поверхности, так, например, Негаданная россыпь по р. Атыркан-Бирекану (бассейн р. Вачи) расположена на глубине 30–60 м от поверхности. В глубоких «долинных» россыпях встречается более крупное золото. Золото высокопробное (4–8,2% Ag), хотя есть и *электрум*. Очень низкопробно было золото Воскресенской россыпи на р. Хомолхо (элювиальная россыпь)¹. Богатство золотоносного пласта сильно колеблется – от 4 до 23,5 г на 1 т. Колебания сильны в пределах одной и той же россыпи. В бассейне Бодайбо богатство доледниковых россыпей еще больше (забои давали до 250 г на 1 т)². Одной из наиболее богатых была элювиальная россыпь Предтеченская по Сухому логу (бассейн р. Ныгри), давшая с 6 га в 1891–1896 гг. официально около 900 кг золота, при среднем содержании 16 г на 1 т³.

Возможно, что кроме этих россыпей, связанных с изменением сланцев, богатых пиритом, существуют россыпи, связанные с гранитами. В их шлихах нет пирита, а встречаются биотит, магнетит, гранат. Таковы иногда россыпи в бассейне р. Жуи (например Спектральный прииск)⁴.

Элювиальные россыпи бассейна р. Накатами богаты золотом (иные, в среднем за много лет, дают содержание от 4,9 до 15 г на 1 т породы). Они произошли из пород, бедных золотом (1,3 г для песчаников и сланцев, 2,2 г для пирита). Обогащение золотом произошло особенно сильно вблизи русла рек⁵. В Благовещенском прииске по Накатами наблюдались самородки⁵.

Развивая идеи А. Герасимова, Де Лонэ связывает генезис золота в Витимской системе с выходами гранитов (Патомское нагорье, на юге Витима) и проводит аналогию с подобным влиянием гранитов в Центральном плато Франции и т.д.⁶

Коренные месторождения, изредка в кварцевых жилах, открыты в области развития кристаллических сланцев (по р. Левому Накатами)⁷, но главным образом находятся среди метаморфических пород – песчаников, кристаллических сланцев и филлитов с включениями пирита и бурого шпата; этот пирит золотоносен (Свято-Иннокентьевский прииск, Тихоно-Задонский – бассейна Вачи, по Атыркан-Бирекану и т.д.). По мнению А. Герасимова, золотоносность этих пород приноровлена к определенным полосам, богатым пиритом,

¹ Элювиальный Воскресенский прииск на р. Хомолхо (приток Жуи) лежит на породах, заключающих кварцевые жилы с видимым золотом (А. Герасимов, 1907 (1), с. 32).

² В. Обручев, 1907, с. 241; 1910, с. 156 и сл.

³ А. Герасимов, 1904, с. 77.

⁴ А. Герасимов, 1905 (2), с. 38; Е. Барбот де Марни, 1912, с. 105–109. Несомненно, еще много золота дадут этот район и Приамурье (в россыпях).

⁵ В. Обручев, 1909, с. 23 и сл.; 1910, с. 156 и сл.

⁶ De Lapauy, 1911, с. 218, 506.

⁷ Реутовский, 1905 (1), с. 384. Проба на золото кварцевых жил дает ничтожные следы или вовсе не дает золота. См. А. Герасимов, 1907 (2), с. 171; В. Обручев, 1907, с. 263; 1909, с. 9, 19 и сл.

и связана с ближе не выясненными пневматолитическими процессами¹. Породы очень бедны золотом, которое скоплено в россыпях вековыми процессами.

Очень характерна золотоносность некоторых базальтов, например базальтов вулкана Мушкетова на Витимском плоскогорье², или базальтовых лав с р. Ивановки (бассейн Чикоя). Эти последние породы содержат 1,2 г на 1 т³.

В *Якутском окр.* россыпное золото известно в притоках рек Алдана и Учюра⁴. В бассейне р. Алдана в Тымптомском золотоносном районе (бассейн Тымптома, притока Алдана) прииски расположены вдоль границы имеющегося здесь грабена и, по-видимому, связаны с гранитами. Признаки золота обычны в долине Алдана и его притоков⁵. Тымптомский район начали разрабатывать в 1902 г. По-видимому, лучшие россыпи уже выработаны.

В том же бассейне Алдана с 1889 г. стали разрабатывать россыпи в бассейне р. Сутама – по ручьям и ключам, впадающим в Джелинду и Даурку и расположенным среди метаморфических пород, богатых изверженными породами. Лучшие россыпи, по-видимому, выработаны⁶.

165. В *Забайкальской обл., в Баргузинском у.*, разработка россыпного золота началась в 1844 г., и здесь добыто до 1900 г. около 40 т золота – по рекам Витиму, Витимкану, Чине, Амалату, Ципе, Королону и т.д.⁷ Это россыпи элювиального типа, происшедшие разрушением золотосодержащих массивных и кристаллически слоистых пород, содержащих кварцевые жилы⁸. Россыпи по р. Королону, нижнему течению р. Джелагуна, по р. Чаянгро (при впадении в р. Ирбо) и т.д. частью русловые, частью увальные террасовые (по Королону). Месторождения золота связаны с контактами осадочных пород с массивными (гранитами и т.п.). Россыпи, образующиеся вблизи контактов, наиболее значительны, когда с контактами совпадает долина реки. Условия их поэтому очень исключительные⁹. Некоторые прииски, например Задорный по р. Усою, лежат на разрушенных доломитах. Коренные месторождения ближе не разведаны. В бассейне р. Верхней Ангары, по р. Няндони, золото находится в серных колчеданах метаморфических сланцев (от 0 до 6,9 г Au на 1 т)¹⁰. Есть и россыпное.

¹ А. Герасимов, 1904, с. 184 и сл.; 1907 (2), с. 170 и сл. А. Герасимов и В. Обручев считают указателем пневматолитического процесса обилие турмалина. Однако далеко не все члены ряда турмалина могут служить указателями пневматолитического процесса; так, например, магнетиальный турмалин выделяется и из обычных водных растворов. Турмалин, сопровождающий золотоносные породы, ближе не изучен. Связь россыпей с метаморфическими породами указана Обручевым в 1891 г. (В. Обручев, 1907, с. 267).

² А. Герасимов, 1905 (1), с. 161.

³ Жерве, 1902, с. 225. Поправка местности – у А. Герасимова (1905(1), с. 161).

⁴ Реутовский, 1905 (1), с. 386; Драверт, 1910 (1), с. 5; Яворовский, 1904 (2); Тове и Иванов, 1905, с. 145.

⁵ Зверев, 1913, с. 401.

⁶ Яворовский и Анерт, 1913, с. 117.

⁷ Реутовский, 1905 (1), с. 386 и сл.; А. Levat, 1897 (2); Фризер, 1901; 1906. Средняя проба баргузинского золота, по данным Иркутской лаборатории, 85⁵/₆ (Савицкий и Шамарин, 1883, с. 49).

⁸ Лопатин, 1895, с. 61, 112, 221 и сл.

⁹ Мейстер, 1911, оттиск, с. 35 и сл.

¹⁰ Захаров, 1913, с. 71.

В *Троицкосавском у.*¹ россыпи известны по р. Джиде (притоку р. Селенги), в области метаморфических сланцев; может быть, они произошли из кварцевых жил.

В *Верхнеудинском у.* известны бедные россыпи в системе р. Чикоя².

В *Селенгинском у.*, по юго-восточному берегу Байкала, наблюдались бедные россыпи³. В Селенгинской Даурии, около Байкала (Селенгинский у.) о золоте см. еще Черский 1886, (2). В. Обручев (1914, с. 356 и сл.) считает возможным нахождение здесь больших месторождений золота.

В *Нерчинском окр.* Кабинета (в уездах Читинском, Акшинском, Нерчинском и Нерчинско-Заводском) добыча золота возникла в 1832 г., но промышленное значение получила в 1840-х годах, с открытием россыпей Карийской, Шахтаминской, Казаковской и т.д. В 1856–1865 гг. средняя годовая добыча достигла 1,31 т, 1866–1881 гг. – 2,3 т (открытие богатых россыпей Кудеинской, Желтугинских, Урюмских), затем упала до 1,4 т и с 1891 начинает увеличиваться – новые россыпи (1891–1894 гг.) в Казаковском районе, Новотроицкие по р. Апрельковой в Урульгинском районе. С 1900 г. – новые, Ксениевские и Хоролгочинские россыпи. В 1912 г. добыто 3,6 т. В 1863 г. в западной части округа была разрешена частная золотопромышленность, и с 1880-х годов она давала до 3,27 т в год⁴. Запас золота не уменьшается – разведка открывает не менее, чем вырабатывается. В среднем при добыче в россыпях 1,6–3,9 г Au и более на 1 т. Работают только россыпи (частью подземные работы)⁴.

В *Читинском у.* прииски расположены по притокам р. Ингоды (Унде и др.) и по Или, система р. Онона; бедные, с мелким золотом (7,3–8,5% Ag)⁵. В бассейне Или, в области массивных пород, есть коренные месторождения золота в виде кварцевых жил. Но есть коренные выходы и другого характера. Таково, например, Евдокие-Васильевское, или Илинское, месторождение; оно представляет характерный штокверк в измененном граните; золото находится в гранитной брекчии штокверка с пиритом и магнетитом. Иногда золото находится в кристаллах кальцита. Пирит гранита очень богат золотом⁶. В Илинском месторождении золото встречалось в граните, богатым роговой обманкой⁷.

В *Акшинском у.* россыпи⁸ Тырино-Бырцинской группы расположены по системе рек Кыры-Бырцы, Тырина; это большей частью элювиальные и аллювиальные (новейшие и древние) россыпи, происшедшие от разрушения кварцевых жил и штокверков. Другая система золотоносных отложений расположена по рекам Бальдже и Ашинге (притокам Онона). Бальджинские россыпи (по Верхнему, Среднему и Нижнему Бальджирам и Перевальной)

¹ Реутовский, 1905 (1), с. 397 и сл.; Ячевский, 1898, с. 23.

² Реутовский, 1905 (1), с. 398–399. Проба верхнеудинского золота, по данным Иркутской лаборатории 89^{3/8} (Савицкий и Шамарин, 1883, с. 497).

³ Ячевский, 1898, с. 28.

⁴ См. «Нерчинский округ Кабинета», 1913, с. 59–60, 61, 62.

⁵ А. Герасимов, 1897, с. 65 и сл.; 1899, с. 89; М. Герасимов, 1896.

⁶ Степанов, 1893, с. 184–225; А. Герасимов, 1899, с. 83; Макаров, 1889, оттиск, с. 26 и сл.; Гелер, 1900.

⁷ Гелер, 1900, с. 43.

⁸ Реутовский, 1905 (1), с. 400 и гл.; А. Levat, 1897 (1), с. 29 и сл.; Макаров, 1889, с. 16 и сл.; Гелер, 1900.

открыты были в 1856 г. Аносовым и до 1895 г. дали 4,58 т Au¹. В Шерловой горе – в связи с базобисмутитом (см. висмут)². Коренные месторождения³ известны по рекам Хонгорокам (притокам Кыры); они выражены кварцевыми жилами (с галенитом, пиритом и т.д.) и штокверками в граните, частью жилами в глинистых сланцах. В Евграфовском руднике, представляющем кварцевую жилу, в зальбанде с метаморфическими сланцами попадались самородки; золото здесь находится частью в связи с пиритом, частью внизу – с арсенопиритом⁴. Точно так же в кварцевых жилах и прожилках в метаморфических сланцах находятся и месторождения золота в области рек Бальджи и Киркуна.

В *Нерчинском у.* россыпи расположены по Геримнаку (притоку Ингоды), Дильмачику, притокам Кии и Нерчи, левым притокам Шилки (Кара и др.)⁵. В значительной части эти россыпи элювиальные или слабо перемытые. Наиболее важна свита Карийских россыпей по речкам Чалбучи, Каре, Лунжакам – левым притокам Шилки. Золото здесь произошло от разрушения кварцевых жил, содержащих пирит; может быть, россыпи имеют ледниковое происхождение (дилювиальные). Россыпь по р. Каре (35 км длины) открыта в 1838 г. Павлуким и дала за 30 лет 11,8 т золота. В 1863 г. открыта свита Урюмских россыпей по р. Черной, на восточном склоне Яблонового хребта⁶, в 1860 г. – свита желтугинских россыпей в бассейне р. Желтуги, притока Шилки (Ключевская россыпь, россыпи по Большой и Малой Кудечам и т.д.). Эти россыпи местами ясно элювиального характера; золото в них довольно крупное, встречались самородки⁷. В 1848 г. открыты Шахтаминские россыпи и т.д. Эти россыпи – так же как россыпи по Гарбице (притоку Шилки) и др. – тесно связаны с кварцевыми жилами, находящимися в связи с массивными породами (кварцевыми порфирами, диоритами и т.д.)⁸. Точно так же мелкое золото встречено по р. Унде, в элювиальных россыпях в разрушенном граните⁹. В Ундинском районе, в Казаковской россыпи, золото открыто в 1838 г. (штейгером Дубровским). Россыпи расположены по р. Казаковой и ее притокам; они связаны с кварцем и зеленокаменными породами и являются древнеречными отложениями, подчиненными древнему рельефу. Золото мало окатанное. Коренные месторождения известны в Казаковском участке. Золото находится в кварце и арсенопирите диоритов. Октаэдры золота срослись четками. В Троицких россыпях по р. Кручине, около с. Новотроицкого, золото содержит от 7,3 до 8,5% Ag¹⁰. На северном притоке Шилки – Дильмачике – золото встречено в гранитной дайке, в граните с пиритом¹¹.

¹ Черкасов, 1858, с. 27 и сл.; «Нерчинский округ Кабинета», 1913, с. 95.

² Ненадкевич, 1917, с. 452.

³ Реутовский, 1905 (1), с. 424 и сл.; A. Levat, 1897 (1), с. 65; Макепов, 1889, с. 16–19.

⁴ Степанов, 1893, с. 184.

⁵ Золото на Шилке указано уже в «Neue Nordische Beitrage», IV, SPb., 1783, с. 245 (в охре). Реутовский, 1905 (1), с. 402. Проба нерчинского золота, по данным Иркутской лаборатории, 86¹/₄ (Савицкий и Шамарин, 1883, с. 497). Начались россыпные разработки с 1830 г. (Саблин, 1846, с. 235). Нестеров, 1904, с. 129 и сл. О Геримнакских россыпях, давших с 1867 по 1893 г. не менее 1,18 т золота, см. Гелер, 1900 стр. 45–47.

⁶ Боголюбовский, 1869, с. 365 и сл.; М. Герасимов, 1865, с. 115 и сл.

⁷ Гедройц, 1897, с. 132 и сл.; 1899, с. 143.

⁸ В. Обручев, 1899, с. 126.

⁹ А. Кулибин, 1830, с. 6.

¹⁰ О Казаковских и Новотроицких россыпях см. А. Герасимов, 1896, с. 51; 1897, с. 65 и сл., 74; «Нерчинский округ Кабинета», 1913, с. 84–89.

¹¹ Bordeaux, 1902, с. 543; Реутовский, 1905 (1), с. 421.

В Нерчинском у. богатейшим золотым прииском был Дарасунский (у впадения в р. Торгу); с 1861 по 1885 г. он дал около 16,38 т золота. Рядом находится Узур-Малахайский прииск, тоже прежде богатый. Здесь находится и коренное месторождение – кварцевая жила на спае гранита и «диорита»¹. О приисках по р. Жарче (притоку Нерчи) см. Вознесенский, 1912, с. 147. В области архейских гнейсов золото приурочено к долинам обоих Урюмов и Амазара. Гнездовое, неравномерное распределение золота; валуны окружающих пород. Коренное золото найдено в кварцевых жилах в Верхне-Урюмской россыпи А. Гедройцем. Особенно богаты золотом россыпи по Черному Урюму². В районе р. Амазара россыпное золото было найдено в 1865 г. Оно связано с диоритами и роговообманковыми гнейсами. Главные россыпи по рекам Малому Амазару, Большому Амазару и притокам (Амунной), по Большой Могоче и притокам, по правым притокам р. Большой Чичатки. Район далеко не исследован. Кварцы в хребте между реками Ключик и Васильевка (притоки р. Большого Амазара) и колчеданы по р. Амунной золотоносны³.

В Желтугинско-Горбачевском районе найдено коренное золото по рекам Ключу (притоку р. Бугузеи Желтугинской) и Большой и Малой Кудечам, в турмалинсодержащих кварцитах, проникающих в порфиновые и фельзитовые толщи. Такие же золотоносные турмалиновые породы найдены по р. Малому Урюму. Этот район не может считаться изученным, и запасы Au не определены. Россыпи по Малому Урюму отличались местами сказочным богатством (Золотой Ящик ниже впадения Шестого лога в Малый Урюм). В бассейне Белого Урюма золото открыто по логам, стекающим с Арчикийского гольца⁴.

Карийские россыпи, должно быть, образовались как элювиальные. Недавно найдено их продолжение на вершине горы Ивановки. По правой елане Кары и левой Шилки найдена на значительной глубине самостоятельная россыпь, не связанная с теперешним рельефом местности. Коренное золото в области Кары – около пос. Амур, в кварцевых прожилках в порфириновой породе и в турмалиновых кварцитах в вершине Дмитриевки. Вся область Кары недостаточно исследована. К западу от Чачи, по левым притокам Шилки, известно россыпное золото⁵.

В коренных турмалинсодержащих золотоносных рудах бассейна р. Кары (реки Ивановка, Хаповка и др.) золото, по-видимому, сосредоточено в колчеданах. Средняя мощность жил 0,8 м. Среднее содержание Au 15,6 г на 1 т. Жилы древние, прорезают гранодиориты, граниты и порфириды⁶.

В долине р. Урульги золото связано с распространением роговообманковых гнейсов, диоритов и турмалинсодержащих пород. На уроч. Апрельковой Au встречается в виде своеобразных самородков: листочки Au сцементированы кристаллическим кварцем. Район мала обследован⁷.

В золотых россыпях Дильмачика, Геримнака, Кии и т.д. золото частью связано с мышьяковистыми пиритами (Геримнак), но частью, должно быть,

¹ Ячевский, 1888; Вознесенский, 1912, с. 144.

² Гедройц, 1897, с. 131; 1909, с. 38. Львов, 1913, с. 204 и сл.

³ Кузнецов, 1913, с. 72.

⁴ Там же, с. 76–79.

⁵ «Нерчинский округ Кабинета», 1913, с. 81–83.

⁶ Бобр, 1915, с. 218 и сл.

⁷ Кузнецов, 1913, с. 83.

с роговообманковыми породами¹. Кристаллы золота ($\{100\}$ и $\{100\} \cdot \{111\}$) встречены были только по р. Токовой (приток р. Седуй, бассейн Унды). Золото мелкое (81–89-й пробы).

В *Нерчинско-Заводском у.* россыпи известны по рекам Тайне, Ильдикану и др. (притокам р. Газимура), в связи с диабазами и диоритами², в системе Аргуни (по рекам Борзям, Солкокону, Урулюнгую и т.д.³ Кое-где древние россыпи сцементированы льдом (прииск Иосифовский и др.)⁴. Некоторые россыпи – Верхне-Тайнинская, Чашино-Ильдижанская и т.д. – представляют элювий кварцевого порфира⁵. Кристаллы золота в церуссита встречались в старинном Преображенском (Култуминском) руднике⁶.

В *Култуминском районе* добывается россыпное золото по рекам Курлее, Яромаю, Култумушке, Бошагоче (с торианитом) и т.д. Прииски мелкие. Район дает ежегодно 49–65 кг. Мелкие долинские россыпи, по-видимому, связаны с кварцево-колчеданными жилами⁷. В бассейне р. Газимура, кроме россыпей Тайнинской системы (Каразаргинские, Уровские), известны коренные месторождения в виде кварцевых жил в диоритовых сланцах. Кварцевые жилы содержат арсенопирит. По р. Прямой Тайне, ниже устья р. Быстрой, найдены глыбы кварца с золотосодержащим арсенопиритом, который наблюдался и в шлихах. По р. Урюмкану и его притокам – Кудее, Аркии и др. – находится ряд плохо изученных золотоносных бассейнов. Мало изучен золотоносный Нижне-Борзинский район⁸. В Шилковском Крестовском руднике (XVIII столетие) на Шилке в кварцевых прожилках и охрах золото указано в диорите⁹ (по р. Курлычи). Тип кварцевых жил в кварцевом порфире или вблизи его указан и для других мест, например около прииска Лукина.

166. В *Амурской обл.* золотые россыпи были известны уже давно (§ 143), но современное их открытие принадлежит Н.И. Аносову¹⁰. В бассейне Амура разрабатываются русловые россыпи. В Верхнем Амуре признаки золота встречаются по всему побережью, но наиболее богатые золотом места расположены «в изголовьях кос, у конца подмывного берега». Золото происходит, по-видимому, от размыва берегового яра (берега) и количество его увеличивается после больших половодий. Золото мелкое. Проба – Au 0,849, Ag 0,142, лигатура 0,009¹¹. Песок Амура, между станицей Кольцовой и Благовещенском, содержит мелкое золото¹².

Наибольшее значение здесь имеют, однако, россыпи, может быть очень древнего возраста¹³, в бассейне р. Зеи¹⁴.

¹ Ячевский, 1889, с. 210 и сл., 236 и сл. 241.

² Гедройц, 1898, с. 164.

³ Кокищаров, 1850, с. 262 и сл.; М. Герасимов, 1896, с. 93 и сл.

⁴ А. Levat, 1897 (1).

⁵ Гедройц, 1899, с. 142.

⁶ Озерский, 1867 (1), с. 78.

⁷ Зверев, 1915.

⁸ «Нерчинский округ Кабинета», 1913, с. 90–94.

⁹ А. Кулибин, 1827, с. 485; 1833, с. 350 и сл.; М. Герасимов, 1896, с. 50.

¹⁰ Штерк, 1885, с. 457 (литература). Ср. исторические данные у Тове и Иванова, 1905, с. 1 и сл. Сводка у А. Иванова, 1909, с. 570 и сл.

¹¹ Ячевский, 1916, с. 118.

¹² Яворовский, 1902, с. 116.

¹³ Яворовский, 1900 (1), с. 32.

¹⁴ Штерк, 1885; Макаров, 1889, Бацевич, 1894, с. 43 и сл.; Яворовский, 1896, с. 371; Levat, 1897 (2); Реутовский, 1905 (1), с. 430 и сл.; Анерт, 1905–1907; Хлапонин, 1905; 1908 (2); 1900; 1904; 1906 (1); Рязанов, 1903; Яворовский и Анерт, 1913, с. 116 и сл.

В Зейском золотоносном районе ($54^{\circ}55'$ с.ш., 124 – 128° в.д., площадью больше 17 тыс. км²) работы начались в 1877 г. Значительная часть площадей выработана, но бывают новые открытия. Важна золотоносность больших рек – Гилюя, Унахи, Бранты, Иликана и, почти на всем протяжении, самой Зеи.

Отдельно должна быть поставлена *Верхне-Зейская* группа ($54^{\circ}45'$ с.ш., $129^{\circ}20'$ в.д., свыше 1100 км²) – бассейны рек Сугджарикана, Сугджари, Гаргани и Тока; неглубокие россыпи среди метаморфических пород, богатые пегматитовыми и плитовыми жилами. Начали разрабатывать их с 1895 г.¹

В *Средне-Зейской* группе россыпей можно различить: *Урканскую* (54° – $53^{\circ}55'$ с.ш., 125 – 129° в.д.) и *Чукан-Цигаянскую* (52° с.ш., 128 – 129° в.д.). Геологические условия схожи для Урканской и Джалиндинской групп. В Чукан-Цигаянской россыпи разработки начались в 1893 г.

В районе Зеи, от устья р. Депа до устья р. Селемджи, известны многочисленные россыпи с бедным содержанием Au. Генезис их золота самый разнообразный. Анерт (1912, с. 187) связывает россыпи по рекам Большому Чукану, Чагаяку, Ивету и др. с песчано-галечными отложениями третичного или послетретичного возраста (что ничем не доказано). Россыпи отложений небольших речных потоков примыкают к отрогам Станового хребта. Известны и увальные россыпи. Первичной золотоносной породой являются амфиболиты, аплиты, пегматиты, по пробам – золотоносные. Золотоносны и другие породы – гнейсы, богатые амфиболом и колчеданами (по р. Иличи, притоку Гилюя)², андезитовые порфиристы (по Десе)³. По рекам Джалинде, Гилюю и др. наблюдаются кварцевые жилы, содержащие золото, не имеющие практического значения⁴. Чрезвычайно своеобразны пегматитовые или аплитовые жилы, богатые золотом (бассейн Гилюя); ими вызвано, очевидно, нахождение золота с кварцем и полевым шпатом в некоторых россыпях, например в Миллионном ключе⁵. В гранитах иногда наблюдаются штокверки с золотом, например около Джалонского прииска. Распределение россыпей тесно связано со сложной тектоникой местности; наиболее богаты и часты они в области Иликанской складки (Леоновский прииск по Джалону, Горациевский, Владимировский и другие прииски по Джалте и т.д.). Россыпи известны как аллювиальные, так и русловые (по Гилюю и т.д.); наблюдаются и увальные (Старобогатый ключ и др.)⁵, происшедшие переработкой древних россыпей; встречаются, может быть, *озерные россыпи* или отложения очень покойных вод; есть древние элювиальные россыпи. Таким образом, тип россыпей очень разнообразен. Самородки очень редки; форма золота очень различная, по-видимому, в тесной связи с генезисом россыпи и породы⁶.

В верховьях Амура (*Верхне-Амурский золотоносный район*)⁷ открыты небогатые россыпи по бассейнам рек Урки, Уруши, Игнашки, Олдоя и т.д.

¹ Об этих россыпях с мелким золотом (самородки редки и мелкие) в области развития метаморфических пород (гнейсов) см. Анерт, 1906, с. 59; Яворовский и Анерт, 1913, с. 117–121.

² М. Иванов, 1906, с. 99. Ср. Хлапонин, 1908 (2), с. 31.

³ Анерт, 1905–1907, с. 281.

⁴ Макаров, 1889, с. 6; Реутовский, 1905 (1), с. 459–460; Рязанов, 1903, с. 928.

⁵ М. Иванов, 1901, с. 39.

⁶ Яворовский, 1900 (2), с. 288 и сл.; 1900 (1), с. 34; Тове и Иванов, 1905, с. 81 и сл.

⁷ Шперк, 1885, с. 150 и сл.; М. Иванов, 1898, с. 66; Реутовский, 1905 (1), с. 444 и сл.; М. Иванов, 1904 (2), с. 137 и сл.; Тове и Иванов, 1905, с. 150.

Россыпи лежат частью в области гранито-гнейсовых пород (бассейны Уруши, Большого Олдоя и т.д.), частью среди метаморфических осадочных пород.

Золотоносность связана с выходами зеленокаменных пород (диоритов), особенно там, где эти породы пересечены более новыми массивными породами (порфиритами и кварцевыми порфирами), в связи с чем находится образование кварцевых жил¹. Характерный тип представляют Титовские прииски – озерные отложения Урканской котловины. Россыпи среди осадочных пород находятся вблизи их контактов с гранитными породами. Источником золота явились массивные породы, отчасти – находящиеся среди них кварцевые жилы. В золотоносных россыпях по р. Монголи и ее притокам (бассейн Олдоя) и по р. Коровиной (притоку Ольдокона) находится золота 1,3–2,6 г на 1 т². Россыпи по р. Монголи и ее притокам занимают свыше 8–10 км. Они, по-видимому, связаны с разрушением контактов кварцево-фельзитового порфира с гнейсами. В долине Монголи, в 1 км от устья р. Берандача, открыта кварцевая золотоносная жила. Золото очень серебристое (300 Ag и 686 Au). Золото в Джалиндинском районе (54°25' с.ш., 122°30'–125° в.д., около 600 км²) начали разрабатывать с 1868 г.; значительная часть площади выработана³. Золотоносны и детритовые породы – конгломераты и песчаники (по Джалинде).

Третью группу приисков составляет *Хинганский золотоносный район*⁴ – по рекам Сутару, Среднему Дачуку, Манджурке, Поликарповке и т.д., главным образом – россыпи разного характера. Есть увальные россыпи (на гранитах и гнейсах) и вторичные, лежащие в долинах (на кристаллических сланцах). Золото большей частью мелкое. Первоисточником золота являются амфиболовые гнейсы и граниты (пегматиты). Кварцевые золотоносные жилы (в гнейсах) известны, но не играют крупной роли. Среди россыпей указаны и древние россыпи, которые Яворовский считает отложением древних потоков (Нагорный прииск).

В *Уньино-Бомском золотоносном районе*⁵ (53°50' с.ш., 129°30'–130°46' в.д., около 1000 км²), по рекам Унье и ее притокам и Бому, своеобразны русловые россыпи, расположенные в глубоких каньонах и не прикрытые торфами. Русловые россыпи большей частью выработаны, уральные почти не тронуты⁶. Есть современные и древние элювиальные россыпи, происшедшие от разрушения кварцевых жил, прорезающих сланцы; по Бому наблюдаются и аллювиальные россыпи. Здесь нередки самородки.

Селемджинский район может быть разбит на два: *Верхне-Селемджинский* (53° с.ш., 131°31'–133°40' в.д., около 2800 км²) и *Нижне-Селемджинский*. В первом – три группы приисков: 1) по притокам р. Селемджи – рекам Нижнему и Верхнему Мынам (разработка с 1875 г.) и Угахану (бассейн Уды), 2) по

¹ Львов, 1913, с. 205 и сл. О бедных россыпях р. Хорогочи (бассейн Уруши) см. Макеров, 1913, с. 44; 1915 (1), с. 53.

² Макеров, 1915 (2), с. 751 и сл.

³ Яворовский и Анерт, 1913, с. 118–119.

⁴ Реутовский, 1905 (1), с. 446, 460; Л. Бацевич, 1898, с. 15 и сл.; Яворовский, 1904 (2), с. 65; Тове и Иванов, 1905, с. 250.

⁵ Реутовский, 1905 (1), с. 448; Риппас, 1904, с. 82; Тове и Иванов, 1905, с. 160; Д. Иванов, 1905, с. 114 и сл.

⁶ Яворовский и Анерт, 1913, с. 118.

Караураку (разработка с 1894 г.) и 3) по Харгу (разработка с 1894 г.). Бассейн р. Харгу считается выработанным, остальные затронуты лишь частью¹. Золотоносность, по мнению Хлапонина, связана с сильной денудацией метаморфических пород – очень распыленных гнейсов, слюдистых и роговообманковых кварцитовых сланцев, богатых пиритом, арсенопиритом, вторичной слюдой. Золото найдено при некоторых анализах этих пород. Коренные месторождения (бассейн р. Харгу, притока Селемджи) не являются кварцевыми жилами, а представляют относительно незначительные кварцевые чечевицы («челноки») среди слюдяных кварцитовых сланцев². В слюдисто-кварцитовом сланце Златоустовского прииска найдено золото (15,6 г на 1 т, по пробе Гирса)³. Россыпи этого района были местами самыми богатыми в Амурской обл., например по ключам Афанасьевскому (так, в Воскресенском прииске с 1895 по 1903 г. добыто 4,4 т золота при содержании от 3,25 г до 5,6 г на 1 т породы) и Албыну. Прииски по Афанасьевскому и Албыну дали до 9,6 т золота. Россыпи большей частью элювиального характера, частью являются русловыми (перемытый элювий, теперь аллювий). Золото часто мелкое⁴. Реже самородки (например, весом до 59,6 г по Догадлыку, притоку р. Харгу). Есть среди гнейсов выходы золотоносных кварцевых жил, иногда содержащих га-ленит (Геннадиевский прииск по р. Эльге).

Ниманская система золотых приисков (с 1874 г.)⁵ расположена по р. Олге и другим притокам р. Нимана (правого притока Буреи), в предгорьях Буринского хребта; она образует ряд гнездовых россыпей. Россыпи находятся в области вечно мерзлой почвы, наиболее богатые лежат в области кристаллических слоистых пород. Кроме россыпей, здесь известны и работают среди кристаллических сланцеватых пород богатые кварцевые золотоносные жилы, содержащие пирит и арсенопирит (Дмитриевская гора и др.). Область этих жильных образований занимает значительное пространство.

167. В *Приморской обл.* золотоносные россыпи развиты главным образом в *Удском окр.* в отрогах Малого Хингана, в системе р. Амгуни. Здесь разработки начались в 1877 г. В Верхне-Сулакском прииске, главным образом по левым притокам Амгуни – Нилану, Семи, Немилену, Керби и т.д.⁶ Самые богатые россыпи расположены по р. Керби; в одной долине Сулаткиткана добыто более 4,4 т золота. Нижнее течение Амгуни и ее притоков, по-видимому, беднее золотом⁷. Всего с 1891 по 1904 г. официально добыто 23 т золота. Аллювиальные россыпи расположены недалеко от коренных месторождений; в верхних частях золото крупное, неокатанное, расположено гнездами; книзу – более обтертое и распределено более равномерно.

¹ Яворский и Анерт, 1913, с. 118–119.

² Реутовский, 1905 (1), с. 451 и гл.; Хлапонин, 1907 (2), с. 15 и сл.; 1906 (2), с. 61 и сл.; 1912, с. 103, 159 и сл.; Тове и Иванов, 1905, с. 201. Пробы гнейсов на Аи дали отрицательный результат.

³ Хлапонин, 1907 (2), с. 60–61. Слабые следы в других случаях. См. Хлапонин, 1906 (2), с. 62.

⁴ Хлапонин, 1907 (2), с. 3, 29.

⁵ Реутовский, 1905 (1), с. 456, 460; П. Михайлов, 1879, с. 12 и сл.; Яворский, 1904 (1), с. 33 и сл.; Тове и Иванов, 1905, с. 81.

⁶ Боголюбовский, 1897; Реутовский, 1905 (1), с. 462 и сл.; Бацевич, 1894, с. 78; М. Иванов, 1904 (1), с. 111; Тове и Рязанов, 1902; Яворский, 1904 (1); Майер, 1906, с. 103 и сл.; Хлапонин, 1908 (1).

⁷ Хлапонин, 1908(1), с. 63.

К северо-северо-востоку от устья р. Амгуни, по речкам, впадающим в озера Орель и Чля, находится *озерная группа* золотоносных россыпей ($53^{\circ}20' - 54^{\circ}$ с.ш., $139^{\circ}25' - 140^{\circ}5'$ в.д.), где разработка началась с 1895 г. и все возрастает¹. В больших реках, например по Керби, террасы с древним элювием (?) также золотоносны. Всюду здесь золото связано со сланцами, в которых проходят, по-видимому, бедные золотом кварцевые жилы. Количество его в россыпях сильно колеблется, доходя в «гнездах» до 100 г на 1 т. В верхних частях, по рекам Сулаку (бассейн Керби) и Сиваку (бассейн Нилана), средняя величина самородков золота очень велика, доходит до 800 г (например, Казанская россыпь). В Казанской россыпи попадаются кристаллы золота комбинации {100}, {111}, {1 $\bar{1}$ 1} и кристаллические скелеты в пластинках. Анализ дает для золота: 94,9–91,1% Au, 8,0–4,5% Ag, 0,7–0,3% Cu. Элювиальные россыпи на разрушенном граните известны в Джатюке (бассейн Нижней Керби). Коренные месторождения связаны с кварцевыми линзами среди метаморфических пород; кварцевые жилы очень бедны золотом. Но и сами очень богатые слюдой филлиты содержат золото, количество которого колеблется, но доходит в свежих образцах до 21,3 г на 1 т, а в разрушенных – до 52,3 г; в каком виде находится золото – неизвестно, так как пиритов эти филлиты не содержат.

Другим районом россыпей являются россыпи по притокам р. Амура или в системе озер, связанных с Амуром² – мелкие россыпи (например, по рекам Битке, Бичу и т.д.).

Россыпи известны в системе р. Коль, впадающей в Татарский пролив (по речке Колчин); они, по-видимому, связаны с новейшими изверженными породами – липаритами. Липариты сами золотоносны. Россыпи довольно мощные (4–8 м); разрабатываются с 1899 г.; содержат до 5,2 г золота на 1 т. На горе Белой липарит рассечен кварцевыми прожилками; липариты содержат 46,8 г золота на 1 т². Россыпи по р. Мырген (притоку р. Коль) очень своеобразные, богатые серебром; они связаны с разрушением каолинизированных кислых трахитовых пород³. Россыпи имеются также в системе р. Тумнина (по р. Токоинку и т.д.), в разных местах бассейна р. Имана (притока р. Уссури) и в различных мелких речках в береговой полосе *Уссурийского края*. Около бухты Чузгова в Восточном заливе расположен Находкинский рудник – кварцевые жилы в гранито-гнейсах⁴.

На *о-ве Аскольде* на роговообманковом граните находятся золотоносные конгломераты нижнетриасового возраста⁵. В Аскольдовом руднике добывается не менее 32 кг золота в год. Тонкие золотоносные кварцевые жилы прорезают граниты и метаморфические породы. Месторождения золота известны на южном и на северном берегу⁶. Золото в кварцевых жилах бухты Наездник, среди палеозойского роговообманкового гранита, сопровождается

¹ Яворовский и Анерт, 1913, с. 119–120.

² Реутовский, 1905 (1), с. 468, 469; Хлапонин, 1904, с. 42–45; Яворовский и Анерт, 1913, с. 121.

³ Богданович, 1913 (1), с. 163–165.

⁴ М. Иванов, 1897, с. 31, 42; Реутовский, 1905 (1), с. 470, 475, 476; Боголюбовский, 1876, с. 55 и сл.; Bordeaux, 1902, с. 546.

⁵ Янковский, 1881.

⁶ Анерт, 1917, с. 294–303.

турмалином, халькопиритом и пиритом. Среди россыпей есть морские (бухта Наездник)¹. Кварцевые жилы, содержащие светлое (богатое Ag) золото, проходят в контакте между кварцитами и кристаллическими сланцами. Содержание золота бедное².

В долине р. Сучана известны прииски около дер. Гордеевки (Комаровский прииск и др.). Среди окружающих пород богатый серным колчеданом березитовидный порфир содержит следы Au³.

Морские россыпи находятся у берега о-ва Путятина (Кондао) и у берегов пролива Стрелок (по рекам Коготун, Тин-Ха)⁴. Эти россыпи, связанные с золотоносной долиной Ти-Ха (она же р. Ченхен), разрабатывались китайцами. Издавна разрабатывалось россыпное золото в области гранитного массива Хоолаца – остатки огромных выработок по Бабушкиному ключу и по р. Тин-Ха, впадающей в пролив Стрелок. На склонах и почти на вершине Хоолацзы находятся кварцевые золотоносные жилы, давшие начало россыпям⁵.

Россыпи в заливе Восток, между бухтой Чузгова и мысом Козина, связаны преимущественно с кварцевыми валунами⁵.

В *Приморской обл.*, в *Охотском у.*, золото обнаружено во многих местах по р. Гусинке (левый приток р. Кухтуя), Улье, Оле и т.д. В *Гижигинском районе* оно известно по р. Гижиге и ее притокам (Ахавеему, Черной, Турамче), по р. Вархалам. На *Камчатке* золото указано по рекам Облуковине (Оглукамена), Колпаковой, в верховьях р. Кихчика и Камчатки, около с. Начики, по р. Ратуге (притоку Камчатки).

В *Чукотско-Анадырском крае*, в *Анадырском у.*, имеются наиболее практически важные месторождения золота. Золото известно на западном берегу Колочинской губы, к югу от мыса Сердце-Камень, на берегу залива Лаврентия, у мыса Новосильцева, на северном берегу Мечигменской губы, по р. Марич, у мыса Мертенс, по р. Оленкой, около берега залива Провидения. Богатые россыпи обнаружены в Анадырском районе, по рекам Белой и Ворожее и притокам р. Волчьей (Надо, Скорбутной, Веттлерсону и др.), где золото впервые открыто в 1906 г. по р. Надо. Золото крупное, связано с контактной зоной метаморфических пород. Золото найдено и по другим рекам, впадающим в Канчаланский залив, в Анадырский лиман, по притокам р. Анадырь⁶. Бедные морские (береговые) россыпи лежат на Чукотском п-ове, между мысом Литке и мысом Дежнева; может быть, они связаны с глинистыми сланцами, аналогично золоту на мысу Номэ⁷.

Вдоль *Охотского моря*⁸ бедные россыпи, большей частью с мелким золотом, известны в системах рек Уя, Лантара, Алдомы и т.д. Золото из бассейна Лантара богато серебром (проба 86,2).

¹ Тове и Рязанов, 1902, с. 321; Реутовский, 1905 (1), с. 470, 475.

² Bordeaux, 1902, с. 545; Тове и Рязанов, 1902, с. 304.

³ Анерт, 1917, с. 303.

⁴ Аносов, 1864, с. 592 и сл.; Баснин, 1863, с. 136.

⁵ Виттенбург, 1918, с. 1241.

⁶ Оводенко, 1913, с. 126 и сл.; «Общий обзор горн. пром.», 1915, с. 58; Полевой 1915, с. 103–108; 1916, с. 153 и сл. О старинных непроверенных указаниях на золотоносность Командорских островов (о-в Беринга) см. Dybowski, 1885, с. 8.

⁷ Богданович, 1901 (2), с. 156; Корзухин, 1906, с. 380.

⁸ Реутовский, 1905 (1), с. 471 и гл.; Кишенский, 1898, № 5; Богданович, 1897 и Боголюбский, 1876, с. 55 и сл.

Золото на *Сахалине* найдено в россыпях верховьев р. Вильзы (приток р. Пороная, она же Хоронай) и вблизи с. Мало-Тыново. Золото связано с древними метаморфическими и кристаллическими породами (палеозойского возраста?), прорезанными кварцевыми жилами. Его практическое значение не выяснено¹.

168. В *Степной и Средне-Азиатской России* золотоносные месторождения мало исследованы. В *Тургайской обл.*, в *Кустанайском у.*, с 1911 г. начали разрабатываться коренные месторождения золота по р. Шыртанды, впадающей в Тобол, в 8–10 км от пос. Тургеневского – кварцевые жилы в крайне разрушенном граните. Золото в пирите и арсенопирите. Проба 73–80. Есть и россыпи². Другое поле кварцевых жил по р. Суундуку и его притоку (Урус-Кискану), в гранодиорите и биотитовом и роговообманковом сланце продолжается между реками Айдырлы и Канады. По Тихоновичу, в низовьях р. Ори третичные пески заключают золото.

В *Акмолинской обл.*³, в *Кокчетавском у.*, находятся многочисленные бедные золотые россыпи в бассейнах рек Джаныса, Азбая и т.д. В 1890-х годах добывалось во всех россыпях около 32 кг золота. Произошли они, вероятно, разрушением кварцевых золотоносных жил. Такие жилы известны, например, около оз. Джукей, где они когда-то даже работали.

В *Семипалатинской обл.*⁴, в *Усть-Каменогорском у.*, россыпи находятся в системе рек бассейна Иртыша, в Калбинских горах; кое-где попадались самородки (по ключу Сарбулаку, бассейн р. Сенташа и т.д.). Во многих местах найдены кварцевые золотоносные жилы, которые кое-где разрабатывались (Николаевский рудник по Кундус-Катыну и т.д.)⁵. В бассейне р. Курчума золотые россыпи приурочены к областям метаморфических сланцев⁶. По А. Нечаеву, золото здесь большей частью выработано. Но есть богатые коренные месторождения, в некоторых случаях более 31,2 г Au на 1 т руды. В Митрофановском руднике в среднем – 84,6 г на 1 т (добыто в 1913 г. 65 кг). В Калбинском хребте разработка Au шла еще в эпоху каменного века (например, остатки каменных орудий найдены в руднике Казан-Чункур и т.д.). Остатки древних разработок встречены в очень многих местах. Началась разработка сперва россыпей в начале XIX века. Ширина россыпей 30–40 м; толщина золотоносных глин 0,2–1 м. Количество золота сильно колеблется; в верховьях встречаются самородки до 2 кг. Золото (иногда с кварцем) в пластинках, чешуйках. Высокопробное (90,5–94). С 1899 г. началась разработка коренных месторождений; кварцевые жилы (с пиритом) в песчаниках и глинистых сланцах, изменчивой мощности; количество Au в них сильно колеблется (на Удалом и Митрофановском рудниках от 5,2 г и больше на 1 т кварца). Золото иногда связано с разрушенным пиритом, иногда – непосредственно в кварце. Пластинки, чешуйки, дендриты. Самый глубокий рудник – Удалой –

¹ Калистов, 1903; Анерт, 1908, с. 517; Тихонович и Полевой, 1910, с. 746 и сл.

² Отчет Геол. ком. на 1915 г., Пг., 1916, с. 65; Д. Соколов, 1918, с. 13 и сл.

³ Реутовский, 1905 (1), с. 253 и сл.; Краснопольский, 1900, с. 284; Влангали, 1853, с. 355 и сл. Общую сводку старых сведений см. Спасский, 1827.

⁴ Влангали, 1853; Реутовский, 1905 (1), с. 258 и сл., 265; Коцовский, 1894, с. 7 и др.

⁵ О золотых месторождениях Калбинского хребта см. Гернет, 1911, с. 92; Янишевский, 1913, с. 756; Hergenreder, 1909, с. 166 и гл. Об Усть-Каменогорском у. см. Гриндлер, 1915. В кол-лекции Академии наук есть образцы из рудника Лесть, уроч. Алагирь Сулеаринской волости; кварцевые жилы с золотом и теннантитом.

⁶ «Изв. Геол. ком.», 1914, с. 107.

140 м, но никакого изменения в характере золотоносности не наблюдалось¹. Коренные богатые месторождения известны и в Нарымском хребте, около ст. Алтайской («Общий обзор...», 1915, с. 39).

В *Зайсанском у.* россыпи известны в системе рек Кальджира (Караагач), Май Копчегая и т.д.² Бедные золотые россыпи указаны в долине р. Тамырсыка. На северном склоне Восточного Тарбагатая давно разрабатывалось золото китацами в наносах древних террас по р. Терс-Айрыку. Условия генезиса неясны.

В *Каркаралинском у.*, около Желтавского пикета, золото встречено в серебро-свинцовой жиле (Свято-Макарьевское месторождение)³.

В *Туркестане*⁴ золото наблюдалось главным образом по притокам больших рек – Чирчика, Зеравшана, Таласа и др., в области гранитных и гранито-сланцевых пород.

В *Семиреченской обл.* первые указания на коренные месторождения золота были по р. Кок-Су; золото с пиритом в кварцевых жилах, прорезающих девонские сланцы, кроме того, коренное золото найдено в граните⁵. Россыпи золота в *Джаркентском у.*, в бассейне рек Или, Кетменки и др.⁶ В приисках по р. Кетменке золото крупное. Коренное месторождение связано с линзами кварца среди окремнелых фельзитов. В *Копальском у.* россыпи указаны по рекам Тентеку, Коре, Ак-Икче и др. Здесь встречено очень мелкое золото, распределенное во всем речном наносе⁷.

В *Сыр-Дарьинской обл.* пески Сыр-Дарьи, Чирчика и других рек золотоносны⁸. Золотоносен бассейн р. Чаткал; наиболее богата р. Санталаш⁸. В *Чимкентском у.* есть указания на р. Куркурсу и др. в Таласском Ала-Тау. Коренное золото в кварцевых жилах указывалось в Кызыл-Кумах, в районе Тохта-Тау⁹.

В *Самаркандской обл.* тонкое и мелкое золото найдено в речном песке р. Зеравшана¹⁰.

В *Ферганской обл.*¹¹ для *Ошского у.* есть указания на старые разработки золота и электрума (?) на уроч. Полис, между реками Танымас и Таш-Турпак.

¹ Павлов, 1915, с. 376 и сл.

² Реутовский, 1905 (1), с. 264; Васильевский, 1914, с. 1103. О Тарбагатае см. Сарсадский, 1915, с. 163.

³ Реутовский, 1905 (1), с. 184.

⁴ О золоте в Туркестане – Мушкетов, 1906, с. 262 и сл.; Андреев, 1912.

⁵ Вебер, 1913, с. 20–24.

⁶ Брусицын, 1892, с. 464; С. Кулибин, 1900, с. 3–5; Реутовский, 1905 (1), с. 266; Андреев, 1912, с. 36; Вебер, 1913, с. 176; 1917, с. 75.

⁷ Фальк, 1786, с. 57 (добывалось в XVIII веке); Мушкетов, 1878(1); Брусицын, 1892, с. 459.

⁸ Для Чирчика – Фальк, 1786; Краевский, 1868, с. 309 и сл. Для Санталаша – Вебер, 1909. Для Аулиеатинского у. перечисление заявок см. Андреев, 1912, с. 30. Также для Чимкентского и Ташкентского у. – Северцов, 1873, с. 73, 82; Вебер, 1913, с. 63 (Чимкентский у.), 55 (Аулиеатинский у.).

⁹ Зарудный, 1915, с. 364, 377.

¹⁰ Богословский, 1842, с. 21; Бутенев, 1842, с. 138; Андреев, 1912, с. 34; Мышенков, 1871 (1), с. 285 и сл.

¹¹ Перечисление заявок в уездах Наманганском, Скобелевском, Кокандском и Ошском дано у Андреева, 1912, с. 32, 34. О Наманганском у. – Вебер, 1913, с. 88; об Ошском – Михайлов, 1895, с. 327; о Маргеланском – Корженевский, 1904; Михайлов, 1895, с. 327; Ошанин, 1880. О Саук-Сае см. Поклевский-Козелл, 1915, с. 54; Вебер, 1917, с. 39. О Кокандском у. – Вебер, 1913, с. 121. О ничтожных россыпях в послетретичных конгломератах в долине р. Кассан и окрестных – Вельяминов-Зернов, 1857, с. 124; Мушкетов, 1886, с. 483; 1906, с. 149, 263.

В *Маргеланском у.* местные жители работают золото по р. Мук-Су и главным образом по ее притоку Саук-Су (Соук-Су); золото мелкое, с самородной медью. Коренные выходы известны в бассейне р. Мук-Су, по р. Джаргучаку; это кварцевые жилы, линзы и чечевицы в кислых породах, богатых видимым золотом. Жилы переходят на левый берег Саук-Су. Содержание золота от 0,02–0,04 до 7,8–10,4 г на 1 т. В *Кокандском у.* золото моют по р. Соху (приток р. Сыр-Дарьи) и его притокам (р. Зардаш).

169. В *Бухаре*¹ россыпное золото известно издавна. Оно находится здесь в конгломератах (§ 127). Генезис этих конгломератов не вполне установлен – это или морские третичные или ледниковые отложения. Такие россыпи сосредоточены по отрогам Дарваза², в Восточной Бухаре. Дальнейшим размыванием этих конгломератов золото попадает в современный горный аллювий и выносится современными реками бассейна Зеравшана и Аму-Дарьи. Везде здесь оно является искони добычей искателей³. Коренные месторождения указаны в Сафет-Дарье и др., в виде кварцевых жил. Всего, по официальным русским данным, в год в Бухаре намывается 0,65–0,80 т золота, из которых только 0,04 т поступало в бухарскую казну⁴.

170. *Урянхайский край*⁵ (Тувинская авт. обл.). В первой половине XIX столетия золотосодержащие россыпи были найдены по притокам р. Систикема, Большому и Малому Алгиакам и Черной речке. Но на восточном склоне Алгиакского хребта найдены кварцевые жилы с золотом. В 1870-х годах золото обнаружено (но не имело практического значения) по р. Серлиху, притокам р. Оджи, речкам Чинге, Куликему, Темир-Суку и Турану; в 1880-х годах – в верховьях р. Ута. В XX веке открыто, по-видимому, более серьезное месторождение по правым притокам р. Тапсы, в системе р. Караламых-Кем, и россыпи по склонам хр. Танну-Ола (истоки р. Элегеста ?)⁶.

171. Небогатые месторождения находятся в *Финляндии*. Здесь на севере, в Лапландии, в *Улеаборгской губ.*, золото указывалось уже в начале XIX столетия, но лишь в 1837 г. находки Эльфвинга обратили на него внимание⁷. Здесь во многих местах на границе с Норвегией, по рекам Ивало, Сота, Пальсиной и др., наблюдаются бедные золотоносные россыпи, содержащие золото и платину. В 1900 г. впервые найдены коренные месторождения – кварцевосидеритовые жилы, проходящие в гранулитах. Эти жилы содержат кальцит, гематит, магнетит, пирит, магнезит, немного халькопирита. Любопытно содержание платины (§ 84). По-видимому, более богатые золотом верхние части этих жил (железные шапки) были разрушены во время ледникового периода и дали начало современным золотоносным россыпям.

¹ Золото в Бухаре уже указывал *Севергин* (1791, с. 59). *Krafft*, 1899, с. 37 и сл.; *A. Levat*, 1903, с. 198 и сл.; *Михайлов*, 1895; *Rickmers*, 1899, с. 606; *Шостковский*, 1897, с. 98; *Вебер*, 1913, с. 156 и гл.; *Д. Иванов*, 1886, с. 269; *Андреев*, 1912, с. 174 (Дарпаз, Гиссар, Курган-Тюбе, Бальджуан, Рушан). О добыче россыпного золота в р. Вахш см. *Нечаев*, 1914, с. 65; *С. Михайловский*, 1914, с. 107. Золото находится и в сопредельных областях России (*Krafft*, 1901, с. 63).

² Ср. еще *Бутенев*, 1842, с. 141; *Журавко-Покорский*, 1895. Добывали в Бухаре до 130 кг золота.

³ *Krafft*, 1899, с. 39; *A. Levat*, 1902, с. 444 и сл.

⁴ *Вебер*, 1910, с. 80.

⁵ О золоте в Урянхайском крае см. *Родевич*, 1910, с. 152; *Африканов*, 1880, с. 45; *Латкин*, 1892, с. 241; *Грум-Гржимайло*, 1914, с. 532 и сл.

⁶ «Изв. Геол. ком.», 1914, 33, с. 20–21.

⁷ *Jernström*, 1874, с. 4; *Fircks*, 1900 (1), литература.

В Або-Бьернборгской губ., в окр. Киско, золото найдено в Илиярви¹.

Бедные россыпи находятся и в других местах Финляндии. Так, они указаны по границе с Архангельской губ., в окр. Кемь и Куусамо². В Куусамо аллювий всех рек бассейна Белого моря содержит очень мелкое и бедное золото. Кое-где (Миллюпуру, Лаутайоки и т.д.) встречались более крупные куочки золота³.

В Выборгской губ. россыпное золото указано в Сердобольском у.⁴

172. Электрум и медистое золото в России. Из разностей золота наиболее распространен электрум⁵. На Урале электрум, может быть, более распространен, чем предполагается. К сожалению, у нас очень мало анализов уральского золота. К электруму близко золото некоторых месторождений Южного Урала.

Так, в Оренбургской губ. к нему надо отнести золото Ильинского прииска около Петропавловского рудника, в Златоустовском горном округе⁶. Точно так же и часть золота Качкарской системы, вероятно, представляет из себя электрум (§ 155).

На Кавказе – в Елисаветпольской губ., в Елисаветпольском у. (§ 158), в Эриванской губ. (§ 158).

Электрум обычен в Сибири, в Томской губ., на Алтае, где находился древний центр его добычи (§ 150). Здесь он находится в Змеиногорском руднике (§ 159), Семеновском, в верхних горизонтах Черепановского рудника (в Зыряновском, Крюковском и др.) и т.д. Он встречен в кварцевой жиле Семеновского прииска по р. Шалтыр-Кожуху. В Греховском руднике он найден в охрах⁷.

В Кузнецком окр. электрум наблюдался в Кедровской россыпи по р. Кедровке (коллекция Томского университета).

Вероятно, электрум находится в Енисейской губ., в Енисейском у. (§ 159).

В Якутской обл. он наблюдался в системе Ленских золотоносных россыпей; так, анализ одной «золотинки» из Пророко-Ильинского прииска (по р. Ныгри) дал Ненадкевичу 43,33% Ag. Другое золото этого прииска было высокопробное⁸.

Вероятно, золото наблюдается и в россыпях Амурской обл., где иногда среди высокопробного золота указываются «серебристые золотины» (например, в Успенском прииске бассейна Эмака, Зейского района)⁹.

Для Средне-Азиатской России, Ферганской обл., Ошского у., есть указания у Михайлова (1895, с. 327), требующие подтверждения.

Медистое золото отмечено на Урале и, вероятно, более там распространено, чем это думают. Обычно его не отличают от самородного золота.

¹ Sederholm, 1911, с. 21; Palmen, 1911.

² Fircks, 1906 (1); Гофман, 1847; Holmberg, 1857 (2), с. 47–48; A. Nordenskiöld, 1863, с. 4.

³ Holmberg, 1856, с. 61–62.

⁴ Севергин, 1805, с. 126 и сл.

⁵ Сомнительно указание на его нахождение в Кандалакшской губе – Гинзбург, 1921 (серебро золотистое).

⁶ Гурьев, 1834, с. 13: «золотистое серебро». Здесь электрум встречен гнездами среди обычного золота. М. Карпинский, 1840 (2), с. 218.

⁷ Об электруме на Алтае см. Севергин, 1809, с. 111; Бояришинов, 1845, с. 22; Реутовский, 1905 (1), с. 303; Пилипенко, 1915, с. 324–329.

⁸ А. Герасимов, 1907 (2), с. 143.

⁹ Рязанов, 1903, с. 140.

В *Пермской губ.* оно находится в *Кыштымском окр.*, в Соимоновской долине, на горе Карабаш (§ 154). Возможно его нахождение в россыпях около *Горношита* (§ 154). (Ср. также § 132).

Кюстелит в России не наблюдается.

173. Серебро в России. Самородное серебро наблюдалось в пределах Европейской России изредка и в небольшом количестве¹.

В *Архангельской губ.*, в *Онежском у.*, самородное серебро находилось на Медвежьем острове (в Парьегубском заливе, в Кандалакшской губе), где в первой половине XVIII столетия находили сплошные куски серебра; его встречали в морском песке на берегу. Серебряные самородки древовидного строения, с преобладанием {111}, нередко встречались в кальцитовых жилах со светлой цинковой обманкой². Серебро находилось здесь в верхних частях жил серебросодержащего галенита, было быстро выработано и никогда не имело практического значения. А между тем это была самая большая находка самородного серебра в Европейской России. В *Кемском у.* указано оно в старинном Воицком руднике (§ 152). Оно наблюдалось также в кальцитовых жилах галенита на о-ве Седловатом³. Другие указания сомнительны⁴.

В *Олонецкой губ.* «знаки» самородного серебра (и меди) указаны Князевым в XVIII столетии в кварцевой жиле в Пяозерском руднике в уроч. Кедес-Наволоок⁵.

В *Области Войска Донского*, в *Миусском окр.*, в Нагольном кряже, в Семеновском бугре⁶. Встречалось с амальгамой (содержит Hg) (ср. § 188).

В *Царстве Польском*, в *Келецкой губ.*, редко наблюдалось в Медзяной горе⁷.

На *Кавказе* оно не раз наблюдалось в россыпях. Так, оно указано в *Елисаветпольской губ.*, в *Елисаветпольском у.*, по р. Кашкар-Чай (бассейн Куры), в бедной золотоносной россыпи⁸. В *Казахском у.*, по р. Акстафе, встречено тоже в золотоносной россыпи⁹.

174. На *Урале* серебро встречается в небольшом количестве и является минералогической редкостью. Оно попадалось обычно в железных шапках при первых разработках рудников. В *Пермской губ.*, в *Верхотурском у.*, в *Богословском горном округе*, оно наблюдалось в Турьинских рудниках, главным образом во Фроловском руднике, где находилось с медными рудами и образовалось распадением блеклой руды; серебро встречалось там в

¹ Кроме указанных ниже месторождений, можно отметить, что старинные авторы указывают нахождение серебряных блесток вместе с золотом около Муром, в Оке (§ 152). *Паллас* (1773, с. 57) склоняется к мнению, что эти блестки представляют остатки предметов человеческого обихода.

² Коллекция Академии наук. *Широкиин*, 1835, с. 423 и сл.; *Арсеньев*, 1830, с. 295.

³ *Лопатинский*, 1826, с. 76; *Е. Федоров*, 1904, с. 227.

⁴ О сомнительном нахождении на Новой Земле см. *Чернышев*, 1885, с. 412.

⁵ *Мошанский*, 1916, с. 153.

⁶ *Самойлов*, 1906, с. 93.

⁷ *Кун*, 1829, с. 224. Серебро из этой местности не указано в наиболее полном списке минералов Польши у Блёде, 1839. Однако указания Куна вообще очень точны, и нахождение небольших количеств самородного серебра парагенетически в данном месторождении вполне возможно.

⁸ *Гурьев*, 1878, с. 116; 1830, с. 168.

⁹ *Иваницкий*, 1853, с. 120.

виде превосходных дендритов, елочками в кальците и в виде пластинок (коллекция Академии наук)¹; также наблюдалось в Васильевском и Суходойском рудниках². В *Нижне-Тагильском горном округе* встречалось в рудниках Уткинском, редко в Павловском, Чудовском и Анатольевском³. Оно произошло здесь разрушением галенита.

В *Екатеринбургском у., в Екатеринбургском горном округе*, находилось в Первоблагодатном руднике, где произошло из галенита. Оно наблюдалось в виде налетов и волосков в свинцовой охре⁴. В дачах Каменского завода встречено было в Соймоновской долине, самородки серебра до 4 г весом находились в железной шапке Смирновского рудника⁵.

Несколько в стороне стоят одиночные указания на нахождение его в осадочных пермских отложениях Предуралья, например около Азовы и Лесов⁶, на Каме, в *Пермском у.*, в известняках (содержащих в пустотах барит) и песчаниках, вместе с медными рудами. Серебро здесь встречается в очень небольших количествах и редко видно глазу.

В *Оренбургской губ., в Троицком у.*, в Качкарской системе, в Михайловском руднике, оно указано с эмболитом; может быть, встречалось в Преображенском руднике⁷. Оно попадалось и в россыпях Южного Урала, например, тонкие налеты его найдены на прииске Ольшевского (коллекция Академии наук).

175. Главные месторождения серебра сосредоточены в *Сибири* в *Томской губ.*, на *Алтае*⁸, где оно встречалось в XVIII столетии в количествах, позволявших его добычу как руды. Оно наблюдалось в рудниках Змеиногорском⁹, Петровском (редко в барите, большей частью в охрах)¹⁰, Зырянском¹¹ (частью пластинки «снежного серебра»), Николаевском (изредка в начале разра-

¹ В кристаллах находилось в гранате (*Бегер*, 1826 (2), с. 41), в медных рудах (*Вагнер*, 1818, с. 104).

² [Н. Попов], 1811, с. 21. «Отчет Геол. музея Акад. Наук за 1905», СПб., 1906, с. 219 (коллекция В.А. Иоссы).

³ *Бутнев*, 1834, с. 442 («признаки»); *Колтовской*, 1846, с. 294, 302 («налетелое»); *А. Николаев*, 1908, с. 507.

⁴ *Эрдман*, 1826, с. 125; *Окладных*, 1868, с. 380; *Чайковский*, 1838, с. 131; 1830, с. 298.

⁵ *А. Николаев*, 1908, с. 507.

⁶ *Гельм*, 1820, с. 4 и сл. В более новой работе *Краснопольского* (1889, с. 58–59) не упоминается о нахождении серебра и барита в пермских слоях около Азовы. Краснопольский работу Гельма оставил вообще без внимания. Гельм дает анализ барита (содержит Sr). Гельм был одним из тонких наблюдателей минералов в России в начале XIX века. Много его наблюдений опубликовано Розе в его классическом труде по Уралу. Об анализе им платины см. § 82. О Гельме см. «Recueil des actes de la séance publ., Acad. Sci. SPb., 1827», SPb., 1828, с. 96; *И. Бородин*, 1908, с. 25. Нахождение Ag в медистых песчаниках Урала очень вероятно. Помимо аналогии с другими странами, например Германией или Юта (§ 135), пермские песчаники Предуралья содержат Sn, V, Ni и т.д., т.е. богаты элементами, не отделенными друг от друга во время процессов выветривания. Минералогия этих отложений требует изучения.

⁷ *А. Карпинский*, 1881; *А. Николаев*, 1908, с. 507. В Преображенском руднике указывается с сомнением. О серебре Качкарской системы см. *W. Beck*, 1876, с. 163.

⁸ Ср. литературу – золото, § 159. *Пилипенко*, 1915, с. 331–338.

⁹ *И. Герман*, 1801, с. 130; 1802, с. 288; *Ренованц*, 1788, с. 131; *Шангин*, 1808, с. 13. Часто – пластинки (электрум?). Для серебра указывались волосатые и дендритовые кристаллы. Очень редко встречались мелкие {111}.

¹⁰ *Шангин*, 1808, с. 27.

¹¹ *И. Герман*, 1801, с. 223; *Шангин*, 1808, с. 52; *Гривнак*, 1873, с. 195.

боток), Риддерском¹, Семеновском², Белоусовском³, Сокольном⁴, Черепановском (в горизонте сернистых руд)⁵, Заводинском (налеты на кварце, изредка)⁶, Таловском⁷.

Большие массы серебра были сосредоточены в Крюковском руднике; здесь серебро, по-видимому, частью самородное, частью хлористое, было сосредоточено в лимонитах и глинах верхних частей месторождения; в «талковатых глинах» на 1 т приходилось до 125 г серебра⁸. Особенно своеобразно было старинное серебро в Семеновском руднике, найденное в свинцовой и железной охре. Оно имело характер снежных хлопьев, которые летели при дуновении; отдельные куски такой охры были полны серебряных хлопьев⁹. Пластинки серебра представляли собой двойники по {111}. Своеобразно серебро цинковое из Сокольного рудника. Развиты формы: {100}, {111}, {110}, {311}, двойники по {111}. По-видимому, его генезис связан с восстановлением органическим веществом. Серебро для Алтая мелко рассеянное. Оно образуется вторичными процессами. Золота не содержит¹⁰. Другое любопытное месторождение встречено было в Салаирских рудниках – пластинки блестящего серебра¹¹. В Бийском у. серебро встречено в фельзитовом порфире около р. Эгули (бассейн Катунь), с золотом (§ 159).

В Енисейской губ., в Минусинском у., серебро наблюдалось в Воскресенской россыпи по р. Куртучику (бассейн р. Уса)¹²; принималось за платину (§ 84). Серебро встречено в Усинском крае, в россыпях по рекам Ключу, Асколу системы р. Юргуна (самородок 0,23 кг в собрании Академии наук – «Тр. Геол. музея», VIII, 1915, с. 32), по система р. Золотой.

В Забайкальской обл., в Нерчинско-Заводском окр., в Ново-Зерентуйском¹³, Воздвиженском рудниках (небольшие зерна и листочки серебра встречены в «известковом камне» с окислами марганца¹⁴); наблюдалось в Дмитриевском¹⁵ («налетное на глинистом железняке»)¹⁴, Преображенском рудниках¹⁶, около Ивановского рудника найдено на лимоните¹⁵ в пади Листвянке.

Серебро весьма часто наблюдалось в «железной шапке», в бурых железнках и охрах разных старинных разработок Нерчинских рудников. Но характер его нахождения неясен, оно глазом не видно (до 1,5 г на 1 т лимонита и т.д.), и, может быть, сосредоточено в богатом серебром галените¹⁵. Скорее,

¹ Шангин, 1808, с. 63, (Николаевский), 69. Попадалось в роговике и охрах в форме дендритовых скоплений (Гривнак, 1873, с. 245). Встречены сростки {111} (Пилипенко, 1915, с. 336).

² «Горн. журн.», 1835, II, с. 554 и сл. Щуровский, 1846, с. 358.

³ Гривнак, 1873, с. 226.

⁴ Ренованц, 1788, с. 198; И. Герман, 1801, с. 177; Гривнак, 1873, с. 253.

⁵ Бояршинов, 1845, с. 22.

⁶ Миклашевский, 1871, с. 202.

⁷ И. Герман, 1801, с. 249.

⁸ Щуровский, 1846, с. 127.

⁹ Ренованц, 1788, с. 211. Встречались кристаллы и пластины. См. еще И. Герман, 1801, с. 257.

¹⁰ Пилипенко, 1915, с. 337–338.

¹¹ И. Герман, 1801 (2), с. 276; Шангин, 1808, с. 79.

¹² Еремеев, 1898, с. XV.

¹³ Неизвестный мне русский автор (1780) в «Neue Nordische Beiträge», IV SPb., 1783, с. 245 (редко волосатое).

¹⁴ Л. Кулибин, 1827, с. 485.

¹⁵ Ковригин, 1839, с. 414.

¹⁶ Филев, 1835, с. 264; Ковригин, 1839, с. 414.

однако, здесь надо предположить галоидные соединения серебра, смешанные с самородным серебром, аналогично «расос» Южной Америки (§ 151). Самородное серебро встречалось также в золотоносных приисках по р. Жарче, бассейн р. Нерчи (музей в Чите, 1914).

В небольшом количестве самородное серебро встречено в россыпях Западной и Восточной Сибири, например в золотоносных россыпях *Нерчинского окр.*, по р. Малому Урюму, наблюдались его дендриты в виде кристаллов {100}, {111} и самородки (система р. Шилки)¹; попадалось оно и в россыпях в *Баргузинском окр.*, например в Александровском прииске, по р. Витимкану².

В *Приморской обл.*, на *Камчатке*, найдено на плотном железяке.

В *Степной и Средне-Азиатской России*, в *Семипалатинской обл.*, в *Каркаралинском у.*, Акчетавской волости, в руднике Кызыл-Эспе, находили тонкие пластинки самородного серебра в месторождении свинцовых и медных руд³, указано в Беркаринской волости, в Беркаринском свинцово-серебряном руднике, также в Свято-Макарьевском, около Желтавского пикета⁴.

Разность серебра – *медистое серебро* – указана в Зырянском руднике (разведки 1855 г.)⁵. Это неоднородный агрегат чешуек меди и серебра.

176. Финляндия, Выборгская губ. Серебро наблюдалось изредка в Питкаранте в виде новообразований в разрушенных областях рудников Шварца, Мейера, Николаи⁶. Здесь попадались пластинки в несколько миллиметров толщиной, в связи с железными соединениями (магнетит и т.д.).

177. Определение. Среди физических свойств минералов этой группы особенное значение имеют *удельный вес* и *цвет*. Удельный вес для разных тел группы выражается следующими числами:

Золото	19,3–15,6
Электрум	около 15 и немного выше
Медистое золото	15,2
Кюстелит	11–12
Серебро	10,4

Цвет *золота* тем более белый, чем оно ближе к *электруму*. Цвет *медистого золота* с ясным красным (медным) оттенком. *Серебро* в природе большей частью черное, вследствие того, что оно покрыто продуктами изменения (§ 136), иногда белое или желтое с побежалостью, но есть разности чистого белого серебра. Твердость всех этих минералов 2–3, причем разности самородного золота, богатые серебром, тверже. Очень ковкие. Излом занозистый.

¹ Еремеев, 1895, прот., с. 39.

² Тихомиров, 1899, с. 489.

³ И. Антипов, 1892, с. 327; Еремеев, 1871 (1), с. 449.

⁴ Реутовский, 1905 (1), с. 184.

⁵ В официальном отчете разведок (Бояршинова?) говорится, что в стеатите «в виде примазки и тонких листочков заключалось соединение самородного серебра с самородной медью, или, так сказать, *медистое серебро*. Весьма трудно объяснить, каким образом образуется это соединение самородных металлов вблизи колчеданов, будучи с ним притом в такой тесной связи, если не приписать его влиянию гальванического подземного тока, этого мощного, но загадочного еще деятеля природы» («Горн. журнал», 1856, II, с. 371). О прорастании меди и серебра (медистое серебро) см. Пилиненко, 1915, с. 335.

⁶ Trüstedt, 1907, с. 111, 124, 167, 328.

По внешнему виду кристаллов обыкновенно неотличимы, хотя кристаллизуются в разных классах правильной системы (ср. § 106, 108). Спайности нет. Плавятся. Температура плавления для сплавов Au и Ag непостоянная (ср. § 104). При сплавлении *самородного золота* в восстановительном пламени в фосфорной соли получается мутный желтоватый перл, тем более резкий, чем больше в золоте серебра. Однако мутный перл получается уже при 0,25% Ag¹. Дает обычные химические реакции на Au и Ag. *Медистое золото* дает резкую реакцию на медь. *Самородное золото* растворимо в царской водке, *электрум* и *самородное серебро* в раствор нацело не переходят (выделяется AgCl). Отдельно HNO₃ и HCl не растворяют золота, серебро растворяется в HNO₃ нацело, электрум отчасти.

Природные золото – серебро – висмут

Бисмутаурит. Мальдонит. Чилениит

178. Химический состав и физические свойства. Мало изученные висмутистые соединения золота и серебра принадлежат к группе тел, химический характер которых неясен. Вначале их всех относили к определенным соединениям, однако этому противоречит изучение сплавов золота и серебра с висмутом.

Отдельные соединения висмута и золота – Au₃Bi и Au₂Bi₃ пытались вывести из изучения их сплавов², однако работа Фогеля³, по-видимому, вполне доказывает ошибочность этих предположений. Согласно опытам Фогеля, в сплаве Au–Bi нет места не только этим телам, но даже Au₂Bi и минералу *мальдониту*⁴, существование которого очень вероятно⁵.

По опытам Фогеля, при сплавлении висмут, в количестве до 4%, растворяется в золоте и дает с ним при застывании твердый раствор – (Au, Bi); при большем количестве висмута получается эвтектическая смесь, состоящая из Bi и (Au, Bi).

Сплавы висмута с серебром изучены еще меньше сплавов золота⁶. Однако и здесь, при сплавлении висмута с серебром, получаются однородные сплавы серебра, заключающие до 5% Bi, и образуется эвтектика. Эвтектический сплав содержит около 2,5% Ag. При большом количестве висмута получается неоднородная смесь раствора висмута в серебре и эвтектического сплава. Определенных соединений висмута и серебра, по-видимому, не существует⁶.

Таким образом, можно ждать, что природные минералы висмутистого золота распадаются на две группы:

1. Бедные Bi (до 4%) – *бисмутаурит*, формулы (Au, Bi).
2. Богатые Bi, заключающие его больше 4%, – эвтектическая смесь бисмутаурита и висмута. Чистая эвтектическая смесь Au–Bi содержит 12% Au и 88% Bi. Таким образом, на основании этих работ необходимо было бы допустить для мальдонита неоднородное строение, на что у нас нет никаких указаний.

¹ G. Rose, 1842 (1), с. 406–407.

² Rössler, 1895, с. 70; Maey, 1901, с. 298.

³ R. Vogel, 1906, с. 146 и сл.

⁴ Mac Ivor, 1887, с. 191.

⁵ [Мальдонит является тонким мирмекитовым сростанием самородных золота и висмута; он образуется распадом Au₂Bi].

⁶ Петренко, 1906, с. 133 и сл. (литература).

Точно так же для чиленита, судя по числам анализов, надо ждать двух тел: для разностей его, более богатых висмутом ($>5\%$), надо предполагать не однородную структуру, а смесь из (Ag, Bi) и эвтектики Bi + (Ag, Bi), тогда как разности, более бедные висмутом, могут быть рассматриваемы как раствор (Ag, Bi).

Однако не надо преувеличивать значения опытов над искусственными сплавами для выяснения состава наблюдаемых в природе соединений. Золото с висмутом может давать в природе соединения при условиях, не совпадающих с распадением их сплавов, причем могут образовываться определенные соединения, неустойчивые в термодинамических условиях сплавов. Как анализы, так и свойства природного мальдонита заставляют допускать возможность соединения Au_2Bi ; приходится рассматривать его, как определенное соединение золота и висмута, а не как смесь висмута (или эвтектики висмут-висмутаурит) и висмутаурита.

Вопрос требует нового исследования.

179. Химический состав природных минералов виден из следующих чисел анализов¹:

	Au	Bi	Ag	Cu
1. Бисмутаурит	94,2	2,9	2,8	0,1
2. Мальдонит	64,5–65,1	34,9–35,5	—	—
3. Au_2Bi	65,37	34,68	—	—
4. Чиленит	—	2,7–15,3	84,7–97	—
5. Висмутистое золото ²	78,41	14,81	5,62	Сл.

180. Кристаллическая форма мальдонита не изучена. Даже кристаллическая система не может считаться установленной. Основанием для нее могут служить лишь полиэдры спайности. *Мальдонит* кристаллизуется в *правильной* или *гексагональной* системе. *Ясная спайность* его идет по трем направлениям: *по кубу* правильной системы или *по ромбоэдру* гексагональной. Отклонения от 90° делают очень вероятной гексагональную систему³.

Кристаллы *бисмутаурита* не указаны. Внешность его пластинок неотличима от пластинок самородного золота. Чиленит находится в природе в виде зернистых кристаллических масс. Таким образом, кристаллическая форма всех этих тел, так же как всех растворов висмута в золоте и серебре, требует пересмотра и исследования.

181. Распространение в земной коре. Очень возможно, что *висмутистое золото* различного характера довольно распространено в месторождениях золота. В некоторых пиритах, заключающих висмут, золото не амальгамируется и, должно быть, находится в виде (Au, Bi)⁴. Вероятно, более тщательное определение минералогических разностей, чем это теперь в обычае,

¹ C. Hintze, I, 1898, с. 320, 432; Ненадкевич, 1907, с. 83 (бисмутаурит); Domeyko, 1897, с. 358 (чиленит).

² Висмутистое золото из россыпей Оуэна в Новой Зеландии (Skey, 1887, с. 454), может быть, является смесью. Одновременно попадались кусочки самородного висмута.

³ Ульрих (Ulrich, 1870, с. 4) указывает кубическую спайность, Рат (Rath, 1877(1)) – ромбоэдрическую. [Неясность спайности и симметрии связана с проращением золота – правильной системы и висмута – гексагональной системы].

⁴ Pearce, 1890, с. 451; David, 1891, с. 104.

укажет на большее распространение висмутистого золота в природе. Теперь его обычно не отличают от простого самородного золота. Существование месторождений самородного золота, связанного с соединениями висмута, делает вероятность большого распространения висмутистого золота еще большей (§ 120).

Местами известно и теперь настоящее *висмутистое золото* отдельно от самородного золота, по-видимому в жильных месторождениях, связанных с гранитом. Так, висмутистое золото – мальдонит – находилось одно время в Австралии (около Мальдона) в аплитовых дайках, может быть в штокверках (в грейзене)¹. В золотоносных россыпях р. Ринг в Тасмании золото висмутистое – приближается к мальдониту². По-видимому, некоторые золотоносные руды Колорадо состояли из висмутистого золота. Так, в Ледвилле руда из рудника Хайленд-Мэри содержала золото, серебро и висмут и ценилась как висмутовая руда. Тоже в Ла-Хата-Каунти, где руда содержала 11,6–15,97% Bi, а в Колорадо до 18% Bi³. Висмутистое золото находится в россыпях Оуэн в Новой Зеландии⁴. При аналогичных условиях находился бисмутаурит на Урале – должно быть, в контактных золотоносных жилах (§ 117).

Вероятно, не так редок и *чиленит*. Он указан в нескольких местностях Южной Америки. В Чили, в Копиапо, в руднике Сан-Антонио-дель-Потреро-Гранде, в начале разработок встречались куски чиленита весом до 10 кг; значительные скопления бедного висмутом чиленита известны и в других местах Чили, например, в Серро-Бокон в провинции Аконкагуа. Чиленит находится в жилах, богатых самородным висмутом, самородным серебром, домейкитом, халькозином и т.д., связанных с массивными породами, по-видимому, контактового характера⁵.

В *России* мальдонит и чиленит неизвестны. *Бисмутаурит* одно время встречался с тетрадимитом в старинном Шилово-Исетском руднике (§ 120) на *Урале*⁶, но не был отличен от самородного золота.

182. Определение. *Бисмутаурит* неотличим на вид от золота. Сплавленный, он дает хрупкий королек, желтый с поверхности, внутри красновато-серый (Ненадкевич). Уд. вес 17,6⁷. *Мальдонит* несколько темнее золота, с красноватым оттенком, но в свежем разломе светло-белый. Уд. вес 8,2–9,7. Обладает ясной спайностью по {100}. Ковок. Мальдонит дает ясный налет Bi; бисмутаурит дает ясный налет не всегда; ясная реакция на Bi с KCN. Твердость мальдонита 1–2, бисмутаурита 2–3. Растворим только в царской водке.

Чиленит очень похож на серебро, белого цвета, быстро на воздухе становится побежалым. Растворим в HNO₃. Ковок. Удельный вес не вполне чистого чиленита 6,6–6,8⁸. Твердость 3,5.

¹ Ulrich, 1870, с. 4; Rath, 1870 (1), с. 73.

² Petterd, 1910, с. 28.

³ Неясно, не теллуристый ли висмут? Главная масса Bi в Хайленд-Мэри была в форме карбоната (Hess, 1911, с. 729; 1913, с. 11, оттиск).

⁴ Skey, 1887, с. 454.

⁵ Domeyko, 1897, с. 357; 1900, с. 68, 363.

⁶ Ненадкевич, 1907, с. 82.

⁷ Ср. неясные старинные указания у C. Hintze, I, 1898, с. 320.

⁸ Удельный вес искусственного Au₂Bi – 15,46, уд. вес Au – 19,3, а Bi – 9,75. Приведенные выше данные удельного веса мальдонита и чиленита слишком малы и, может быть, были получены для нечистого минерала.

Ртуть и природные амальгамы: золото – серебро – ртуть

Ртуть. Конгсбергит. Аркверит. Золотая амальгама. Аурамальгама

183. Химический состав. Мы уже видели, что ртуть иногда входит в состав самородного серебра¹ и кюстелита (§ 105). Однако это наблюдается редко и в довольно исключительных случаях. Несмотря на свою способность легко растворять золото и серебро, в природе ртуть находится в условиях, довольно отличных от золота и серебра, и обычно отдельно от них. Поэтому удобнее выделить минералы, заключающие Au, Ag и Hg, в отдельную группу, так как Au и Ag встречаются в них при условиях, не вполне совпадающих с обычным их нахождением в земной коре. Близкий к серебру по парагенезису элемент – медь – никогда в природе не дает медных амальгам.

Амальгамы золота и серебра бывают жидкие, полужидкие и твердые кристаллические. Для золота мы будем выделять два минерала: жидкую – *золотую амальгаму* и твердую – *аурамальгаму*. Между ними есть все переходы. По-видимому, наблюдается и *жидкая серебряная амальгама (серебристая ртуть)*, к сожалению, не отличаемая обычно от ртути. Она явится крайним членом богатых ртутью твердых серебряных амальгам – аркверитов (см. ниже).

Химический состав природных амальгам чрезвычайно колеблется, так что их нельзя считать за определенные соединения. Они должны быть, вероятно, отнесены к типу твердых растворов или тонких механических смесей, частью даже, может быть, к смесям твердых и жидких тел². Может быть, среди них находятся определенные химические соединения AgHg и Ag_3Hg_4 ³, или AuHg , но они неотделимы от твердых растворов ртути в серебре. В природе находятся, впрочем, амальгамы, анализ которых дает числа, близкие к Ag_3Hg_4 и к AgHg (*тальталин*).

Ввиду неясности химического состава амальгам, я буду называть природные разности, более богатые ртутью, *аркверитом*⁴, а разности, более богатые серебром, *конгсбергитом*. Очевидно, такое деление имеет исключительно формальный характер. Может быть, следовало бы выделить AgHg , Ag_3Hg_4 и разности, более богатые ртутью, чем Ag_3Hg_4 . Но это можно будет сделать с несомненностью лишь после того, как будут лучше изучены природные и искусственные соединения серебра и ртути.

Во всяком случае уже теперь ясно, что было бы ошибочным соединять все природные серебряные амальгамы в один минерал, как это часто делают. Ибо уже Домейко заметил, что в некоторых случаях (в рудниках Лос-Бордос) в одном куске природной амальгамы можно различить три разных по химическому составу тела. Домейко считал, что среди амальгам надо различить по крайней мере семь минералов: AgHg_2 (из Pella de Mejiao), Ag_6Hg – *аркверит*, Ag_3Hg_4 , AgHg – *тальталин*; Ag_5Hg , Ag_7Hg_2 , Ag_2Hg_5 – *бордозит*. Джонс различает шесть искусственных амальгам, но они более богаты ртутью: AgHg ,

¹ По пробам Домейко (Domeyko, 1900, с. 268), в чилийском серебре и кераргирите небольшая примесь ртути обычна. Ср. для серебристой меди § 194.

² M. Berthelot, 1901, с. 320 и сл.; Самойлов, 1906, с. 95. Ср. сводку опытных данных у Иеннеке. Эти данные говорят о полной растворимости Ag, Au и Hg (Jennecke, 1909, с. 223).

³ Ogg, 1898, с. 307; Reinders, 1904, с. 654.

⁴ Может быть, аркверит следовало бы выделить как определенное соединение, так как, по указанию Домейко (Domeyko, 1900, с. 236), состав руды в Аркверо постоянен: 86,5% Ag и 13,5% Hg. Но от него, судя по другим местностям, есть все переходы до бордозита (Ag_2Hg_5).

AgHg₃, AgHg₁₅ и т.д. Несомненно, количество природных амальгам не меньше трех – будут ли то определенные соединения или смеси¹. Таким образом, и разделение твердых природных серебряных амальгам на конгсбергит и аркверит недостаточно. Но дальнейшие отличия сейчас не могут быть проведены с достаточной ясностью.

Еще меньше изучен химический состав природных золотых амальгам. Золото почти не растворимо в ртути. Указывалось для них на соединение AuHg, но все свойства изученных тел заставляют допускать скорее полную смесимость золота и ртути, т. е. образование смесей (Au, Hg).

Жидкая амальгама золота, вероятно, представляет эвтектику: жидкой Hg + (Au, Hg). Ртуть растворима в золоте: до 13 атомов ртути растворяются в 1 атоме золота. При 17,44 атомах Hg на 1 атом Au образуется или определенное соединение, или особый твердый раствор ртути в золоте (гексагональная система?)².

184. Химический состав природных амальгам виден из следующих чисел анализов³:

	Hg	Au	Ag	Cu	Pb
Золотые амальгамы	57,4–61,0	38,4–41,6	0–5,0	–	–
Серебряные амальгамы	4,7–74,5	Сл. – 0	25,5–95,3	0–0,2	0–0,4
Амальгама с Борнео	60,57	34,23	4,78	–	0,12

Кроме того, в зависимости от генезиса этих, всегда вторичных минералов, к ним примешаны иногда, может быть в виде тончайших механических подмесей, тела, содержащие Sb (иногда As)⁴.

185. *Самородная ртуть* – последний член того же ряда – никогда не является тем химически чистым телом, которое мы знаем в лаборатории. Она всегда «загрязнена» – содержит металлы, большей частью серебро (*серебристая ртуть* – § 183) и т.д. Одновременно в ней находятся и окислы ртути, постоянно образующиеся на ее поверхности (§ 189). Нахождение кислородных соединений ртути в растворе, как известно, констатировано и для всей массы ртути, выделяющейся при некоторых химических реакциях⁵.

186. **Физические свойства.** Самородная ртуть и золотая амальгама являются обычно в виде жидких капель, иногда грязных жидких пленок, в трещинах, порах и пустотах различных пород. Очень редко они скопляются большими массами, иногда достигая значительных размеров⁶. П.Л. Драверт (1922) указал на возможность нахождения *твердой ртути* в Сибири, так как

¹ Doneyko, 1897, с. 355, 360; Jones, 1910, с. 337. Ср. еще А. Федоров, 1912, с. 28 и сл. об эвтектике (Hg–AgHg) и твердых растворах (Ag – x).

² Любопытны опыты Ряда (Read, 1907, с. 66, 83).

³ Химических анализов природной ртути, по-видимому, нет. См. С. Hintze, I, 1898, с. 332. Более новые данные у Sjögren, 1900, с. 187 (анализ Маузелиуса); Самоилов, 1906, с. 94. Амальгама из Борнео – по Чернику, 1912, с. 87; ее уд. вес 15,44.

⁴ Еще изредка заключаются следы Cu, Pt, Fe в серебряных амальгамах, по Риотту и Лекгардту, см. Lelutyn, 1886, с. 49.

⁵ Ср. Barfoed, 1888, с. 452, 459.

⁶ Однако указаны скопления ртути весом до 50 кг в Порасе и Коттербахе в Венгрии (Zepharovich, 1859, с. 274), до 2300 кг в руднике Жилобреро в Испании (Calderon и Tenne, 1902, с. 10). В Техасе встречались ее массы до 8 кг (Hill, 1903, с. 252).

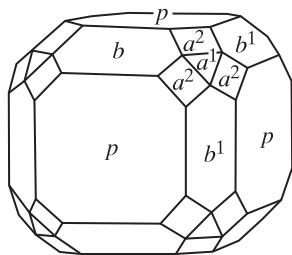


Рис. 62

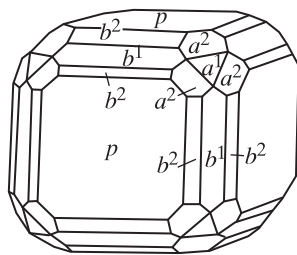


Рис. 63

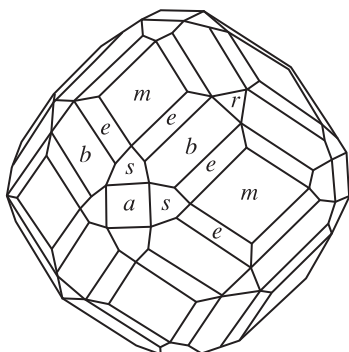


Рис. 64

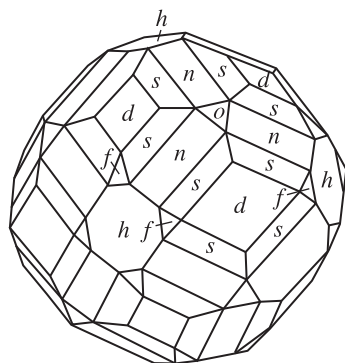


Рис. 65

Рис. 62–65. Кристаллы серебряной амальгамы из Обер-Мошеля в долине Наэ, Германия.

Рис. 62–63. По Леви, 1837; $p \{100\}$, $b' \{111\}$, $a' \{111\}$, $a^2 \{112\}$, $b^2 \{120\}$

Рис. 64. По Науманну, 1830; $m \{110\}$, $a \{100\}$, $r \{111\}$, $b \{112\}$, $e \{123\}$, $s \{203\}$

Рис. 65. По Гаюи, 1811; исправлен Шрауфом, 1865; $d \{110\}$, $h \{100\}$, $o \{111\}$, $n \{112\}$, $s \{123\}$, $f \{103\}$

она кристаллизуется при -39° . Кристаллы тригональной системы. $a_0 = 2,99$, $\alpha = 70^\circ 32'$. [При -46° уд. вес $14,24^1$.]

Серебряные амальгамы кристаллизуются в кристаллах голоэдриии правильной системы ($3L^4 4L^3 6L^2 9Pc$). В известных доселе их полиэдрах преобладают $\{110\}$ или $\{100\}$ (рис. 62–65). Однако кристаллические многогранники очень редки². Двойники для амальгам неизвестны, но довольно обычны *параллельные сростки*, причем иногда попадаются скелетообразные образования (рис. 66), где двойниковой осью являются L^4 . Нередки также тонкие пленки и налеты. Отдельные «самородки» амальгам достигают более килограмма (например, аркверит из Сант-Яго)³. Лучшим и почти единственным месторождением полиэдров амальгам были старинные, давно заброшенные

¹ [Neuburger, 1933].

² О кристаллической системе амальгам см. Romé De l'Isle, 1783 (1). с. 420; Haüy, 1822, III, с. 309; Naumann, 1830; A Lévy, 1837 (2), с. 376; Groth, 1878, с. 13.

³ Такие же куски были в коллекции проф. Дель Кастильо, выставленной на Парижской выставке 1889 г. из Агуилилья (Мичоакан) в Мексике.

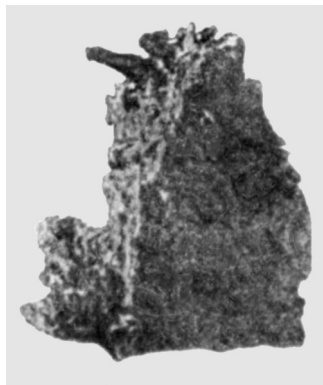


Рис. 66. Самородок древо-видного строения серебряной амальгамы из Конгсберга.

Коллекция Московского университета. Фото Н. Е. Вернадской. Уменьшено

рудники в долине Наэ, в бассейне Рейна, около Обер-Мошеля и Ландсберга¹. Отсюда хранятся в музеях и уже были описаны в XVIII веке лучшие кристаллы. Здесь попадались кристаллы, чрезвычайно богатые простыми формами. В других местностях мы имеем почти исключительно параллельные сростки. Отсутствие двойников, богатство комбинаций полиэдров и особенно образование параллельных сростков – указывают на большую величину поверхностной энергии кристалла и малую величину энергии векториальной. Кристаллы амальгамы наблюдались в Сала, в Швеции².

187. Нахождение в земной коре. Парагенезис этих тел, по-видимому, вполне аналогичен нахождению других природных металлов, больше всего напоминая парагенезис самородного серебра (§ 133). Нельзя, однако, не отметить, что ртуть, благодаря своей летучести, легко упускается из виду при химическом исследовании природных

тел³. Очень может быть, что она распространена как химический элемент значительно больше, чем мы теперь знаем. Среди известных нам природных соединений этого элемента группа самородной ртути – амальгам занимает, по-видимому, более важное место, чем самородное серебро среди минералов серебра. Наряду с сернистой ртутью это наиболее обычная форма нахождения ртути в земной коре.

Самородная ртуть образуется в природе на земной поверхности и является характерным минералом коры выветривания. Она здесь существует, как мы увидим (§ 189), недолго.

Можно различить несколько способов ее генезиса. Она частью образуется одновременно с выпадением других соединений ртути, например выпадает при выделении киновари или метациннабарита⁴, частью является вторичным образованием, связана с диссоциацией или окислением киновари⁵. Едва ли есть месторождение этих тел, где бы не находилось некоторое количество самородной ртути. Такая ртуть собирается местами, например в верхних слоях в Идрии, в довольно значительных количествах⁶. Кроме киновари, ртуть может выделяться и из других минералов, содержащих ее, например из блеклых руд⁷. Самородная ртуть, выпавшая в коре выветривания, благодаря

¹ Jung, 1911. [В 1938 г. Берман и Харкерт (*Berman a. Harcourt*, «Amer. Min.»), 23, с. 761) описали из этих месторождений минерал мошелландсбергит – Ag_2Hg_3].

² Flink, 1908.

³ F. Clarke, 1908, с. 572–573.

¹⁰ О связи с метациннабаритом см. G. Becker, 1888, с. 436.

⁵ Bischof, 1854, с. 2072; Schrauf, 1891, с. 383. Беккер (G. Becker, 1888, с. 34, 437) допускает влияние процессов восстановления (действия органических веществ). Ср. также Fritsch, 1862, с. 34

⁶ Schrauf, 1891, с. 381.

⁷ Zepharovich, 1859, с. 274.

тяжести и жидкому состоянию собирается большей частью в нижних горизонтах рудников.

Однако самородная ртуть далеко не всегда образуется распадением других соединений ртути. *Она может выпасть непосредственно из водных растворов.* Характер водных растворов ртути неясен, но они искусственно приготовлены уже давно, еще во времена увлечения ртутными препаратами в старинной фармакогнозии. Очень может быть, что в этих «водных растворах» мы имеем форму «коллоидального раствора» ртути и она находится в воде в тонком механическом размельчении, но во всяком случае несомненно, что ртуть в ничтожном количестве может входить в воду и с ней переноситься. В природе известен ряд источников, которые выделяют «из раствора» самородную ртуть; так, она выпадает из гейзеров Исландии¹ и Новой Зеландии. В Новой Зеландии сернистые источники около оз. Омаперы выделяют ртуть и киноварь. Эти источники связаны отчасти с выходами лав².

Очень вероятно, что тем же путем образуется ртуть, которая собирается в осадочных породах, нередко не заключающих никаких следов сернистых соединений. Скопления самородной ртути, находимые в таких слоях, нередко считаются продуктами вторичной концентрации, связанными с жизнью человека (§ 191), привнесенными им в земную кору, однако такое объяснение нахождения ртути приложимо далеко не ко всем случаям. Так, например, едва ли этим путем можно объяснить нахождение самородной ртути, пропитывающей эоценовые мергели и песчаники около Манче в окрестностях Виппах в Крайне³. Здесь ртуть находится в условиях, исключающих возможность воздействия человека⁴. Значительные выделения самородной ртути, рассеянной в песчанике в руднике Ратлснейк в Калифорнии (§ 192), тесно связаны с деятельностью горячих источников; ртуть выпала в среде, богатой углеводородами.

Наконец, самородная ртуть образуется в природе изредка путем возгонки при вулканических извержениях; так, она попадает в виде капель и включений в верхних частях новейших вулканических пород Перу в Санта-Аполония около Кахамарки, близ Аявири в департаменте Пуно и т.д.⁵. Очевидно, здесь приходится допустить существование временами *паров ртути* (§ 189).

Подобно другим тяжелым металлам, самородная ртуть может встречаться и в *россыпях*, например в Вайпори в Новой Зеландии⁶.

188. Золотые и серебряные амальгамы, менее обычные, чем самородная ртуть, гораздо чаще собираются в значительных количествах. Они являются спутниками самородных золота и серебра и наблюдаются в некоторых исключительных типах их месторождений.

¹ Это явление казалось столь необычным, что Деклуазо в своем отчете о гейзерах (*Des Cloiseaux*, 1847, с. 444) не решился об этом упомянуть! См. *G. Becker*, 1888, с. 25 и сл. — со слов Деклуазо. По мнению Бунзена, ртуть здесь привнесена человеком.

² *F. Hutton*, 1870, с. 252; *G. Becker*, 1888, с. 50.

³ *Voss*, 1895, с. 8.

⁴ Очень странное и невыясненное явление представляет появление ртути в некоторых местностях после гроз. Она, по некоторым указаниям, появляется здесь в источниках, например около Щавницы в Галиции, и т.д.; см. *Zepharovich*, 1859, с. 274.

⁵ *Raimondi*, 1878, с. 179–180

⁶ *Hector*, 1900, с. 274.

Золотая амальгама и аурамальгама, находящиеся обыкновенно вместе, наблюдались несколько раз в отдельных кварцевых жилах и золотоносных и платиновых россыпях Калифорнии (§ 125), Невады (например рудник Майджукана), Австралии, Колумбии (с платиной, ср. § 80). Обычно они не отличались от золота и добывались для золота. В Колумбии наблюдаются вросстки амальгам в платиновую руду¹.

Золотые амальгамы довольно быстро разлагаются в природе на ртуть и самородное золото, и их находили, по-видимому, только при начале разработок золотых месторождений. Для золота они являются одной из немногих форм его соединений, в виде которых оно встречается в природе². В кварцевых жилах они принадлежат к первичным формам выделения золота (§ 119).

Серебряные амальгамы распространены больше, чем золотые. По большей части, это вторичный минерал, который находится во многих месторождениях киновари и серебряных руд. Иногда можно проследить, из каких минералов они образовались, например, в прирейнских отложениях (§ 186) они выпали из блеклых руд, содержащих Ag и Hg³.

Однако генезис их менее ясен в тех случаях, когда они отложились в жилах в значительных количествах. Таково, например, месторождение Аркверо в Чили, тесно связанное с выходами туфов авгитового порфирита. Жильным минералом является здесь кальцит, частью барит (в боковых прожилках), а аркверит находится в тесной смеси с аргентитом, кераргиритом, эритрином и т.д.⁴. Другое близкое месторождение – Родаито; оно представляет порфиритовую брекчию, в которой амальгама выделилась из водных растворов вместе с баритом, пренитом и цеолитами⁵. Здесь мы имеем, по-видимому, первичные формы выделений амальгам в жилах. То же надо думать и об амальгамах Конгсберга (§ 133).

Подобно другим тяжелым металлам амальгамы собираются и в *россыпях*. Очень возможно, что, подобно самородному серебру (§ 135), серебряные амальгамы встречаются в россыпях довольно часто, но они не обращают на себя внимания из-за малой ценности, не окупающей разработку больших песчаных масс для добычи небольших количеств серебра и ртути. Аурамальгама в россыпях обычно не отличалась от золота и за него принималась (§ 191). В некоторых золотоносных россыпях Британской Колумбии, в округе Оменика (по рекам Виталь и Аргент), встречался в значительных количествах аркверит⁶; в россыпях Один-Дрифт-Майн в Калифорнии были обычны серые шарики аурамальгамы⁷.

189. Изменение ртути и амальгам. Самородная ртуть далеко не является той чистой жидкостью, какую мы знаем в лаборатории.

В природе она изменяется, во-первых, благодаря своей легкой летучести и, во-вторых, резко меняется химически.

¹ *Schneider*, 1891 (2), с. 317; *Lindgren*, 1896, с. 116.

² *Marchand*, 1848, с. 317 (данные Шнейдера); *Schmitz*, 1852, с. 712; *Sonnenschein*, 1854, с. 243.

³ *Breithaupt*, 1849, с. 258. Попытку точнее выяснить процесс образования этих амальгам в связи с гальваническими токами см. у *Fritsch*, 1862, с. 34–35.

⁴ *Domeyko*, 1897, с. 361; *G. Nordenskiöld*, 1899 (1), с. 29.

⁵ *Möricke*, 1897, с. 37; *Domeyko*, 1897, с. 361.

⁶ *G. Hoffman*, 1890 (1), с. 23; *G. Dawson*, 1878, с. 134.

⁷ *Lindgren*, 1896, с. 116.

Ртуть возгоняется уже при обычной температуре. Еще легче этот процесс должен идти в земных глубинах, при повышении температуры. Этим путем, благодаря своей летучести, ртуть может собираться в земной коре¹ и, может быть, она проникает кое-где и в осадочные породы. Эта сублимация заставляет допустить существование на земле временами *паров ртути* (§ 187).

Помимо такого чисто физического изменения самородной ртути, в земной коре постоянно идет резкое ее *химическое изменение*. Оно сводится частью к поверхностным явлениям, аналогично указанным для серебра (§ 136), частью к образованию прочных соединений ртути и к полному исчезновению самородной ртути.

Поверхностное изменение идет под влиянием кислорода и аммиака. Ртуть, — особенно содержащая растворенными какие-нибудь металлы, — на воздухе покрывается тонкой пленкой, которая представляет смесь красной *окиси ртути* с самородной ртутью². Самородная ртуть, особенно в мелких каплях, обычно бывает покрыта такой пленкой. Эта пленка имеет другой состав; когда реакция идет в среде, заключающей аммиак, образуется сложное *основание Миллона* — $3\text{HgO} \cdot \text{Hg}(\text{NH}_2)_2$ ³. Весьма вероятно, что состав природной пленки еще более сложный.

Наряду с таким поверхностным процессом идет и другой процесс — переход ртути целиком в новые соединения: сернистые — *киноварь* и галоидные — *каломель*, и сложные *оксигалоидные* соединения ртути. Ртуть соединяется как с серой, так и с хлором уже при обыкновенной температуре. Правда, свободный хлор не встречается в природе в заметном количестве в условиях нахождения ртути, но каломель образуется всегда при действии хлористых солей на окись ртути, которая, как мы видели, обычно выделяется на поверхности самородной ртути. Поэтому постепенно самородная ртуть исчезает и переходит на земной поверхности, всегда богатой хлористыми солями, в каломель или в оксигалоидные тела (терлингуаит, эгглестонит и т.д.). Все эти нерастворимые тела образуются исключительно в коре выветривания.

Аналогичным образом в земной коре существуют условия, благоприятствующие образованию киновари или метациннабарита из самородной ртути. Черная сернистая ртуть (метациннабарит) образуется при действии паров сероводорода, в присутствии кислорода, на металлическую ртуть⁴. Но в природе существуют условия, которые могут дать непосредственно и красную сернистую ртуть — киноварь, ибо это тело образуется при действии полисернистых щелочей на металлическую ртуть, а растворы полисернистых щелочей существуют на земной поверхности во многих сернистых источниках.

190. Устойчивее, чем ртуть, являются на земной поверхности *амальгамы*, особенно амальгамы серебра. По-видимому, для них существуют условия медленного распада на ртуть и золото или серебро, ибо давно указано, что на воздухе природные амальгамы выделяют ртуть.

Для серебряных амальгам процесс, по-видимому, связан с образованием этим путем все более и более богатой серебром амальгамы. Как известно, и

¹ Suess, 1877, с. 99.

² Может быть, *закуси ртуту*, см. M. Berthelot, 1880, с. 871.

³ Matignon et Desplantes, 1905, с. 854.

⁴ M. Berthelot, 1898, с. 776.

искусственно можно обогатить серебряную амальгаму, процеживая ее через кожу. Она при этом распадается на серебристую ртуть и на богатую серебром амальгаму. Здесь действуют контактные силы, роль которых в природе огромна, но научно не выяснена. Поэтому и условия разложения амальгам на земной поверхности не могут считаться известными.

191. Ртуть и амальгамы в России. В *Европейской России*, в *Области Войска Донского*, в Нагольном кряже, в Семеновском бугре, наблюдалась *серебряная амальгама*¹. Ртуть изредка встречалась там же.

В *Таврической губ.* ртуть была найдена в третичных известняках около Севастополя и развалин Херсонеса². Но ее природное происхождение несколько сомнительно, так как условия нахождения неясны.

На *Кавказе*, в *Дагестанской обл.*, в *Кюринском отделе*, по р. Гюльгорычай, ртуть встречается в юрских песчаниках с киноварью³.

В *Сибири* ртуть и амальгама указаны в немногих местах. Есть несколько указаний на нахождение ртути и амальгамы в *Томской губ.*, на *Алтае*.

В *Забайкальской обл.*, около разъезда Загорина, близ ст. Могзон Сибирской ж.д., указана ртуть⁴.

Она указана еще в *Якутии*, по р. Олекме⁵, и в *Приморской обл.* – на Камчатке⁶.

Аурамальгама и золотая амальгама в России с точностью неизвестны. Однако, по-видимому, к аурамальгаме должно быть отнесено золото *Томской губ.*, из Петропавловской россыпи по Кундустуюлю (§ 159). На это указывает, по моему мнению, следующее его описание, сделанное проф. Г. Щуровским (1846, с. 203): «В Петропавловской россыпи, как уверяют, попадалось золото почти *белого* цвета; с первого раза почли его за золотистое серебро, но, подвергнув небольшому жару, увидели, что оно потеряло белый цвет и явилось со всеми знаками высокопробного желтого золота».

192. Труд человека. Как видно из условий генезиса, самородная ртуть нигде не могла явиться предметом правильной разработки. В тех случаях, когда она встречалась в значительных скоплениях вместе с киноварью, она издревле шла как руда на ртуть. Может быть даже, в первые времена она

¹ *Самойлов*, 1906, с. 93. Анализ приводит к числам, близким к формуле Ag_2Hg . Может быть, к серебряной амальгаме должно быть отнесено следующее указание *Г. Иванова* (1858, с. 554–555): в лабораторию Департамента горных и соляных дел было доставлено «два образца кварца, искусственно натерты серебряною амальгамою, доставленные под именем самородного серебра из Бахмутского у. Екатеринославской губ. Амальгама, которою натерты были куски кварца, легко отделялась от породы, слипалась и при купелляции дала серебряный королек». После нахождения серебряной амальгамы *Самойловым* в Нагольном кряже, предположение *Иванова* о подделке «самородного серебра» становится очень сомнительным. Любопытно указание месторождения – «Бахмутский у.» . Новое месторождение.

² Коллекции Московского университета и Академии Наук. *Самойлов*, 1906, с. 93. *Двойченко* (1914, с. 46) считает несомненным, что эта ртуть – продукт деятельности человека. Кроме самородной ртути, в этих кусках заключаются тонкие корки каких-то галоидных () ее соединений.

³ *Меллер и Денисов*, 1900, с. 95.

⁴ *Реутовский*, 1905 (1), с. 96.

⁵ Каталог иркутских минералов *Седакова* в статье *Потта*, 1842; *Драверт*, 1922 (1) и (2).

⁶ *Д. Соколов*, 1832, с. 666 («в глине наносного образования»). По *Кеннану*, чукчи указывали (1867 г.) ее месторождения в окрестностях Анадырска (*G. Becker*, 1888, с. 45). См. *Драверт*, 1922 (1), с. 15.

являлась предметом кустарной разработки (см. ниже – киноварь). При малом развитии химических знаний долгое время различали самородную ртуть от ртути, получаемой из киновари¹. Шивое природное серебро считалось отличным от синтетически полученного.

Но и в историческое время существовали отдельные рудники на самородную ртуть, например Ратлснейк в Калифорнии². Во всех этих случаях работа человека не приводила к заметным изменениям природного процесса.

Гораздо важнее *амальгамы*. Золотая амальгама добывалась всюду, где встречалась, как руда на золото, причем ртуть возгонкой терялась и уходила в атмосферу. В Калифорнии одно время (в 1850-х годах) такая золотая руда встречалась нередко.

Серебряные амальгамы служили рудой на серебро и ртуть еще чаще, чем золотые. В некоторых случаях бедные ртутные разности долгое время принимались за самородное серебро и шли как серебряная руда, причем нахождение в руде ртути не замечалось³, и она терялась.

Кое-где встречались богатые месторождения серебряной амальгамы. Таковы некоторые месторождения в Чили. Так, например, в первые 15 лет разработки рудников в Аркверо в Кокимбо добыто 45 т серебра из амальгамы (аркверита) и, кроме того, амальгама служила и рудой на ртуть⁴. Точно так же амальгама служила рудой на серебро и в руднике Росилья в Атакаме⁴.

Все количество самородной ртути, вероятно, не достигает тех ее запасов, которые получают человеком, и человек, должно быть, является теперь главным агентом, вырабатывающим это тело на земной поверхности⁵. Может быть даже, годовая добыча им ртути (около 4000 т) соизмерима с запасами природной самородной ртути, скопленной вековыми процессами.

193. Определение. Жидкое или полужидкое состояние *самородной ртути* делает ее определение нетрудным. Очевидно, к ней приложимы все химические реакции на ртуть. Легко растворима в HNO_3 . Возгоняется, оставляя очень малый осадок (отличие от жидкой серебряной и золотой амальгам). Сера соединяется с ней при обыкновенной температуре, давая киноварь. В закрытой трубке получается металлическое зеркало ртути. На холоду превращает золото в амальгаму: на чистой золотой пластинке в присутствии HCl и Sn получается *белое* пятно. Замерзает при -39° с уд. весом 14,19⁶. При -195° уд. вес 14,49.

Природные амальгамы дают, сверх того, реакции на Ag и Au . *Аурамальгама* беловато-желтого цвета. Уд. вес 15,5. Очень ковкая и легко превращается в шарики при давлении. Нерастворима в HNO_3 .

Серебряные амальгамы могут быть смешаны с самородным серебром – отличием является возгон в запаянной трубке. Сильный металлический блеск. Белого цвета. Белая черта на меди. Несовершенная спайность по {110}. Некоторые разности хрупки, другие ковкие. Твердость 3 и выше. Уд. вес 13,7–14,1. Растворимы в HNO_3 . При сплавлении получается серебряный королек.

¹ Плиний, 1819, с. 219.

² G. Becker, 1888, с. 377.

³ Например, часть серебра Конгсберга (§ 133). Pisani, 1872. Аналогичное смешение амальгамы с самородным серебром в Нагольном кряже – Самойлов, 1906.

⁴ Дотеуко, 1897, с. 361.

⁵ См. киноварь: Опыт опис. минер., т. II.

⁶ Mallet, 1877 [в работе Neuburger, 1933].

Медь

Самородная медь. (?) Серебристая медь. (?) Железистая медь. Купрокуприт

194. Химический состав. Химический состав самородной меди нередко отвечает химически чистой меди (например, медь из Нижне-Турьинского рудника на Урале¹ и т.д.). Однако в целом ряде других местностей мы имеем кристаллы самородной меди, заключающие Ag, Fe, следы Pb и еще реже следы Au и Hg². Количество серебра в некоторых разностях меди, обычно не превышающее 0,1%, доходит до нескольких процентов (в светлой меди из Кокимбо в Чили, по Филду³, и в некоторых ее разностях из Верхнего озера, по Отфейлю⁴, более 7% серебра) и указывает, по-видимому, на существование в природе *серебристой меди*, к сожалению, ближе не выделенной и не изученной⁵. Незначительное обычно количество железа доходит временами до 7%, например в боливийской меди или в меди из окрестностей залива Альгодон в Австралии⁶. Очень возможно, что мы имеем здесь еще особую разность – *железистую медь*. Как известно, Си и Fe смешиваются между собой в известных пределах в совершенно однородный металл, железо растворяется в меди, давая (Cu, Fe).

Совершенно своеобразную форму нахождения самородной меди в природе представляют физические ее смеси. Так, например, витнеит (уитнеит) представляет такую тончайшую смесь, видимую лишь при больших увеличениях, дендритов меди в альгодоните (Cu₆As), приближающуюся к составу 3Cu + Cu₆As⁷. Сводя вместе все имеющиеся анализы, мы имеем⁸:

	Cu	Ag	Fe	Au	Bi	As	Sb	Hg	Pb	Число анали- зов
Медь	99,5–100,0	0–0,6	0–0,3	0–0,1	0–0,1	0–1,3	–	–	0–сл.	12
Серебристая медь	92,5–98,0	1,1–7,6	–	–	–	–	–	0–0,1	–	3
Железистая медь	97,4–98,6	0–сл.	1,4–2,3	–	–	–	0–сл.	–	–	4

Нельзя не отметить, что примеси обыкновенно связаны с медными месторождениями первичного характера (§ 196). Медь вторичная обычно является более чистой.

К сожалению, совершенно не изучены газы самородной меди и даже нет опытов, которые выяснили бы, существуют они в природном минерале

¹ G. Rose, 1837, с. 406 и сл.

² Ртуть в серебристой меди из Верхнего озера – по Отфейлю (*Hautefeuille*, 1859).

³ *Field*, 1851, с. 29.

⁴ *Hautefeuille*, 1859, с. 166. Отфейль тщательно отделял вещество для анализа от самородного серебра, с которым срослась эта медь.

⁵ Не находится ли серебристая медь в связи с медистым серебром (§ 105)? Тесное срастание «серебра» и «меди» было давно замечено и очень характерно для Верхнего озера (ср. § 197). Анализ Отфейля показывает, что эта медь является серебристой; анализа серебра из таких сростков нет. О строении таких сростков см. *Liversidge*, 1900, с. 367. Отсутствие природных сплавов меди и серебра при одновременном выделении их в природе, может быть, объясняется принадлежностью их к разным кристаллическим классам.

⁶ *Bibra*, 1865, с. 205.

⁷ *Borgström*, 1916, с. 99 (рис.).

⁸ *C. Hintze*, I, 1898, с. 217; *Gowland*, 1893, с. 307. Анализы чистой меди с Алтая см. *Пилипенко*, 1915, с. 341, 344.

или нет. Медь, искусственно полученная, как известно, содержит в растворе газы.

Особенно интересны были бы определения кислорода, так как, вероятно, надо выделить в отдельный минеральный вид *тонкую смесь меди с закисью меди*; можно назвать ее *купрокупритом*. Такая тонкая смесь должна существовать в некоторых псевдоморфозах самородной меди и ее выделениях в тонких пленках¹. Мы знаем, что искусственно легко получают своеобразные эвтектические смеси $\text{Cu}-\text{Cu}_2\text{O}^2$ и что обычная медь очень часто заключает в растворе Cu_2O или эвтектику $\text{Cu} + \text{Cu}_2\text{O}$. Ввиду того, что такие образования представляют вполне закономерный особый продукт химических реакций, надо было бы выделить их в особый минерал. К сожалению, до сих пор неясно, заключает ли природная медь в растворе Cu_2O или ее эвтектику с медью³.

195. Физические свойства. Самородная медь кристаллизуется в правильной системе $(3L^4 4L^3 6L^2 9Pc)^4$.

Обыкновенно относили кристаллы меди к голоэдриии правильной системы. Однако принадлежность их к голоэдриии чрезвычайно сомнительна. Для кристаллов меди обычна неполнота плоскостей многих форм, отвечающих голоэдриии. Формы типа $\{hk0\}$ иногда встречаются в виде *пентагональных додекаэдров*⁵, тогда как в уральской меди двойниковые пластинки имеют форму $\{111\}$, развитую в виде тетраэдра⁶. Возможно, следовательно, что медь кристаллизуется в строении $3L^2 4L^3$. В кристаллах меди преобладают большей частью формы: $\{100\}$ (рис. 67), $\{110\}$, $\{210\}$, $\{530\}$, реже $\{111\}$. Простые многогранники меди очень редки; обычны для нее двойники (по шпинелевому закону) (рис. 68–69); встречаются полисинтетические двойники; часты параллельные сростки. Двойники прорастания редки⁷.

¹ О псевдоморфозах по куприту и куприта по меди см. *Blum*, 1843, с. 19; 1852, с. 15; 1863, с. 19.

² Эвтектика $\text{Cu}-\text{Cu}_2\text{O}$ заключает 3,4–3,5% Cu_2O (температура плавления 1084°C). *Heyn*, 1900, с. 328; 1906, с. 543.

³ Судя по микроскопической структуре самородной меди, она едва ли богата эвтектикой $\text{Cu}_2\text{O}-\text{Cu}$ (*W. Campbell*, 1902, с. 131; 1907, с. 828). С другой стороны, буро-желтый цвет некоторых образцов природной меди указывает на присутствие Cu_2O . Кристаллы $(\text{Cu} + \text{Cu}_2\text{O})$ буро-желты. О микроскопической структуре меди см. также *Liversidge*, 1900.

⁴ Есть указания на принадлежность меди, по крайней мере иногда, к гексагональной системе (ромбоэдрическому классу). Ввиду малой изученности ее кристаллов – этими указаниями пренебрегать нельзя. Так, Зеебек наблюдал ромбоэдри меди при кристаллизации ее из сплава (*Berzelius*, 1844, с. 550). Ср. *Zenger*, 1861, с. 317. Возражения – *G. Rose*, 1842 (2), с. 331. Ср. *E. Dana*, 1887, с. 575. Об аллотропических разностях меди см. сводку и литературу у *F. Peters*, 1908, с. 627 и сл. Двойники меди дают, как известно, псевдогексагональные и псевдоромбические сростки. К сожалению, явления вытравления на кристаллах меди точно не изучены. О них см. *Mügge*, 1898, с. 152. Опыты Мюгге дали неясные результаты, хотя он и считает их отвечающими голоэдриии. Точно так же не изучена скульптура плоскостей. О штриховке см. указания Зенгра – *Zenger*, 1861, с. 318. О скульптуре см. *E. Dana*, 1887, с. 574–575.

⁵ *Schrauf*, 1873, с. 53 (для $\{120\}$).

⁶ Эту особенность заметил уже Розе (*G. Rose*, 1837, с. 405).

⁷ Причина появления различных форм кристаллизации неясна. Нельзя не отметить, что по опытам металлургов эвтектика $\text{Cu}-\text{Cu}_2\text{O}$ дает дендриты (параллельные сростки), тогда как чистая медь – зерна (простые многогранники).

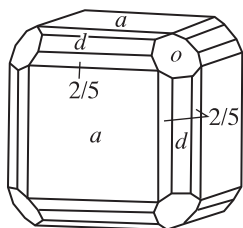


Рис. 67. Кристалл меди из Турьинских рудников на Урале.

По Г. Розе, 1837.
 $a \{100\}$, $o \{111\}$, $d \{110\}$, $2/5 \{520\}$

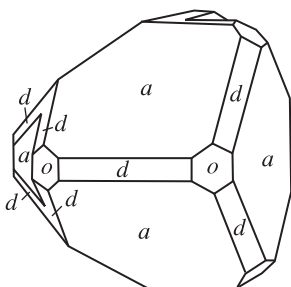


Рис. 68. Кристалл меди. Двойник по $\{111\}$. Из Турьинских рудников.

По Г. Розе, 1837.
 Обозначения те же, что для рис. 67

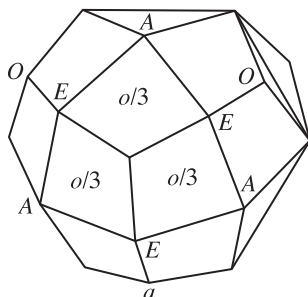


Рис. 69. Кристалл меди из окрестностей горы Высокой на Урале.

Двойник по $\{111\}$:
 $o/3 = \{113\}$
 По Г. Розе, 1837.

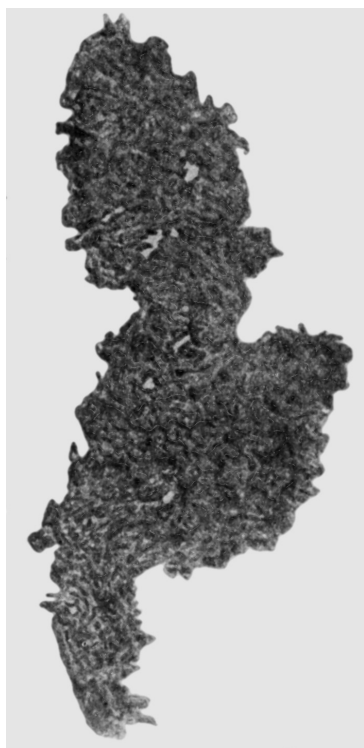


Рис. 70. Пластина самородной меди из Богословских рудников. $1/2$. Снимок с гравюры из каталога Фишера де Вальдгейма (1807). В собрании Московского университета уцелели только части этой пластины; она была когда-то разрезана, и средняя часть потеряна. Каталог Фишера из Демидовского музея представляет библиографическую редкость

Наиболее часто медь встречается в древовидных сростках, скелетообразных массах, пластинках (рис. 70). Обычно в таких сростках кристаллические неделимые более или менее резко вытянуты (в зоне $\{110 \cdot 111\}$ или $\{111 \cdot 111\}$); двойниковыми осями служат или L^2 , или зоны $\{011\}$, $\{101\}$ (рис. 71–72)¹. Как пластины, так и дендриты меди большей частью дают двойниковое сложение по $\{111\}$, совершенно аналогичное строению золотых пластин (§ 107)².

Превосходные образцы такой меди наблюдались в Фроловском руднике на Северном Урале (рис. 73), около Верхнего озера в Северной Америке и т.д. Этим путем могут образовываться огромные самородки меди, достигающие десятков и даже сотен пудов; например, такие массы были найдены в XVIII веке в Богословских рудниках на Урале (рис. 74, 76), около Верхнего озера³, в Перу, в некоторых

¹ О кристаллической форме и сростках меди см. *G. Rose*, 1837, с. 313, 401; 1842 (1), с. 453 (здесь подробно изучены и сростки); *E. Dana*, 1887, с. 569 (литература); *Rath*, 1878, с. 169; *Еремеев*, 1877. О строении самородков см. *Liversidge*, 1900, с. 255; *Oebbecke u. Schwarz*, 1920, с. 505; *Fletscher*, 1880, с. 180; *G r o t h*, 1906, с. 4. Об аллотропии меди см. еще *Cohen u. Helderman*, 1913, с. 1299; *Owen a. Preston*, 1923, с. 49.

² О двойниках ср. *E. Dana*, 1887, с. 578 и сл.

³ В рудниках Миннесоты наибольшая масса меди (с содержанием $\text{Cu} - 90\%$) весила около 420 т (*J. Geiger*, 1905, с. 168).

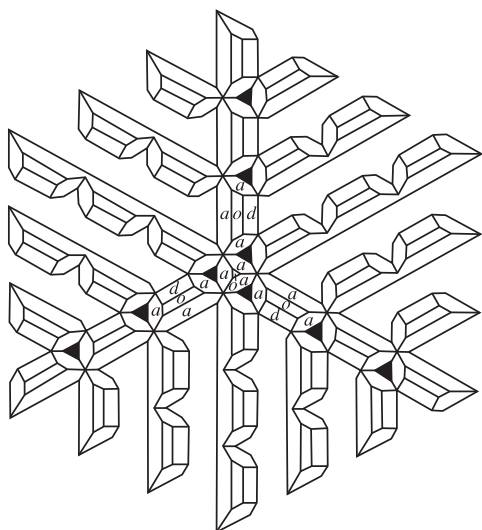


Рис. 71

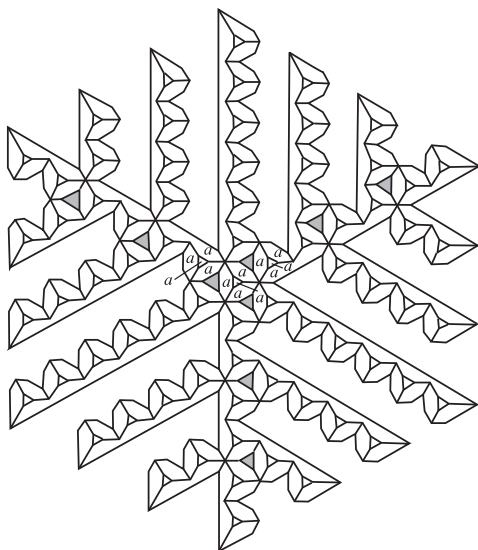


Рис. 72

Рис. 71 и 72. Схематические рисунки двойников меди из Богословского окр. Двойники по $\{111\}$; По Г. Розе, 1837. *o* $\{111\}$, *a* $\{100\}$, *d* $\{110\}$

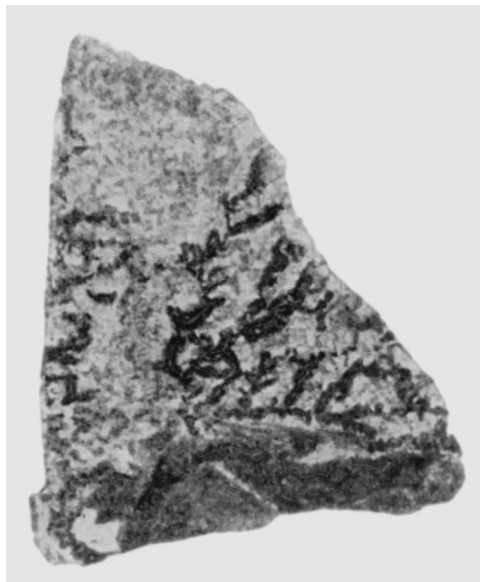


Рис. 73. Дендриты меди из коллекции Московского университета.

Фото Н. И. Сургунова



Рис. 74. Самородок меди из коллекции Московского университета, из старого собрания Демидова (гравюра Фишера де Вальдгейма, 1807, табл.). Уменьшено



Рис. 75. Конкреции меди из старинных рудников Герренгрунда.

Коллекция Московского университета. Фото Н.Е. Вернадской. 1/1



Рис. 76. Самородная медь из Фроловского рудника. Коллекция Сельскохозяйственного института в Петровско-Разумовском.

Фото Я. В. Самойлова и Н. И. Сургунова



Рис. 77. Самородок меди весом больше 320 кг из Киргизской степи.

Собрание Румянцевского музея в Московском университете. Фото Н.Е. Вернадской

рудниках Попова в Киргизской степи (рис. 77) и т.д. Медь может образовывать и более мелкие пленки, пластинки (цементная медь), тонкий порошок, волосатые формы. Можно отметить оригинальные образования последнего типа в Молдове, Боталаке, Сен-Джест в Корнваллисе и т.д. Встречаются и другие формы кристаллического выделения металлов.

Наконец и для меди, подобно другим металлам (§ 107), известны *конкреции*, указывающие на выпадение ее в виде сгустков из коллоидальных растворов. Обычно эти конкреции уже перешли в кристаллические сростки (рис. 75).

196. Самородная медь в земной коре. Медь распространена в природе больше золота и серебра (§ 17). Небольшие ее количества находятся в виде изоморфной подмеси в силикатах и алюмосиликатах массивных пород (например в слюдах); может быть, еще более значительная часть ее выпадает в магмах — в виде сернистых соединений (главным образом сульфожелезных солей).

Из этих первичных форм соединений меди выделяются в коре выветривания и в верхних частях метаморфической области разнообразные ее кислородные и сернистые соединения. Медь входит здесь также в состав организмов, собирается из продуктов их разрушения в поверхностной оболочке земной коры.

Среди форм ее нахождения в природе самородная медь не играет той господствующей роли, какую имеют самородные состояния ранее изученных металлов — платины или золота. Точно так же примеси меди в самородных платине (§ 68), золоте (§ 105), серебре (§ 105), ртути (§ 184), в общем, коли-

чественно ничтожны по сравнению, например, с сернистыми медьсодержащими минералами.

Коренные месторождения самородной меди резко распадаются на два типа: 1) месторождения, связанные с магматическими процессами, и 2) выделения в коре выветривания, в верхних частях выходов медных минералов¹.

Есть случаи, когда в месторождениях первого типа самородная медь выделяется в магме, оказывается рассеянной в массивной породе. Нельзя утверждать (ср. § 78), что она всегда при этом выпадает непосредственно из расплавленной алюмосиликатовой магмы, но во всяком случае она так или иначе тесно связана с процессами ее застывания.

Подобно золоту и железу, самородная медь связана не только с основными, но и с кислыми породами; она наблюдается в магматических породах — как в дайках, так и в массивах. Порода, в которых она наблюдалась, очень разнообразны. Так, например, в Мерседес, в окр. Альгоданас в Чили, она находится в дайке диабазового порфирита, прорезающего мезозойские песчаники²; в фельзитовых порфирах около Цвиккау и Лихтенштейна или в мелафирах северной Чехии она рассеяна в тонких пластинках³. В Пари, в Тоскане, она наблюдалась в габбро, в полевом шпате и в продуктах его изменения; здесь она тесно связана с *купритом*⁴. В Бразилии, в Сан-Пауло, она встречается в пустотах диабазов, прорезающих пермские породы в сопровождении водных феррисиликатов⁵. В Южной Африке, в стране зулусов, около р. Умзлатузи, медь в виде мелких листочков переполняет сиедитовые дайки, прорезающие кристаллические сланцы; она лежит внутри кристаллов роговой обманки и полевых шпатов⁶. Эти примеры являются лишь немногими из числа таких месторождений, рассеянных по всему земному шару.

Несомненно, что медь встречается в массивных породах нередко, но условия ее генезиса в них очень различны. Большие скопления обычно при этом не образуются. По большей части они наблюдались в измененных магматических породах (например, в серпентинах Лизард, в Англии), что, может быть, указывает на вторичное в них выпадение самородной меди, вероятно, в пневматолитическую стадию застывания магмы. Нельзя сказать, чтобы она чаще при этом наблюдалась в основных породах, чем в кислых⁷.

197. К месторождениям того же типа должна быть отнесена самородная медь, выделяющаяся из *горячих водных растворов* в верхних частях магматических пород после их застывания или при последних его стадиях.

Такая самородная медь иногда скапливается в огромных количествах, каковы, например, ее месторождения, связанные с древними, по-видимому до кембрийскими (нижнеальгонкскими), метаморфизованными основными

¹ Два типа месторождений самородной меди выдвинул уже Демест (1779). Идеи эти были развиты Бюффоном (Buffon, 1790 (2), с. 170).

² Möricke, 1897, с. 31–32. Ср. Daintrée, 1872, с. 315 (долериты из Куинсленда).

³ J. Roth, 1883, с. 107 (по Митчу).

⁴ Lotti, 1899, с. 354–356. По мнению Лотти, она произошла из куприта.

⁵ Hussak, 1906 (2), с. 334 и сл.

⁶ Voit, 1908 (3), с. 192.

⁷ О большой связи с основными породами см. Elie de Beaumont, 1847, с. 1263, 1253.

вулканическими породами около Великих североамериканских озер¹. Поро- ды эти, известные под именем траппов, должны быть отнесены к мелафирам и диабазам. В медных рудниках около оз. Верхнего в одном Мичигане количест- во ее исчисляется минимум до $1\frac{1}{3}$ млн. т, но несомненно во много раз пре- вышает эту цифру². Большая часть рудных слоев бедна медью, но однород- ность их заполнения и пластовый его характер делают выгодной добычу даже бедных руд. Однако здесь встречаются и большие массы меди, достигающие до 15 т. Она находится главным образом на п-ове Кивино в северо-западном Мичигане, на южном берегу оз. Верхнего, но месторождение простирается и в северный Висконсин, длиною до 480 км, а также на о-ва Ройал и Ми- чипикотен в Онтарио, против п-ова Кивино. Главное практическое значение имеют сейчас некоторые амигдалоидные породы и вулканический конгломе- рат (конгломерат Калюмет – шахта Тамарек, глубиною 1600 м.) Конгломерат мощностью 3–7,5 м; 2–4% Си. Амигдалоидные породы в семи главных гори- зонтах. В среднем, в разрабатываемых их частях 0,88% Си. Она выделилась в древних лавовых потоках и образованных из вулканических пород при- брежных конгломератах и песчаниках. В лавовых потоках она сосредоточена главным образом в верхних пористых частях. Здесь она выпала как цемент между минералами измененной лавы или заполнила пустоты и трещины этих пород. Несомненно, она выпала из горячих водных растворов с цеолитами, борными соединениями (датолитом), кварцем, пренитом, кальцитом, эпидо- том, заполняя пустоты и трещины в породе, частью скопилась в мелких порах изверженной породы – выкристаллизовалась непосредственно после оконча- тельного застывания магмы. Медь является одной из новейших составных частей измененной породы. Судя по тщательным наблюдениям Пемпелли³, можно выяснить несколько точнее время ее выделения: пренит образовывал- ся здесь из полевого шпата, одновременно выпадала и медь. Она выделялась и при дальнейшей метаморфизации пренита в хлорит; иногда медь является псевдоморфозой по такому хлориту⁴. Кроме самородной меди, здесь встреча- ется серебристая медь (§ 194) и самородное серебро. Попадают включения самородного серебра внутри медных выделений. Во всем месторождении найдены лишь следы сернистых соединений и небольшие количества арси- нов меди (домейкит, витнеит⁵). Есть указания на выделение ее после обра- зования других минералов метасоматическим путем: встречены псевдомор- фозы по кварцу, кальциту. Генезис этой меди неясен. Можно думать, что она образовалась *восстановлением* кислородных соединений – может быть, под влиянием соединений железа. Общий характер этого месторождения напо-

¹ Об этом месторождении существует огромная литература: *Credner*, 1869, с. 1 и сл.; *Pumpelly*, 1871, с. 243, 347; 1878, с. 253; *Wadsworth*, 1880, с. 76 и сл. (литература); *Irving*, 1883 (литера- тура); *De Launay*, 1897(2), с. 163; *Kemp*, 1900, с. 204–214 (литература); *R. Beek*, 1903, с. 242 и сл.; *Lane*, 1903, с. 239; *Stelzner-Bergeat*, 1906, с. 858; *Weed*, 1908, с. 62, 311. Ср. § 204. О мес- торождениях меди в США см. *Lane*, 1911; *Lindgren* 1913, с. 399 и сл.

² *Vogt*, 1898, с. 379. С 1843 по 1898 г. добыто ее до 900 000 т и добыча до сих пор не прекрати- лась, так что исчисление Фохта, очевидно, ниже действительности.

³ *Pumpelly*, 1878, с. 308

⁴ Переход полевого шпата (плагноклаза) в пренит и дальнейшее изменение пренита в «хлорит» (псевдофит?) является характерным процессом метаморфизации, но не выветривания.

⁵ *Bauerman*, 1866, с. 451.

минает процессы штокверков вулканического характера. Уже вскоре после выделения самородной меди или в связи с ее выделением в первоначальных породах шли энергичные процессы метаморфизации этих древних отложений и тектонические изменения всего участка земной коры. Эти вторичные разломы способствовали дальнейшему передвижению меди, рассеянной в магматических или детритовых породах. В трещинах, жилах, пустотах при этом выделялась вновь самородная медь второй генерации, образующая нередко значительные скопления. Разработка впервые началась на этой жильной меди, образующей массы до 250 т в сплошном куске. Эти жилы имеют резкий метасоматический характер. В жилах медь сопровождается алюмосиликатами (в том числе ортоклазом), даптолитом, самородным серебром и т.д.

Известны и другие аналогичные месторождения меди, например около Валлароо в Южной Австралии¹, на Фаррерских островах² и т.д. Во всех таких месторождениях очень характерен парагенезис самородной меди: очень часто она сопровождается *пренином* или галлуазитом¹.

В жилах в Миннесоте³ была в 1880 г. найдена масса меди в 500 т. Линдгрэн и др. связывают отложение с своеобразными водами, богатыми хлористым кальцием (до 86,47 г Са на 1 л H₂O, 15,19 г Na, 176,03 г Cl), которые встречаются в самых глубоких частях рудников. Эти воды заключают 0,16% Cu, много Br.

Своеобразны выделения самородной меди (с халькозином, цеолитами, кальцитом, купритом, пренином, углистым веществом) в пустотах базальтических каменноугольных пород в Уайт-Ривер па Аляске⁴.

198. Совершенно иной тип представляют месторождения самородной меди, характерные для коры выветривания; здесь она является продуктом поверхностного изменения медных соединений – сульфосолей (большей частью предварительно измененных в кислородные соединения), главным образом халькопирита и блеклой руды⁵. Самородная медь является промежуточным продуктом при переходе сернистых в кислородные соединения и обратно (§ 19).

Такая самородная медь попадает в месторождениях медных минералов всех типов, в верхних их горизонтах; по мере углубления рудников запасы ее быстро иссякают. Мы имеем многочисленные указания этого рода в истории рудного дела всюду на земном шаре. Так, при первой разработке медных рудников Саксонии, например около Миттвейде, в X веке встречались большие скопления самородной меди⁶. Иногда она при этом собирается в огромных количествах; так, например, в Богословских рудниках на Северном Урале при начале разработок (в XVIII веке) попадались ее куски в несколько сот килограммов⁷. Самородная медь такого происхождения наблюдается как в жильных месторождениях (например, Богословск, Аризона), так и в осадочных

¹ *Schrauf*, 1875, с. 56.

² *Cornu*, 1907, с. 321 и сл

³ О самородной меди в Миннесоте (типа меди Великих озер) см. *Grout*, 1910, с. 471. Первичной формой служит силикат меди (!). *Rickard*, 1905.

⁴ *Knopf*, 1910, с. 250.

⁵ *J. Roth*, 1879, с. 229, 289; *Breithaupt*, 1849, с. 182–183; *Knop*, 1861, с. 542.

⁶ *B. Neumann*, 1904, с. 77.

⁷ *Н. Чупин*, 1873 (1), с. 195. Ср. для Аризоны *Douglas*, 1899, с. 518.

слоях, например в песчаниках Боливии, в пермских мергелях и песчаниках Тюрингии или Урала.

Огромные отложения такой меди издревле известны в разных местах Боливии. Здесь, вдоль Кордильер, на протяжении 750 км в длину и в полосе в 40 км ширины развиты песчаники и конгломераты, местами богатые самородной медью. Наибольшие скопления известны около Корокоро¹, где меловые песчаники и конгломераты, мощностью 0,5–2 м (кое-где до 12 м), проникнуты местами самородной медью, иногда образующей большие пластины, а обыкновенно являющейся в дендритах, зернышках, тончайшей пыли. Самородная медь находится в тесной связи с гипсом, образует псевдоморфозы по арагониту², костям животных, деревьям. Кроме самородной меди, в верхних частях встречалось самородное серебро, домейкит. Песчаники пересекаются сдвигами и трещинами, по которым и проникли в них растворы медных соединений. Скопления такой меди огромны: в Корокоро в 1860–1890-х годах добывали из таких месторождений по 2300–3500 т меди в год, в 1902 г. – больше 4000 т, и месторождение до сих пор не исчерпано. Сингвальд относит их к плиоцену. Генезис их неясен.

199. Выделение самородной меди из ее соединений является результатом довольно сложных химических процессов, которые выяснены далеко не во всей полноте³.

Во-первых, медь выпадает всегда при окислении закисных соединений меди в присутствии кислородных кислот: получают одновременно самородная медь и соединения окиси меди. Таковы, например, месторождения самородной меди в Южной Африке (Дамара, Намаква), изученные Делессом, Кнопом, Вибелем. Здесь самородная медь сопровождается медным купоросом, малахитом и т.п. Такой парагенезис мы наблюдаем в железных шапках многих месторождений, где встречается самородная медь.

В других случаях, однако, самородная медь образуется какими-то медленными процессами, непосредственно из закисных соединений, без образования солей окиси, на что указывают например, ее псевдоморфозы по куприту, обычные во многих местах: в Дамара в Африке, на Урале – в Гумешевске, Нижне-Тагильске и др.⁴, по халькозину и т.д. Эти псевдоморфозы обычно очень пористы и состоят из дендритов меди; иногда они весят несколько килограммов⁵. Химический процесс образования таких псевдоморфоз неясен; очень вероятно, что он связан с одновременным изменением соединений железа: соли закиси железа (главным образом сидерит) окисляются за счет солей окиси меди или чистой Cu_2O ⁶. Обычно такие псевдоморфозы сопро-

¹ R. Beck, 1903, с. 513; Weed, 1908, с. 179; Steinmann, 1906, с. 335 и сл.; Singewald, 1922.

² Эти «псевдоморфозы» меди по псевдогексагональным двойниковым образованиям арагонита требуют исследования. Описания и анализы Домейко делают весьма вероятным для них пойкилитовое строение; Domeyko, 1897, с. 196.

³ Knop, 1861, с. 542; Wibel, 1864; Bischof, 1866, с. 691, 835, 862; J. Roth, 1879, с. 229, 253 и сл.; Biddle, 1901, с. 378 и сл.; Fernekes, 1907, с. 580.

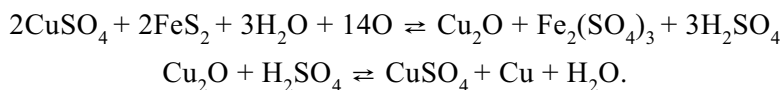
⁴ G. Rose, 1837, с. 270; Breitbaupt, 1853; H. Barbotde Marни, 1860, с. 147.

⁵ Knop, 1861, с. 524.

⁶ Wibel, 1864; Suckow, 1848, с. 186; 1853, с. 435; 1858, с. 140. Опыты Кнопа, однако, указывают образование при этом медного купороса, т.е. сводят процесс к образованию солей окиси меди. Процесс более сложный, и, по Зукову, под влиянием CO_2 и H_2O образуется двууглекислое железо, которое, окисляясь в $Fe_4O_3 (HO)_6$, берет кислород от соединений меди. Надо думать, что мы имеем здесь случай каталитических реакций.

обладаются лимонитом. В иных случаях восстановителем являются углеводороды¹ или другие органические вещества. Так, давно известно образование меди на деревянных крепях рудников². Эти процессы в природе идут в ту и в другую сторону, кислородные и сернистые соединения меди и самородная медь постоянно переходят друг в друга³. Нередко наблюдаются переходы в самородную медь солей окиси меди.

В природе при распадении сернистых соединений меди главным источником самородной меди служит, по-видимому, *медный купорос*, который легко уносится водами и выделяет медь при соприкосновении с солями железа, органическими веществами и т.д.; этим путем образуются и указанные раньше псевдоморфозы меди по органическим остаткам, дереву и т.п.⁴. Такой процесс может идти в значительных размерах. Так, в торфяниках по долине р. Левихи (бассейн Тагила) на Урале выделяется в значительном количестве порошковая цементная медь, благодаря восстановлению торфом растворов медного купороса, образующегося при разрушении массивных пород, содержащих медный колчедан⁵. Самородная медь осаждается и при соприкосновении растворов ее солей с алюмосиликатами⁶. Процесс выделения Си из CuSO_4 может быть представлен следующими схемами:



Из этих уравнений ясно, что это явление имеет характер обратимого процесса.

Но, помимо распадаения растворимых солей меди, медь может переноситься в растворах непосредственно – образуются оригинальные водные растворы коллоидальной меди⁷, существование которых видно, например, из нахождения в природе конкреций самородной меди (§ 195).

200. Для самородной меди, подобно тому, как это указано для золота (§ 121), мы имеем в истории Земли периоды ее более усиленного и более редкого выделения (ср. § 37). Несомненно, для меди вопрос несколько усложняется тем, что для нее гораздо более обычно *вторичное* выделение из соединений, но и это вторичное выделение идет сильнее, когда медных соединений в земной коре больше.

Из таких периодов выпадения меди можно отметить⁸: 1) докембрийские эпохи (например, Северная Америка, § 197), 2) пермскую и триасовую эпохи, большей частью в связи с выделениями мелафиров. Руды подобного возраста – и отчасти одинакового характера – наблюдаются в Европе, Азии, Африке, Северной Америке; они известны в Германии, Франции, Чехии, России, Англии, Испании, Швейцарии (Гларусе), Северной Америке – в Нью-Джерси,

¹ W. Müller, 1864, с. 144 и сл.

² Bischof, 1825, с. 195; 1866, с. 862.

³ Это резко выражается в псевдоморфозах; известны, например, $\text{Si} \rightleftharpoons$ куприт, углекислые соли $\rightleftharpoons$ медь. В некоторых рудниках эти процессы шли в большом размере, например в руднике Фридрихсзеген около Эмса (Seligmann, 1876, с. 261).

⁴ См. об этом еще у Ломоносова, 1759, с. 20. Ср. J. Roth, 1879, с. 229, 253, 602.

⁵ Гладкий, 1892 (1), с. 116.

⁶ Sullivan, 1905, с. 67.

⁷ О растворимости меди в воде см. Carnelley, 1876, с. 1 (литература); Meldrum, 1898, с. 209.

⁸ Lapparent, 1906, с. 1825–1826. Ср. Weed, 1908, с. 37.

Коннектикуте, Новой Мексике, Техасе, Виргинии и др., в Мексике (Чиуауа), в Южной Америке – в Бразилии, в Африке – Конго, и др.; 3) третичную, по-видимому верхний эоцен, часто в связи с выделениями серпентинов (§ 196, Италия – Тоскана, Мексика – Нижняя Калифорния, Южная Америка, Япония и т.д.). Почти во всех этих отложениях мы встречаем и самородную медь, отчасти выделенную позже в верхних частях месторождений, отчасти первичную, в связи с магматическими процессами.

201. Из первичных месторождений самородная медь попадает во вторичные, в *россыпи*, где иногда скопляется в значительных количествах. В этих россыпях, например в Индии¹ или в Северной Америке, иногда встречались огромные ее самородки; в других случаях, например при разрушении медистых песчаников, образуются богатые *медные пески* (Корокоро в Боливии). Некоторые из элювиальных россыпей (например, в Богословском окр.)² очень обычны в месторождениях медных соединений.

Россыпи меди в общем повторяют те же типы, какие мы наблюдаем для золота (§ 124); иногда медь даже находится с золотом. Известны и самостоятельные медные россыпи – аллювиального, элювиального и других типов.

Очевидно, она попадает не только в россыпи, но и в детритовые породы (ср. золото, § 123). Среди таких месторождений особенно характерно нахождение меди в древних ледниковых отложениях Северной Америки – от Огайо до Миннесоты, например в Миннесоте, Чикаго, Висконсине³. В Висконсине легко можно было собирать в валунах ежегодно сотни килограммов самородной меди. Она происходит из разрушенных в ледниковую эпоху колоссальных отложений Верхнего озера (§ 197).

202. Изменение самородной меди. Самородная медь подвергается изменениям двоякого рода: 1) она растворяется и 2) изменяется химически, хотя и процесс ее растворения сложен и тоже имеет химический характер.

Вода – особенно в присутствии кислорода и азотсодержащих тел – растворяет медь. Перенос меди в растворах виден в парагенезисе самородной меди не менее резко, чем это наблюдается для золота или серебра (§ 112). Медь нередко наблюдается внутри кристаллов кальцита и других минералов, осевших из водных растворов в последних генерациях медных месторождений. В каждом медном месторождении можно проследить такую вторичную циркуляцию меди водным путем: так, выпадают ее конкреции (§ 195) или собираются огромные стяжения (§ 197).

Самородная медь, с другой стороны, не является устойчивым химическим соединением на земной поверхности, хотя при некоторых условиях, в больших кусках внутри прекративших свое живое существование жил, медь очень устойчива и мало меняется⁴. Чисто химические ее изменения идут в коре выветривания в двух различных направлениях. Так, в жильных месторождениях, в верхних их частях, она переходит в куприт, хризоколлу, тенорит, азурит, малахит. Эти процессы имеют иногда характер реакций равновесий; образуются системы, не доходящие до конца, идущие, в зависимости от

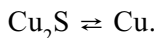
¹ Mallet, 1887 (1), с. 4–5.

² Е. Федоров и В. Никитин, 1899, с. 83.

³ Crook, 1902, с. 20; Lapham, 1877, с. 27; T. Chamberlin, 1877, с. 210; R. Irving, 1877, с. 619.

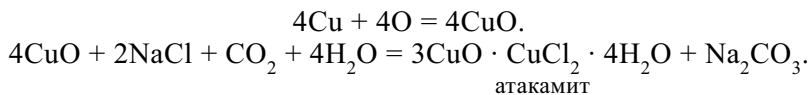
⁴ Van Hise, 1901, с. 98–99.

внешних условий, в ту и другую сторону. На границе с кислородной поверхностью самородная медь может образовать такую систему даже с халькозитом, аналогично серебру:



Совершенно другой характер представляет ее изменение в *почве* и в *россыпях*. Здесь она изменяется под влиянием кислорода воздуха и хлористого натрия, всегда находящегося в почве, давая окиси и атакамит, причем реакция эта идет до конца, до полного изменения меди. Этим путем может происходить полное исчезновение медных изделий, остающихся в почве.

Реакция может быть выражена следующими уравнениями¹:



Образовавшийся атакамит не остается неизменным и не предохраняет медь от дальнейшего растворения. Как указал м. Бертелло, он в присутствии NaCl и Cu дает растворимую двойную соль $\text{Cu}_2\text{Cl}_2 \cdot 2\text{NaCl}$, которая, в свою очередь, дает начало (в присутствии кислорода) атакамиту. В то же самое время самородная медь после перехода атакамита в $\text{Cu}_2\text{Cl}_2 \cdot 2\text{NaCl}$ и ее растворения дает вновь атакамит и т.д. В конце концов изменяется вся медь целиком.

Такая реакция должна идти всюду, где циркулируют воды, содержащие продукты выветривания, и этим, может быть, объясняется относительно редкое нахождение самородной меди в россыпях.

Помимо таких изменений в коре выветривания, самородная медь несомненно должна изменяться в более глубоких слоях литосферы, в *области метаморфизма*. На это указывает то, что она совершенно неизвестна в составе метаморфических пород, образовавшихся из пород осадочных или вулканических. Она переходит здесь, вероятно, в сернистые тела, т. е. идет процесс, обратный тому, какой мы наблюдаем ближе к поверхности земной коры.

203. История меди. Самородная медь является прекрасной медной рудой, однако не часто она находится в значительных количествах и обычно составляет небольшую часть медной руды. Однако огромные скопления самородной меди около Верхнего озера в Северной Америке (§197) или в Боливии (§198) дают колоссальные количества меди. Благодаря им самородная медь и до сих пор составляет заметную часть мировой добычи. По исчислениям Уида, самородная медь составляла в 1904 г. около 27% всей добычи меди в США², а добыча США равнялась в 1906 г. около 55% мировой добычи меди³. Таким образом, самородная медь составляет не менее 15% всей мировой добычи меди. Принимая во внимание Боливию и отдельные другие месторождения, этот процент должен еще повыситься⁴. Ежегодно, должно быть, добывается больше 100 000—150 000 т самородной меди.

Большей частью, однако, самородная медь сосредоточена в верхних горизонтах медных месторождений вместе с кислородными соединениями меди и быстро вырабатывается уже при первоначальной разработке этих месторождений.

¹ M. Berthelot, 1906 (1), с. 47.

² S. Emmons, 1905, с. 23 — исчисления Уида.

³ Weed, 1908, с. 8.

⁴ По Уиду (Weed, 1908, с. 311), один Мичиган дает 15% мировой добычи.

Все увеличивающееся потребление меди, вызванное развитием техники и электричества, удовлетворяется медью, добываемой из других минералов, – главным образом из сернистых ее соединений¹.

Однако так было не всегда. В прежние стадии истории человечества, при отсутствии железа, значение меди было не меньше, а главным ее источником была *самородная медь*; ее добывали преимущественно из россыпей. В тех местностях, где она встречалась в заметном количестве, она являлась первым металлом, заменявшим человеку каменные и костяные орудия; подобно камню и кости, она не требовала сложной переработки – встречалась в готовом виде, в больших кусках.

Частое нахождение медных орудий вызвало даже теорию существования «медного века», предшествовавшего бронзовому². Хотя вывод этот едва ли отвечает фактам, нельзя отрицать, что в истории человечества существовали периоды, когда медь играла крупную роль в его культуре и употреблялась в более или менее чистом состоянии³.

Значительную роль при этом играла самородная медь. Так, она издавна была известна малайцам, встречаясь в самородном состоянии на о-ве Тиморе или на о-ве Люцоне⁴. По-видимому и у других племен Азии она была одним из первых металлов, служивших предметом разработки. Есть все данные думать, что извека добывали самородную медь в горах Урала, Алтая, в различных местах Сибири на запад от Енисея⁵, в степных уездах Семипалатинской, Акмолинской, Тургайской обл. На это указывают многочисленные древние, так называемые «чудские» разработки, вырабатывавшие, по-видимому, главным образом самородную медь, – таков, рудник на горе Мыстау в Тургайской обл.⁶ Следы древних («китайских») разработок самородной меди встречены и в месторождении Наукат на Сыр-Дарье⁷. Самородная медь в Джунгарии в начале XVIII столетия. По донесению майора Угрюмова (1732), жители г. Аксу платят джунгарам дань самородной медью, которую находят вблизи города. То же и г. Куца (Куча), который раньше платил много⁸. Другой древней

¹ *Vogt*, 1895, с. 96 и сл., 108 (75% всего производства).

² *Buffon*, 1790 (1), с. 218 и сл.; 1790 (2), с. 180 и сл.; *Rossignol*, 1863, с. 214 и сл.; *Zippe*, 1857, с. 99; *Лавров*, 1865, с. 14–15; *Gowland*, 1906, с. 11. О существовании «медного» века до бронзы знали и древние писатели, например, Агафархид, Варрон, Лукреций. См. *Sittl*, 1895, с. 201.

³ Ее значение в былое время и падение прекрасно выразил Лукреций:

Ныне в презрении медь, а золото в высшем почете.
Так обращенье времен изменяет значенье предметов:
Что было раньше в цене, то лишается вовсе почета,
Следом другое растет, выходя из ничтожества к блеску;

[Лукреций. О природе вещей, кн. V, 1274, М., 1945].

⁴ *R. Andrée*, 1884, с. 91–92.

⁵ *Яворовский*, 1894.

⁶ *Р. Герман*, 1829, с. 339. О древних разработках на Урале и в прилегающих к нему степях см. *Рычков*, 1762 (2), с. 228; *Паллас*, 1786, с. 198 и сл.; *И. Герман*, 1789 (2), с. 89. Любопытно, что в наиболее богатых самородной медью Богословских рудниках следов чудских разработок не было (*Паллас*, 1786, с. 335). В Гумешевском и других более южных рудниках самородной меди осталось меньше, и в них ясны следы «чудских» копей.

⁷ *Bess*, 1907.

⁸ *Веселовский*, 1887, с. 234.

областью добычи самородной меди были области современного Южного Китая – Юньнань и южный Сичуань. Здесь создавалось очень древнее медное производство, и самородная медь, добываемая дудками или из верхних пластов, еще и теперь продается на базарах Тунчуана¹.

Медь сделалась известной в Западной Европе за 2000 лет до нашего времениисчисления².

В Европе существовала своя добыча меди с самого начала знакомства с металлом. Центром такой добычи были Ирландия, Альпы, Испания, Сардиния³. Медь очень скоро стала добываться здесь из своих соединений, но, несомненно, при начале добычи разрабатывалась и самородная медь⁴.

204. Главные центры древней разработки самородной меди находились, однако, в Северной и Южной Америке. Здесь медь употреблялась туземцами как камень – не шла в плавку. Известно несколько различных центров, откуда шла самородная медь. Кустарная добыча самородной меди продолжалась туземными племенами долго спустя после открытия Америки европейцами. Слухи о существовании медных рудников играли большую роль в истории географического исследования, особенно северной части Северной Америки⁵.

До конца XVIII столетия эскимосы и северные индейские племена добывали самородную медь из песков Медной реки, впадающей в Тихий океан, или Меднорудной реки, впадающей в Северный Ледовитый океан, совершая для этого путешествия за сотни километров. Пески этих рек около устья содержали многочисленные медные самородки. Открывший Меднорудную реку в 1771 г. англичанин Хэрн описывает сцены, переносящие нас в эпоху «медного» века. Им были встречены эскимосские племена, металлические орудия которых были изготовлены из самородной меди; он описывает сцены грабежа и убийств в местах добычи самородной меди⁶. В начале XVIII века, до организации больших северных компаний, занимавшихся добычей мехов, медь имела на севере, в теперешней Канаде и Соединенных Штатах, еще большее значение и являлась единственным металлом, известным жившему тогда там человеку⁷. Русские мореходцы встретили в XVIII веке таких же

¹ Leclère, 1902, с. 90, 154.

² Déchalette, 1908, с. 2.

³ Для Альп см. Freise, 1906, с. 603; Makovsky и Much, 1907, с. 19. Для Испании см. Much, 1907, с. 116 и сл. О древних разработках в Испании – Caron, 1880, с. 105. Для Сардинии – Baux, 1889, с. 279.

⁴ Мух (Much, 1893, с. 302) считал, что самородная медь не добывалась. Этому противоречит минералогический характер руд. Бюффон предполагал, что самородная медь была выработана в далекие, доисторические времена. Этим он объяснял редкость самородной меди в Европе (и Азии) и ее богатство в Америке (Buffon, 1790(2), с. 171).

⁵ Сводку старинных данных (до 1760 г.) см. у Бюффона (Buffon, 1790(2), с. 235).

⁶ Hearne, 1799, с. 159. (Есть русский перевод). О продолжающейся теперь торговле и сборе самородной меди эскимосами (район Меднорудной реки, оз. Виктории и т.д.) см. Stefansson, 1914, с. 17, 19, 25.

⁷ Hearne, 1799, с. 165. О древних разработках на Верхнем озере см. еще Wood, 1907, с. 288 и сл. Если верно, что строителями курганов были тольтеки Мексики, переселившиеся туда в X–XI веках н.э., то добыча самородной меди должна была происходить много раньше этого времени. По исчислению Венкера, в 1910 г. добыто 870 000 т меди, а в 1900 г. добыча была всего 494 200 т (Wencker, 1912).

туземцев с медными орудиями, собиравших самородную медь около р. Медной на Аляске¹.

Гораздо большее значение имели медные копи в современном Мичигане, около Верхнего озера, на п-ове Кивино и на о-ве Ройал – там же. Слухи о нахождении здесь меди достигли европейцев – иезуитов – еще в XVII веке, но в это время там уже не было добычи меди. Добыча меди происходила за много столетий раньше. Как у нас на Алтае и Урале по следам «чуди», так и здесь по следам неведомых рудокопов были открываемы все главные месторождения во второй половине XIX века, когда вновь началось здесь медное дело. При новом открытии медных рудников в середине XIX века были найдены заброшенные старинные рудники самородной меди, найдены были каменные и медные рудничные орудия. Эти месторождения разрабатывались в доколумбово время. Медные изделия, по-видимому из этой меди, были найдены в остатках таинственных американских курганов – «маунт-билдерс» – в Огайо, за сотни километров от Верхнего озера. Местные индейские племена, встреченные католическими миссионерами в первой половине XVII столетия вблизи коренных выходов меди, ничего не знали об ее разработке. Они пользовались лишь кусками самородной меди, попадавшей в ледниковых наносах, в руслах рек, и отрывали от больших ее кусков отдельные части примитивным способом.

Отдельные куски самородной меди с Верхнего озера с XVII века стали попадать в культурный обмен. В конце XVIII века известны уже попытки таких разработок; но лишь с конца 1840-х годов начались первые разработки, непрерывно продолжающиеся до сих пор и составляющие заметную величину в мировой добыче меди² (§ 203).

В культурных и полукультурных государствах Центральной и Южной Америки медь была также давно известна (в отличие от железа, § 62) и добывалась, может быть, отчасти из сернистых соединений, отчасти из самородной меди. Такие древние рудники самородной меди были найдены в Корокоро в Боливии³ (§ 198). Значительные ее скопления найдены и в других местах, например в Бразилии, в штате Байя⁴. Проникновение новой европейской культуры, с ее новым запасом железа, по-видимому, положило конец туземной добыче меди.

На других континентах, например в Африке, по крайней мере в культурных областях севера, медь стала известной позже железа⁵. Однако и здесь

¹ Река Медная была описана Нагаевым (из материалов экспедиции Зайкова) в 1781 г. и названа так по кускам самородной меди, находившейся у устья р. Чечитны. Русские называли и туземцев этой реки «медновцами». Здесь попадались самородки до 16 кг весом. Нагаев говорит о ней, между прочим: «Чугачи ездят по ней для торговли и получают от тех народов: медь, из которой делают себе копья, стрелы и топоры» (*Тебеньков*, 1852, с. 23). Самородная медь находилась и в других местах бывшей Русской Америки, например, на о-ве Уналашке, на берегах озера около Макушинского залива (*Вениаминов*, 1840, с. 171).

² *R. Andrée*, 1884, с. 140 и сл.; *Whittlesey*, 1863, с. 27; *Winchell*, 1895, с. 118 и сл. (литература).

³ *Weed*, 1908, с. 181.

⁴ *Vandelli*, 1797, с. 261.

⁵ *R. Andrée*, 1884, с. тр. 55–57. Однако в Египте был период, когда изделия делались из меди раньше, чем из бронзы, и, может быть, из железа. *M. Berthelot*, 1906 (I), с. 8; *Wiedemann*, 1909, с. 295. Эта медь содержит As (*Berthelot*, 1906 (I), с. 45) и, вероятно, добывалась из соединений.

мы имеем указания на издревле известные месторождения самородной меди. К сожалению, вопрос истории меди в Африке не выяснен¹.

Вскоре же после начала употребления самородной меди – и, вероятно, независимо в разных местах – человек научился добывать ее из ее соединений, главным образом из сернистых.

Подобно тому, как мы это видим для других металлов (§ 216), и здесь труд человека явился более могущественным агентом, чем вековые природные процессы.

Мировое производство меди в тыс. т (больших английских тонн – 1016 кг):

1880	154,0	(17%	С. А. С. Ш.)	
1883	225,6	(32%	»	)
1890	269,5	(43%	»	)
1903	630,6	(49,6%	»	)
1905	698,9	(56,8%	»	)
1910	887,5	(56,1%	»	)
1913	1002,3	(55,6%	»	)

} Брейтерман²

Очень характерно постоянное появление на рынке старой меди, которая составляет 15–20% всего потребления металла³.

В год человек добывает теперь более 700 000 т металлической меди – количество не столь малое даже по сравнению с вековыми запасами самородной меди⁴.

205. Самородная медь в России. В России известны довольно многочисленные месторождения самородной меди. В нескольких местах, как, например, на Урале, в Киргизских степях, на далеком Востоке, она временами являлась предметом разработки, правда, очень недолговечной.

В *Европейской России*, в *Архангельской губ.*, в *Александровском у.*, она встречена была в кварце с купритом около Умбы и Красноволока⁵; в *Кемском у.* указана на Медвежьем острове в Кандалакшской губе (Георги), в золотоносных кварцевых жилах по Онде и Выгу⁶, в Воицком руднике⁷.

На *Новой Земле*, на п-ове Медном в Пропащей губе, самородная медь находится в сильно эпидотизированном диабазе. Содержит следы серебра (до 0,01%). Медь встречается в виде микроскопических включений и до кусков в 1 кг весом как в самой породе, так и в миндалинах. Нередко покрыта коркой куприта. Может быть покрыта коркой купрокуприта. Диабаз с медью залегает среди диабазов другого характера, не содержащих меди, в виде неправильных «жил». Аналогичное месторождение самородной меди известно и на севере Новой Земли – в Костином Шару⁸.

¹ См. сводку старинных данных у Buffon, 1790 (2), с. 233.

² Брейтерман, 1922, с. 36, 38.

³ Брейтерман, 1922, с. 110 и сл.

⁴ Аналогична, вероятно, и роль организмов. Помимо участия продуктов их распада в образовании самородной меди (§ 199), металлическая медь иногда выделяется, как таковая, организмами, например, она выпадает иногда в коре дуба (Francforter, 1899, с. 45).

⁵ Георги, 1798 (3), с. 423.

⁶ Бутенев, 1828, с. 42; 1837, с. 385.

⁷ Лопатинский, 1826, с. 76.

⁸ Л. Иванов, 1914 (1), с. 74. О вторичной самородной меди в диабазовых порфиритах около Пропащей губы см. Voit, 1913, с. 47.

Во *Владимирской губ.* указывалась в *Муромском у.*, около Мурома, в песках р. Оки¹.

В *Вятской губ.*, в *Елабужском у.*, в Варзинской даче, встречены мелкие зерна и пластинки в медном песчанике².

Для *Олонецкой губ.*³ встречаются относительно многочисленные указания на самородную медь, однако все известные ее скопления невелики. Уже в середине XVII века самородная медь была найдена и разрабатывалась в Заонежье С. Гавриловым⁴. Так, она указана в *Повенецком у.*, в диоритах около Файмогубы; близ дер. Ютнаволоки (на контакте со сланцами) она встречалась в кусках до 16 кг весом⁵. В *Петрозаводском у.*, на границе с Повенецким, на восточном берегу Святухи, вблизи дер. Башниной, известна жила самородной меди с каолином в диорите. На берегу Путкозера тонкие прожилки самородной меди наблюдаются в диорите против дер. Онежаны, недалеко от горы Сыпун⁶; медь найдена в Кижской волости; здесь попадались куски меди более 16 кг весом⁷. Около Пертского озера, в руднике «Надежда», попадались кристаллы – {100}, {111}. Рудник «Надежда» был построен в начале XVIII века. Около него, на Патмозере, самородная медь была найдена в 1702 г., и в первый же год ее выплавлено около 1 т⁸.

В *Петроградской губ.* и *у.* самородная медь изредка встречается с кристаллами барита в кембрийских слоях около Славянска – у Павловска (по указанию А.Е. Ферсмана, 1921).

В *Царстве Польском*, в *Келецкой губ.*, самородная медь известна на Медзяной горе, в верхних горизонтах, где, по-видимому, она произошла из углекислых солей меди. Ее меньше, чем медной черни и стекловатой медной руды. Найдены большие куски, а также древовидные, волосовидные и другие выделения. Кристаллы и двойниковые сростки⁹.

206. Но главные месторождения самородной меди наблюдались на *Урале*¹⁰.

В *Пермской губ.*, в *Верхотурском у.*, в *Богословском окр.*, в Турьинских рудниках (главным образом Васильевском и Фроловском), наблюдались огромные ее скопления, кусками до 1,6 т весом¹¹ (ср. § 195). Из рудников Васильевского¹² и Фроловского были добыты в начале XIX – в конце XVIII века

¹ Паллас, 1773 (2), с. 57: может быть, археологические остатки; ср. § 127, 152.

² Игнатъевский, 1832, с. 181.

³ «Очерк месторождений полезных ископаемых», СПб., 1881, с. 159. Проба самородной меди из Повенца, сделанная Жерве, указала на ее чистоту (Савченков, 1888, с. 457). Старинные указания для Пяозерского рудника см. выше – серебро. Самородную медь находили при постройке Мурманской ж. д. на 48 км (близ с. Кондопоги) в трещинках породы (В. Соколов, 1917, с. 49).

⁴ Рожков, 1888, с. 291 и сл., 298.

⁵ Севергин, 1809, с. 29; Конткевич, 1879, с. 203.

⁶ Гельмерсен, 1860 (2), с. 577; Коленко, 1885, с. 46, 75.

⁷ Гельмерсен, 1860 (1), с. 323.

⁸ Рожков, 1888, с. 291 и сл., 298.

⁹ Блёде, 1830, с. 62, 66, 90–91; Кун, 1829, с. 224; Дмитриев, 1831 (2), с. 131 и сл. Иногда в октаэдрах – см. каталог Пуша у Tschermak, 1900, с. 662.

¹⁰ О сомнительных месторождениях Самарской губ., в Бузулукском у., см. Подгаецкий, 1892, с. 347; в Гродненской губ. см. Мейендорф, 1849, с. 148.

¹¹ Паллас, 1786, с. 298 и сл. В коллекциях сохранились куски около 100 кг весом – Гельмерсен, 1860 (1), с. 323 (Горный институт).

¹² Самородная медь Васильевского рудника была серебристая (Паллас, 1786, с. 298).

превосходные двойниковые сростки и дендриты самородной меди (главным образом в кристаллическом известняке, иногда в кристаллах кальцита, частью в трещинах известняка, в глинах)¹ (см. рис. 76). Самородная медь с купритом встречалась в старинном (1741 г.) Половинном руднике (около 6 км от Кушвинского завода)². В Сухойдойском, Григорьевском и Порозовском рудниках³ медь выделилась как вторичное образование, нередко в тесной смеси с землистым купритом (*бронзовая руда*)⁴. Везде здесь медь является вторичным образованием, первичным соединением служит халькопирит. Она выделялась на контакте, главным образом в перекристаллизованных известняках. В старинных разработках она наблюдалась во многих других местностях округа, например, около Ольговского железного рудника⁵, около Волчанки (30 км от Богословского завода на север)⁶. В Михайло-Архангельском руднике наблюдалась волосатая и налетелая медь⁷. Встречена в сиенитах около Надеждинского завода, в 6 км от Петропавловска, по р. Колонге, в туфе диабазового порфирита⁸. В Петропавловском окр. встречалась в старинных рудниках Покровском и Конюховском⁹. Находилась прежде на р. Медной, притоке Лобвы, где в первой половине XVIII века были даже медные заводы¹⁰. Упоминается и в других местах Северного Урала, старого Богословского окр., например на Кончаковском Камне¹¹. Находится нередко и в платиновых (§ 83) и золотоносных (§ 153) россыпях (например, в Логовской, Андреевской, Сухойдойской и др.)¹².

На севере, в дачах *Всеволодоблагодатских заводов* по р. Кокве, притоку Сосьвы, и на Сосьве, около Медного (Коквинского) зимовья, она была встречена в кварцевых валунах¹³ (ср. § 208).

Южнее, в *Нижне-Тагильском горном округе*, встречены были значительные скопления самородной меди в Меднорудянском руднике¹⁴. Здесь она образовалась местами в связи с выветриванием халькопирита, в области раз-

¹ О меди этого месторождения см. *И. Герман*, 1789 (2), с. 87; *Бегер*, 1826 (1), с. 17 и сл.; *G. Rose*, 1837, с. 401 и сл.; *Гельмерсен*, 1860 (1), с. 323; *Кокшаров*, 1870 (2), с. 218; *Е. Федоров* и *В. Никитин*, 1901 (1), с. 17 и сл. Кристаллы из Богословских рудников ({100}, {111}, {111}) указаны уже *И. Германом* (1789 (2), с. 355). Наиболее полно изучены *Розе*. Ср. также *Кокшаров*, 1872, с. 275.

² *Гмелин*, 1752, с. 423.

³ О Сухойдойском см. [*Н. Попов*], 1811, с. 19 и сл.; о Григорьевском и Порозовском – там же, с. 283. Ср. *Протасов*, 1830, с. 93 (Порозовская шахта).

⁴ *Бегер*, 1826 (1); *Протасов*, 1830.

⁵ *Протасов*, 1830, с. 111.

⁶ *Паллас*, 1786, с. 310; *И. Герман*, 1789 (1), с. 155–156; 1789(2), с. 90. Волчанка – ручей Вальче.

⁷ *Протасов*, 1842, с. 474.

⁸ *Е. Федоров* и *В. Никитин*, 1901 (1), с. 23.

⁹ *М. Карпинский*, 1840 (3), с. 217.

¹⁰ *И. Герман*, 1789 (1), с. 215; «Горн. журн.», 1835, И, с. 318. О заводах – см. *Н. Чупин*, 1873 (2), с. 93 и сл.

¹¹ *И. Герман*, 1789 (2), с. 355.

¹² *М. Карпинский*, 1840 (2), с. 232; *Щуровский*, 1841, с. 303; *Н. Чупин*, 1873 (1), с. 198. Коллекция Московского университета (Гулинская россыпь).

¹³ Упоминает медь на Сосьве уже *Паллас* (1786, с. 294). Точные указания см. у *Нестерова*, 1839, с. 16. Для Коквинского Камня см. *И. Герман*, 1789 (2), с. 355.

¹⁴ *G. Rose*, 1837, с. 312 и сл.; *Колтовской*, 1846, с. 170; *Майер*, 1876; *Гладкий*, 1888, с. 99 и сл.; *Чернышев*, 1897; *Трушков*, 1905, с. 78.

вития кислородных соединений меди¹. Кристаллы большей частью двойники по {111}². Медь попадает и в магнетите горы Высокой³. Она встречена здесь и в других местах – в Павловском руднике⁴, по р. Улитке⁵ – всюду в небольшом количестве. Об оригинальном месторождении по р. Левихе в *Черноисточенской даче*, – см. § 199.

В *Екатеринбургском* уч., в *Екатеринбургском горном округе*, дендриты и примазки самородной меди указаны в Первоблагодатном руднике⁶. Около Екатеринбурга она найдена в серпентинах Мало-Мостовской россыпи⁷. В Верхне-Мулинске встречена с малахитом; около Сметаниной на Кунаре – с серебром, купритом и т.д.⁸. На границе Каменской и Монетной дач встречена в месторождении асбеста⁹. В дачах *Каменского завода* встречалась изредка в Святочудовском руднике по р. Кунаре (притоку р. Пышмы)¹⁰. Гораздо большие ее скопления были встречены в Гумешевском руднике. Здесь в верхних, сильно разрушенных частях встречались самородки весом до 16 кг и больше; медь сопровождается кальцитом и кирпичной медной рудой, частью дает начало продуктам окисления – куприту и малахиту. В Гумешевском руднике встречались изредка хорошо образованные кристаллы меди (любопытны октаэдры – псевдоморфозы по куприту?)¹¹ и своеобразные конкреции¹². Процесс образования меди идет и сейчас в поверхностных слоях.

В начале XIX столетия встречен новый тип самородной меди из мохообразных и дендритовых скоплений мельчайших блестящих кристалликов. Они находятся на роговике, иногда срастаются с купритами и покрыты мелкими друзами кварца. В *Сысертском горном округе*, в Полевской даче, самородная медь выделилась в Зюзельском болоте как продукт восстановления органическими веществами (по указанию А. В. Николаева. Коллекция Академии Наук).

В *Горношнитских россыпях* встречались куски меди до 600 г весом¹³. В *Кыштымском окр.*, в Соймоновском руднике, медь находилась пластинками, дендритами и зернами вместе с пиритом¹⁴. Указана в Поляковском руднике¹⁵.

¹ В Нижне-Тагильских рудниках попадались псевдоморфозы меди по куприту, сохранившие внутри ядро куприта (*Breithaupt*, 1853, с. 371).

² *G. Rose*, 1837. Здесь попадалась более редкая форма – {113}.

³ *Георги*, 1798 (3), с. 421; *Колтовской*, 1846, с. 156.

⁴ *Колтовской*, 1838, с. 431.

⁵ «Годичный отчет Геол. музея Академии Наук за 1904 г.» СПб., 1905, с. 16.

⁶ *Чайковский*, 1830, с. 299. Коллекция Московского университета.

⁷ *G. Rose*, 1837, с. 289 (найдена Шмидтом); *М. Карпинский*, 1840 (2), с. 232.

⁸ *Leonhard*, 1843, с. 327.

⁹ *Крыжановский*, 1907, с. 69.

¹⁰ *Томсон*, 1832, с. 296; *А. Антипов*, 1860, с. 270.

¹¹ О Гумешеве см. *Паллас*, 1786, с. 191 и сл.; *И. Герман*, 1789 (2), с. 71; [*Н. Попов*], 1811, с. 39–40; *Георги*, 1798 (3), с. 423; *G. Rose*, 1837, с. 263; *Щуровский*, 1841, с. 367; *А. Антипов*, 1860, с. 271; *Дюпарк и Сигг*, 1914, с. 19, 32.

¹² *Паллас*, 1786, с. 193.

¹³ *М. Карпинский*, 1840 (2), с. 232.

¹⁴ *Менге*, 1830, с. 249. В Подсугурской шахте. См. *Щуровский*, 1841, с. 366. Ср. § 132.

¹⁵ *Leonhard*, 1843, с. 327.

Самородная медь попадалась также в песчаных и мергелистых пермских отложениях Предуралья, например в *Соликамском у.* Здесь по Каме развиты слои осадочных пермских пород около Александровского завода, Романова, Соликамска и т.д. Эти богатые выделениями самородной меди породы назывались «куреть» или «курятник»¹. Медь разрабатывалась в различных рудниках, принадлежавших Пыскорским заводам. В районе Пыскорских рудников иногда находят «пешанокаменные яйцеобразные шарики, как бы усыпанные самородною медью, подобно медным блесткам»². Так, она встречалась, например, в Ребиновском, Крушихинском, Воскресенском рудниках³. В Святотроицком руднике, как редкость, указана в «смолистом дереве», попадающем в песчаниках⁴. В Крестовоздвиженском руднике самородная медь вместе с малахитом составляла цемент песчаника.

В *Оренбургской губ.*, в *Троицком у.*, в *Миасском окр.*, в Евграфовском и Надеждинском рудниках, самородная медь найдена в кварцевых прожилках в диорите⁵, а в эпидиотитовой жиле в диорите встречена в Уренгайском руднике⁶. Она находилась также в Санарском руднике с малахитом и галени-том в верхних частях разрушенной породы⁷. Встречалась в месторождениях магнетита, связанных с серпентином, в горе Карагай-Тау, около дер. Рысaeвой⁸; при аналогичных условиях найдена на западном берегу оз. Ургун (или Аргун), недалеко от Калкана⁹. Самородная медь была найдена И. Лепехиным (1802, с. 164) в медном руднике Карагуш (должно быть, Карагаш-Туба), в 16 км от Ургуна на Уе в Южном Урале¹⁰, вероятно в Верхнеуральском у.

В *Верхнеуральском у.*, по А. Заварицкому, самородная медь в авгитовом порфирите с цеолитами наблюдается около горы Магнитной, близ Верхне-Кизильска и около с. Спасского – в авгитовом порфирите и эпидотизированном туфе¹¹. Вкрапленности самородной меди наблюдались в полосе порфировых туфов западнее пос. Верхне-Кизильского¹². В 6 км от Верхне-Уральска, в Черном Бугре, – самородная медь вместе с пренитом в сильно пренитизированном и эпидотизированном основном порфирите. Встречена на значительном пространстве. Около пос. Верхне-Кизильского, в Арбузовском логу, – вместе с пренитом в миндалинах сильно разрушенной основной эпидотизированной породы. Все эти месторождения подчинены эффузивным разностям основных пород диабазовой магмы¹³.

¹ «Попадаетя иногда самородная медь в тонконалетелом или мелко вкрапленном видах, нередко в известковом камне, проникая всю массу его мельчайшими частицами и неравномерно; или она медь находится в агрегатах мелкорассеянная в связующей массе валунов» (Любарский, 1821, с. 58).

² Н. Попов, 1804, с. 43.

³ [Н. Попов], 1811, с. 76–77. Уже Де Геннин в начале XVIII столетия упоминал о самородной меди такого типа (Геннин, 1828, с. 98). Ср. Георги, 1798 (3), с. 423.

⁴ Чеклецов, 1832, с. 34.

⁵ Д. Соколов, 1832, с. 734; Нестеровский, 1837, с. 45.

⁶ И. Мушкетов, 1878 (2), с. 136.

⁷ Паллас, 1786, с. 140; И. Герман, 1789 (1), с. 113–114.

⁸ Гривнак, 1874, с. 276.

⁹ Паллас, 1786, с. 412; И. Герман, 1789 (1), с. 174 (уроч. Уклю-Карагай); Гривнак, 1874, с. 278.

¹⁰ Георги, 1798 (3), стр. 424; Севергин, 1809, с. 135.

¹¹ Богданович, 1913(1), с. 216.

¹² Высоцкий, 1915, с. 43.

¹³ К. Богданович, 1917, с. 34. Ср. Заварицкий, 1917 (1), с. 142; 1917(2).

Она встречается и в осадочных образованиях в Оренбургской губ.; такова так называемая «галечная руда» (т.е. конгломераты) около с. Бугульчан, где попадались большие ее пластины¹.

Самородная медь попадает здесь и в золотоносных россыпях, например около с. Нижние Карасы *Миасского окр.* (коллекция Московского университета. Доставлена П.К. Алексатом в 1901 г.).

207. На Кавказе богатых месторождений самородной меди нет. Однако она часто встречается как вторичный продукт в верхних частях медных месторождений.

В Батумской обл., в Артвинском окр., в Бешаульской даче, в Бешаул-Кварцханском месторождении выделилась вторичная самородная медь в трещинах. Образовалась она из халькопирита². В Кварцханском медном месторождении на берегу р. Кварцханки (приток Чороха), около Артвинского шоссе, встречается в трещинках самородная медь как вторичное образование из халькопирита³. В Мургульском ущелье самородная медь известна в Дзансульском руднике (коллекция Академии Наук. Сообщение А. Твалчрелидзе, 1914). Около Ход-Елиа описаны дендриты самородной меди как вторичное образование в трещинах диабазового порфира, около жилы, богатой халькопиритом, пиритом, сфалеритом⁴. Самородная медь встречена также около сел. Энирабат и Лонгат⁵. Указана в Кед около Мерисси⁶. В Батумском окр. она найдена в россыпях в бассейне Чороха, по р. Тальгом-Су⁷ (ср. § 101, 158).

В Елисаветпольской губ., в Елисаветпольском у., на горе Мис-Даг, в руднике Кедабекском, находятся дендриты, пластинки, иногда куски самородной меди, весом до 4 кг, в верхних горизонтах разработок (произошла из халькопирита)⁸. В Зангезурском у., около Каварта, на Охи-Чае, самородная медь найдена в старинных разработках⁹. Точно так же указана в Агараком руднике около с. Агарака; она встречена здесь в виде небольших зерен и пластинок¹⁰. Медь наблюдается также в Джеваниширском (?) у., в пос. Тронбон по р. Терпьер (коллекция Академии Наук).

В Карсской обл., в Кагызманском окр., самородная медь найдена в диоритах и диабазовых по р. Ак-Чаю, около с. Хенду-Таш. Встречается здесь и в трахитах. При разрушении этих коренных месторождений она попадает в виде самородков в наносы¹¹.

В Кубанской обл., в Баталпаинском отделе, наблюдалась самородная медь в Тахтаул-Чалгане (коллекция Академии Наук). Изредка в в уроч. Старое Жилище в долине р. Большого Зеленчука в кварцевой жиле¹².

¹ А. Антипов, 1860, с. 290. Сам Антипов не видел, пишет с чужих слов.

² Г. Смирнов, 1905, с. 210.

³ Скрепинский, 1914.

⁴ Бацевич, 1887, с. 140.

⁵ Меллер и Денисов, 1900, с. 51.

⁶ Стрижов, 1902, с. 162.

⁷ Черник, 1895, с. 493.

⁸ Варенцов, 1887, с. 403; Нестеровский, 1893, с. 228–229.

⁹ Н. Лебедев, 1901, с. 108.

¹⁰ Воскобойников, 1830, с. 334; Меллер и Денисов, 1900, с. 78.

¹¹ Марголюс, 1909.

¹² А. Герасимов, 1917, с. 61.

В Терской обл., во Владикавказском окр., наблюдалась самородная медь в Цусском руднике в Ардонском ущелье¹ и в Гуларском руднике (коллекция Московского университета. Доставлена А. А. Ауновским в 1901 г.). Изредка встречалась в Садонском руднике². В Нальчикском окр. указывается самородная медь в горах около с. Хасаута³.

В Тифлисской губ., в Борчалинском у., самородная медь наблюдалась в Алавердском руднике (коллекция Петербургского университета).

В Эриванской губ., в Александропольском у., самородная медь наблюдалась в верхних горизонтах Сисимаданского рудника, на р. Сиси-Су (образовалась из халькопирита)⁴. В Новобаязетском у., в Дарачичанском руднике, около с. Баш-Абаран, недалеко от Мисханского завода, в верхних слоях, как в кварцевой жиле, так и в каолинизированном граните, встречены кристаллы самородной меди и сростки ее с кальцитом⁵.

208. В Сибири медь наблюдалась не раз, нигде не встречаясь в значительных количествах.

В Тобольской губ., в Березовском у., – около устья р. Маньи, по берегам р. Северной Сосьвы⁶; здесь в «диабазе» известны небольшие гнезда самородной меди, иногда попадались ее кристаллы (ср. § 206)⁷.

В Томской губ., в Мариинском окр., в золотоносных россыпях по р. Барзасу, притоку р. Яи (Богородский прииск), на Конюхте, встречались куски самородной меди более 4 кг весом⁸. В Кузнецком окр., на р. Кондоме, самородная медь встречалась в Кузедеевском прииске⁹ и в старинных (XVIII века) Юрманских рудниках недалеко от Салаирского¹⁰.

Довольно обычна самородная медь в разных рудниках Алтая¹¹, где иногда она собиралась в значительных количествах. Медь на Алтае всегда вторичная, находится в зоне сажистых и охристых руд; выделяется обычно окислением халькозина, также восстановлением солями железа и органическим веществом¹². В Локтевском руднике частью она являлась новообразованием (цементная медь) и выпадала из растворов медного купороса при соприкосновении с железными предметами и соединениями⁶. В Змеиногорском у., в Николаевском руднике, найдены мелкие кристаллы меди, в которых преобладает куб, в желваках малиновой руды (землистом куприте). Медь Змеино-

¹ Стрижов, 1902.

² Кольчевский, 1861.

³ Пятницкий, 1905.

⁴ Подгаецкий, 1891, с. 234. Указана уже Абигом.

⁵ Воскобойников, 1830, с. 325–326; Меллер и Денисов, 1900, с. 83. Твалчрелидзе указал мне пропущенные мною данные о самородной меди из каталога коллекции Кавказского музея (Н. Лебедев, 1901): Пирдаунский рудник стр. 109 № 404), ручей Нижний Тауз (стр. 180, № 9), дер. Савакара, Ордубадский район (стр. 196, № 39).

⁶ «Годичный отчет Геол. музея Академии Наук за 1904 г.», СПб., 1905, с. 17.

⁷ Протасов, 1833, с. 332–340.

⁸ Зайцев, 1893 (1), с. 227; 1893 (2), с. 466.

¹⁰ Коллекция Академии Наук. Старинный образец – указан в каталоге Хвостова. Вероятно, из Сабуровского шурфа, см. Lindenthal, 1788.

¹⁰ Мамонтов, 1908, с. 454.

¹¹ О меди на Алтае см. Пилипенко, 1915, с. 339 и сл.; Соколовский, 1833, с. 127 и сл. О кристаллах меди {111} см. Еремеев, 1871 (2), с. 381. О кристаллах меди из Белоусовского рудника см. А. Купфер, 1911, с. 526

¹² Пилипенко, 1915, с. 345 и сл.

горского рудника всегда содержит серебро¹. В Сугатовском месторождении тоже найдена самородная медь (коллекция Академии Наук, 1916 г.). Также указана самородная медь в Березовском и Чудацком², Риддерском, Сокольном и Крюковском³, Верхне-Лазурском⁴, Таловском⁵, Белоусовском и Зыряновском⁶ (редко), Семеновском (дендриты в горном мозге⁷, иногда в виде «виноградной грозди»), в Чагырском⁸ – пластинки, Николаевском⁹, Титовском и Гериховском¹⁰ рудниках.

В *Енисейской губ.* наиболее богатым, вероятно, является месторождение ее в *Минусинском окр.*, в медистых песчаниках (девон?) по р. Печище – притоку р. Чулыма¹¹. Она встречается также в породах палеозойских мелафиров вместе с пренитом, в горах, в 7–8 км на юг и юго-запад от с. Сенявина, в окрестностях Богданова улуса. В Маинском руднике (по левому берегу Енисея, у впадения в него р. Уй) самородная медь встречена в «глинистых опаловидных сланцах» с купритом и малахитом¹². В *Минусинском у.* самородная медь встречалась в россыпи Узундзульского прииска¹³. Самородная медь известна в области изверженных пород девонского бассейна по р. Береть. Иногда она попадалась в Глафириновском руднике¹⁴. В Сырских руниках по р. Малому Сыру (известных с XVIII века) самородная медь найдена в кварцево-кальцитовых жилах, главным образом в нижних горизонтах (выше – окисленные медные руды), с пренитом (и в прените), среди досреднедевонских эффузивных пород (мелафиры, туфы). Такая медь известна около улуса Малый Сыр, около горы Чансыр-Даг у Морозовского улуса и железной дороги¹⁵. Самородная медь встречается в кварцево-кальцитовых жилах среди порфиринов по левой стороне Тустуджула¹⁵. Она найдена также около дер. Богдановой – на горе Колодец (1,5 км от горы Чудской Рудник), по левой стороне р. Кокел и в нескольких других местах, в эпидотовой породе среди порфиринов, на горе Улук-Таг (коллекция Академии Наук), в известковых и баритовых жилах в области зеленокаменных пород между дер. Копьевой и Теляжкиным улусом¹⁶. В *Ачинском у.*, в 12 км от станции Солянозерской, известно также ее нахождение с пренитом¹⁷.

¹ *И. Герман*, 1790 (1), с. 38; *Соколовский*, 1833. Наблюдалась на барите, в роговике и в железной шляпе. Ср. *G. Rose*, 1837, с. 530, 539. В Змеиногорском руднике самородная медь уже прекратилась в XVIII столетии. Раньше попадались красивые ее дендриты на барите. *И. Герман*, 1801, с. 133.

² *Гривнак*, 1873, с. 226, 242; *Cotta*, 1870, с. 29; 1871.

³ *Гривнак*, 1873, с. 245, 253 и сл.

⁴ *Шангин*, 1808, с. 37.

⁵ В окружающих породах, иногда очень красивая. «Горн. журн.», 1836, III, с. 168.

⁶ *Пранг и Ярославцев*, 1861, с. 316 и сл.

⁷ *Георги*, 1798 (3), с. 425 (нередко чрезвычайно красивая); *И. Герман*, 1801, с. 257 – в его время уже была выработана.

⁸ *И. Герман*, 1807 (1), с. 48.

⁹ *Нефедьев*, 1871, с. 28.

¹⁰ *И. Герман*, 1801, с. 199, 205.

¹¹ *Реутовский*, 1905 (1), с. 147; *Аргентов*, 1906.

¹² *Аргентов*, 1907, с. 215.

¹³ *Толмачев*, 1913, с. 52–54.

¹⁴ *Эдельштейн*, 1917 (2), с. 133.

¹⁵ *Эдельштейн*, 1917 (1), с. 196; 1917 (2), с. 154, 155.

¹⁶ *Аргентов*, 1906.

¹⁷ *Боголюбский*, 1884, с. 16.

Она встречалась в золотоносных россыпях Ачинского окр.¹. Медь наблюдалась довольно часто в россыпях, например в *Енисейском у.*, по р. Мурожной, во Второ-Павловской россыпи², также в россыпях по Сухому логу (притоку Севагликона, Мариинский прииск), по Краснощековскому ключу (Безобразовский прииск, Большая Мурожная) и т.д.³ В *Туруханском крае* встречена в россыпях русла р. Мыкчанды, притока р. Икана (впадающей в Пясино), в Норильских горах (коллекция Академии Наук). В *Красноярском у.*, в Трехсвятительском приiske по р. Осиновой попадались псевдоморфозы ее по малахиту⁴.

В *Иркутской губ.*, в россыпях по р. Большому Сархою (притоку р. Тиссы, бассейн Оки), найдены большие пластины самородной меди; на р. Малом Сархое (приток Большого Сархоя) найдена самородная медь в верхних частях кварцевых жил, на значительной площади. Кварцевые жилы прорезывают ли туфы, или глинисто-хлоритовые сланцы. Есть небольшие примазки и среди пород.

В *Забайкальской обл.* самородная медь указана в *Нерчинском у.*, в известняке в Воздвиженском руднике⁵; попадалась с азуриком и малахитом в Павловском и Кадаинском рудниках⁶. В *Верхнеудинском у.*, в восточной части Чернойярской гряды, на левом берегу р. Хилки, на горе Большой Лисий Камень – в жильном кварце⁷; указана около с. Подлопатки⁸. В *Баргузинском у.*, в Ангарской тайге, около р. Октокита она найдена с гематитом⁹. Месторождение находится на левом берегу р. Намамы (приток р. Светлой) – 55° с.ш., 111° в.д. Медная руда (главным образом окисленная) находится на контакте диоритов с известняками и аплитами; в ней попадалась самородная медь¹⁰. По р. Джиде самородная медь найдена в миндалевидных мелафирах¹¹. В Шерловой горе при промывке россыпей встречали зерна самородной меди в парагenezе с висмутом¹².

В *Амурской обл.* встречена в Малом Хингане, по р. Самаре, в брекчиях железных руд (с гематитом)¹³.

В *Приморской обл.*, на *Камчатке*, она обратила на себя внимание уже при первых исследованиях этих мест – медь собирали в песке¹⁴ при устье р. Большой¹⁵ и при устье р. Радуги, впадающей в Камчатку, около Курильского озера

¹ Полетика, 1860.

² Версилов, 1857 (2). Здесь, по-видимому, был коренной выход. См. К. Кулибин, 1865, с. 35; Лопаткин, 1869, с. 72, 74.

³ К. Кулибин, 1785, с. 35; Еремеев, 1887 (2), с. 283.

⁴ Боголюбовский, 1884, с. 16; Еремеев, 1887 (2), с. 315.

⁵ Озерский, 1867 (1).

⁶ А. Кулибин, 1827, с. 488 и сл. Данне взяты у Карамышева. См. «Neue Nordische Beiträge», IV, SPb., 1783, с. 246.

⁷ В. Обручев, 1899, с. 122.

⁸ Паллас, 1793, с. 274.

⁹ Дейхман, 1871, с. 559.

¹⁰ Миткевич-Волчасский, 1913.

¹¹ R. Beck, 1901, с. 391.

¹² Тетяев, 1918, с. 25.

¹³ Аносов, 1865 (1), с. 71; 1865 (2).

¹⁴ Dietrich, 1781, с. 41. По указанию Шерера.

¹⁵ Найдена однажды. См. Паллас, 1793, с. 274.

и в Ширявой губе¹. На *Командорских островах*, в северо-западной части о-ва Медного, самородная медь находится в вулканическом туфе, в прожилках или гнездах кальцита, кварца, цеолитов. Здесь в XVIII веке встречались на морском берегу довольно большие ее куски, окатанные морской волной. В этих месторождениях известны кристаллы меди {110}. На северном берегу о-ва Беринга наблюдались мелкие кусочки самородной меди после сильных северных ветров². Лепешки самородной меди наблюдались в Приморской обл. на левых притоках Уды, ниже Май³. По К. Граховскому⁴, тонкие прослойки и жилы самородной меди в изверженных породах; с боков жилки окислены в азурит, малахит и т.д. Мощность прожилков 5–20 см. По р. Уде, на 40 км от ее левого берега, медь наблюдалась среди каменноугольных известняков. По-видимому, самородная медь есть на Медном мысу (50°30' с.ш.) севернее бухты Старка⁵. В медно-цинковом месторождении в районе р. Тетюхе самородная медь является вторичным продуктом⁶.

В *Охотском окр.* указана в окрестностях Ямска⁷.

209. В *Степной России*: в *Акмолинской обл.*, в руднике Спасского завода, в урочище при горе Нельды, в кальците и кирпичной руде встречались неясные кристаллы самородной меди⁸. В Успенском руднике известны пластинчатые сростки меди в известняке (коллекция Академии Наук), дендриты⁹.

В *Семипалатинской обл.*, в *Каркаралинском у.*, в Вознесенском (Калмакташском) руднике Поповых, в конце 1850-х годов были встречены значительные массы самородной меди (отдельные глыбы доходили до 1,6 т; см. выше рис. 77). Здесь самородная медь встречена на глубине 7,5–15 м в кальцитовый жиле, содержащей кварц; на поверхности она состояла из азурита и малахита¹⁰. К сожалению, это богатейшее месторождение самородной меди в Киргизской степи не было своевременно изучено, и теперь даже неизвестно с точностью нахождение старинного Вознесенского рудника¹¹. В меньших количествах она наблюдалась во многих других рудниках и заявках Поповых, например в Богословском¹² и Степановском¹³ рудниках. В Акчетавской

¹ Гагемейстер, 1853, с. 231–232.

² Паллас, 1781, с. 306 – по описанию «обергиттенфервальтера» П. Яковлева (1758 г.). Медь была уже редкой в 1755 г., когда ее из коренных месторождений и на берегу было добыто немного более 16 кг. Ср. также Спасский, 1822, с. 121 и сл. Спасский пользовался неопубликованными данными Яковлева. Новые наблюдения см. у Морозевича и Конюшевского, 1904, с. 51. О Командорских островах см. Sauer, 1802. На о-ве Медном она указана, по-видимому, впервые Е. Басовым в 1747 т., см. Берх, 1823 (рапорт Басова).

³ Анерт, 1915, с. 800.

⁴ Анерт и Полевой, 1917, с. 180.

⁵ Большев, 1872.

⁶ Weigel, 1911.

⁷ Слюнин, 1900, с. 137.

⁸ Бернер, 1871, с. 4.

⁹ E. Walker, 1905, с. 1202.

¹⁰ «Горн. журн.», 1858, II, с. 338; Гельмерсен, 1860, с. 322 (рисунки); Abel, 1863, с. 90 (содержит 0,03% Ag, 0,01% Bi, 1,28% As); Красовский, 1868

¹¹ Романовский, 1903, с. 39.

¹² Сборовский, 1896, с. 29 – по Порецкому.

¹³ Нефедьев, 1871, с. 27. О Степановском руднике см. Сборовский, 1896, с. 38.

волости в Арал-Тюбе¹, в руднике Кызыл-Эспе, и в Беркаринской волости в руднике Беркара и др.². В Каиур-Адыре, на левом берегу Сарык-Узена³. Всюду самородная медь находится в небольшом количестве, вместе с кислородными соединениями меди. В Мурджикских горах около Тобулгулы, в уроч. Кара-Соран⁴, самородная медь встречается на плоскостях соприкосновения кварцитовой жилы, проходящей в диорите с кальцитом. Первичной медной рудой *Каркаралинского у.* является медный колчедан в кварцевых жилах и кварцитах, сверху давший начало разнообразным кислородным соединениям меди. Руды залегают среди кварцитов и песчаников. Некоторые из аналогичных месторождений находятся в *Павлодарском у.*, например самородная медь из Ак-Сары⁵, около горы Сайтанды, близ р. Акпарча⁶, в руднике Коктас у Желтавского пикета⁶, около уроч. Сарыбийк близ Коктаса⁶.

В *Усть-Каменогорском у.*, на границе с *Семиреченской обл.*, по р. Карабуге, самородная медь встречена в кварцевой жиле с малахитом⁷.

В *Тургайской обл.*, старинные разведки Гейнса (1814) указали на ее нахождение на Медной горе (Мыс-Тау), в порфире по р. Канчебулгану, притоку р. Кара-Тургая (были старинные «чудские» разработки), в баритовой жиле с азуристом, малахитом, купритом и т.д.⁸

210. В *Средне-Азиатской России* нет значительных месторождений самородной меди. Она указана кое-где в верхних частях медных месторождений.

В *Семиреченской обл.*, в *Лепсинском у.*, в местности Абкет на южном склоне Тарбагатая, самородная медь наблюдалась в жилах в глинистом сланце⁹. По притоку р. Баканас – Тарнаку, к северу от оз. Балхаш, она известна в кварцевых и баритовых жилах¹⁰. О заявках на медь в Лепсинском у. см. Андреев, 1912, с. 92. В *Джаркентском у.*, на южном склоне хр. Кетмен, по р. Чулак, самородная медь заполняет пустоты и миндалины амигдалофира. Занозистые и ветвистые сростки. Есть самородки до 1,6 кг. Жеоды и пустоты невелики¹¹.

В *Сыр-Дарьинской обл.*, в *Чимкентском у.*, в Джилыбулакской волости, в хр. Кара-Тау, в верховьях р. Арыстанды, в уроч. Батпак-Су, есть заявка на самородную медь¹². В *Ташкентском у.* самородная медь встречается как продукт изменения халькозина в руднике Джур-Джуррак, по р. Кок-Су (бассейн Сыр-Дарьи) – между хр. Брич-Мулла и горой Ахшаран-Тау¹³.

В *Ферганской обл.*, в *Кокандском у.*, указана в осадочных отложениях; например, на берегу и на дне р. Сыр-Дарьи у Наукатской переправы, в 40 км

¹ Коллекция Московского университета. От И. Н. Стрижова, 1894 г.

² И. Антипов, 1892, с. 326 и сл.

³ Коллекция Московского университета. Доставлена Н.Н. Тихоновичем в 1890 г.

⁴ Белоусов, 1884, с. 341.

⁵ Указана Нефедьевым (1871, с. 27). На Ак-Сары в 1856–1861 гг. находился Гавриловский рудник (в Кызылтавских горах). См. *Сборовский*, 1896, с. 120.

⁶ *Высоцкий*, 1896, с. 10. У Сайтанды был в 1850-х годах Царево-Александровский рудник. См. *Сборовский*, 1896, с. 120.

⁷ *Татаринов*, 1865, с. 461.

⁸ *Левшин*, 1832, с. 174; р. *Герман*, 1829, с. 335 и сл.

⁹ *Мушкетов*, 1878 (1), с. 7.

¹⁰ *Татаринов*, 1852, с. 71 и сл.

¹¹ *Вебер*, 1917, с. 72.

¹² *Андреев*, 1912, с. 54.

¹³ *Вебер*, 1913, с. 75.

от Коканда, самородная медь наблюдается в песчаниках неизвестного возраста. Она образует иногда большие конкреции, весом больше 1 кг, но главная масса руды состоит из мельчайших выделений самородной меди, быстро изменяющихся на воздухе. В пустыне, на поверхности песка, стяжения самородной меди резко выделяются в общей массе песчаных слоев. В них медь сосредоточивается в определенных стратиграфических слоях; анализ указывает следы Co и Ni. Медь является цементом. Сопровождается тончайшим порошком магнетита¹. Медь найдена также в месторождениях Супе-Тау, Серак-Салахи, Хребтике и др. на берегу Сыр-Дарьи. Медьсодержащие пласты приурочены к южному крылу антиклинали. Число пластов велико, но по мощности они очень непостоянны и часто выклиниваются². В верховьях Карабуга в Тарбагатае киргизы находили куски самородной меди до 50 кг³. Есть заявки на самородную медь в *Наманганском у.* вдоль Сыр-Дарьи, в *Ошском у.* – в Гульчинской волости⁴, в *Маргеланском у.* – по Саук-Су, с золотом⁵.

Бухара. Самородная медь указана в горах Дарваза, хребтах Петра Великого и Гиссарском⁶.

211. *В Финляндии, в Выборгской губ.,* находится в окр. Импилак, в Пит-каренте⁷.

В *Куопиоской губ.,* в приходе Иломантс около Мэнтиваара, наблюдались дендриты меди; встречается также около Ноттиваара (редко)⁸, в приходе Пи-элис – в руднике Герайоки⁹ и в руднике Юссиусо Ено (коллекция Гельсингфорского университета. По указанию Боргстрёма).

В *Або-Бьернборгской губ.* как большая редкость встречалась в окр. Киско, в Ориерви. Здесь она наблюдалась в слюдистых сланцах с кальцитом, гётитом, кварцем; иногда покрыта кристаллами кварца¹⁰.

212. Определение. Самородная медь резко выделяется уже по своему внешнему виду. Цвет ее сильно колеблется от какого-то изменения ее поверхности; обычно он желтоватый (иногда бронзовый – § 206), бурый, красноватый. Металлический блеск. Излом занозистый. Очень ковкая. Твердость 2,5–3. Уд. вес 8,8–8,9. Очень часто встречаются пластинки и дендриты. Простые многогранники и двойники сростания более редки.

Легко плавится перед паяльной трубкой. Королек на угле при сильном нагревании становится серовато-синим и покрывается налетом черной окиси меди. Легко растворима в разведенной HNO_3 , с выделением окислов азота. Растворима в царской водке (переходит в CuCl_2) и HCl (дает CuCl).

¹ R. Beck, 1903; Bess, 1907; Богданович, 1912, с. 334 и сл.; 1917, с. 122 и сл.; В. Вебер, 1913, с. 13, 40.

² Вебер, 1913, с. 119; 1917, с. 43 и сл.; Demaret, 1900.

³ Богданович, 1917, с. 128.

⁴ Андреев, 1912, с. 80 и 86.

⁵ Ошанин, 1880.

⁶ Лагофет, 1911.

⁷ Holmberg, 1856, с. 62. В сильно измененном салитовом «скарне» встречены ее пластинки и кристаллы. См. Triüstedt, 1907, с. 326.

⁸ Holmberg, 1857 (2), с. 54–55; 1857 (1), с. 45.

⁹ Wiik, 1887, с. 9 (вероятно, образовалась из халькопирита).

¹⁰ Д. Соколов, 1838, с. 110; A. Nordenskiöld, 1863, с. 5.

Свинец

Самородный свинец

213. Химический состав и физические свойства. Самородный свинец, существование которого в природе долгое время подвергалось сомнению¹, в россыпях является нередким спутником золота.

Полных анализов самородного свинца почти нет; судя по отдельным пробам, можно видеть, что он в россыпях едва ли является чистым, содержа главным образом серу², иногда Au^2 , Ag^3 или Sb^4 . Свинец из Воскресенской россыпи в Томской тайге заключал Ir^5 . Самородный свинец, встреченный в коренных месторождениях, химически почти чист⁶. Он очень редко бывает в кристаллах, принадлежащих к *голоэдри* правильной системы ($3L^4 4L^3 6L^2 9Pc$), одним из немногих природных месторождений кристаллов является выделение самородного свинца в Вермланде в Швеции, где в полиэдрах его преобладает форма {111}, реже {110}. Большей частью он находится в пластинках, шариках («дробь»), небольших комках, самородках (рис. 78 и 79), тонких



Рис. 78

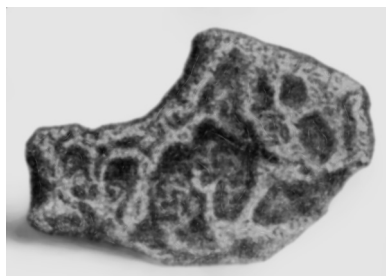


Рис. 79

Рис. 78 и 79. Самородок свинца из верховьев р. Песчанки в Богословском окр. на Урале.

Доставлен В.Г. Орловским. Коллекция Московского университета. Сфотографировано с противоположных сторон. 1/1

нитях. Строение его самородков не изучено. Иногда они срastaются с самородным золотом (Юкон, Корея и т.д.)⁷. По-видимому, очень большие куски его не встречались. Вероятно, наибольшие его скопления наблюдались в Сомелагуакане в Мексике, где Майерус видел пластины в 8 см длины и 2 см толщины⁸.

¹ Nöggerath, 1854, с. 679; 1861, с. 133; C. Hintze, I, 1898, с. 333–334.

² М. Карпинский, 1840 (2), с. 228–229; Park, 1903, с. 404; Genth, 1871, с. 444.

³ Гурьев, 1830, с. 168 и сл.; 1878, с. 116 (в песках р. Кашкар-Чай, Ели-саветпольской губ.); Park, 1903.

⁴ «Горн. журн.», 1839, II, с. 205; L. Baur, 1905, с. 70—для Кореи. Свинец из новозеландских россыпей не заключал сурьмы – Park, 1903.

⁵ Пранг и Ярославцев, 1864, с. 93, 94. Этот свинец заключал «осмистый иридий», на счет которого, вероятно, надо отнести содержание иридия.

⁶ Nöggerath, 1854, с. 675 (проба Раммельсберга); J. Roth, 1879, с. 250–251; Hamberg, 1888; Tamm, 1869.

⁷ L. Baur, 1905, с. 70; G. Hoffmann, 1906, с. 13. Ср. В Новой Зеландии – Skey, 1888, с. 368.

⁸ Nöggerath, 1854, с. 674. Вёлер (Wöhler, 1856, с. 127) подтвердил указание Нёггера о нахождении свинца в руднике Сан-Гильермо в Мексике: химически чистый свинец в виде пластинок и отдельных частичек в зернистом галените.

214. Нахождение в земной коре. Самородный свинец встречается в двух резко различных типах месторождений – частью в рыхлых осадочных отложениях, частью в верхних частях жильных месторождений.

Наиболее обычно нахождение его в *россыпях* вместе с самородными железом, золотом, платиной и т.д.¹ Такой свинец довольно част в россыпях Урала², где он впервые был найден Шленевым и в литературе указан Мамышевым и Щегловым³ в Невьянских россыпях (с золотом и платиной) и в Мельковской золотоносной россыпи около Екатеринбурга. Он обычен в Северной Америке⁴, в Ала-Тау в Западной Сибири⁵, в Южной Америке⁶, Корее (иногда в довольно большом количестве)⁷ и т.д. В россыпях Парапара – в графстве Коллингууд в Новой Зеландии его больше, чем золота⁸.

Частое нахождение в россыпях свинца, при редкости его коренных месторождений, в связи с оригинальной формой его выделений, часто напоминающей дробинки, нахождение его во многих россыпях действительной дробы давно вызвало попытки объяснить весь свинец, находимый в россыпях, как остаток человеческой индустрии. Нет сомнения, что такое объяснение часто неправильно; против этого говорит состав свинца россыпей, его срастание с самородным золотом, нахождение его в диких, некультурных местностях и т.д.

Но признание за таким свинцом природного характера вызывает только новые вопросы, далеко не решенные. Дело в том, что в россыпях он находится значительно чаще, чем в коренных месторождениях, и в условиях, необъяснимых известными нам типами коренных месторождений самородного свинца. Приходится допустить *образование самородного свинца в россыпях*. Он может выделяться здесь из галенита – PbS – частью природными процессами, частью при искусственной разработке россыпей человеком⁹. Так, например, в некоторых северных местностях зимою россыпи разогреваются дровами для таяния льда. При таком разогревании свинцовый блеск легко может восстановиться, давать свинец, который будет выделяться в каплях, напоминающих дробинки. Конечно, это объяснение неприложимо к диким, нетронутым россыпям южных широт. Здесь приходится допустить восстановление свинца природными процессами, может быть в связи с жизнедеятельностью организмов, или травяными и лесными пожарами, столь обычными даже в естественных условиях этих местностей. Как бы то ни было, тот или иной генезис свинца в самих россыпях весьма вероятен¹⁰.

В коренных месторождениях самородный свинец выделяется при исключительных условиях, при распадении свинцовых соединений. Таково знаменитое месторождение его в железных и марганцовых рудниках Вермланда

¹ Для Березовска установлен следующий парагенезис, насколько он виден из состава минералов россыпи: золото, галенит, кварц, пластинки свинца – Еремеев, 1887 (1).

² М. Карпинский, 1840 (2), с. 228; Щуровский, 1841, с. 305; Еремеев, 1887 (1), с. 271.

³ Н. Мамышев, 1827, с. 27; Щеглов, 1827, с. 514. Щеглов указывает, что еще раньше него свинец наблюдал Шленев.

⁴ Например, в Монтане – Genth, 1871, с. 443.

⁵ Еремеев, 1887 (1), с. 271.

⁶ Bodenbender, 1903, с. 375.

⁷ L. Baur, 1905.

⁸ Park, 1903.

⁹ «Горн. журн.», 1839, II, с. 205; L. Baur, 1905.

¹⁰ М. Карпинский, 1840(2), с. 228–229; Park, 1903.

в Швеции; здесь он, по-видимому, выделился распадением редких хлормышьяковых соединений свинца (экдемита и др.) и находится в кальците, доломите, гауссманите. В Лонгбане он произошел разложением водных растворов $PbCO_3$ водами, содержащими гумусовые тела, и выпал по вторичным трещинам¹. Точно так же, по-видимому путем распада PbS , смешанного с Pb_2S (?), выделился самородный свинец в жилах галенита около Сомелагуакан в штате Веракрус в Мексике². Здесь жилы галенита проходят в метаморфическом известняке, причем самородный свинец находится в тесной смеси с галенитом и массикотитом (PbO). Оба эти тела выделились не в самой поверхностной части жилы, а на некоторой глубине. Вероятно аналогично мало изученное месторождение самородного свинца в Уапкавелике в Перу, где он находится в верхних частях с кальцитом, галенитом и церусситом³. Таким образом, самородный свинец образуется, как побочный продукт разложения свинцовых соединений, в исключительных обстоятельствах; при обычном распадении их он не выделяется. Мелкие зерна самородного свинца наблюдались в базальтовом туфе Раутенберга в Моравии⁴. Любопытно наблюдение Яворовского (1900 (1), с. 17), что при промывке гранитного щебня и дресвы архейского гранита в бассейне рек Иликана и Бранты попадались тонкие чешуйки самородного свинца.

215. Самородный свинец в России. Месторождения этого тела в России довольно обычны, однако в россыпях он считается большей частью искусственным продуктом, и его нахождение не отмечается.

В *Европейской России* самородный свинец указывался в *Архангельской губ.*, в *Кемском у.*, в *Воицком руднике* (редко)⁵.

Очень сомнительны старинные указания для *Польши*⁶.

Главные его находки были сделаны в золотоносных россыпях – на *Урале* (см. § 153, 214), наиболее часто в *Екатеринбургском окр.* около *Березовска*⁷, в *Невьянском окр.* В *Богословском окр.* встречен в золотоносном *Леонтьевском руднике*, зернами до 1,4 г⁸. Не меньшие куски находились в золотоносных россыпях в верховьях р. *Песчанки* (приток р. *Кань*)⁹ (см. рис. 78 и 79). Найден в золотоносном шлихе в *Коптяковском руднике*¹⁰. В *Шалдинской россыпи* около *Крестовоздвиженского завода* найден с золотом и платиной¹¹. Очень оригинальное месторождение было описано из *Ильменских гор* (восточная часть *Ильменского озера*) – в *сиените* вместе с *эгирином-авгитом*, *полевым шпатом*, *сфеном*, *цирконом* и т.д.¹²

¹ *Tiberg*, 1903, с. 25.

² *Nöggerath*, 1854, с. 674; *Breithaupt*, 1856, с. 114; *Stein*, 1856, с. 127.

³ Указано точным работником *Плюккером*. Об этом месторождении см. *Domeyko*, 1897, с. 318; *Raimondi*, 1878, с. 146. О *Плюккере* см. *Domeyko*, 1897, с. XVI–XVII.

⁴ *Reichenbach*, 1859 (2), с. 53.

⁵ *Лопатинский*, 1826, с. 76.

⁶ *J.G. Wallerius*, 1778, с. 301. По указанию каталога *Рихтера* (1719). Ср. *Науу*, 1822, III, с. 335.

⁷ *М. Карпинский*, 1840 (2), с. 228–229.

⁸ «Горн. журн.», 1835, IV, с. 43; 1839, II, с. 205.

⁹ Коллекция *Московского университета*. Доставлен *В.Г. Орловским*.

¹⁰ *Щеглов*, 1827.

¹¹ *Zerrenner*, 1852, с. 207.

¹² *Воробьев*, 1915.

На Кавказе, в *Елисаветпольской губ.*, в *Елисаветпольском у.*, самородный свинец указан в россыпях по р. Кашкар-Чаю¹. В *Казахском у.* встречен в россыпях по р. Акетафе; снаружи он перешел в церуссит².

В *Сибири* самородный свинец изредка встречался в *Томской губ.*, в *Ала-Тау*, по р. Уру, в золотоносных россыпях³. В 70 км от Ала-Тау, в Томиловской россыпи (система Бельсинских россыпей), он наблюдался с галенитом, гематитом, магнетитом. В свинцовых кусочках и дробинках (до 4,26 г весом) нередко удавалось находить запутанные зерна золота⁴. На *Алтае* найден в коренном месторождении в Зыряновском руднике⁵. Указан в Егорьевской россыпи; в Воскресенской встречен с осмистым иридием (§ 96)⁶.

В *Енисейской губ.* встречен в золотоносных россыпях по р. Мамону, впадающей в р. Удерея⁷.

В *Забайкальской обл.* самородный свинец найден в *Нерчинском у.* пади Листвянке (коллекция Академии Наук).

В *Амурской обл.* в районе Уньи, самородный свинец встречен на Иовском прииске; включает дендриты золота⁸. Найден также в бассейне рек Брянты и Иликана⁹.

В *Якутской обл.* указан в Нахтуйских золотоносных россыпях¹⁰.

В *Степной и Средне-Азиатской России.* В *Семипалатинской обл.*, в *Каркаралинском у.*, свинец найден в коренном месторождении в уроч. Беркаре, в рудниках Попова (Богословские), в роговике¹¹.

216. Изменение самородного свинца. Труд человека. Самородный свинец на земной поверхности является непрочным, быстро исчезающим продуктом. Он переходит в другие свинцовые соединения, частью растворимые в воде, в виде которых уносится водами, частью, перейдя в соединения нерастворимые, остается на месте. Так, он переходит в *сурик*, *свинцовые охры*, *церуссит*. По-видимому, он непрочен и в метаморфической области земной коры. На это указывает переход его в массикотит в мексиканских месторождениях (§ 214).

Реакция изменения свинца приобретает в земной коре особое значение благодаря труду человека.

¹ Гурьев, 1878, с. 116.

² Иваницкий, 1853, с. 120.

³ Соколовский, 1834.

⁴ «Горн. журн.», 1854, II, с. 345.

⁵ Самородный свинец образует пластинку в зальбанде жилы. Коллекция Томского технологического института, 1907 г. О самородном свинце Алтая см. *Пилипенко*, 1915, с. 346. Любопытно, что в Национальном музее в Вене находится самородный свинец в породе «из Сибири»; образец поступил из старинного собрания начала XIX века, свинец образует круглые включения в разрушенной породе. Поступил в 1818 г. через Голицына (по указанию проф. Берверта).

⁶ Есть старинные указания – XVIII века – о нахождении свинца в плавике из Адун-Челона (*Nöggerath*, 1854, с. 688). Это, по-видимому, было какое-то другое металлическое тело. – Ср. § 230. Просмотр старинных плавиков Сибири из коллекций Московского университета и Академии Наук не дал мне никаких указаний. Было бы интересно исследовать коллекцию Горного института

⁷ «Verhandl. Min. Ges.», 1857–1858, с. 161.

⁸ Ячевский, 1909, с. 68 (по указанию П. Риппаса и пробе Б. Карпова).

⁹ Яворовский, 1900 (1), с. 17.

¹⁰ Траутишольд, 1876, с. 636.

¹¹ «Горн. журн.», 1858, II, с. 190.

Количество природного самородного свинца очень невелико, и он, кажется, никогда не являлся рудой и не добывался человеком. Несомненно, труд человека является в настоящее время таким могущественным источником накопления металлического свинца в земной коре, перед которым меркнет значение чисто природного процесса. Вероятно, теперь в год человек добывает больше свинца, чем сколько его было образовано природными процессами в течение веков. В год добывает человек около 1 млн т металлического свинца, главным образом выделяя его из галенита, частью – из окисленных свинцовых минералов коры выветривания.

Часть свинца идет сейчас же в сплавы и теряется более или менее быстро при их изменении. По большая часть его идет на изделия в более чистом состоянии. Однако этот свинец не сохраняется – он быстро окисляется, поглощает вновь кислород. Бессознательно человек совершает этим путем огромную работу химического характера. Как быстро исчезает свинец, видно, например, из того, насколько мало осталось его от первых веков нашего летоисчисления, когда, по крайней мере в культурной области Римской империи, свинец в житейской технике играл ту же роль, какую теперь играет железо.

217. Определение. Самородный свинец дает все химические реакции на свинец, как сухим, так и мокрым путем.

Обычно он встречается в шариках, пластинках. Очень ковок и мягок. Металлический блеск виден только на свежих разрезах. Режется ножом. Твердость 1. Уд. вес 11,37.

В HCl и H_2SO_4 нерастворим вследствие образования труднорастворимых свинцовых солей. В HNO_3 (разведенной) растворим. Легко плавится (334°) и дает на угле желтый и, позднее, белый налет (окись свинца и PbCO_3).

Олово

Самородное олово

218. Химический состав и физические свойства. Самородное олово изучено еще менее самородного свинца. Долгое время сомневались в существовании в природе и этого тела¹, подобно тому, как это указано было для самородного свинца (§ 213).

Обычная разность олова, встречающаяся в природе, кристаллизуется в квадратной системе $[(L^44L^25Pc)]$ ($a : c = 1 : 0,3857$)²; многогранники его в природе никогда не встречались. Обыкновенно оно выделяется в виде пластинок и зернышек.

Химический состав его большей частью чистое Sn , но оно включает, кажется часто, небольшую примесь Pb .

219. Нахождение в природе. Труд человека. До сих пор коренные месторождения самородного олова не найдены, и оно известно исключительно в *россыпях*: 1) богатых золотом, платиной или 2) содержащих оловянный камень (в Африке, в Северной Нигерии). Встречались зернышки олова, сросшиеся с золотом, что указывает на общее их происхождение.

¹ С. Hintze, I, 1898, с. 340 и сл.

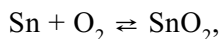
² Измерения Миллера. См. W. Phillips, 1852, с. 127. [По рентгеновским данным $a_0 = 5,82$, $c_0 = 3,18 \text{ \AA}$; $a_0 : c_0 = 1 : 0,546$]. Указанная Тречменом ромбическая модификация оказалась сульфидом олова (Spencer, 1921).

Условия нахождения самородного олова исключительно в россыпях вызывают для него те же вопросы и те же сомнения, какие указаны для самородного свинца (§ 214). Очень легко смешать его с оловом, попавшим в россыпи благодаря техническим работам человека. По нельзя так объяснять все случаи его местонахождений, такому взгляду противоречит широкое распространение олова, нередко в диких, малокультурных местностях, в россыпях, куда не могли проникнуть изделия человека¹. Самородное олово наблюдалось в россыпях Мексики, Гвианы, Сибири и т.д. В Австралии оно наблюдалось в морских россыпях².

Условия генезиса самородного олова неясны. Почти несомненно, оно отчасти происходит разложением *оловянного камня*. Но процесс его образования неизвестен, так как окись олова очень прочна в природных условиях. Возможно, впрочем, что оно образуется при высокой температуре, легко восстанавливающей оловянный камень, например при обычных торфяных пожарах³.

Изменения самородного олова неясны. Оно покрывается пленкой окиси олова, предохраняющей его от дальнейшего изменения.

Таким образом, мы имеем здесь указание на реакцию типа:



заслуживающую изучения. В природных условиях левая часть уравнения имеет место лишь в исключительных случаях.

Но в последние века в природе появился агент, совершающий обе эти реакции в огромных размерах. Агентом этим является *труд человека*.

Подобно самородным свинцу (§ 216) и цинку (§ 224), и самородное олово не играет в земной коре сколько-нибудь видной роли. Количество металлического олова, добываемого человеком, значительно превосходит все то его количество, какое образовано в земной коре вековыми земными процессами. Очень вероятно даже, что годовая его добыча человеком (около 100 тыс. т) превышает вековые природные запасы.

Человек получает олово главным образом из оловянного камня и этим путем производит огромную химическую работу восстановления. Восстановление SnO_2 идет очень легко при высокой температуре, в присутствии органических веществ, являясь одним из простейших металлургических процессов, почему и было открыто на заре культурной истории человечества. Часть олова уже издревле сплавлялась с медью, давая бронзу, часть шла в изделия в более или менее чистом виде. Однако как в чистом виде, так и в сплавах олово может сохраняться на земной поверхности лишь благодаря труду и охране человека. Постепенно оно переходит вновь в SnO_2 , т.е. возвращается в устойчивую форму природного соединения. Природа восстанавливает нарушенное человеком равновесие. К истории олова: как будто уже в швейцарских

¹ До какой степени здесь господствует излишний скептицизм, видно, например, из рассуждений Гаскюеля. Он допускает образование олова в россыпях Мадагаскара из коробок, употребляемых для хранения консервов (*Gascuel*, 1906, с. 93), забывая многочисленные его месторождения, открытые много раньше, чем были изобретены консервы!

² *Pittmann*, 1901 (1), с. 78.

³ *Gascuel*, 1906. Надо выяснить о нахождении Sn в корнваллийских месторождениях. См. *Borlase*, 1766, с. 35, 305; 1769, с. 47. Ср. *T. Thomson*, 1812, с. 185.

свайных постройках встречалось олово. В Египте при XVIII династии привозилось олово¹.

220. Нахождение в России. Как указано раньше, нигде самородное олово не наблюдается в заметных количествах.

На *Урале* оно находится в золотоносных россыпях в пределах *Пермской* и *Оренбургской губ.* (§ 153). В Южно-Уральских и Миасских золотоносных россыпях² оно совсем не составляет редкости, но обычно считается привнесенным в них человеком. В окрестностях Миасского завода оно встречается вместе с осмистым иридием; иногда сростается с золотом и содержит свинец (Р. Герман)³.

В *Сибири*, в *Томской губ.*, самородное олово наблюдалось на *Алтае*, в Пейзасской россыпи на р. Пейзасе (приток Нижней Терси). В *Кузнецком у.* встречалось в россыпях с золотом (иногда примазки на золоте)³, в Царев-Николаевском промысле по притокам р. Ортона, бассейн р. Мрас-Су (Пранг и Ярославцев)³, и по р. Каучаку системы р. Бии⁴ указано вместе с золотом. В *Марианском у.* встречалось в Московском золотом промысле с платиной⁵.

221. Определение. Самородное олово дает все химические реакции, мокрым и сухим путем, на олово. Обычно имеет металлический вид, светло-серого цвета. Очень легкоплавко (плавится в пламени свечи – уже при 230°). Очень ковко. Твердость 2. Уд. вес 6,97–7,37.

Легко растворимо в HCl. Нерастворимо в HNO₃, так как быстро покрывается белой пленкой SnO₂, нерастворимой в кислоте.

Цинк

Самородный цинк

222. Самородный цинк был случайно найден в Австралии, в базальтовых каменоломнях около Мельбурна, и находки эти сперва возбудили сомнения. Однако, по-видимому, мы имеем здесь случай несомненного природного образования этого металла. Этот цинк заключал в изоморфной подмеси кадмий, количество которого доходило до 1%⁶. К сожалению, полного химического исследования природного цинка произведено не было.

Природный цинк не встречен до сих пор в кристаллических многогранниках⁷; он наблюдался в сплошных и зернистых массах ясно кристаллического сложения. Цинк кристаллизуется в *гексагональной системе*, дигексагонально-дипирамидальном классе – классе λ^6L^2c7P , с отношением осей $a : c = 1 : 1,3564$ (Уильяме и Бертон).

¹ Wells, 1921, с. 80.

² Пешке, 1837, с. 434 (коллекция К. Червина); Р. Герман, 1844, с. 876; Еремеев, 1887 (1), с. 272.

³ Еремеев, 1887 (1); Пранг и Ярославцев, 1861, с. 332, 335.

⁴ Н. Кулибин, 1867, с. 419.

⁵ Коллекция Томского университета (по указанию П. Пилипенко).

⁶ Selwyn а. Ulrich, 1866, с. 46.

⁷ Об искусственных см. Groth, 1906, с. 9. [По рентгеновским данным $a_0 = 2,659$; $c_0 = 4,935$; $a_0 : c_0 = 1 : 1,856$]. О полиморфизме цинка (α -Zn ниже 170°, β -Zn между 170–340°, γ -Zn – между 330–419°) см. Benedicks, 1910 (1), с. 7.

223. Нахождение в природе. Самородный цинк встречен как в коренных, так и во вторичных месторождениях; он всюду редок, и генезис его неясен. По-видимому, он образуется в исключительных случаях, в восстановительной среде, в массивных породах. Так, он встречен в *базальтах* из Бруневика, около Мельбурна в Виктории¹. Здесь он был всегда покрыт коркой продуктов изменения, главным образом карбонатов, может быть окиси цинка.

Самородный цинк указан также в Северной Америке² и в золотоносных россыпях Австралии³ и Новой Зеландии⁴.

Все эти находки заслуживают серьезного внимания. Возможность образования самородного цинка в базальтах вполне допустима, раз только в них находились кислородные или сернистые соединения цинка. Как известно, цинк обычно находится в массивных породах⁵. При значительном давлении металлический цинк мог собраться сублимацией в некоторых участках массивной породы и не перейти в продукты окисления. Как известно, в основных породах, очевидно при аналогичных условиях, мы встречаем и другие самородные металлы – железо-никель (§ 50), платину (§ 77), медь (§ 196), золото (§ 113), серебро. В то же самое время при обычных петрографических методах исследования базальтов самородный цинк, в них находящийся, легко может быть не замечен. Поэтому едва ли можно делать какие-нибудь выводы из отсутствия указаний на цинк в петрографической литературе.

224. Труд человека. Немногие находки самородного цинка, быстро исчезающего и переходящего – при разрушении базальтов – в кислородные соединения, главным образом в галмей, являются ничтожными скоплениями этого металла в земной коре по сравнению с теми его массами, которые добываются человеком, главным образом из природных сернистых и кислородных соединений цинка.

В год человек добывает металлического цинка больше, чем может скопиться его за долгий период времени природными процессами. Но этот цинк быстро окисляется и может сохраняться в металлическом состоянии только при постоянном привносе энергии.

При добыче цинка приблизительно столько же его рассеивается (в виде соединений?), сколько добывается. Часть его теряется при приготовлении латуни, т.е. он теряется металлическим (6–10% цинка, который берется для сплава)⁶.

Нельзя не отметить, что образование металлического цинка человеком на земной поверхности есть *новый* процесс⁷. По-видимому, в сплавах с медью (латунь) его знали в эллинистическом и римском культурном мире еще

¹ *L. Becker*, 1857, с. 312–699. Беккер нашел его в 1856 г. *Phipson*, 1862, с. 218; *Selwyn a. Ulrich*, 1866.

² *Willard*, 1905, с. 63.

³ *L. Becker*, 1857, с. 699.

⁴ *Park*, 1892, с. 384.

⁵ Ср. *F. Clarke*, 1908, с. 543.

⁶ *Parsons*, 1912; *Bosset*, 1912.

⁷ Об истории цинка см. *Zippe*, 1857, с. 237; *Rössing*, 1901, с. 254; *B. Neumann*, 1904, с. 284 и сл.; *Hommel*, 1912 (1), с. 905; 1912 (2), с. 1185; 1912, (3), с. 97 и сл. О латуни и ее истории см. *Diergart u. Neumann*, 1901, с. 1297; 1902; 1903; *Diergart*, 1903 (2); 1905, с. 150; *Strunz*, 1904, с. 131; 1906, с. 52 и сл.

в первом веке до н.э.; может быть, через Персию он проникал еще раньше в древнюю Грецию. Цинк в римских монетах¹ появляется незадолго до христианской эры и исчезает во втором столетии, заменяясь серебром. В древней Индии латунь была известна из века доарийским племенам, ее населявшим². Сплав этот получался при обработке руд, заключавших одновременно цинк и медь, или при прибавлении галмея к медным рудам. Возможно, что были давно известны и другие сплавы цинка³.

Однако и латунь получила значение в Европе только в XV или XVI веке нашего летоисчисления, когда началась для нее усиленная разработка кислородных цинковых руд и когда сильно поднялась металлургическая и техническая культура европейских стран. В это время уже отдельные ученые в Европе знали металлический цинк и Парацельс первый ясно и точно о нем упоминает⁴.

Гораздо раньше цинк стал известен на Дальнем Востоке – в Ост-Индии и, вероятно, в Китае. Есть указания, что в Китае цинк был известен, по крайней мере, в XII столетии н.э. и в это время уже был обычен. Казвини описывает цинк или его сплавы⁵ как китайский камень или китайское железо. В то же время китайское название цинка позволяет думать о заимствовании его из персидского, но вернее санскритского языка⁶. В XIV столетии в Индии цинк уже давно был известен как один из семи металлов. Его получение должно быть, таким образом, отодвинуто на несколько столетий раньше, но неизвестно, в какую именно эпоху⁷. К сожалению, история металлов в культурных округах Востока не написана.

С Дальнего Востока он был привезен в Европу в самом конце XVI века и был описан Либавием (1606) как «индейское олово». Он был привозим с тех пор не раз с Дальнего Востока. В XVII столетии его начали добывать на Гарце. Добыча шла медленно, и еще до конца XVIII столетия его ввозили в Европу из Азии; лишь с 1815 г. началось обратное течение, а с середины XIX века добыча цинка в Европе и Америке получила мировое значение, далеко отодвинула вековую добычу азиатских народов. В это время уже на видное место стала разработка и сернистых руд⁸.

¹ Количество цинка в римских монетах доходило до 17,8% (*Phillips*, 1852, с. 252), а в китайских – до 35,05% (*Ginth*, 1858, с. 261). Цинк в Китае см. «*Science*», 8, 1923, с. 233.

² *Oppert*, 1909, с. 127 и сл.

³ *Diergart*, 1902, с. 340; 1903 (3), с. 326–429.

⁴ Неясные упоминания есть у Диоскорида, может быть, относимые не к цинку. См. *F. Höfer*, 1866, с. 132; *H. Kopp*, 1847, с. 116. О первом точном упоминании у Парацельса см. уже *Gmelin*, 1797, с. 214–215.

⁵ См. выдержки из Казвини, переведенные Де Шези, и примечания у *Sacy*, 1827, с. 390, 452. В примечаниях (с. 453 и сл.) Саси дает выдержки и из других арабских писателей. Ср. также *Garbe*, 1882, с. 38 (латунь).

⁶ *Sacy*, 1827, с. 464; *Ray*, 1902, с. 86, 87; *Oppert*, 1909, с. 132 и сл.

⁷ Странны древние находки в дакийских могилах в Трансильвании изделий из сплавов Zn + Pb с 87,5% Zn (*B. Neumann*, 1904, с. 292). Ср. возражения достоверности находки у *Kahlbaum*, 1904, с. 76. Данные языка исключают вероятность раннего знакомства с латунью и цинком для языков семитских и хамитских – см. *Diergart*, 1905, с. 151. Работа Опперта (*Oppert*, 1909) едва ли оставляет сомнения в древнем знакомстве индийских племен с латунью и цинком. См., впрочем, некоторые сомнения у *Diergart* и *Neumann*, 1901, с. 1299; *Diergart*, 1903 (1), с. 156.

⁸ *Karmarsch*, 1872, с. 276–278.

225. Определение. Самородный цинк дает все реакции на цинк. Твердость 2. Уд. вес 6,9–7,2. Очень хрупок. Легко плавится (420°). На воздухе горит синим пламенем, выделяя дым ZnO. На угле дает налет, который принимает зеленый цвет от смачивания $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$. Характерна микрохимическая реакция с Na_2CO_3 – тетраэдрические кристаллы двойной соли.

Висмут

Самородный висмут

226. Химический состав и физические свойства. Несмотря на то, что самородный висмут является, вероятно, наиболее обычным источником висмутовых препаратов, мы почти не имеем химических анализов этого тела. Приводим анализы висмута: 1 – из Кобальта в Онтарио (анализ Миллера в работе Johnston, 1915, с. 42), 2 – неправильные зерна и обломки из Меймака, Франция (Carnot, 1874 (2), с. 477; 1874 (1), с. 463).

	Bi	Pb	Te	Sb	As	S	Co	Ni	Ag	Сумма
1	99,20	–	0,40	–	–	–	Ясные следы	Следы	–	99,60
2	99,00	0,41	0,10	0,15	0,09	0,06	–	–	–	99,81

Анализы, приведенные у Гинтце, очень неполны. Анализы самородного висмута, более или менее однородного, дают указания на почти химически чистый висмут. Из примесей наиболее обычен *теллур*. Может быть, он происходит от механической подмеси теллуристых соединений висмута (тетрадимита и т.д.), хотя в некоторых случаях присутствие последних в таком, содержащем теллур, висмуте не доказано¹. Есть указание на частое нахождение *мышьяка*². В висмуте обнаружены *таллий*³ и *гелий*⁴.

227. Висмут кристаллизуется в строении $\lambda^3 3L^2 c3P$ *тригональной* системы, с отношением осей $a : c = 1 : 1,3036$ (Розе). По Оггу и Джемсу, размер ребра элементарного ромбоэдра 6,52 – 6,56 Å, по Расселю и Марку – $a_{rh} = 4,736$, $\alpha = 57^\circ 16'$ ⁵. Структура как у сурьмы. Кристаллические природные многогранники очень редки⁶. Отношение осей установлено на искусственно полученном материале. Различают две разности висмута – α и β ; переход разности α в β происходит при обычном давлении, при температуре 75°C ⁷. Предполагают, что висмут при истирании переходит в β -разность с удельным весом 9,70⁸. Обычные при искусственном получении кристаллов висмута (из сплава) двойники по $\{0\bar{1}12\}$ в природе не наблюдались.

Лучшие кристаллы самородного висмута известны из рудников Боталак в Корнваллисе, Чиллагое в Квинсленде – в Австралии, и в Сагарнага

¹ Например, в горе Тейлор в Виктории (Walcott, 1901, с. 256).

² Bischof, 1854, с. 2074.

³ Вернадский, 1910, с. 1139.

⁴ Bordas, 1908, с. 898.

⁵ Ogg, 1921; James, 1921; Hassel a. Mark, 1924.

⁶ О кристаллизации висмута см. Haidinger, 1848, с. 624. [Для гексагональных осей: $a_0 = 4,55$, $c_0 = 11,85$; $a_0 : c_0 = 1 : 2,607$ (по Розе $a : c = 1 : 1,3036$)]. G. Rose, 1851, с. 73 и сл.; Retgers, 1892; Heberdey, 1895, с. 264; Groth, 1906, с. 23.

⁷ Cohen u. Moesveld, 1913, с. 656.

⁸ Würschmidt, 1915, с. 326.

в Боливии. Но и в этих многогранниках плоскости развиты плохо, кристаллы являются в форме острых ромбоэдров – главным образом $\{02\bar{2}1\}$. Гораздо чаще самородный висмут дает параллельные сростки (двойниковая ось – L^2) в виде пластинок перистого строения. Это так называемый перистый висмут старинных минералогов (рис. 80). Для природного висмута обычны плотные и зернистые массы, не обладающие двойниковым строением. Нельзя еще раз не подчеркнуть резкого различия не только в комбинациях полиэдров, но и в форме кристаллизации для природного и искусственного висмута.

Большие самородки висмута редки, хотя в Тасмании попадались куски его весом более 16 кг¹.

Из физических свойств висмута характерны его магнитные свойства (сильный диамагнетизм), но на природном висмуте они не исследованы.

228. Нахождение в природе. Самородный висмут находится в коренных месторождениях, связанных с кислыми магмами. В отличие от металлов, до сих пор нами изученных, он едва ли когда-либо образуется распадением других соединений висмута. По-видимому, в природе все эти соединения, вместе взятые, встречаются реже самородного висмута, который к тому же большей частью образуется другим путем. Нельзя, однако, отрицать такое происхождение в некоторых исключительных случаях, так как очень часто самородный висмут находится совместно с висмутовым блеском. Так, он найден, как редкость, в контактовых месторождениях висмутового блеска в окрестностях Христиании в Норвегии. По мнению Гольдшмидта² иногда не может быть сомнений в его происхождении из висмутового блеска. Он наблюдается морфологически одинаково (в виде розеток в андрадите).

Более изучены месторождения, где висмут – так или иначе – выделяется сразу, непосредственно в самородном состоянии. Можно различить *два типа* таких месторождений³. Во-первых, самородный висмут является одним из спутников *оловянного камня и вольфрамита*, во-вторых, он образуется в кварцевых жилах, в связи с соединениями *кобальта и серебра*.

В первом типе месторождений самородный висмут всегда находится, так или иначе, в связи с гранитными массивами, большей частью в штокверках. При этом он иногда является непосредственно в породе, например в рогово-обманковой породе на контакте гранита и диорита на горе Рамзай в Тасмании;



Рис. 80. Самородный висмут из окрестностей Шнееберга в Саксонии
Коллекция Московского университета.
Фото Н.Е. Вернадской

¹ В россыпи около Уэлдборо встречены куски висмута весом в 22 кг (Petterd, 1902; 1910).

² Goldschmidt, 1911, с. 232.

³ Такое разделение уже указано Брейтгауптом (Breithaupt, 1849, с. 206).

здесь он выделился вместе с плавиковым шпатом, шеелитом, пирротинном, халькопиритом и аксинитом¹.

Иногда он концентрируется в кварцевых жилах (и штокверках), богатых касситеритом, молибденитом и т.п. Таков, например, висмут из Альтенберга в Саксонии, Меймака во Франции и т.д. К этому типу висмутовых месторождений принадлежит единственное более известное, незначительное нахождение его в России – в Забайкальской обл., около Адун-Челона, где он находится с бериллом, топазом, вольфрамитом и т.д. (§ 230).

229. Однако самые богатые скопления самородного висмута наблюдаются в особом типе жильных месторождений – в жильных полях, тесно связанных с гранитными массивами. Это жилы так называемой кобальто-серебряной формации². Жилы эти заполнены главным образом кварцем (затем роговиком, кальцитом, реже доломитом). Главными металлическими соединениями в них являются смальтин, хлоантит (иногда разности, содержащие **висмут**, – раммельсбергит, висмута-кобальтовый колчедан), висмут, урановая смолка, соединения серебра (серебро, красная серебряная руда, стефанит, полибазит, аргентит и т.д.). Но на этом богатство этих жил не кончается, в них встречаются барит, флюорит, накрит, соединения U, As, Sb, Mn, Fe, Pb, Zn, Cu. Такое разнообразие минералов и элементов указывает на сложность химических процессов, которые шли в этих жилах; на то же самое указывают многочисленные псевдоморфозы жильного кварца по кальциту, бариту, флюориту и т.д. Главные и наиболее изученные месторождения этого типа сосредоточены в области Рудных гор в Чехии и в Саксонии – около Шнееберга, Иоганнсгеоргенштадта, Яхимова, Аннаберга, Мариенберга.

Постоянный парагенезис самородного висмута с сернистыми и мышьяковистыми соединениями никеля, кобальта и серебра, очевидно, связан с какими-нибудь особенностями в ходе химических процессов, особенностями, нам до сих пор совершенно непонятными; надо иметь в виду, что связь самородного висмута с выделением кобальтовых соединений более тесная, чем с встречаемыми здесь же соединениями серебра³. Закономерность такого парагенезиса самородного висмута подтверждается нахождением его в жилах с кобальтовыми и серебряными минералами около Виттихена в Бадене, Бибера в Гессене, Гассероде на Гарце, Шладминга в Штирии, далее – в разных месторождениях в Зальцбурге, Швейцарии, Франции, Англии и т.д. До сих пор такой способ нахождения самородного висмута является единственной формой нахождения его в конкреционных жилах⁴.

В Шнеебергском окр.⁵ (Саксония) разрабатывалось более 150 кварцевых жил, богатых кобальтовыми соединениями; но это далеко не все жилы,

¹ *Petterd*, 1896, с. 11.

² *Breithaupt*, 1849, с. 246 и сл.; *Stelzner u. Bergeat*, 1905–1906, с. 735 и сл.

³ Серебро в этих жильных полях практически золота не содержит (*Stelzner u. Bergeat* 1905–1906, с. 735).

⁴ Может быть, есть еще один – редкий – способ нахождения висмута в верхних частях кислых вулканических пород, в связи с золотом (и теллуристыми соединениями), где он, может быть, происходит от распада теллуристых соединений висмута. Таков самородный висмут, наблюдавшийся прежде в Резбании в Венгрии (образцы его существуют в старинных коллекциях). Гинтце (*Hintze*, I, 1898, с. 125) считает это месторождение сомнительным.

⁵ *H. Müller*, 1860, с. 106 и сл.; *Stelzner u. Bergeat*, 1905–1906, с. 737 и сл.

и только на площади около 10 км^2 в окрестностях Шнееберга их известно более 150, мощностью от 0,1 до 1 м. Они лежат в кристаллических сланцах, сильно измененных контактом с гранитным массивом; большей частью они выполнены разломанными и размельченными кусочками и пылью окружающих пород; вся эта масса цементирована кварцем и халцедоном, отчасти заместившим ранее бывшие карбонаты и барит. Кое-где цемент жилы все еще состоит из карбонатов (кальцита, бурого шпата, доломита), флюорита и барита. Главная масса руды образована шпейсовым кобальтом, содержащим примеси серебряных соединений, и затем – самородным висмутом. Самородный висмут отчасти превращен сверху в бисмутит, висмутовую охру и другие обычные продукты его поверхностного окисления. Этот процесс окисления идет иногда очень энергично, и в некоторых рудных полях этого района большая часть висмута уже перешла в висмутовую охру, которая тогда является главной рудой на висмут. Таковы, например, условия жильного поля в Иоганнсгеоргенштадте. Здесь на протяжении 6 км^2 сосредоточено до 1500 жил, разбивающих, в конце концов, всю эту площадь на отдельные участки¹. Мощность жил около 10–20 см, реже до 0,5 м. Отдельные жилы прослежены в глубину до 300 м. Строение жил и их выполнение очень сходно со Шнеебергом, но в металлических частях они отличаются ясным преобладанием вместе с самородным висмутом серебряных (и урановых), а не кобальтовых (и урановых) соединений. Сильное изменение с поверхности этого жильного поля сказывается еще в том, что в нем преобладают галоидные соединения серебра, а не самородное серебро.

Самородный висмут попадает в россыпи, где сохраняется почти неизменным, так как кусочки его быстро покрываются коркой нерастворимых соединений. Такой висмут известен, например, в некоторых россыпях Забайкалья (§ 230).

В Австралии россыпи около Бамфорда в окр. Торнборо в Квинсленде разрабатываются иногда на висмут и вольфрам; это элювиальные россыпи около выходов гранитных пород, заключающих самородный висмут и вольфрам².

На земной поверхности самородный висмут окисляется и соединяется с H_2O и CO_2 , давая *висмутовую охру* (бисмит), *висмутовый шпат* (бисмутит) и изредка, по некоторым указаниям, кремнеземистые соединения (эвлитин³). Все это землистые, мало изученные тела, дальнейшая история которых неизвестна.

230. Висмут в России. В России самородный висмут редок⁴. На Урале он указан в золотоносных россыпях в *Екатеринбургском горном округе*⁵.

¹ *Viebig*, 1905, с. 98, 102.

² *R. Beck*, 1909, с. 450.

³ *J. Roth*, 1879, с. 287–288; 1890, с. 436; *H. Müller*, 1860, с. 123. Переход висмута в эвлитин требует подтверждения. Может быть, указание на него перешло во все минералогические сводки благодаря замечанию Брейтгаупта: «Двоякого рода бывают такие минералы, одни, которые называют обычно висмутовой охрой..., другие – не содержат совсем углекислоты и относятся, может быть, как землистая разновидность к эвлитину, к висмутовой обманке» (*Breithaupt*, 1849, с. 228). Первой охрой, о которой говорит Брейтгаунт, является карбонат висмута. В Шнееберге эвлитин находится на висмутовой охре (*H. Müller*, 1860, с. 123).

⁴ Обзор месторождений см. *Лодочкиков*, 1923, с. 8.

⁵ Коллекция Р. Германа. См. *Вишняков*, 1900, с. 6. Судя по описанию, – искусственный?

В *Сибири*, в *Томской губ.*, он был встречен на *Алтае*, в Змеиногорске¹. В Заводинском руднике висмут найден с карелинитом². В *Кузнецком у.* мелкие гальки самородного висмута встречены в Верхне-Камзасском золотом прииске, по р. Большому Камзасу и по р. Кедровке, бассейн Балыксы³; по р. Мрас-Су⁴.

В *Забайкальской обл.* самородный висмут наблюдался в старинном Ново-Зерентуйском руднике⁵. Он встречался также в северо-восточной части Адун-Челона, в Золотом Отроге, в кварцевых жилах с топазом, бериллом, пиритом, вольфрамитом и т.д.⁶ Вероятно к тому же месторождению относится указание А. Кулибина (1827, с. 363): «Кроме топазов, встречается в Туткалтуе бесцветный, совершенно прозрачный плавик, – последний иногда заключает в себе мелкие, с металлическим блеском, зерна свинцово-серого цвета, считаемые здесь за самородный висмут». Судя по цвету, это не самородный висмут, а тетрадимит или теллур. Очень интересно было бы изучить экземпляры, хранящиеся в старинных коллекциях⁷. Самородный висмут на Шерловой горе найден с базобисмутитом и арсенопиритом⁸. В арсенопирите, по анализам лаборатории Геологического комитета, содержится 0,28–0,41% самородного висмута⁹. Судя по указанию Ненадкевича о вероятном нахождении там ВiО, это определение, может быть, не всецело относится к самородному висмуту. Включения самородного висмута в арсенопирите достигают величины «гороха»⁹. Висмут указывается еще вблизи р. Унды (в *Нерчинском окр.*) и Сивильдигона (Восточная Сибирь)¹⁰. Вместе с висмутовым блеском известен в золотоносных россыпях по р. Большой Амунной, в бассейне р. Амазара¹¹. В Читинском музее хранятся образцы висмута из золотоносных россыпей по р. Джармагатаю (левый приток р. Или)¹².

В *Енисейской губ.* самородный висмут встречался в россыпях в бассейне Верхней Тунгуски, по рекам Севагликону (Мариинский прииск), Калами (Викторовский прииск), Удерею (Надеждо-Николаевский прииск Лопатина)¹³, по Сеначаче (Кыл), притоку р. Маны.

¹ *Севергин* (1809, с. 114) указывает прямо: «висмут». Может быть, соединение висмута, а не самородный висмут? В черном порошке, полученном Якоби при электролизе алтайского белого серебра, оказалось 2,77% висмута. См. *Евреинов*, 1847, с. 364.

² *Кунфер*, 1911, с. 149 [«Карелинит», по новым данным, является смесью бисмутинита, бисмита и самородного висмута].

³ *Зайцев*, 1892 (3), с. 14.

⁴ Коллекция Томского университета. По указанию П. Пилипенко (Карычлан).

⁵ *Георги*, 1798 (3), с. 573. По И. Герману (1790 (2), с. 211), висмут находился в Нерчинских рудниках.

⁶ *Пешке*, 1837, с. 434 (коллекция К. Чевкина); *Титов*, 1855, с. 448.

⁷ В доступных мне коллекциях Академии Наук и Московского университета таких флюоритов нет. Ср. § 215. Показанный Чевкиным на собрании немецких естествоиспытателей в Йене в 1836 г. самородный висмут из Адун-Челона описан Пешке так: «Висмут с вросшими кристаллами берилла» (1837, с. 434).

⁸ *Ненадкевич*, 1917, с. 452; *Суцинский*, 1917, с. 519.

⁹ *Тетяев*, 1918, с. 25, 33.

¹⁰ *Нефедьев*, 1871, с. 34.

¹¹ *Кузнецов*, 1910, с. 715 и сл. Встречался в сростках с кварцем и золотом.

¹² По указанию С.Д. Кузнецова, 1910, – «окатанные, покрытые беловатым налетом зерна». Музей Читинского отдела Географического общества.

¹³ «Горн. журн.», 1857, IV, с. 142; *Латкин*, 1869, с. 5; *Еремеев*, 1887 (2), с. 283.

В *Степной и Средне-Азиатской России, в Закаспийской обл.*, указан на Каспийском море, на о-ве Святом, или Паралагае; но это месторождение сомнительное (висмут содержит серу¹).

В *Финляндии* он известен в *Выборгской губ.*, в *Сердобольском у.*, в Пит-каранте².

В *Улеборгской губ.*, в финской Лапландии, изредка встречался в золотоносных россыпях по Ивалойоки (§ 171)³.

231. Труд человека. Хотя висмут довольно распространен в природе и его главным минералом служит самородный висмут, он редко где дает значительные скопления.

Человек давно обратил внимание на висмут, но история его разработки неясна. Вероятно, его уже знали в классическом мире, но смешивали со свинцом⁴. Указания на висмут думали найти в сочинениях европейских ученых XIII–XIV веков⁵. Несомненно, у нас есть ясные указания на применение висмута задолго до конца XV столетия. Так, висмутовая живопись, для которой шел порошок металлического висмута, была известна в начале XV столетия и, может быть, уже в XIV веке⁶. В XVI веке его уже точно знает Парацельс.

История висмута на Востоке совсем неизвестна, хотя наше название этого металла, по-видимому, восточного происхождения⁷. Нельзя, однако, не отметить, что месторождения висмутовых минералов в Азии почти неизвестны, так что восточное название может иметь другое объяснение⁸.

¹ Лисенко, 1879 (2), с. 91. В новых съемках Геологического комитета о нем совсем не упоминается. Ср. Голубятников, 1908.

² Trüstedt, 1907, с. 329. Часто с тетрадимитом. Уд. вес 9,29.

³ Fircks, 1906 (2), с. 13.

⁴ Gurlt, 1877, с. 168, — *plumbum canum*.

⁵ Гмелин (*Gmelin*, 1797, с. 87, 95) указывает на сочинения, хранящиеся с именами Арнольда де Вилла Нова (ум. в 1312 г.) и Рожера Бэкона (ум. в 1292 г.). Эти указания возбудили сомнение уже у Коппа (*H. Kopp*, 1847, с. 110), ибо очень трудно понять их неясные описания.

⁶ Lippmann, 1906, с. 248.

⁷ У Гинтце (*Hintze*, I, 1898, с. 123) дана сводка данных и мнений о происхождении слова «висмут». К этому можно прибавить следующие соображения, сообщенные мне другом моим, ориенталистом проф. А.Е. Крымским: «Корень *смд* означает по-арабски «последние капли», «выжатый последний сок» и т.п. Слово «йсмид», или «усмуд» означает в самых старых арабских памятниках не что иное, как «сурьму», которой арабские красавицы подкрашивали глаза. Ср. у доисламских поэтов: Алькамы (4 : 2), Зоһейра (3 : 15); в «Китаб-аль-агапи» — при рассказе о далекой видящей бедуинке Зарне; также у историка Табария (ум. В 923 г.) I, 773 : 5. Зигм. Френкель (*Fränkel*, 1886, с. 153) выводит арабское «исмид» из греческого στίμις, но тут же оговаривается: «Так как это, вероятно, происходит из египетского *mstm* (*Blau*, 1871), а сурьма была привезена в Египет из страны Сомали, то нужно думать, что происхождение этого слова африканское (ср. *Страбон*, кн. XVI, с. 775)». Что касается слова «висмут» (испанское *bismuto*, французское *bismuth*, итальянское *bismutta*, немецкое *wismuth*), то догадка о его происхождении от арабского «йсмид» высказана у *Marcel Devic* (1876, с. 70): «Легко понять смешение этих двух металлов. Но откуда взялась буква *b* во французском?». Ответ насчет буквы *b* (русское б) нетруден. По-испански буква *b* звучит средним образом между *b* и *v*, а потому, если слово «йсмид» попало в Европу через испанцев (что вполне вероятно), то начальный призвук *v* (а он фонетически обычен) легко мог быть у испанцев выражен латинской буквой *b*. Остальные народы могли читать эту букву *b* уже как русское *b*. Впрочем, надо помнить, что в арабском языке огромную роль в словосложениях играет слово «бу», «би», означающее, собственно, «отец», а затем — «обладатель свойств». Арабское «бу-йсмид», «би-йсмид» (с-«обладатель свойств сурьмы») легко могло быть применено к висмуту».

⁸ Может быть, оно связано с созданиями средневековой учености, относившей все неизвестное к арабским прототипам. В истории древней химии мы имеем многочисленные примеры таких построений.

Вероятно наибольшее, до сих пор известное его количество наблюдалось в Саксонии, в Рудных горах, около Шнееберга, где его месторождение было открыто в 1471 г.; в 1514 г. открыто новое – около Яхимова. Вероятно около этого времени он стал употребляться в небольшом количестве в качестве примеси к олову и свинцу, которые делались от этого тверже, а затем употреблялся вместе с сурьмой для приготовления *гарта* – типографского металла. Этот сплав, как известно, получил в это время широкое употребление (§ 239). В конце того же XVI столетия вошли в медицину и висмутовые препараты¹.

Во всех этих случаях элементарная природа металла не была известна – она выяснилась лишь к середине XVIII столетия. К этому времени увеличилась и его добыча, когда в первой четверти XVIII века Лемери ввел в медицину препараты основного азотнокислого висмута. В общем, человек понемногу все время растрчивал запасы природного самородного висмута, переводя их в кислородные соединения или разнообразные сплавы.

С 1860-х годов добыча самородного висмута усилилась, сперва в Шнееберге в Саксонии, затем на первое место выступили Боливия и Австралия².

Во время войны 1870–1871 гг. висмут в целом ряде стран исчез из обращения. Это вызвало его поиски, причем выдвинулись месторождения Боливии; были найдены и начали разрабатываться и месторождения во Франции (Меймак)³.

В конце концов захватил весь рынок синдикат, влияющий на разработку висмута, удерживающий ее. В последнее время стали получать висмут из подмесей к рудам Au, Cu, Pb, Sn. Главная добыча – в Боливии, затем в Австралии, Испании и т.д., причем только часть висмута добывается из самородного висмута. В 1912 г. было добыто в главных странах – источниках висмута – около 80–100 т висмута⁴.

232. Определение. Самородный висмут нередко (особенно в россыпях) бывает покрыт сверху продуктами изменения, желтого и беловатого цвета (висмутовые охры, висмутовый шпат), и, только разбив такие кусочки, можно видеть своеобразный металлический блеск самородного висмута.

Чрезвычайно характерна совершенная спайность по {0001} и отдельность, благодаря скольжению, по {01 $\bar{1}$ 2} (причем угол {01 $\bar{1}$ 2} : {1 $\bar{1}$ 02} – 62°46'). Металлический блеск; чистый – белого цвета с ясным красноватым отливом. Природный висмут обычно темно-желтый, с побежалостью. Хрупок. На пластинках по {0001} дает фигуры удара (звезда из трех лучей по 60°), отвечающие скольжению по {01 $\bar{1}$ 2}. Твердость 2 и несколько больше. Уд. вес 9,7–9,8. Хороший проводник электричества. Сильно диамагнитен: между полюсами магнита его ось Z всегда располагается в осевой линии поля. Легкоплавок, точка плавления около 245°. На угле при продолжительном дутье испаряется и дает налет, сперва белый, потом оранжево-желтый. При сплавлении с KJ и S дает характерный белый, по краям киноварно-красный налет. Легко кристаллизуется из сплава в ромбоэдрах скелетообразного характера. В HNO₃ легко растворяется; от прибавления H₂O этот раствор дает белый осадок. Дает и все другие химические реакции на Bi.

¹ *Wraný*, 1903, с. 132–133.

² Кое-какие данные – случайные – по истории добычи висмута, см. у *B. Neumann*, 1904, с. 385 и сл.

³ *Carnot*, 1874 (3), с. 171.

⁴ *Hess*, 1914, с. 285 и сл.

Теллур

Самородный теллур

233. Химический состав и физические свойства. Довольно редкий в природе самородный теллур, вероятно, часто является химически чистым. Анализы¹ дают указания на различные примеси, про которые нельзя с уверенностью утверждать, чтобы они не были механического характера. Таково, например, часто находимое в самородном теллуре золото², которое попадает в него, вероятно, механически, благодаря образованию самородного теллура из теллуристых минералов золота. Того же происхождения примесь Fe. Возможно, что наблюдаемые примеси S, Se³ не всегда имеют такое происхождение, а входят в состав самородного теллура, но это невыяснено, так как анализу подвергалась руда, а не отобранные кристаллы. Впрочем, нахождение редкого минерала – *селенистого теллура* – указывает на вероятность изоморфной подмеси селена и в самородном теллуре⁴.

Химический анализ теллура из Фачебая дал селен (3,12% Se). Теллур не был чист, но селен едва ли мог входить в какое-нибудь другое тело. Теллур из Нагиага, Трансильвания, и из Америкен-Майн в Колорадо не дал селена (заклучают 97,24–97,10% Te)⁵. Теллур кристаллизуется, вероятно, в классе $\lambda^3 3L^2 c3P$ гексагональной системы, с отношением осей $a:c$ – 1:1,3298 (Розе)⁶. Кристаллы его очень мелкие и в них преобладает $\{10\bar{1}0\}$, причем по наружному виду они соответствуют большей частью комбинациям голоэдри гексагональной системы ($\{10\bar{1}0\} \cdot \{10\bar{1}1\}$, $\{01\bar{1}1\}$)⁷ (рис. 81). Эти кристаллы почти всегда являются *параллельными сростками*. Однако полиэдры и параллельные их сростки очень редки, и большей частью самородный теллур встречается в небольших, плотных тонкозернистых массах. Редко когда он наблюдается в больших сплошных кусках (до 8 кг в графстве Боулдер в Колорадо).

234. Нахождение в земной коре. Самородный теллур, подобно многим другим самородным элементам, – минерал земной поверхности. Он встречается здесь, однако, иногда в форме первичных выделений. История теллура в земной коре мало выяснена. Находясь в ней в ничтожных количествах (§ 16), он выделяется в главной своей массе в жильных образованиях и вулканических породах в связи с золотом, висмутом, иногда серебром, свинцом. Есть неясные указания на выделение теллуристых соединений, богатых никелем, и на нахождение

¹ См. *C. Hintze*, I, 1898, с. 104–105.

² В самородном теллуре из Ганнана в Австралии находится 2,35% Au; см. *Mac Ivor*, 1900, с. 272. Самородный теллур из Фачебайских гор иногда совсем не заключает золота. См. *Foullon*, 1884, с. 272.

³ О Se см. *Foullon*, там же.

⁴ Сводку о селенистом теллуре (находится в кварцево-баритовых жилах, при парагенетически неясных условиях, в Гондурсе) см. у *C. Hintze*, I, 1898, с. 100–101. Анализ нечистого теллура из Фачебайских гор см. *Foullon*, 1884, с. 275. Об отсутствии селена ср. *Mac Ivor*, 1902, с. 272.

⁵ *Butureanu*, 1895, с. 112. Надо обратить внимание на возможную примесь Bi. Не правилен ли старый взгляд на возможность их изоморфизма? Искусственно полученные кристаллы теллура похожи по форме на висмут и содержали 2,15% Bi (*Matthey*, 1901, с. 162).

⁶ *G. Rose*, 1851, с. 88. [По рентгеновским данным $a_0 = 4,445$; $c_0 = 5,91$; $a_0 : c_0 = 1 : 1,33$].

⁷ О кристаллической форме см. *W. Phillips*, 1823, с. 327; *G. Rose*, 1851, с. 84; *Foullon*, 1884, с. 271; *Groth*, 1906, с. 35. О полиморфизме теллура см. *Ladrey*, 1852.

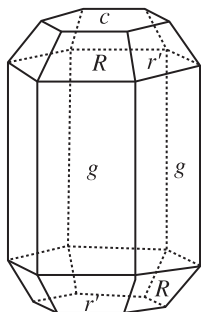


Рис. 81. Самородный теллур из Фачебая, Трансильвания.
По Розе, 1849. $a \{10\bar{1}0\}$, $R \{10\bar{1}1\}$, $r' \{011\bar{1}\}$, $c \{0001\}$

теллура в некоторых серных колчеданах и сере. Среди этих форм выделения теллура самородный теллур является видной и распространенной формой нахождения теллура на земной поверхности. Он выпадает частью в связи с горячими водными растворами, без непосредственной связи с теллуристыми минералами, частью является вторичным продуктом распада богатых теллуrom соединений – сильванита и др.

Первый тип месторождений самородного теллура наблюдался в Залатне, в Фачебайских горах, в Трансильвании, где в третичных карпатских песчаниках он встречался в жилах и пустотах, заполненных пиритом и кварцем или роговиком с золотом, каолином (горным мозгом) и пиритом. Очевидно, он выделился здесь из водных растворов, может быть в связи с выходами кислых изверженных пород (роговообманкового андезита)¹. Иногда самородный теллур находился в кварце и пирите.

В этом месторождении происхождение его вторичным разложением теллуристых соединений золота не видно, хотя, судя по характеру тесно смешанного с ним темного, чрезвычайно чистого, губчатого золота, так называемого «spaniol» (§ 104, 122), чрезвычайно вероятно. В других нахождении самородного теллура такое вторичное образование резко сказывается; наиболее значительные из них наблюдались в Колорадо, в графстве Боулдер (см. § 233). По-видимому, теллур выделяется в каждом месторождении теллуристых соединений золота, благодаря их распадению, но обычно в очень малом количестве².

Его дальнейшее изменение с точностью неизвестно. По-видимому, он окисляется и переходит в *теллурит*. По крайней мере, его кристаллы часто покрыты кристалликами теллурита³.

В *России* не встречен.

Добывался в начале XIX века в Залатне для золота, с которым был тесно смешан⁴.

235. Определение. Металлический блеск, непрозрачен. Черта и цвет – оловянно-белые. Совершенная спайность по $\{10\bar{1}0\}$. Твердость 2 и выше. Уд. вес 6,1–6,3. Легкоплавко, горит и летит с зеленым пламенем, без остатка. На угле дает белый налет; в открытой трубке сильно дымит, дает белый налет TeO_2 , который сплавляется в капли. Нагретый с концентрированной H_2SO_4 дает прекрасную пурпуровую жидкость – при прибавлении H_2O окраска ее исчезает и получается осадок черного порошка Te . Соляная кислота на него не действует.

¹ Zepharovich, 1859, с. 443; Fellenberg, 1860, с. 178; Foullon, 1884, с. 270; Semper, 1900, с. 118 и сл.; Gesell, 1897, с. 140.

² Так, он редок в Криппл-Крик и Кальгурли; см. Rickard, 1901, с. 711. В коллекциях хранятся большие куски (по спайности) теллура из других мест Колорадо, например Вулкан, графство Гуннисон (Британский музей), а также из Невады, например из рудника Деламар, графство Тринити (Вашингтонский и Чикагский музеи); деидриты теллура из Нагиага в Трансильвании (Брюссельский музей).

³ Brzesina, 1886, с. 137.

⁴ Fellenberg, 1860, с. 178.

Природные мышьяк и сурьма

Самородный мышьяк. Аллемонтит (?). Сурьмянистый мышьяк.

Самородная сурьма

236. Химический состав и физические свойства. Мышьяк и сурьма обычно встречаются в природе в одинаковых условиях и довольно легко дают изоморфные смеси, не представляющие непрерывного ряда. К сожалению, недостаток анализов однородных минералов этой группы не позволяет дать точные цифры их смеси. По-видимому, существуют пустые промежутки в этих изоморфных смесях; так, например, для аллемонтита (As, Sb) наблюдались лишь небольшие колебания составных частей (84–95% As, 4–16% Sb)¹. Разности мышьяка, очень богатые сурьмой, совершенно неустойчивы в природных условиях и не наблюдались.

Очень возможно, что надо выделить разности, бедные сурьмой, в особый вид – *сурьмянистый мышьяк*². Но пока этого нельзя сделать за неимением достаточного числа анализов и синтезов этих тел.

Для самородного мышьяка очень часты указания на нахождение в нем железа (и никеля), но характер этого нахождения неясен и, может быть, Fe и Ni происходят из тех мышьяковистых соединений, распадением которых образуется самородный мышьяк³.

В сурьме и в мышьяке находится иногда Ag, очевидно из остатков тех соединений, разрушением которых они выделились; еще реже наблюдалась в них сера⁴. Указано в самородной сурьме и железо⁵.

Сплавы, богатые сурьмой, дают непрерывный ряд от 100 до 65% Sb⁶.

¹ Анализы аллемонтита из Аллемонта во Франции дают около 62% As, но однородность вещества неясна, так как в этом месторождении аллемонтит встречается вместе с самородной сурьмой. В мышьяке из Монреаля содержится 1,65% Sb (*Evans*, 1903, с. 92). Уолкер (*T. Walker*, 1921) неосновательно считает аллемонтит смесью As и Sb. Он анализировал неоднородные образцы из Атлина, Британская Колумбия, где содержание As колебалось от 87,98 до 42,69%, а Sb – от 10,97 до 57,06%.

² По-видимому, надо различить богатые сурьмой (до 16 или 38%) и бедные сурьмой (4,3–9,2%) разности. Анализы (*C. Hintze*, I, 1898, с. 114; *Evans*, 1903, с. 92 и *Butureanu*, 1895, с. 157) дают следующие числа:

	As	Sb	Число анализов
Гинтце	62,1–84,0	16,0–37,8	2
Эванс	84,0–97,0	1,7–9,2	5
Бутуреану	92,04–94,4	1,60–9,50	

Но все эти анализы сделаны над веществом, однородность которого возбуждает сомнения. Очень интересно было бы проделать новые анализы и изучить синтетически систему As–Sb. К сожалению, опыты искусственного получения сплавов As–Sb, кажется, не были поставлены.

³ Для кристаллов самородного мышьяка из Яхимова Яновский нашел следующие числа: 90,91% As, 1,56% Sb, 4,64% Ni, 2,07% Fe, 0,55% SiO₂, сл. Mn, S. Сумма 99,73%. Анализ неполон и непонятен. См. *Zepharovich*, 1875, с. 276.

⁴ Только следы. *C. Warren*, 1903, с. 339; *Evans*, 1903, с. 92 (0,16%).

⁵ *Bischof*, 1854, с. 2074. *Butureanu* (1895, с. 158) приводит анализ самородной сурьмы из Аллемонта, содержащей 98,7% Sb, и указывает, что в нечистой самородной сурьме из Милешова в Чехии содержится 0,45% Fe.

⁶ *Parravano e Cesaris*, 1912, с. 341.

237. Вещества эти в природе кристаллизуются в *тригональной* системе, вероятно, в строении $\lambda^3 3L^2c3P^1$. Для сурьмы $a : c = 1 : 1,3236^2$, для мышьяка $1 : 1,4025$ (Розе)³.

Очень редко в земной коре наблюдаются кристаллические многогранники этих элементов³.

В отличие от висмута (§ 227), природные кристаллы *мышьяка* дают не только простые кристаллические полиэдры, но и *двойники*, как двойники срастания по $\{01\bar{1}2\}$ из многих неделимых, так и двойники прорастания по $\{0001\}$, с углом поворота 60° .

Самородная *сурьма* известна исключительно в двойниковых сростках – по $\{01\bar{1}2\}$, впервые описанных Рёмером (рис. 82 и 83). Обычно срастаются многие неделимые вместе, и получаются чрезвычайно сложные образования, так как плоскость срастания перпендикулярна к двойниковой плоскости. В отличие от висмута, для нее неизвестны в природе простые неделимые.

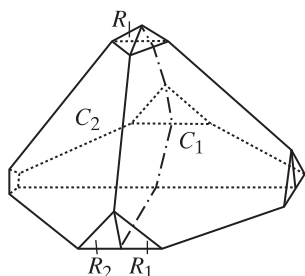


Рис. 82

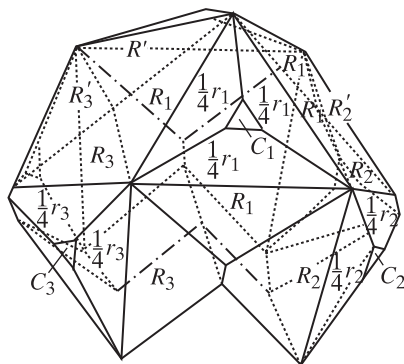


Рис. 83

Рис. 82 и 83. Двойники самородной сурьмы из Андреасберга на Гарце.

По Розе, 1849. $c \{0001\}$, $R' \{01\bar{1}1\}$, $\frac{1}{4}r \{1014\}$

Точно так же для сурьмы и мышьяка отсутствуют дендриты и параллельные срастания. Обычно они образуют сплошные зернистые и землистые массы и стяжения. Эти стяжения временами имеют правильную форму, напри-

¹ Для As и Sb известно несколько полиморфных разностей. В природе, кроме тригонального обычного мышьяка, изредка встречается арсеноламприт (так называемое зеркало мышьяка). О нем см. сводку у *C. Hintze*, I, 1898, с. 110. Об искусственных см. *Stock* и *Siebert*, 1904, с. 4572; 1905, с. 3837; *Stock* и *Guttman*, 1904, с. 898; *Gmelin-Kraut*, 1907, с. 418 и сл.; *Siebert*, 1907; *Linck* 1908, с. 393. О полиморфизме мышьяка см. еще *Reppert*, 1907; *Erdmann* и *Reppert*, 1908; *Jolibois*, 1911. Надо различать обычный As_1 , серый As_2 (ромбоэдры), уд. вес 4,64; As_4 , желтый, кубической системы, уд. вес 2,0, существует только без света и при низкой температуре; бурый As_8 , уд. вес 3,67–3,68 (около 180° переходит в As_2 , а при 303° в As_1). *Kohlschütter* (1913, с. 268) считает серый и бурый мышьяк Эрдмана одной фазой.

² *Laspeyres*, 1875, с. 601. [По рентгеновским данным для сурьмы $a = 57^\circ 05'$. Для гексагональной ячейки $a_0 : c_0 = 1 : 2,618$].

³ О кристаллах обычного мышьяка см. *Breithaupt*, 1828, с. 167; *Zepharovich*, 1875, с. 272; *G. Rose*, 1851, с. 82 и сл. Кристаллы аллемонтита неизвестны. Для сурьмы – *G. Rose*, там же, с. 73 и сл.; *Römer*, 1848, с. 310; *Laspeyres*, 1875, с. 574. О кристаллах мышьяка и сурьмы см. общую сводку *Groth*, 1906, с. 19.

мер стяжения мышьяка из Акатани, в провинции Эхизен в Японии, которые состоят из плохо образованных кристаллов $\{01\bar{1}1\}$ ¹; в других случаях (рудник Самсон в Андреасберге на Гарце) образуются шары мышьяка; очень часты, как для мышьяка, так и для аллемонтита, *корки*. Мышьяк этого характера даже получил особое название – Scherbenkobalt. Эти корки указывают на конкреционные образования самородного мышьяка и аллемонтита – выпадения их первоначально в коллоидальных сгустках.

Относительно редко они образуют значительные скопления, однако и мышьяк (например в верхних горизонтах рудника Сент-Мари-о-Мип в Эльзасе²) и сурьма (например на Борнео³) попадают изредка кусками весом больше килограмма⁴.

238. Нахождение в земной коре. Вещества эти всегда вторичного, поверхностного образования и являются промежуточными продуктами при распадении различных мышьяковистых и сурьмянистых соединений и при переходе их в кислородные⁵; их образование идет особенно легко под влиянием нагретой воды (в горячих источниках). В небольшом количестве они встречаются почти во всякой жиле, в которой находятся сурьмянистые и мышьяковистые металлы. Мышьяк особенно част в жилах, богатых кобальтовыми соединениями (главным образом смальтином), причем иногда сосредоточивался в значительных количествах (например, около Шнееберга в Саксонии, в Шладминге, в Штирии и пр.). Здесь самородный мышьяк обыкновенно находится в довольно узком горизонте, наиболее подвергшемся влиянию внешних условий.

Однако они могут образовываться и из других соединений; так, иногда они выделялись из блеклых руд, красной серебряной руды, даже из кислородных соединений мышьяка⁶ и т.д. Благодаря этому они могут встречаться и в иного типа месторождениях – например, мышьяк находится в связи с реальгаром и аурипигментом (Фёльшебания в Венгрии и т.д.).

Способ образования этих самородных элементов неясен; они, несомненно, выделяются из водных растворов, на что указывает образование ими конкреций⁷, корок и т.п. Вероятно, они способны (подобно сере) давать растворимые в воде разности⁸. Однако не невозможно и образование мышьяка – посредственное или непосредственное – из летучих мышьяковистых газов в массивных породах; таково происхождение конкреций мышьяка в доломитизированном известняке, около контактов с массивными породами, в Вашингтон-Кэмпе, в Аризоне, по Уоррену⁹, выделений мышьяка в богатых кальци-

¹ В этих стяжениях 86,6% As – Frenzel, 1897, с. 529. Пойкилитические сростки?

² Lacroix, 1897, с. 381.

³ Posewitz, 1889, с. 321–322; Frenzel, 1877, с. 300.

⁴ О явлениях скольжения для сурьмы см. Вернадский, 1897 (1), с. 81. Ср. еще Mügge, 1899, с. 70.

⁵ Об их образовании см. J. Roth, 1879, с. 263, 287; Bischof, 1854, с. 2074.

⁶ Bischof, 1866, с. 864. Бишоф основывался на псевдоморфозе самородной сурьмы по валентиниту, описанной Силлемом из Аллемонта. Но аналогичный процесс Бишоф допускает и для окислов мышьяка.

⁷ Например, мышьяк в Японии (§ 237), сурьма около Викуэлы в провинции Малага; см. J. Phillips, 1896, с. 505.

⁸ Breithaupt (Breithaupt, 1849, с. 125) допускал для некоторых случаев (в жилах) образование самородного мышьяка сублимацией.

⁹ C. Warren, 1903, с. 339.

том жилах, проходящих в нефелино-сиенитовых породах около Монреаля¹, может быть, мышьяк из Акатани в Японии, который встречается в верхних частях разрушенных липаритов².

В тех случаях, когда разрушались тела, содержащие одновременно As и Sb, образуется *аллемонтит*; в других случаях выпадают ночки чистые мышьяк и сурьма. Для дурьмы главным источником ее образования служит антимонит. При разрушении коренных месторождений они попадают в *россыпи* (например сурьма в Борнео). Значительные скопления такой же самородной сурьмы известны в Квинсленде³.

Во влажном воздухе мышьяк и особенно сурьма мало-помалу *выветриваются*, переходят в окислы или соли; вследствие этого сурьма и аллемонтит, большей частью с поверхности, покрыты белой коркой образовавшихся окисей⁴. Изменение мышьяка может быть связано с его механическим раздроблением (см. § 33–34). По опытам Менье, тонко раздробленный мышьяк жадно соединяется с воздухом, загорается⁵. Гораздо реже и случайнее они переходят в сернистые соединения, например, мышьяк иногда изменяется в аурипигмент. Это уже процесс *метаморфизации*, а не выветривания.

239. Труд человека. Нигде не концентрируясь в большом количестве, As и Sb никогда не служили предметом самостоятельной разработки. Однако самородный мышьяк искони собирался в рудных местностях и употреблялся как в народной, так и в профессиональной медицине⁶. Во фрейбергских жилах мышьяк, образовавшийся из прустита, бывал временами богат серебром (0,75–1,20%) и служил тогда серебряной рудой⁷. Но это все случайные явления, не имевшие значения в истории данных минералов.

По-видимому, человек воспроизводит этих металлов гораздо больше, чем он их добывает природных. В этом отношении работа его все увеличивается; особенно значительна она для сурьмы. Человек начал добывать ее для сплавов в значительном количестве с XV века, с эпохи книгопечатания, хотя знал издревле. В настоящее время годовая добыча сурьмы достигает около 65 000 т. Главным источником такой сурьмы является сурьмяный блеск.

240. Нахождение в России. В России *мышьяк* как редкость наблюдался в верхних частях *уральских жил*. Так, он указан в *Богословском окр.*, в Богословском руднике⁸.

На *Кавказе* самородный мышьяк найден в Садонском руднике на контакте с гранитом, в виде корок (тип саксонского)⁹. Условия нахождения

¹ Evans, 1903, с. 92.

² Wada, 1904, с. 7.

³ Mac Ivor, 1888, с. 64.

⁴ Мышьяк с поверхности прикрыт темной, тонкой пленкой неизвестного соединения, должно быть, черного низшего окисла?

⁵ Menier, 1877, с. 18.

⁶ В XVII – начале XVIII века с его употреблением в медицине даже боролись. Neuburger, 1901, с. 23–58.

⁷ H. Müller, 1901, с. 169.

⁸ Е. Федоров и В. Никитин, 1898–1899.

⁹ Был найден Пламеневским в 1919 г. (по указанию В. И. Лучицкого). Гембицкий, 1916, с. 31.

неизвестны. В Ходском руднике (в той же жиле, северо-восточнее Садонского рудника) встречены корки самородного мышьяка (почки) в кварце и в свинцово-цинковой руде на кальците. Напоминает мышьяк из Шнееберга. Уд. вес 5,78 (29°C); Fe – сл.; Sb, Bi, Au, Ag не найдены¹.

В Сибири он указан был в Томской губ., в верхних частях жил Алтая, в Змеиногорском руднике².

Старинные авторы указывают его в рудниках Забайкальской обл., но эти указания нуждаются в проверке. Так, он указан в Екатериноблагодатском руднике³. Иногда наблюдался и в россыпях Забайкальской обл., в Малой Урюмской россыпи Нерчинского окр.⁴

В Амурской обл., в Джалиндинском золотоносном районе, почковидные массы As наблюдались в Успенском руднике⁵.

Сурьма и аллемонит в России не наблюдались.

241. Определение. Свежий излом самородного мышьяка – серый с металлическим блеском; обычно с поверхности он черный, матовый. Спайность совершенная по {0001}. Кроме спайности, наблюдается очень часто отдельность по ромбоэдру, связанная с явлениями скольжения. Твердость выше 3. Уд. вес 5,6–5,8 (для чистого металлического мышьяка – 5,72). Перед паяльной трубкой на угле мышьяк испаряется с чесночным запахом (от образования низшей степени окисления As), давая белый возгон, не плавясь. В запаянной трубке дает черный возгон мышьяка (зеркало – арсеноламприт). Азотная кислота превращает мышьяк в мышьяковистую кислоту (белого цвета).

Сурьма обладает светлым, белым металлическим блеском. Совершенная спайность по {0001}. Твердость 3–3,5. Уд. вес 6,6–6,7. На угле плавится и испаряется, выделяя густой белый дым (Sb_2O_3), который летит некоторое время и по удалении пламени. В холодной HCl нерастворима; в горячей – выделяется $SbCl_3$. В царской водке растворяется ($SbCl_5$).

Аллемонит дает одновременно реакции и на мышьяк (зеркало) и на сурьму (плавится и дымит). Цвет серый, металлический, иногда снаружи покрыт черным налетом низших степеней окисления мышьяка. Твердость 3–4. Уд. вес 6,2.

Б. МЕТАЛЛОИДЫ

Природные сера – селен – мышьяк

Альфа-сера. Бета-сера. Гамма-сера. Жидкая сера. Аморфная сера.
Газообразная сера. Волканит. (?) Теллуристая сера. Арсеносульфурит

242. Химический состав. Самородная сера, обычно наблюдаемая в чистом состоянии, является характерным минералом коры выветривания. Она сохраняется и образуется только в поверхностной пленке литосферы; в более глубоких ее слоях – в областях метаморфической и магматической – она переходит в разнообразные соединения с металлами.

¹ Чирвинский, 1921, с. 121 и сл.

² Leonhard, 1843, с. 39.

³ Свинцовый блеск «с вкрапленным мышьяком». – Злобин, 1823 (1), с. 62.

⁴ Еремеев, 1886, с. 366.

⁵ Яворовский и Анерт, 1913, с. 124.

В общем количестве серы земной коры самородная сера не играет крупной роли, но, встречаясь вокруг нас, она дает ложное впечатление нередкого, обычного минерала. Количество ее, однако, очень невелико, ибо всей серы в земной коре не больше 0,1% и лишь небольшая часть ее сосредоточивается в узкой поверхностной пленке земной коры в виде самородной серы¹.

Самородная сера находится в различной форме, как в виде твердых разностей, так и в жидком состоянии и в парах. Соответственно с этим, мы различаем не менее шести различных, ей соответствующих минералов (α - β - γ – твердые серы, сера аморфная, жидкая, газообразная). Очень возможны закономерные физические смеси некоторых из этих разностей, которые также могут быть выделены в виде отдельных минералов.

Очень часто самородная сера химически чиста. Однако сера вулканического происхождения содержит нередко небольшие количества As, Te или Se. Есть указания на нахождение следов других элементов, например, Mo² или Ti³.

Разности, относительно богатые этими элементами, необходимо также выделять в особые минералы: *волканит* (S, Se) (например, Линарские о-ва); *теллуристая сера* (S, Te) (Япония – 0,17% Te, по Дайверсу и Шимидзу); *арсеносульфурит* (S, As)⁴.

Гораздо чаще самородная сера заключает растворенными, рассеянными в своей массе различные органические соединения, главным образом углеводородистые. Уже Митчерлих указал, что сера чрезвычайно легко растворяет органические соединения, резко меняя при этом свой цвет. Этим нутем в природе получают совершенно черные кристаллы самородной серы (Сицилия, Карпаты, Сюево на Волге и т.д.)⁵.

В сере нередко наблюдаются включения, заполненные газами и жидкостями. Они соответствуют маточным растворам, откуда выделялась сера; так, например, для сицилийской включения жидкости заключают NaCl, CaCl₂, Na₂SO₄ и следы K, Ba и Sr⁶. Характер газов не выяснен.

¹ Такое представление об истории серы проникло в науку медленно. Вначале ей придавали огромное значение в истории земных процессов. С ней связывали все процессы горения, вулканических явлений. Очень ярко выразил эти воззрения в 1745 г. М.В. Ломоносов в диссертации «De tinctura metallorum». Он говорит: «Огромное количество серы в недрах Земли доказывается тем, что она выходит наружу в огнедышащих горах, источниках; ею же производятся и пожары огнедышащих гор, где сера горит много веков огромнейшим пламенем. Флогистон серы и окрашивает металлы во внутренности Земли: это видно по свинцовому блеску, медному и железному колчеданам». – Менишуткин, 1904, с. 170.

² Divers a. Shimidzu, 1883, с. 284.

³ Вернадский. 1909, с. 830.

⁴ О них см. E. Dana, 1892, с. 9; C. Hintze, I, 1898, с. 95; Rinne, 1902, с. 499. Об изоморфных смесях α -S с Se см. Ringer, 1902, с. 183 (литература). В продажной сицилийской сере 0,00009% Se; в японской 0,00011 – 0,00202% (Klason och Mellquist. 1911, с. 11). О селенистой сере из Гаваи (0,07% Se) см. G. Brown, 1916, с. 132. О теллуристой сере – Billows, 1909, с. 91. Волканит и теллуристая сера являются разностями α -серы. Арсеносульфурит – аморфный. Уирри (Wherry, 1920, с. 490) считает арсеносульфурит за соединение AsS₄₋₆ и ставит рядом с патронитом.

⁵ Наряду с углеводородами (органическими соединениями) причину окраски искали в примеси кальциево-железного алюмосиликата (Magnus, 1854. стр. 658).

⁶ Silvestri, 1882, с. 7.

243. Физические свойства. Сера отличается резко выраженным полиморфизмом, и для ее физически однородных кристаллических разновидностей известно в настоящее время 6–7 фаз, которые удобно обозначать греческими буквами. Из них пять (α – ϵ) кристаллографически изучены. Некоторые из твердых на вид разновидностей аморфны.

Из них¹ в природе наблюдались в чистом виде по крайней мере две: 1) желтая ромбическая (строение $3\lambda^3Pc$) – α -сера и 2) моноклиническая ($\lambda^2sp?$) – β -сера². Судя по условиям застывания природной жидкой серы, должна образовываться временами в земной коре γ -S (моноклиническая), быстро переходящая в α -S. При термодинамических условиях земной коры устойчива только α -сера, тогда как β -сера сохраняется в исключительных случаях и рано ли, поздно ли переходит в α -серу.

При нагревании, при обычном давлении и при температуре около $95\text{--}97^{\circ 3}$, α -сера переходит в β -серу, а при $116,1^{\circ} \text{C}^4$ β -сера плавится, и эта жидкая сера временами наблюдается при вулканических извержениях или природных пожарах⁵.

Природная сера встречается не только в виде этих чистых фаз. Как известно, сера почти всегда содержит «аморфную серу», нерастворимую в CS_2 . Эта аморфная сера всегда входит, например, в состав той серы, которая получается при застывании жидкой серы. По-видимому, она составляет значительную часть землистой природной серы, частью состоящей из α -серы; к сожалению, природная землистая сера мало изучена. Аморфная сера входит в состав организмов и, может быть, даже находится в виде своеобразного раствора в кристаллах и кристаллических массах α -S (судя по опытам Круйта)⁶.

244. α -сера кристаллизуется в ромбической системе, в строении $3L^23Pc$, с отношением осей $0,8131 : 1 : 1,9034^7$. В кристаллах ее преобладают пирамидальные формы полногранного облика (рис. 84); наиболее развиты формы $\{111\} \cdot \{1\bar{1}1\}$ или $\{113\} \cdot \{1\bar{1}3\}$ и $\{001\}$, кроме того, довольно часто находятся $\{011\} \cdot \{101\} \cdot \{110\}$ (рис. 85). Кристаллы серы нередко отличаются богатством комбинаций⁸ (рис. 86). Сфеноидальные комбинации редки

¹ Литература о полиморфизме серы огромна, см. обзоры и литературу у Muthmann, 1890, с. 336; Ариуни, 1893; C. Hintze, I, 1898, с. 91 и сл.; Brauns, 1899, с. 82; A. Smith и W. Holmes, 1903, с. 469; Gaubert, 1905, с. 157 и сл.; Groth, 1906, с. 26 и сл.; B. Linne, 1907, с. 337 и сл., 844 и сл.; Kruyt, 1908, с. 500 и сл.; 1909, с. 321; 1911, с. 643; 1913, с. 726; Wigand, 1909, с. 442.

² Цвет β -серы, когда она выделяется из расплавленного состояния, красный, но если она выделяется из растворов, – она светлая, желтовато-белая. Красный цвет зависит от примеси каких-то органических соединений. – Ср. Muthmann, 1890, с. 346.

³ $95,6^{\circ}$ по Рейхеру, $97,6^{\circ}$ по Жернезу (Reicher, 1884, с. 603; Gernez, 1884).

⁴ A. Smith и W. Holmes, 1903, с. 477; Kruyt, 1908, с. 550. Виганд дает большее число – $118,95^{\circ}$ (Wigand, 1909, с. 456).

⁵ О сложном характере жидкой серы, относимой к так называемой динамической изомерии, см. любопытную работу Kruyt, 1908, с. 514 и сл. О возражениях ему см. Smits, 1913, с. 221.

⁶ О нахождении в природе чистого серного цвета см. Сидоренко, 1904, с. 28. Ср. также сульфурит – Rinne, 1902, с. 500. Наблюдался переход растворимой серы в коллоидальную нерастворимую μ -S; это фотохимический процесс α -S $\rightleftharpoons$ μ -S, причем μ -S – коллоид; процесс идет в ту и другую сторону быстрее при более высоких температурах. См. Wigand, 1911, с. 423.

⁷ Кокиаров, 1870 (2), с. 369; Beckmann, 1913, с. 886. О кристаллической форме см. Goldschmidt, 1891; E. Dana, 1892; C. Hintze, I, 1898, с. 75; Вернадский, 1902, с. 487; Bichowsky, 1919, с. 128; Quercigh, 1923, с. 249. [По рентгеновским данным, $a_0 : b_0 : c_0 = 0,811 : 1 : 1,900$].

⁸ Флетчер описал кристаллы серы с 76 плоскостями (Fletcher, 1880).

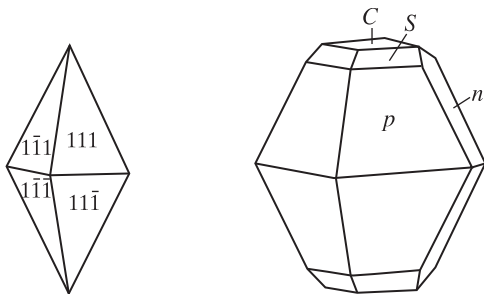


Рис. 84. Комбинация серы из двух сфеноидов

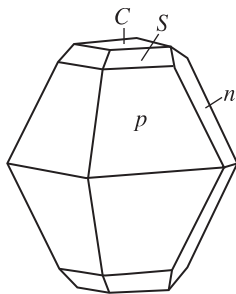


Рис. 85. Обычная комбинация самородной серы α -S
 $p \{111\}$, $\{1\bar{1}1\}$, $n \{011\}$,
 $s \{113\}$, $\bar{s} \{1\bar{1}3\}$, $c \{001\}$

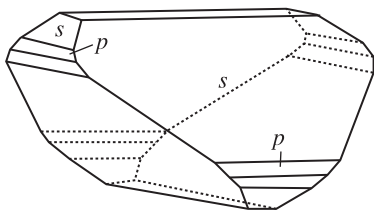


Рис. 87. Сера из Ракальмута, Сицилия.
 По Рату, 1873.
 $p \{111\}$, $\{1\bar{1}1\}$, $S \{113\}$, $\{1\bar{1}3\}$

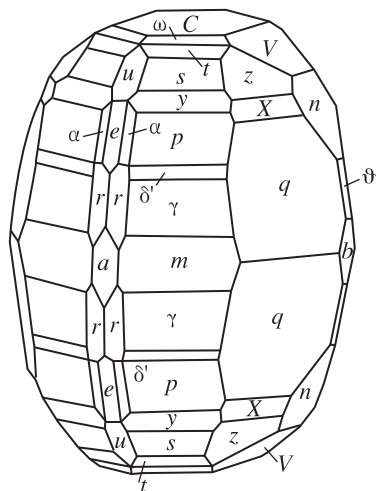


Рис. 86. Кристалл серы с о-ва Саба.
 по Моленграфу, 1888.
 $c \{001\}$, $y \{112\}$, $\omega \{117\}$, $t \{115\}$,
 $s \{113\}$, $p \{111\}$, $\delta \{221\}$, $\gamma \{331\}$,
 $m \{110\}$, $u \{103\}$, $e \{101\}$, $a \{100\}$,
 $r \{311\}$, $\alpha \{313\}$, $z \{135\}$, $x \{133\}$,
 $q \{131\}$, $v \{013\}$, $n \{011\}$, $\theta \{031\}$,
 $b \{010\}$.
 Пирамиды взяты в голоэдрической комбинации.

(например, рис. 87). Обычно пирамидальные плоскости дополнительных сфеноидов развиты одинаково.

Двойники сростания редки; они наблюдались по нескольким законам по $\{101\}$, $\{011\}$, $\{110\}$ и $\{111\}$ (рис. 88). Двойники прорастания неизвестны. Довольно обычны параллельные сростки, причем этим путем получают ложные плоскости призм, исштрихованные параллельно ребру $\{111 : 001\}$ (рис. 89), образованные сфеноидами. Параллельные сростки серы могут давать очень причудливые образования (рис. 90–91).

Кроме нахождения в кристаллических полиэдрах, которые обыкновенно образуют друзы, α -сера встречается в сплошных кристаллических массах зернистого, реже волокнистого¹ строения, в тонких порошковых и земляных стяжениях. Зернистые массы чистой серы иногда образовывали большие глыбы; так, Доломье наблюдал в Сицилии в XVIII столетии куеки чистой серы до 6 м мощностью². Землистая сера – «серная руда» – нередко является параморфозой α -серы по β -сере (и, может быть, по γ -сере). Иногда α -сера является в конкрециях³, сталактитах и сталагмитах⁴ (рис. 92),

¹ Обычно в параморфозах по β -сере. Волокнистая сера давно указана в Сиене; *K. Leonhard*, 1853, с. 275.

² *K. Leonhard*, 1853, с. 277.

³ Например, шары α -S из Радобя в Хорватии, в сарматских мергелях. Эти конкреции достигают 10,5 кг и содержат 90% серы – *Kispatič*, 1901, с. 13.

⁴ Как в вулканах, например на о-ве Вулкано (*Rath*, 1874, с. 358), так и в местах выхода H_2S – например, в Кукурт-Тау в Дагестане (*Н. Барбот де Марни*, 1894, с. 395; 1896, с. 24) или Беке в Швейцарии (*C. Hintze*, I, 1898, с. 80).

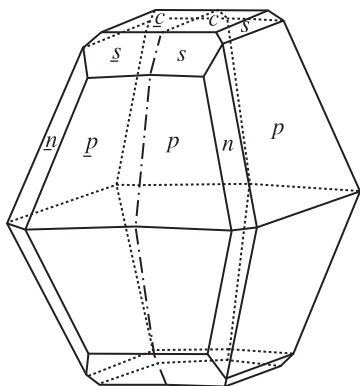


Рис. 88. Двойник серы по $\{110\}$
из Каттолико в Сицилии.

По Рату, 1875.

$s \{113\}, \{1\bar{1}3\}, n \{011\}, c \{001\}, p \{111\}, \{1\bar{1}1\}$

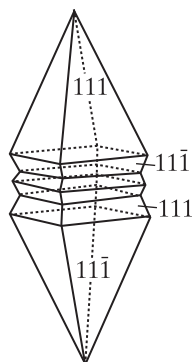


Рис. 89. Параллельный сросток серы
из Сицилии.

По Шрауфу, 1860.

Комбинации рис. 84

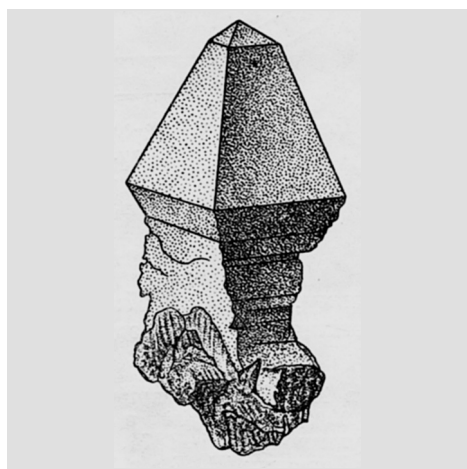


Рис. 90. Параллельный сросток серы
из Романьи, Италия.

По Бомбиччи, 1894

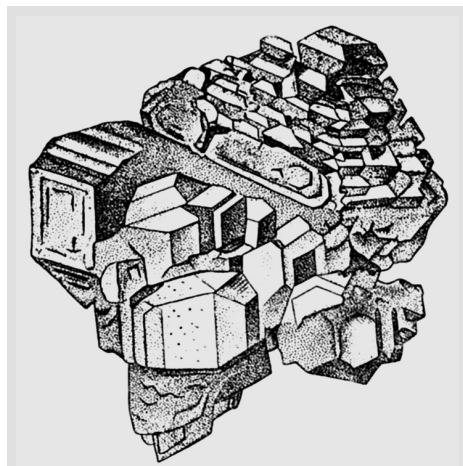


Рис. 91. Параллельные сростки серы
из Романьи, Италия.

По Бомбиччи, 1894

в псевдоморфозах по растительным и животным остаткам: по харам, *Planorbis*, *Paludina*, *Lymnaeus* и т.д. (например, в олигоценовых слоях в Теруэль в Арагонии)¹. Иногда она образует «песок» – например, на о-ве Челекен и т.д.² Из вулканических (кратероидных) озер в Японии сера выделялась в форме *оолитов*. Сейчас такое выделение (разложением H_2S) наблюдается в оз. Ичибишинаи (в юго-западной части Кунашири, Курильские острова)³.

¹ Braun, 1841, с. 171; Calderon и Tenne, 1902, с. 3. Другие случаи см. Blum, IV, 1879, с. 170.

² О других физических свойствах α -серы см. указанные сводки Гинтце, Грота, Линне. Странным образом, – фигуры вытравления не изучены. О штриховке см. Вернадский, 1902, с. 495. Ср. любопытные наблюдения над скульптурой плоскостей у Bombicci, 1894.

³ Oinougi, 1916, с. 806.



Рис. 92. Сера из Кукурт-Башлар, Кукурт-Тай, Темирханшурского окр. Дагестанской обл.

Коллекция Московского университета. Поступила от проф. В. В. Марковникова в 1893 г. Фото Н. И. Сургунова

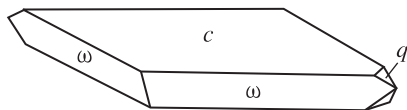


Рис. 93. Кристалл β -серы из Еникале. По Попову, 1901.
 $c \{001\}$, $q \{011\}$, $\omega \{11\bar{1}\}$

245. β -сера в природе изредка выкристаллизовывается в кристаллах¹ моноклинной системы, выпадая из растворов (может быть в связи с нефтью)² или из жидкой серы в вулканах³. Кристаллы ее в природе представляют пластинки по $\{001\}$ (рис. 93). Отношение осей, по Митчерлиху, $a:b:c = 0,9957:1:0,9998$; $\beta = 84^\circ 14'$. Гораздо чаще, чем в виде кристаллических полиэдров, β -сера в природе образует сплошные массы, состоящие из перепутанных волокнистых кристаллов. Эти плотные массы в конце концов дают тонкокристаллическую α -серу (параморфоза α -серы по β -сере). Образуется в больших количествах на Вулкано в виде кристаллов в пустотах породы⁴.

К сожалению, форма выделений *землистой* (§ 243) и *аморфной* серы ближе не изучена. Первичные ее сгустки, образующие сплошные массы, должны иметь форму, близкую к ее глобулитам, изученным

под микроскопом Фогельзангом, Беренсом, Брамом и другими исследователями кристаллизации серы. Вероятно, к ряду тех же образований относятся любопытные шарики и пузырьки (до 5 мм диаметром) серы, наблюдаемые в некоторых горячих озерах и вулканических областях Японии, например, в горячих озерах вулкана Ширанэ или в Понто, на о-ве Кунашири⁵. Сера, выбрасываемая в виде ляпилли при извержении вулканов (например в 1889 г. Ширетоко в Хоккайдо), получается застыванием расплавленной серы и, очевидно, отчасти состоит из аморфной серы. Аморфная сера выделяется в Вулкано при температуре между $100\text{--}110^\circ$, при $90\text{--}100^\circ$ она кристаллизуется⁶.

¹ О кристаллах природной β -серы см. С. Попов, 1900, с. 481. О ее кристаллизации – Mitscherlich, 1825, с. 46; Muthmann, 1890, с. 344. Очень странную, с другим отклонением осей, серу (моноклиническую) описывает Сузуки из Рейсуико в Японии (вулканическую) (Suzuki, 1915, с. 232 и сл.).

² Ср. Вернадский, 1899, с. 105; С. Попов, 1900, с. 483.

³ Rath, 1874, с. 359 – по указанию Г. Розе.

⁴ Fiore, 1915, с. 33; Panichi, 1912, с. 253.

⁵ Fukuchi, 1907, с. 128–129. О нахождении расплавленной серы по время пожаров серных копей см. Rath, 1874, с. 356.

⁶ О нахождении аморфной и γ -серы см. Fiore, 1915, с. 33–35; Panichi, 1911.

γ-сера (розицкит) – редкая, моноклинной системы. Отношение осей, по Мутману, $a : b : c = 1,0609 : 1 : 0,7094$; $\beta = 91^\circ 47'$ (на искусственных кристаллах). Пластинчатая по {010}; развиты формы {001}, {101}, {201}, {100}¹. В фумаролах Вулкано на Липарских островах.

Жидкая сера иногда образует лавовые потоки, несущие кристаллики серы, например, при извержении Цуругизана (провинция Уго в Японии) или Кирнтомедайра (провинция Рикуху в Японии)². Гораздо чаще жидкая сера образует небольшие скопления в форме капель.

Наконец, нельзя оставить без внимания формы нахождения в земной коре газообразной серы. Она наблюдается, с одной стороны, в виде *газовых струй* во время вулканических извержений (см. § 315), а с другой – в виде *газовых испарений*, например, при высокой температуре, из жидкой или горячей серы. Но испарения серы должны наблюдаться и при обыкновенной температуре, везде на земной поверхности, так как твердая сера обладает упругостью пара³.

246. Нахождение в земной коре. Самородная сера встречается исключительно на земной поверхности. Ее образование может быть сведено к следующим немногим типам. Она выделяется:

1) при вулканических извержениях: в первой стадии извержений путем прямой возгонки, позже, и гораздо чаще, путем распада газобразных соединений серы;

2) при поверхностном разложении сульфосолей и сернистых соединений металлов;

3) при раскислении сернокислых соединений различного происхождения (главным образом гипсов);

4) при разрушении органических соединений, главным образом богатых серой асфальтов и нефтей, а равно и

5) при разрушении органического вещества организмов.

Во всех этих случаях сера почти всегда образуется, в конце концов, распадением летучих своих соединений, главным образом H_2S и отчасти SO_2 или SO_3 , которые являются промежуточными продуктами при распадении других сернистых тел; она может, очевидно, образовываться и вообще:

6) разложением H_2S (и SO_2) на земной поверхности, какого бы происхождения ни были эти газы.

Таким образом, кажущееся разнообразие генезиса самородной серы сводится, в конце концов, к распадению ее газообразных соединений под влиянием кислорода воздуха и организмов. Наблюдения над залежами серы дают нам еще другое указание для ее истории: *все эти месторождения серы новы, молоды в земной коре.*

Главные ее месторождения относятся к неогену. В осадочных слоях древнее третичной системы нет мало-мальски мощных ее отложений; с другой стороны, нам известны многочисленные случаи, когда образование ее свойственно длящимся, современным нам процессам. Очень возможно, что древние осадочные слои, заключающие серу (например Сюкеево, § 266), не дают

¹ О нахождении аморфной и γ -серы см. *Fiore*, 1915, с. 33–35; *Panichi*, 1911.

² *Fukuchi*, 1907, с. 128–129. О нахождении расплавленной серы во время пожаров серных копей см. *Rath*, 1874, с. 356.

³ *Hallock*, 1889, с. 405. О газообразной сере см. § 242. О парах серы при вулканах см. *Boussingault*, 1833, с. 23; *Day a. Shepherd*, 1913 (2), с. 1028; *Brun*, 1911, с. 168 и сл.

понятия о ее возрасте; она в них является новообразованием. Таким образом, ее запас постоянно возобновляется и, очевидно, также постепенно исчезает, ибо количество ее на земной поверхности не увеличивается и она отсутствует в метаморфических породах.

Следовательно, в истории самородной серы в земной коре, подобно многим другим случаям (ср. § 31 и сл.), мы наблюдаем давно установившееся равновесие. Самородная сера является отдельным звеном сложного химического процесса.

247. Во всех этих случаях, в конце концов, первоисточником самородной серы являются *магмы*, где сера находится в связанном состоянии. Она здесь: 1) или входит в сложные алюмосиликатовые ядра (группы нефелина), 2) или выпадает в виде сернистых металлов, 3) или выделяется в виде газообразных соединений – H_2S , SO_2 , SO_3 , реже – паров серы. Впрочем, не исключена возможность нахождения и более сложных тел – сульфокремнистых и сульфо-алюмосиликатов, на нахождение которых в массивных породах есть некоторые указания¹. Как бы то ни было, сера почти всегда находится в магмах в виде химических соединений.

В тесной связи с магмами находится и та сера, которая выделяется в виде металлических соединений или сульфатов в жилах.

Непосредственно, путем простого разрушения всех этих минералов, редко когда происходят значительные скопления самородной серы. Ее главные массы обычно приурочены к *осадочным* породам, в которых она выделяется из *гипса* или из H_2S , связанных или с разложением или с жизнедеятельностью организмов. В организмы всегда входит значительное количество серы, являющейся одной из важных и постоянных составных частей белковых тел. Организмы добывают нужную им серу прямо или косвенно из минералов, связанных с магматическими процессами. При распадении органических тел или в местах, где скопляются продукты их гниения, обычна самородная сера.

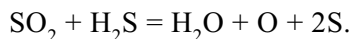
Наблюдения этого рода были сделаны еще в конце XVIII столетия, обобщены Деламетри, но для объяснения образования природных залежей серы впервые были применены в 1830-х годах Джеммелларо. Еще раньше Стеффенс связывал всю самородную серу с гипсом. Джеммелларо объяснил разложением органического гниющего вещества образование третичных залежей Сицилии (§ 256), являющихся одним из величайших скоплений серы на земном шаре. Несмотря на большие преувеличения, к каким свел свою мысль Джеммелларо², новейшие наблюдения приводят к выводу, что, действительно, самородная сера в огромном большинстве случаев различным путем образуется в связи с жизнедеятельностью организмов; она или проходит через строящие их вещества, или образуется при их жизненных процессах, или выпадает под действием образовавшихся из них веществ на заключающие серу минералы. Конечно, в конце концов, генезис самородной серы, связанный с жизнедеятельностью организмов, может считаться результатом действия солнечной энергии на земной поверхности, ибо организмы играют в химических процессах Земли роль аккумуляторов энергии Солнца.

¹ *Gautier*, 1906, с. 351 и сл.

² *Gemmellaro*, 1834, с. 324; 1835, с. 1 и сл. Указав на значение органических (животных) тел для образования серы, Джеммелларо пошел по этому пути дальше и пытался свести к этому источнику всю самородную серу земной коры. Ср. ниже для гипса (§ 255).

248. В виде налета и небольших кристаллических или зернистых масс сера встречается при всяком вулканическом извержении. По-видимому, вначале она выделяется возгонкой¹ в первых самых горячих, сухих фумаролах вулканических извержений². При падении температуры, когда кислород начинает окислять другие газообразные тела, с ними выделяющиеся, сера переходит отчасти в SO₂. Этот газ характеризует вторую стадию фумарольного процесса. Наконец, в третьей стадии появляются H₂S и сульфаты.

Самородная сера является здесь отчасти продуктом химических реакций. Горячие пары непосредственно входят во взаимодействие:



Огромные количества такой серы образуются в так называемых *сульфатах*. Большая сульфатара около Поццуоли близ Неаполя³ (рис. 94) выделяет серу непрерывно уже целые столетия; одновременно выделяется SO₃⁴, который дает начало множеству разнообразных продуктов (гипс, квасцы, галотрихит и т.д.). Одновременно выпадают другие соединения, как, например, реальгар. Такие сульфатары в Исландии, около Попокатепетля в Мексике⁵, на о-ве Милос, Папандаяне на Яве⁶ и т.д. выделяли большие количества серы, дававшие начало разработке. Сера сульфатар иногда содержит Se (Липарские острова), Te (Япония), As (Папандаян на Яве). Нельзя не отметить, что образование серы в сульфатах идет разным путем, и очень возможно, что сера, содержащая эти элементы, получается в наиболее горячих, сухих сульфатах, не содержащих паров воды, простой возгонкой, а не образуется распадением H₂S или SO₂.

Образование *сульфатар*, как известно, не является случайным процессом в истории вулканов. Оно составляет определенную стадию в истории вулкана. Как в современную геологическую эпоху, так и в прежние, вулкан заканчивает и начинает свою деятельность стадией сульфатар. В настоящее время нам известно более сотни таких сульфатар, непрерывно выделяющих серу на земной поверхности⁷. Ежегодно образуется этим путем, вероятно, много сотен тысяч тонн самородной серы.

¹ О газообразной сере см. *Ch. Sainte Claire Deville*, 1857, с. 262; *F. Clarke*, 1908, с. 220, 236. Возражения см. у *Lapparent*, 1906, с. 417. Однако состав такой серы, заключающей нередко Se и Te, говорит ясно в пользу ее происхождения, отличного от обычной серы (ср. ниже). На существование паров S указывает и нахождение в вулканах расплавленной серы (§ 243).

² *F. Clarke*, 1908, с. 236.

³ *Jervis*, 1874, с. 562 и сл.; *Lucas*, 1882; *Stefani*, 1907, с. 19 и сл.

⁴ Окислением SO₃.

⁵ По указанию Родса, на Попокатепетле теперь нет больших серных залежей. Сульфатары выделяют мало серы (*Rhodes*, 1904, с. 730).

⁶ Небольшая сульфатара Kawah-mas на Папандаяне все время выделяет серу. Почва покрыта корой в несколько миллиметров толщиной. Ее разрабатывают туземцы. См. *Volz*, 1904, с. 127–128; *Van Heck*, 1906, с. 174; *Brun*, 1909 (1), с. 113.

⁷ По далеко не полному каталогу Меркалли (*Mercalli*, 1907) действующих сульфатар (с многими отдушинами) можно насчитать около 85. Но к этому числу надо прибавить потухшие вулканы, исторически активные. Их считается более 100, и они также могут давать сульфатары. В Африке, по данным *Зиммера* (*Simmer*, 1906), можно насчитать около 18 сульфатар, причем группы сульфатар одной вулканической области при этом подсчете принимаются за одну сульфатару. Африка является одним из слабо изученных геологически континентов, так что, очевидно, это число сульфатар минимальное.



Рис. 94. Сольфатара Бокка-Гранде близ Поццуоли, Италия.
По Меркалли, 1907

К сожалению, у нас нет точных наблюдений и измерений в этом направлении даже для нашего времени. Очевидно, необходимо допустить неизменность сольфатарного выделения серы и в другие геологические эпохи, хотя продукты сольфатарных процессов быстро изменяются и не сохраняются в древних геологических отложениях. Больше того, несомненно были периоды в истории Земли, когда повышалась интенсивность вулканических процессов и соответственно повышалось выделение вулканической серы.

Самородная сера в сольфатарах выделяется в виде рыхлых, легко переносимых продуктов. Эти продукты, подобно туфам, перерабатываются ветром и атмосферными осадками, давая местами обогащенные серой вторичные рыхлые месторождения (например, в Ков-Крик в южном *Юта*¹ и т.д.). Такие вторичные отложения сольфатарной серы могут временами сохраняться в верхней части литосферы в течение геологических периодов.

249. Другую стадию истории магм представляют некоторые *горячие источники*, как известно, иногда тесно связанные с сольфатарами². Эти горячие источники изучены еще меньше сольфатар.

¹ *J. Russell*, 1882, с. 170.

² *Knebel*, 1907, с. 103 и сл.

Обычно такие горячие источники связаны с вулканическими процессами. Их образование обусловлено климатическими условиями (обилием осадков) или характером течения подземных вод подпочвенных водных горизонтов, не позволяющих образования сольфатар – скопления их сухих продуктов. Такие источники, в сущности, являются сольфатарами, богатыми водой, *сольфатарными растворами*. Таковы, например, знаменитые Стимбот-Спрингс (между Карсон и Рено в Неваде). Они выделяют опал, CaCO_3 , серу, сульфиды и т.д.

Иногда мы наблюдаем такие источники в ископаемом состоянии, видим только их продукты; так, например, около Гумбольдт-Хаус в Неваде наблюдаются многочисленные кратеры совершенно замерших горячих источников мощностью 6–15 м; кратеры эти состоят из туфовых слоев, CaCO_3 и SiO_2 , а внутри заключают гипс, местами содержащий серу¹.

Процесс выделения серы в этих горячих серных источниках далеко не всегда состоит в разложении летучих ее соединений. Известны случаи, где сера выделяется в стенках источников более сложными химическими процессами – метасоматическим путем. Так, например, около Термополиса в Вайоминге плотная сера замещает палеозойские известняки, образующие стенки горячих источников², дает как бы псевдоморфозы по ним.

Обычно горячие источники этого типа не отделяются от других горячих источников, а потому мы не можем ясно исчислить значение этого процесса в истории земной коры. Но нет сомнения, что многие случаи выделения S распадением H_2S источников (§ 258) должны быть отнесены к этому типу ее генезиса – к *влажным сольфатарам*.

250. По характеру выделений самородной серы и по ее парагенезису близки к этим случаям явления, далекие от вулканизма по своему происхождению. Это выделения самородной серы во время *ложных вулканических процессов*. Таковы ее месторождения, которые получаются при каменноугольных пожарах³ или при самовозгорании пирита или марказита⁴. Очень возможно, что и при каменноугольных пожарах FeS_2 является главным источником серы, но она может получаться и из сложных органических соединений угля, несомненно содержащих серу (так называемая «органическая сера» анализированного горючего). Аналогично выделение серы при пожарах нефтеносных сланцев, где источником ее являются сульфаты или органические соединения серы – мабериты и т.д. Таково, например, месторождение серы в графстве Сент-Барбара в Калифорнии, в Гресиоза-Ридж⁵.

Больших количеств серы этим путем не получается, но местами все-таки она собиралась в заметных массах. Процессы этого рода кое-где длятся веками и являются обычными в истории как каменного угля, так и серного колчедана. Они являются совсем не исключительной стадией в вековой истории этих тел, ибо для них всегда есть все шансы неизбежного самовозгорания в геологически продолжительное время.

¹ J. Russell, 1882, с. 172.

² Woodruff, 1909, с. 377.

³ K. Leonhard, 1853, с. 294.

⁴ Loretz, 1863, с. 673; Аризуни, 1884, с. 339.

⁵ Arnold a. Anderson, 1907, с. 751.

251. Еще большее значение имеет образование серы путем разложения *сернистых металлов*, главным образом – многосернистых соединений. Кое-где этот процесс шел в огромных размерах и дал начало значительным скоплениям самородной серы.

Это процесс чисто поверхностный, связанный с образованием H_2S , SO_3 и SO_2 ; он происходит под влиянием воды и кислорода воздуха, но механизм его далеко не ясен и может быть разнообразен. В общем можно сказать, что сера образуется здесь в некоторых случаях как промежуточное соединение при превращении сернистого тела в кислородное (§19).

Самородная сера образуется в земной коре этим путем: 1) из многосернистых тел, 2) из галенита, антимонита, алабандина и, может быть, 3) из некоторых сульфосолей.

Многосернистые металлы, *пирит* и *марказит* – FeS_2 , чрезвычайно легко отделяют одну часть серы, переходя в Fe_nS_m . Как известно, это даже служит для них диагностическим средством, отличием от пирротина. Достаточно нагреть эти минералы в запаянной трубке, чтобы получить возгон серы. Отделение серы многосернистыми металлами аналогично легкой отдаче кислорода перекисями. Помимо этого, и H_2O при высокой температуре разлагает их с выделением S и H_2S .

Еще менее ясно разложение простых сернистых соединений. Для галенита¹, может быть, дает некоторые указания существование так называемого *джонстонита*, т.е. тонкой физической смеси PbS с серой или более богатым серой PbS_2 . Причины выделения серы при распадении антимонита и алабандина совсем неясны.

252. Такое разложение *пирита* очень часто происходит в жилах. При этом железо пирита уносится, и в верхних частях жил, в пустоте, оставшейся от исчезнувшего кристаллика пирита, выделяется кристаллический порошок серы; такова, например, сера, встреченная в XVIII веке, при начале разработки Березовских², Нерчинских³ и других рудников Урала или Сибири. Такое распадение обычно для самых верхних горизонтов жильных месторождений и наблюдается при начале разработок в очень многих местах земной коры. Так образовалась сера в Нестеровском прииске Ала-Тау⁴, в Южной Каролине⁵, во многих французских месторождениях⁶, в Грузии⁷ и т.д.

В тех случаях, когда такой процесс изменения пирита идет в мощных его залежах, могут образоваться заметные отложения самородной серы; например, так образовались ее месторождения около Соймоновска в Кышымском округе на Урале, в некоторых местностях Северной Каролины⁸ и т.д.

Пирит и марказит являются телами чрезвычайно разнообразного генезиса, и в тех случаях, когда они рассеяны в каменных или бурых углях, где

¹ Джонстонит и близкие к нему тела – см. *J. Roth*, 1879, с. 106–107. См. также *Busz*, 1888, с. 616.

² *И. Герман*, 1789; 1793 (2), с. 350; *Вернадский*, 1902, с. 480.

³ *И. Герман*, 1793 (2), с. 350.

⁴ *Щуровский*, 1846, с. 228.

⁵ *Cobb*, 1894, с. 30 (Грин-Плейс, графство Йорк).

⁶ *Lacroix*, 1897, с. 376 и сл.

⁷ *Гроддек*, 1889, с. 119 – по Креднеру.

⁸ *Genth*, 1891, с. 21.

образовались распадением серосодержащего органического вещества, они могут дать этим путем начало самородной сере, помимо той серы, которая получается их самовозгоранием (§ 250). Такая сера очень обычна и многократно обращала на себя внимание человека. Иногда она наблюдается в виде значительных скоплений, например в Северном Китае, в местах выхода каменных углей, богатых серой¹.

Вероятно, сера, столь обычная² среди залежей бурого угля, образуется тем же путем, хотя возможно и выделение ее разложением содержащих серу органических соединений.

Несмотря на многочисленность этих месторождений, самый процесс образования самородной серы неясен и требует исследования.

253. Путем других химических реакций должна образовываться самородная сера из простых сернистых соединений; как указано (§ 252), она иногда выпадает из *антимонита* (*Шлайнинг*³, Альхар в Македонии⁴ и т.д.) и из *галенита*; может быть, образуется распадением и других простых сернистых минералов⁵. Едва ли этим путем выделяются большие скопления самородной серы. Химическая реакция, которая при этом идет, вероятно, очень сложна.

Точно так же мало известен процесс выделения серы, который наблюдается в некоторых случаях при изменении (метаморфизации?) сульфосолей. Такая сера выделяется в исключительных случаях при распадении *бурнонита* или *энаргита*. О ходе процесса мы можем делать только догадки, и он не играет видной роли в земной коре.

254. Отдельно должен быть поставлен процесс распада, с выделением самородной серы, сернистых соединений, коллоидальных или гидратных, образующихся в грязи морей или озер (ср. § 259, 261). По наблюдению Буканана, количество свободной серы в океанической грязи не превышает 0,003%. Может быть, ее несколько больше в прибрежной и заливной грязи. Однако, во всяком случае, количество серы, выделяемой из соединений на дне океанов, значительно меньше того ее количества, которое вносится в океаны в виде сульфатов⁶.

Здесь выпадают, может быть в связи с жизнедеятельностью низших организмов, сернистые соединения железа и марганца, вероятнее – их *гидраты*⁷,

¹ *Leprince Ringuet*, 1901, с. 396. В малом количестве сера этим путем получается в каменно-угольных залежах нередко.

² Примеры см. у *K. Leonhard* 1853, с. 276. Леонгард указывает, что сера выделяется и в коллекциях на образцах лигнита. Ср. также *Loretz*, 1863, с. 670.

³ *Schmidt*, 1898, с. 210.

⁴ *Foulon*, 1890, с. 318 – одновременно выделялись гипс и кислородные соединения сурьмы. Выделение гипса и серы, может быть, указывает на вторичную реакцию $H_2S + CaCO_3$.

⁵ Рот (*J. Roth*, 1879, с. 107) допускает образование ее из алабандина – MnS . Он ссылается на работы Вуркарта и Гефера. Однако Буркарт (*Burkart*, 1866, с. 409) указывает на нахождение алабандина с серой, галенитом, халькопиритом, блеклой рудой и т.д. (в руднике Пресиоза-Сангве-де-Кристо около Оризабы в Мексике) при условиях, совершенно не позволяющих выяснить генезис серы. Г фор для Нагиага (*H. Holer*, 1866, с. 18–19) указывает на пленки серы, покрывающие кристаллы алабандина, и на чрезвычайно редкое ее нахождение в пустотах алабандина, но не решается высказать мнение о ее генезисе, допуская даже возможность ее первичного образования.

⁶ *Buchanan*, 1891; *Murraya. Hjort*, 1912, с. 181; *Murray a. Irving*, 1893, с. 481; *Murray*, 1900, с. 673.

⁷ См. *Веруго*, 1899, с. LIIF. Гидрат сернистого железа – гидротроилит, по Сидоренко (1897, с. 127; 1901, с. 97).

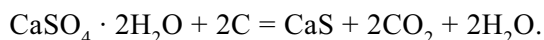
и при их распадении выделяется порошковая самородная сера¹. Очень возможно, что и само выделение серы связано с жизнедеятельностью низших организмов (§ 259). К сожалению, процесс ее образования химически не выяснен.

Любопытно, что при распадении этих гидратов в осадочных породах сера не выделяется. Здесь эти гидраты или переходят в многосернистые тела – пирит и марказит, или дают сульфаты (купоросы).

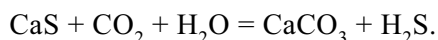
255. Гораздо большее значение имеют серные месторождения, происшедшие путем распадения простых и сложных *сульфатов*, главным образом гипса, гораздо реже – других тел, например барита², квасцового камня³, целестина⁴ и пр.

Главная масса самородной серы земной коры связана с распадением *гипса* (отчасти *ангидрита*), этого наиболее важного, тесно связанного с процессами жизнедеятельности организмов, сернокислого соединения земной поверхности. Какого бы происхождения гипс ни был, он всюду в присутствии органических веществ разлагается и, как показал еще Стеффенс в начале XIX века, эти продукты разложения гипса в присутствии воды дают сероводород, распадением которого происходит самородная сера. В природе гипс часто генетически связан с органическими веществами. Так, образуясь из водных и озерных бассейнов, он непосредственно приходит в соприкосновение с продуктами разложения организмов; на земной поверхности обтекающая гипс вода постоянно заключает органические вещества⁵. Поэтому они часто проникают в кристаллы гипса, дают в нем растворы.

Схема вызванного ими разложения гипса может быть выражена следующей формулой:



Одновременно, под влиянием воды и уголекислоты, начинается обратная реакция:



В этой схеме⁶ гипотетичным является образование CaS (*ольдгамита*), который до сих пор научно не констатирован в земной коре⁷. Однако, если при

¹ Buchanan, 1891, с. 17–30. Принадлежность этой серы, существование которой дознано химически, к α -сере не доказана. Такая же сера находится в иле Черного моря (Сидоренко, 1897, с. 130).

² Например, в Пестеровском прииске на Алтае (Щуровский, 1846, с. 228); Гуитцуко в Мексике (Landeiro, 1891, с. 49).

³ Например, в Равен-де-ла-Крэ, около Пюи-де-Дома в Оверни (Daubrée, 1862, с. 70).

⁴ Например, в различных местностях среди целестиновых пород Нью-Йорка и Мичигана (Kraus u. Hunt, 1906, с. 5). Авторы предполагают процесс аналогичным распадению гипса. Сера, по их мнению, выпадает из SrS. Этот процесс указывал уже Daubrée (1862, с. 70 и сл.).

⁵ По мнению Надсона (1903, с. 79–80), восстановителем гипса является не органическое вещество, а водород, выделяемый низшими организмами при разных реакциях разложения.

⁶ Ср. Daubrée, 1862, с. 70 и сл. Может быть дана и другая схема, связанная с образованием $\text{Ca}(\text{HS})_2$ – также совершенно гипотетического продукта. Об этом см. Сидоренко, 1904, с. 31–32. О гипотетичности всех этих схем см. Надсон, 1903, с. 78.

⁷ В желваках серы в дилuviальных слоях Мертвого моря указывается присутствие следов CaS (Blanckenhorn, 1896, с. 47).

данных условиях образуется не CaS , то неизбежно должен выделяться какой-нибудь другой продукт, который легко разлагался бы под влиянием H_2O , с выделением H_2S , ибо образование серы из гипса всегда связано с выделением H_2S . Этот газ неустойчив и на земной поверхности окисляется различными процессами, давая самородную серу (§259).

Так или иначе, сероводород образуется в земной коре из гипса и других сульфатов в огромных количествах. Всюду в толщах гипса находятся многочисленные *серные источники*, которые выделяют сероводород и затем серу. Едва ли есть хотя бы одна залежь гипса, где бы этот процесс не был выражен в большей или меньшей степени, в то или иное время ее истории.

256. К числу месторождений серы, связанных с гипсами, относятся и богатейшие в мире месторождения *Сицилии*.

Залежи самородной серы расположены здесь южнее центральной Мадуанской цепи гор, проходящей через всю Сицилию; лишь небольшое Леркарское месторождение (в провинции Палермо) лежит севернее Мадуанских гор. Наибольшая длина площади, занятой серными месторождениями, равна 160 км, наибольшая ширина (от Ликаты до Никозии) достигает 90 км, а общая площадь, занятая серными месторождениями, должна исчисляться в 800 км². Залежи серы не лежат непрерывными пластами; они распадаются на отдельные более богатые участки, из которых наиболее важны месторождения около Леркары, Ракальмута, Кальтанизетты, Джибеллины и т.д.

Самородная сера находится в морских третичных отложениях, относящихся к нижнему плиоцену (по некоторым определениям – верхнему миоцену), местами прикрытых верхним плиоценом и отложениями четвертичной эпохи. Эти морские отложения образовались на дне лагун, мелких бассейнов. Под ними лежат мезозойские и эоценовые слои – известняки, глины, мергели. В строении серных месторождений резко сказались физико-географические условия их образования: явления замирания мелководных морских и солонцоватых бассейнов, химические реакции, в них происходившие. В основании среднетретичных слоев лежат песчанистые глины, богатые гипсом и каменной солью. Над ними находится мощный слой трепела (60–70 м и до 150 м), подстилающий серно-гипсовую формацию. Эта последняя состоит из глин, гипсов, известняков, содержащих серу, песчаников.

Серная руда образует пласты мощностью 1,5–2 м, иногда до 30 м. Местами наблюдается несколько ее пластов в одном и том же месторождении. Характерно, по опытам Специа, постоянное нахождение стронциевых соединений в слоях, богатых самородной серой. Серно-гипсовая формация в среднем достигает мощности 100 м, иногда 150 м. Обычно снизу сера встречается отдельными включениями в известняках; кверху скопления серы неправильной формы все увеличиваются и, наконец, прикрываются гипсами. В гипсах также встречаются богатые скопления серы.

Вся эта местность сильно дислоцирована, и эти дислокации вызвали процессы вторичной метаморфизации серы; может быть, этими процессами объясняется выделение CO_2 , H_2S , наблюдаемое местами образование различных сопровождающих серу кристаллизованных минералов, особенно целестина. Всюду здесь сера сопровождается асфальтом, нефтью, газообразными углеводородами. Подавляющая масса руды состоит из землистой серы; известняк, заключающий 8–10% серы, составляет уже хорошую серную руду; однако

известны более мощные отложения, дававшие 30% чистой серы в среднем (например Перниче, около Ракальмута). Были даже слои, состоявшие на 80–90% из самородной серы. В небольших количествах сера рассеяна, однако, во всех третичных (от эоцена до плиоцена) слоях острова.

Уже из этого описания ясно образование сицилийской серы на месте, путем обычных химических процессов, идущих в морской грязи, в осадочных отложениях, вне участия вулканических процессов, но такое объяснение проникало в науку медленно, вследствие грандиозных размеров сицилийских месторождений. Впервые в 1810 г. аббат Ф. Феррара определенно указал на необходимость признать для сицилийской серы *морское* происхождение¹; в 1830-х годах Джеммелларо (§ 247) указал на значение организмов в ее образовании. Но мы не имеем здесь простого химического процесса. Сера образовалась сложным распадением остатков организмов в присутствии морских солей и, может быть, при участии метаморфических процессов. В образовании ее здесь участвовали углеводороды, может быть, частью происшедшие из организмов: в результате их действия на гипс должно было идти образование CaCO_3 и S, причем процент S может при этом процессе доходить до 24. Это количество как раз отвечает богатой серной руде. Но вполне возможно, что часть сероводорода образовалась в этих местах помимо гипса, давая обычным образом (§ 259) начало отложениям серы: Несомненно, сера этих месторождений выделялась не одновременно. Различают по крайней мере два разных выделения самородной серы: первое – одновременно с образованием CaCO_3 , мергеля или известняка и второе, – когда сера выделялась много позже, после отложения известняка². Процесс ее выделения длится до сих пор, и, несомненно, в этих колоссальных скоплениях самородной серы шли разнообразные процессы изменения и образования как серы, так и серных соединений в течение долгих столетий, прошедших после замирания плиоценовых мелководных морских бассейнов (§ 258).

257. Очень схожие месторождения того же или почти того же возраста известны в другой местности Италии, где развиты мощные отложения серы, – в Романье (около Чезены, Пертикары и т.д.)³. Здесь слои серы, перемешанные с гипсом, более богаты органическими веществами, чем сицилийские, и процесс образования серы еще не закончился, идет на наших глазах. Слои, мощностью 0,3–3 м, относятся, по-видимому, к конгериевым пластам верхнего миоцена.

Аналогичны когда-то мощные слои серы в Испании, около Кадикса (Кониль и другие, месторождения), где сера лежит в третичных известняках и мергелях⁴, или в Галиции – в нижнемиоценовых слоях (Своцовице, Трускавице и т.п.)⁵.

¹ Jervis, 1881, с. 231.

² Об этих важнейших месторождениях см. Mottura, 1870; 1871, с. 375; Rath, 1873, с. 584; Lasaulx, 1879, с. 503 и сл.; Jervis 1881, с. 227 и сл.; Baldacci, 1886; Spezia, 1892; Fuchs et De Launay, 1893 (1), с. 265 и сл.; De Launay, 1913, с. 330, 333. О биологической гипотезе см. Bargogli-Petrucchi, 1915, с. 631, 761; Stelzner u. Bergeat, 1905–1906, с. 457 и сл.

³ Jervis 1881; Bombicci, 1894.

⁴ Calderon u. Tenne, 1902.

⁵ Foullon, 1885, 1887; Zepharovich, 1869, с. 229.

Месторождения этого типа широко распространены в земной коре, но нигде они не дали скоплений, сравнимых по значению с сицилийскими. Отложения Луизианы, занимающие наиболее близкое место к сицилийским, по-видимому, отличны по своему генезису (§ 262). Везде в таких месторождениях можно наблюдать и теперь процесс образования серы, например, в Чарковах¹ (§ 266) или в Сюкееве² (§ 266). Здесь слои гипса пропитаны до сих пор органическими веществами, и хотя главная часть процесса образования серы закончилась, но она все еще временами выделяется.

Выделение серы находится в тесной связи с климатическими условиями; так, например, в северных странах нашей области главная масса серы выпадает зимой – вследствие замерзания H_2O и выделения растворенного в ней сероводорода³. Обычно при этом мы не имеем больших залежей серы, а наблюдаем лишь ее отложения в воде источников, временных или постоянных, образующиеся распадением гипса. Так, в богатых гипсом местностях Архангельской и Олонецкой губ. после таяния снегов идет в небольших озерах и талых водах выделение серы, собирание которой дает начало кустарному промыслу. В более южных местах, например в Андалузии⁴, процесс усиливается после дождей – может быть, в связи с жизнедеятельностью организмов, вызывающих разложение гипса. Многочисленные источники этого типа и связанные с ними небольшие месторождения серы наблюдаются всюду в слоях земной коры, богатых осадочными породами, содержащими гипсы. В Европейской России они развиты в Поволжье – в губерниях Симбирской, Самарской, Казанской⁵. К тому же типу относится сера Закаспийской обл., например Каракумской песчаной степи⁶ (ср. § 270) и т.д.

258. Во всех серных залежах идут дальнейшие химические процессы под влиянием воды, изменения температуры и давления. Эти процессы усиливаются в более древних серных отложениях, например в сицилийских, подвергавшихся процессам метаморфизации или пронизанных трещинами, открывающими доступ водам, жильным выделениям (§ 256).

Наиболее резко выражается изменение серы в ее *перекристаллизации*, выделении ее многогранников. В отличие от серы вулканических местностей, кристаллы серы этих месторождений всегда вторичны, вызваны переработкой ее первичных, землистых (§ 245) выделений. Здесь в пустотах и трещинах серной руды идет перекристаллизация серы из *водных растворов*⁷, доставляющая нередко в коллекции великолепные штUFFы этого минерала. Многогранники серы, таким образом образованные, часто парал-

¹ Кандаки, 1896, с. 324.

² Вилениус, 1885.

³ Ср. Игнатъевский 1832, с. 184.

⁴ Galderon, 1889, с. 107.

⁵ Озерский, 1867 (2), с. 77 и сл. Ср. § 256.

⁶ Маевский, 1897, с. 75 и сл.

⁷ Несомненно, α -сера отчасти растворима в воде, особенно заключающей следы сернистых щелочей. Процесс, к сожалению, плохо выяснен. См. Любавин, 1897, с. 167; Bütschli, 1899, с. 279; Engel, 1891, с. 867; Moissan, 1902, с. 1282. Растворенная сера найдена Муассаном в воде горячего источника Бордё около Люшона. Несомненно, что частью растворена коллоидальная сера или ее гидрат. Ср. В. Linne, 1907, с. 857, 361, 847. Коллоидальная сера поглощает воду, особенно в присутствии H, K, Na в малых количествах. Водные растворы серы связаны с диссоциацией сложных соединений, богатых серой (Bary, 1920, с. 433).

лельные сростки, достигают иногда длины многих сантиметров, дециметра и больше.

Здесь сера сопровождается кристаллами новообразований – меланофлогита, барита, целестина, кварца, халцедона, арагонита, кальцита, образование которых шло местами одновременно с перекристаллизацией серы; местами кристаллы серы находятся внутри кристаллов горного хрусталя, выпавших из водных растворов (Пфорцгейм в Бадене, Своцловице в Галиции¹ и т.д.).

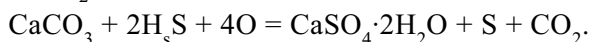
Очень возможно, что уже при перекристаллизации часть серы исчезает – переходит в новые соединения, так как объем серной залежи уменьшается и перекристаллизация идет в водных растворах, богатых кислородом или содержащих вещества, способствующие окислению тонко раздробленной серы (§ 263). Этим окислением как бы завершается цикл ее истории на земной поверхности.

Нельзя не отметить закономерность изучаемого процесса. Повсеместность образования самородной серы из гипса особенно интересна благодаря истории гипса в осадочных породах. В них гипс прямо или косвенно связан с жизнедеятельностью организмов. Поэтому можно говорить *об органическом происхождении выделившейся из него серы*. Проходя через гипс и серный колчедан, самородная сера является окончательным продуктом распада сложных (белковых) тел, в состав которых она входит в организме, или образуется распадением сульфатов за счет энергии, скопленной организмами.

259. Во всех случаях образования самородной серы из *сульфатов* самородная сера в конечном результате, как мы видели, выпадает из *сероводорода*. Но сероводород на земной поверхности образуется не только из сульфатов, он выделяется из тектонических трещин, при вулканических извержениях, выветривании сернистых соединений, жизнедеятельности организмов и т.д. Очевидно, самородная сера будет выпадать из сероводорода на земной поверхности, какого бы происхождения он ни был. Поэтому и парагенетические условия таких ее месторождений будут очень разнообразны.

Самый процесс распада H_2S с выделением серы довольно сложен. По-видимому, мы имеем два резко различных способа его изменения: 1) разложение сероводорода путем простых химических реакций и 2) распадение его при участии организмов.

Сероводород в обычных условиях, в газообразном состоянии, почти не разлагается на воздухе, и при выделении в какой-нибудь местности он уносится в атмосферу, а затем окисляется и дает серноокислые и сернисто-кислые соединения. Но уже при более высокой температуре, в сольфатарах (§ 248) и горячих серных источниках, идет прямой процесс окисления сероводорода, связанный с выделением серы и синтезом воды. При более низких температурах тот же процесс может быть связан с более сложными реакциями, например с действием на H_2S углекислого кальция в присутствии кислорода:



Этот процесс, по-видимому, идет в природе в широких размерах и характеризуется *одновременным выпадением гипса* (иногда ангидрита – например,

¹ Breithaupt, 1849, с. 27; Zepharovich, 1869, с. 227.

в Кукурт-Тау около Петровска¹) и серы. Одновременное образование сернокислых солей и серы характеризует подобного рода генезис, и одновременно с этим *сера выпадает, по-видимому, не в форме α -серы, а в форме β -серы*¹.

Гораздо резче и при более низких температурах идет окисление H_2S , находящегося в водных растворах, всюду сопровождающих газообразный H_2S в природе, так как сероводород легко растворяется в воде. Эта реакция была уже известна давно, еще в XVIII веке; она дает коллоидальную серу, но, к сожалению, совсем не изучена². В природе наблюдается выделение такой серы в виде белой мути в серных источниках. В России такого рода источники широко распространены на Кавказе в связи с выходами H_2S , например в Дагестане около Петровска, около Деси, Абано и т.д., вблизи Военно-Грузинской дороги и т.д. (§ 268).

С другой стороны, при разложении организмов в морской воде или иле, при большом доступе воды, содержащей в растворе кислород, происходит прямое окисление H_2S и выделение серы за счет растворенного в воде кислорода. Такой процесс идет на берегу морей, например в небольших и мелких заливах около Гельголанда, где огромное количество водорослей омывается морем; тот же процесс идет в соленых озерах, например в Вейсовом озере Харьковской губ.³ По-видимому, надо отличать этот процесс окисления H_2S от его распада под влиянием жизнедеятельности водорослей и грибов.

260. Образование серы из H_2S путем его окисления происходит еще другим образом – жизнедеятельностью *организмов*, главным образом *серобактерий*⁴. Их можно найти почти всегда в прудах и болотах, в стоячих водах, на дне которых гниют органические остатки и которые всегда содержат некоторое количество H_2S . В местах выделения H_2S – например, в лиманах, мелких морских заливах в Черном море (§ 261) и проч. – эти серобактерии образуют значительные скопления, целые колонии. Они живут и в горячих серных водах. Трудно поэтому иногда отделить процесс прямого окисления H_2S , указанный в предыдущем параграфе, от процессов, связанных с жизнедеятельностью микроорганизмов.

Серобактерии образуют разнообразные группы: бесцветные *Beggiatoa*, *Thiotrix*, *Thiophysa* и т.д., пурпуровые *Chromatium*, *Rhabdoochromatium* и т.д. Эти бактерии, разлагая сероводород, выделяют *жидкую серу*, собирающуюся в виде капель в их клетках, где она составляет для них запасное питательное вещество. Сера иногда составляет в нитях *Beggiatoa* 95% по весу всей их массы⁵. Сера сохраняется в них лишь в присутствии H_2S ; позже эти бактерии, при жизни, окисляют ее в сульфаты. Понятно поэтому, что этим путем не может образоваться значительных ее отложений при сохранении серных бактерий живыми. Жидкая сера серных бактерий часто еще до отмирания клеток переходит в аморфную, в β -серу и, наконец, в α -серу.

¹ Вернадский, 1902, с. 480.

² Svedberg, 1909, с. 238 и сл.

³ Надсон, 1903, с. 32.

⁴ F. Cohn, 1875; Plauchud, 1877, с. 235; С. Виноградский, 1888 (литература); Miyoshi, 1897, с. 140; Надсон, 1903, с. 32, 38 и сл.; 1914, с. 52 и сл.; Омелянский, 1909, с. 310; Lieske, 1912; G. Hintze, 1913, с. 189.

⁵ Омелянский, 1909, с. 317. О других выделяющих серу микроорганизмах, живущих в морской воде, см. Nathansohn, 1902, с. 655; G. Hintze, 1903, с. 309.

261. Такое участие низших организмов в образовании самородной серы вызывает усиленное накопление ее в тех участках земной коры, в которых живут эти организмы. Но, сверх того, условия жизни организмов сказываются на формах выделения серы – тонких микроскопических каплях, порошинках, микроскопических кристаллах.

Организмы, связанные с выделением серы, часто сосредоточиваются в местах, где скопляется разлагающееся органическое вещество, в среде которого они нередко живут, так как гниением организмов выделяется H_2S . Поэтому в этих местах нередко находится и самородная сера. Так, она выпадает в грязи морей и океанов, где гниют морские организмы, в лиманах Черного моря (§ 266), в речной грязи, попадает в водах океана¹.

В Черном море, на некоторой глубине, над уровнем воды, содержащей растворенный в ней H_2S , вероятно, находится тонкая пленка колоний бактерий, окисляющих H_2S и выделяющих серу². Эта тонкая пленка, в общем, занимает огромные пространства, так как все нижние слои воды Черного моря лишены жизни и богаты H_2S . Однако образующаяся в этой узкой пленке сера не дает скоплений: она является временным продуктом жизнедеятельности организмов.

Сера постоянно образуется в сапропелевых отложениях и в богатых органическими веществами глинах. В разное время количество свободной серы колеблется. Так, например, в сакской грязи (1882–1910 гг.) содержание серы уменьшилось на 1,5%, в мойнакской (1880–1910 гг.) увеличилось на 0,3%³.

По опытам Б. Досса, в современных сапропелевых осадках из залива Штиктзее около Риги наблюдалось 0,235% свободной серы, в древнеаллювиальных из Зуменгофа (там же) – 0,148%, в современной грязи (целебной) из Арнсбурга – 0,619%⁴. Выделение этой серы связано с жизнедеятельностью бактерий.

Можно различить в грязи пресных и солоноватых вод три типа бактерий, выделяющих серу: над поверхностью грязи находятся виды *Thiotrix*, на грязи – *Beggiatoa* и, наконец, в грязи – *Thioploca*. *Thioploca* впервые найдена в грязи устья Невы С. Вислоухом (1911).

В болотах и некоторых торфяниках иногда скопляются тем же путем значительные массы порошковой серы⁵.

Процессы образования серы, идущие этим путем, иногда приводят к выделению самородной серы непосредственно в остатках организмов; получают *окаменелости* и отпечатки, превращенные в самородную серу. Так, например, в Свощовицах она находится на отпечатках листьев и т.д. (см. также § 244). Следы свободной серы очень часты в почвах⁶.

262. Может быть, отчасти в тесную связь с выделением H_2S должны быть поставлены и месторождения серы, сопровождающие некоторые месторождения нефтей, хотя этот вопрос далеко не ясен.

¹ О сере в глинах см. Досс, 1912, с. 706; Kolkwitz, 1912, с. 662; Wilmot, 1851, с. 476 – анализ Фарадея. О сере в речной грязи, например в иле р. Шпре, – см. Spitta, 1900, с. 273.

² Егунов, 1900, с. 61.

³ Гемилан, 1911, с. 4.

⁴ Досс, 1913, с. 991.

⁵ Уже Шпренгель (Sprengel, 1844) указал на ее выделение в торфяниковых почвах. Для болот Австрии см. Krämer u. Spilker, 1900, с. 2941.

⁶ Shorey, 1913, с. 25; Brown a. Kellogg, 1915, с. 552.

Как известно, есть ряд нефтей и асфальтов, содержащих серу и обычно выделяющих на воздухе H_2S . В каком виде там находится сера, вполне точно неизвестно; в нефти (маберите) она, по-видимому, находится частью в виде: 1) H_2S , растворенного в нефти, 2) тиофенов и меркаптанов или их аналогов, входящих в состав нефти, и 3) наконец, в виде *серы в растворе в нефти*. На последнее указывают опыты американских ученых¹, которые нашли, что в техасской нефти, после удаления из нее H_2S , некоторые фракции перегонки выделяли при стоянии кристаллы серы. Эти кристаллы могли выделиться или при распадении тиоуглеводородов, или из раствора².

Генезис серы при распадении нефтей, содержащих серу, таким образом, неясен. И эта неясность еще более увеличивается вследствие того, что сера может выделяться при *образовании самой нефти* и таким образом быть парагенетически с ней связана. Так, например, самородная сера может выпадать вместе с нефтью, если допустить возможность образования углеводородов при действии H_2S или SO_2 на известняк, – процесс, который, весьма вероятно, происходит в больших размерах при вулканических извержениях и который, как мы видели, иногда дает самородную серу (§ 259). При этом сера (и гипс) будет *спутником нефти*³. С другой стороны, возможно разложение гипса нефтью с выделением серы (см. § 255).

Как бы то ни было, сера очень часто связана с залежами нефти или асфальта, например около Еникале в Крыму (§ 266), в Эльзасе⁴ и т.д. Значительные скопления такой серы наблюдаются в неогеновых слоях Луизианы⁵ (§ 265).

На этом не заканчиваются условия образования самородной серы. Она может выпадать из других природных соединений, нестойких и быстро изменяющихся на земной поверхности, но постоянно на ней образующихся, например, из солей тионовых кислот, может быть, обычных в морской грязи. Существует одна группа микробов, выделяющих серу, но не отлагающих ее внутри клеток и не употребляющих ее для питания. Это живущие в морском или тионовокислых бактерии. Сера выделяется при окислении ими тионовокислых солей в сернокислые. Роль в природе этих бактерий неясна⁶. С другой стороны, сера может выпадать распадением алюмосиликатов и силикатов, заключающих в боковой цепи серу (например, ультрамарина – ср. § 247).

263. Изменение самородной серы. Образовавшись в коре выветривания, самородная сера, однако, в ней неустойчива⁷. Она медленно окисляется и дает начало сульфатам. Это изменение совершается в тесной связи с тонким раздроблением серы (§ 33).

¹ Richardson a. Wallace, 1902, с. 317.

² К последнему мнению склоняются также C. Hayes a. W. Kennedy, 1903, с. 150.

³ Такова теория образования нефти, высказываемая Россом (Ross, 1891, с. 191). О сере в нефти см. сводку Engler, 1903, с. 471.

⁴ C. Hintze, I, 1898, с. 76 – генезис неясен.

⁵ C. Hayes a. W. Kennedy, 1903, с. 23, 71.

⁶ Омельянский, 1909, с. 319.

⁷ Об окислении серы см. Базаров, 1880. Сера неизвестна в россыпях. О ее нахождении в атмосфере см. Phipson, 1901, с. 42–70. О влиянии бактерий на окисление серы в почве см. еще Brioux et Guerbet, 1913, с. 1479; Waksman a. Ioffe, 1922, с. 35. Окисление серы в воздухе может происходить под влиянием микроорганизмов. См. Beijerinck, 1910, с. 59.

Впервые такое изменение было наблюдаемо для серы, употреблявшейся для борьбы с филлоксерой. Марэ¹ заметил, что земля около участков, в которые внесена сера, обогащается гипсом и в то же самое время сера исчезает (окисляется).

Наблюдения Поллаччи² подтвердили эти данные и доказали, что порошок серы окисляется в присутствии CaCO_3 и других щелочноземельных карбонатов. Однако и в их отсутствие достаточно влажности, чтобы шел тот же процесс окисления порошковой серы (серного цвета и α -S); при нагревании интенсивность процесса увеличивается; так, например, он более ясно заметен в пределах температуры +35 и 50° C³. При обработке водой такая сера дает серную кислоту, быстро переходящую в раствор и затем в сульфаты – гипс и др. Эти опыты Поллаччи были подтверждены Муассаном. Процесс этот, несомненно, играет крупную роль в природе (ср. § 33).

Возможен и другой процесс ее выветривания – процесс *гидрогенизации серы* водородом, выделяющимся всюду в почве при гнилом распаде органических остатков. С. Виноградский наблюдал переход S в H_2S у гниющих *Beggiatoa*. Некоторые исследователи допускают у некоторых микробов (дрожжей) существование особого энзима, *филотиона*, переводящего серу в H_2S ⁴. К сожалению, эти процессы *выветривания* серы, как мы видим, изучены и выяснены крайне недостаточно и в настоящее время могут быть указаны лишь в общих чертах, но не поддаются точному учету и объяснению.

Но сера должна исчезать не только в коре выветривания, где она дает, как мы видели, кислородные соединения. Она исчезает и в *метаморфической области земной коры*, ибо, как указано (§ 33, 246), в этой области никогда не наблюдается самородная сера. Здесь, однако, она должна давать соединения другого рода, чем в коре выветривания; она должна соединяться с водородом и металлами, переходить в сернистые металлы, сероводород, может быть, в многосернистые соединения.

Одной из причин исчезновения серы в метаморфической области должно являться то, что сера разлагает при температуре около 100° воду. При этом выделяется H_2S , т.е. сера становится на место кислорода. По-видимому, это реакция сложная, не идет очень далеко и связана с формой нахождения серы или примесями к ней⁵. В случае присутствия сернистых щелочей сера дает полисернистые соединения и разлагает H_2O ⁶. К сожалению, эти процессы совершенно не изучены. Их неизбежность для нас вытекает только логически, из наблюдения типов месторождений.

Коллоидальная сера участвует в образовании FeS_2 из гидротроилита и т.д. в морской и озерной грязи⁷. Во время вулканических извержений, под влиянием кислорода воздуха, значительная часть серы сгорает⁸.

¹ Marès, 1870, с. 219.

² Pollacci, 1874, с. 242 и сл.

³ Pollacci, 1875, с. 270.

⁴ Омелянский, 1909, с. 309. Существование филотиона требует подтверждения.

⁵ Gélis, 1863, с. 1015 и сл. Ср. De Girard, 1863, с. 797; Corenvirder, 1861, с. 440; Gripon, 1863, с. 1137. Разложение H_2O с выделением H_2S наблюдалось уже Планшем (Planche, 1822, с. 371), но он думал (так же как Жели), что действует водород, включенный в серу.

⁶ Gélis et Fordos, 1846; De Girard, 1863, с. 798.

⁷ Docc, 1912, с. 701–706.

⁸ Brun, 1911, с. 168 и сл.

264. Труд человека. Самородная сера служит главным источником этого тела в практической жизни. Долгое время сера имела относительно небольшое применение, главным образом в народной и врачебной медицине (серный цвет) и ветеринарии, употреблялась для военных целей, для алхимических опытов.

Лишь с развитием артиллерийского дела и с открытием пороха, с XIII столетия, сера получила важное значение в жизни культурного человечества, и залежи ее приобрели серьезное экономическое значение в жизни государства.

Употребление серы для горючих и даже взрывчатых смесей уходит в далекую древность. Очень может быть, что правы некоторые военные писатели¹, отодвигающие в древние жреческие общины открытие взрывчатых смесей, употребление серы для военных целей. Но развитие этого дела шло медленно.

В культурном округе Средиземного моря сера употреблялась для военных целей, несомненно, уже в эллинистическую эпоху; она шла для зажигательных смесей. В это время в рецептах смесей особенно рекомендуется с этой целью употребление природной серы².

Но настоящее значение добыча серы приобрела с XIII столетия, когда впервые, вероятно в Китае, был открыт порох. Уже в XIII веке порох был известен отдельным ученым в Западной Европе (Р. Бэкон), а в XIV – начале XV века где-то в Германии было усовершенствовано огнестрельное оружие. Для пороха, так же как и для старинных зажигательных смесей, вначале старались употреблять природную серу³.

Позже открылся другой источник употребления серы – приготовление серной кислоты, достигшее в середине XVIII столетия, сперва в Англии, значительного развития. До начала XIX столетия, когда наполеоновские войны, изолировавшие Англию, произвели крупные изменения в этом основном для химической промышленности производстве, природная сера являлась главным источником серной кислоты. Промышленность, лишенная подвоза сицилийской серы, обратилась к другим ее источникам, и для приготовления серной кислоты конкурентом серы в это время явился серный колчедан.

Широкое развитие войн, химической промышленности, разнообразное употребление пороха в жизни и технике вызвали усиленную разработку серы начиная с XIII–XIV столетий. Из Шотландии сера вывозилась уже в XIII столетии. Эта разработка шла, все увеличиваясь к XIX столетию. По-видимому, вначале было несколько независимых местных центров ее добычи в Западной Европе; из некоторых мест она служила даже предметом вывоза; так, например, долгое время вывозили из Исландии вулканическую серу. В 1563 г. датское правительство купило у местных жителей все серные месторождения и вначале развило большой вывоз. Вследствие падения цен на серу эта промышленность позже пала и уже не возрождалась заметным образом⁴. Однако все эти местные разработки не имеют значения и, по-видимому, давно

¹ Jähns, 1880, с. 511.

² Romocki, 1895, с. 8 и сл.

³ Romocki, 1895, с. 58, 113, 185; Jähns, 1880, с. 775 и сл.

⁴ Thoroddsen, 1889, с. 161.

замерли благодаря нахождению неисчерпаемых количеств природной серы прекрасного качества в древних серных копях Сицилии, откуда выработаны колоссальные ее количества в течение многих веков; разработки здесь шли непрерывно в течение столетий, вероятно – более двух тысячелетий.

Только некоторые местности Африки и Азии стояли вне зависимости от Сицилии. В древних культурных государствах Азии уже со времен средних веков были свои центры добычи серы, как, например, в Персии, откуда уже арабы вывозили серу в Китай¹. Издавна сера добывалась и в других местах, например в Фергане и Туркестане². Здесь некоторые области были обложены «серной податью». К сожалению, мы совершенно не в состоянии учесть эту работу народных масс Азии. Очевидно, она была огромна, так как огнестрельное оружие и порох давно вошли здесь в народный обиход.

Для Америки Сицилия долгое время сохраняла то же значение, какое она имела для Европейского континента. Сицилийская сера шла через океан в Новый Свет.

265. Из Сицилии вывезено колоссальное количество серы. Долгое время она стояла вне конкуренции. В 1833 г. синдикат Сицилии увеличил цену серы втрое. В 1837 г. М. Перре открыл удобный способ добычи серы из пиритов и ограничил монополию природной серы. В 1880-х годах усиленное получение серы из колчеданов подорвало было эту промышленность, но затем быстро возросшая потребность в сере вызвала ее дальнейшее развитие.

В Сицилии было добыто серы³:

В 1860 г. – 155 тыс. т	в 1900 г. – 500 тыс. т
» 1880 » – 310 » »	» 1905 » – 550 » »

Но в 1906 г. было добыто только 387 432 т серы. Ее добыча начала падать под влиянием разработок серы в Луизиане (§ 262), где в 1903 г. было добыто 35 тыс. т, в 1905 – 200 тыс. т, а в 1909 г. – 303 тыс. т серы⁴.

Мировая добыча серы увеличивалась благодаря новым приложениям в земледелии, пиротехнике, для вулканизации каучука и т.д. В 1883 г. добывалось 400 тыс. т природной серы, в 1909 г. – 830 тыс. т⁵. В Луизиане были применены особые способы добычи (Фраша), позволившие, переведя серу в жидкое состояние перегретым паром, добывать ее из скважин выкачиванием, как жидкость. В настоящее время борьба за международный рынок является в Италии государственной задачей, так как добыча самородной серы играет огромную роль в жизни населения⁵. Добыча ее в Сицилии поставлена до сих пор очень примитивно, но запасы ее все еще огромны.

¹ Дживилегов, 1904, с. 61.

² Китай брал дань серой и нашатырем из некоторых мест Туркестана (Урумчи, Хочу и т.д.). См. Мушкетов, 1906, с. 323. Арабские писатели X века указывают серу как предмет вывоза из Ребинджана (Бартольд, 1900, с. 245). Ребинджан лежал между Бухарой и Самаркандом (там же, с. 99).

³ «Zschr. prakt. Geol.», 1906, с. 29. Цифры добычи серы в Сицилии все разные. Кроме вышеприведенных цифр, «A.R.» (1907, с. 729) дает для тех же годов иные: для 1899 – 490 325 т, для 1905 г. 456 261. Между тем в «The Statesmans Yearbook» (ed. by Scott Keltie, 1907, с. 1150) для 1900 г. дана вся добыча Италии 3 760 000 т серной руды. Для сицилийских разработок см., например, *Aguillon*, 1894, с. 585; 1898, с. 317; 1906, с. 399 и сл.

⁴ A. R. 1907, с. 729.

⁵ *De Launay*, 1908, с. 370; 1913, с. 319 и сл.

Местная добыча самородной серы не прекращалась все время и при монополии Сицилии. Большое военное значение серы – для приготовления пороха, особенно раньше, до изобретения органических взрывчатых веществ, заставляло правительства поддерживать и развивать разработку внутренних серных залежей. Нигде, однако, эти разработки не превышали местных потребностей. Мировые месторождения серы, кроме, может быть, Луизианы, не были найдены. Мелкие залежи серы известны и разрабатываются в Романье, Галиции, Мексике и т.д. Прежде в России разрабатывались временами залежи серы в Чарковах, Дагестане, Сюкееве на Волге, на Урале (Соймоновское), но все эти месторождения крупного значения не имели¹.

266. Сера в России. Самородная сера находится в очень многих местах на территории нашего государства. «Можно решительно высказаться за то, что в России имеется ряд месторождений, благонадежность которых в смысле запасов чистой серы не подлежит сомнению» (Богданович, Ренгартен, Нацкий, 1917, с. 21). На первом месте – месторождение в Кара-Кумах, которое одно способно удовлетворить потребность в сере в России на долгое время. Ограниченнее, но промышленные месторождения: Чекур-Кояш, Кхиутское, Шор-Су в Фергане, около кол. Шорджа (Малый Балхан). Для многих нельзя решить, большое ли оно или малое (например для дагестанских). Очень важно изучить акчагыльские пласты Закаспийской обл.

В пределах *Европейской России* известны многочисленные бедные ее месторождения различного происхождения².

В *Архангельской губ.*, в *Печорском у.*, сера выделяется в виде серного цвета из серных ключей около горы Адак, около р. Усы³. В *Шенкурском у.*, в Предтеченском «приказе», сера встречена в русле протока⁴. Кроме того, она указана еще у истока р. Странной⁵, около Среднего Погоста (дер. Середьпогостной), в уроч. Меренли⁶, около устья р. Почы⁷. В *Холмогорском у.* сера находится около с. Середмекренского⁷. На *Новой Земле* указана у Староверовской бухты⁸. Сера этих месторождений землистая; она тесно связана с медленными процессами распада H_2S в северных местностях, может быть в связи с жизнедеятельностью организмов (§ 257). Очевидно, на севере России находится много таких ее месторождений, не имеющих никакого практического значения.

На крайнем юге, в *Астраханской губ.*, в *Енотаевском у.*, около южного берега Баскунчакского озера, наблюдается слой породы в 3 м, заключающий серу, происшедшую из гипса⁹. В *Царевском у.*, около Эльтонского оз., встре-

¹ В связи с войной в 1854–1857 гг. все русские месторождения самородной серы были учитываемы артиллерийским ведомством. Результаты исследований были опубликованы позже, и то не вполне. См. *Озерский*, 1867 (2). Ср. также *Б. Винер*, 1870. В это время вся сера ввозилась из Италии.

² О сере см. *Марков*, 1923, с. 163.

³ *Кушелевский*, 1868, с. 38.

⁴ *Мейендорф*, 1849, с. 133.

⁵ *Кокшаров*, 1870 (2), с. 372.

⁶ Коллекция Московского университета. Доставлена Д. Хомутовым в 1895 г. Собирается крестьянами.

⁷ *Marquis*. «*Pharm. Zschr. Russl.*», II, с. 93. Работа была мне недоступна.

⁸ *Свенске*, 1867, с. 19 – по Людлофу.

⁹ Упоминает уже со слов Н. Жоголева в 1860-х годах *Лавров* (1868, с. 111) – «около Богдо». В 1883 г. «открыто» здесь коренное ее месторождение. О нем см. *Глушков*, 1884, с. 175.

чена землистая сера¹. В *Калмыцкой степи* указываются выцветы серы и «серный цвет» в сланцеватых глинах, которые, однако, вернее всего, представляют феррисульфаты².

В *Бессарабской губ.*, в *Аккерманском у.*, свободная сера находится в грязи Будаковского лимана³. В *Хотинском у.*, около Хотина, наблюдается сера в конкреционных и порошковатых формах (отчасти *серный цвет* – § 244); она образуется здесь из гипса и целестина (есть псевдоморфозы по целестину)⁴.

В *Волынской губ.*, в *Староконстантиновском у.*, известны выделения земистой серы в серных источниках у с. Ожеговцы, около галицийской границы⁵.

В *Вятской губ.*, в *Елабужском у.*, в Варзинской даче, самородная сера образуется из серных источников по р. Большой Варзе, около дер. Козубаевой и Варзятчи⁶.

В *Области Войска Донского* сера известна около Таганрога (коллекция Академии наук). В *Сальском окр.* в пресноводных отложениях на Мечетном лимане (залив Бирюкова) и на балке Большой Хоревой (Q_1^1) друзы гипса местами превращены в комок извести с самородной серой⁷.

В *Гродненской губ.*, в *Гродненском у.*, порошковатая сера выделяется в сероводородном источнике около Друскеник⁸.

В *Екатеринославской губ.*, в *Бахмутском у.*, сера найдена в желваках в тесной смеси с феррисульфатами и кремнеземом в огнеупорной глине (может быть, произошла из пирита). Эти конкреции содержат 28,4% порошковатой серы⁹.

В *Казанской губ.*, в *Тетюшском у.*, около Сюкеева, в пермских известняках (§ 246) самородная сера встречается нередко в гипсе с нефтью, кальцитом, кварцем и халцедоном; она образуется и теперь действием нефти на гипс (кристаллы ее дают главным образом комбинации $\{111\} \cdot \{1\bar{1}1\} \cdot \{113\} \cdot \{1\bar{1}3\} \cdot \{001\}$)¹⁰. Одно время это месторождение разрабатывалось. Указана она также в окрестностях с. Средне-Монастырского¹¹. Найдена в *Козьмодемьянском у.*, около Козьмодемьянска¹¹. Встречена в *Казанском у.*, у Моркваш, близ Казани¹¹. Гнезда самородной серы известны в *Спасском у.*, близ дер. Тенишевой¹².

¹ И. Герман, 1789 (2), с. 342. О сере в глинах у Баскунчакского озера см. «Вестник Русск. геогр. общ.», 1854; Сиволобов, 1883; Православлев, 1903, с. 48–67 (сера в глинах в других местах).

² Мушкетов, 1895, с. 101.

³ Вериге, 1883.

⁴ Сидоренко, 1904, с. 20 и сл.

⁵ Ласкарев, 1904, с. 102.

⁶ Игнатъевский, 1832, с. 184.

⁷ Богачев, 1903, с. 150.

⁸ Иностранцев, 1882, с. 50.

⁹ Кондаков, 1883.

¹⁰ О Тетюшах упоминает уже Фальк (1786, с. 55). См. Эрдман, 1812; Широкиин и Гурьев, 1831, с. 32; Головкинский, 1869, с. 252–253; Еремеев, 1867 (1), с. 491; Озерский, 1867 (3), с. 69 и сл.; Вилениус, 1885; И. Мамышев, 1888; Н. Барбот де Марни, 1896, с. 12. Здесь при начале добычи найдены остатки разработок, может быть, времен Болгарского царства (Озерский, 1867 (3), с. 83). См. Frenzel, 1913. О кристаллах – Вернадский, 1902, с. 480.

¹¹ Озерский, 1867 (3), с. 98. Требуют подтверждения.

¹² А. Орлов, 1885, с. 111.

Наблюдалась в *Чебоксарском у.*, около с. Сундыря. В *Чистопольском у.*, в 8 км от Чистополя, около слободы Черемуховой, сера выпадает из источника и из ила. Собирается жителями¹.

В *Курляндской губ.*, на Виндаве, около мызы Нигранды, самородная сера встречается в пустотах известняка².

В *Московской губ.*, в *Московском у.*, старинные авторы указывали «нечистую» серу около Москвы, образовавшуюся в связи с разрушением колчеданов³. Процесс этот весьма возможен, но указания требуют подтверждения, так как пириты дают очень часто порошковатые серно-железные соединения желтого цвета, принимаемые нередко за порошок серы.

В *Нижегородской губ.*, в *Княгининском у.*, сера оседает в речке Якшонке (впадает в Пьяну)⁴.

В *Новгородской губ.*, в *Боровицком у.*, около погоста Шеграина, сера выпадает в связи с серными источниками, образуется разложением H_2S ⁵. Такая же сера наблюдается в *Белозерском у.*, около дер. Ладуниной, в ключах Мухиной пустоши⁶. Уже Герберштейн в XVI столетии указывал нахождение серы «в озере вблизи Белозера»⁷. В *Кирилловском у.* сера указана в источнике у р. Свида, близ оз. Воже и около с. Челонды⁸. В *Старорусском у.* сера содержится в грязи источников⁹.

В *Олонецкой губ.*, в *Каргопольском у.*, около Няндомы Московско-Ярославско-Архангельской ж.д., землистая сера выделяется весной на поверхности приозерных болот¹⁰. Около оз. Лача, в 8 км от устья р. Свида, около Хатеновского погоста, сера добывалась из сернистого источника¹¹. «Желтые выцветы» серы указываются как продукт выветривания антрацита Шунги. Может быть, это феррисульфаты, а не сера? Парагенезис для серы странный.

В *Орловской губ.* налеты «серы» указаны в связи с выходами угля, в сланцах¹². Должно быть, это не сера, а феррисульфаты.

В *Псковской губ.*, в *Порховском у.*, землистая сера выделяется из сернистого источника около с. Демянки на Шелони¹³; в *Великолуцком у.* — около с. Сопки.

В *Рязанской губ.*, в *Скопинском у.*, близ Павельца по р. Теменке, землистая сера наблюдается в аллювиальных глинах, богатых растительными остатками¹⁴.

¹ Грум, 1855, с. 187.

² Вансович, 1827, с. 42.

³ Севергин, 1809, с. 13.

⁴ Паллас, 1773 (2), с. 85.

⁵ «Горн. журн.», 1858, I, с. 576.

⁶ Н. Барбот де Марни, 1868, с. 213.

⁷ Замысловский, 1884, с. 315.

⁸ «Горн. журн.», 1829, IV, с. 276–277.

⁹ Н. Орлов, 1906, с. 25.

¹⁰ Коллекция Московского университета. Доставлена в 1901 г.

¹¹ Борисов, 1910, с. 92, 111.

¹² С. Никитин, 1905, с. 28, 83.

¹³ А. Карпинский, 1876, с. 181.

¹⁴ Романовский, 1856, с. 167 и 1857, с. 195.

В Самарской губ., в Самарском и Бугурусланском у.¹, сера очень распространена. В 6 км от Серноводска, у Серного городка, она лежит в гипсе и добывалась уже раньше 1720 г.; разработки прекратились еще в XVIII веке, в 1769 г.² Здесь и близ Шамбулата от множества серных ключей образовались серные пруды (Молочное оз.), из которых вытекает в р. Сок р. Молочная³. Все эти серные ключи содержат значительное количество постоянно выделяющейся серы в виде порошка, отчего их воды, а также воды р. Молочной и Молочного озера имеют белый цвет. Река Молочная никогда не замерзает. Всюду идет выделение H_2S , являющегося источником современного отложения серы⁴. Такие серные ключи выходят и в других местах, например около дер. Исаклы, против устья р. Суруши и т.д.⁵ Включения серы найдены в скважине в Камышлах на глубине 152 м, в мажущемся белом известняке каменноугольной системы⁶. Сера в гипсе и известняке, в виде отдельных включений, находится по рекам Соку, Сургуту и т.д.; иногда попадаются гнезда прозрачной серы⁷. Около Алексеевска (у устья Кинели) находятся значительные выделения серы в связи с серными ключами⁸. Сера встречена здесь в зернах и кристаллах в известняке⁹. Между Самарой и Серноводском (около Сергиевска) сера найдена, иногда значительными скоплениями, в гипсе в разных местностях (в 6 км от дер. Смышляевки, около Сорокиных хуторов¹⁰, у с. Семейкина и т.д.). В Бузулукском у. просвечивающая самородная сера встречена в 40 км от устья Бузулука¹¹. В Николаевском у. порошковая сера выделяется из Столыпинских минеральных сернистых источников¹². В Новоузенском у. мелкая сера находится в каспийских глинах, богатых гипсом, например, в слоях, пройденных скважиной в Гайсинской оброчной статье, в 25 км на юг от Александрова Гая¹³.

В С.-Петербургской губ., в Петергофском у., старинные авторы указывали землистую серу у с. Копорья¹⁴.

¹ Месторождения были описаны одним из первых натуралистов – Шобером (1760 и 1762), умершим в 1739 г., и указаны П. Рычковым (1762 (1), с. 269). Ср. о них Лепехин, 1771, с. 209; Ауэрбах, 1854, с. 131 и сл.; Озерский, 1867 (3), с. 101 и сл.; Еремеев, 1867 (2), с. 460 и сл.; Б. Винер, 1870, с. 33.

² Фальк, 1785, с. 105; 1786, с. 55.

³ Из самарских озер неочищенная сера добывалась уже в конце XVI века (Меньшенин, 1829, с. 156).

⁴ Явление серных озер совсем не изучено. О нем уже упоминают писатели XVIII века. См. Рычков, 1762 (2), с. 114–116; Паллас, 1773 (2), с. 160 и сл.; Лепехин, 1771, с. 202; Георги, 1798 (1), с. 65; Озерский, 1867 (3), с. 101. Может быть, озера образовались случайно, искусственно, благодаря старинным разработкам, позже залитым водой, т.е. эти озера являются прудами?

⁵ Еремеев, 1867 (1), с. 340.

⁶ Замятин, 1913, с. 157.

⁷ Георги, 1798 (2), с. 338.

⁸ Широкиин и Гурьев, 1831, с. 17; Озерский, 1867 (3), с. 101.

⁹ Еремеев, 1867 (1), с. 483.

¹⁰ Нефедьев, 1871, с. 35. Для Смышляевки см. Ерофеев, 1878; Неуструев и Прасолов, 1911, с. 59 и сл. О сере Сорокиных хуторов см. Лошкарев, 1855, с. 51 и сл.

¹¹ Георги, 1798 (2), с. 338.

¹² К. Шмидт, 1866, с. 315.

¹³ Тихонович, 1908, с. 329 и сл.

¹⁴ Георги, 1798 (2), с. 339 – по указанию Лемана. См. Севергин, 1809, с. 7.

В *Симбирской губ.*, в *Сызранском у.*, – в 3 км от Подгор, в Серной горе, на Самарской Луке. Здесь сера встречается с целестином, кальцитом, халцедоном, гипсом, иногда в прозрачном гипсе; прежде встречалась прозрачная сера («кусками») больше килограмма весом. Такой серы добывали до 6,4 т в год, а всей серы в 1760-х годах до 32,8 т ежегодно. Попадались и кристаллы¹. Известна уже с конца XVII столетия². Около сел. Переволока и Печерского сера в гипсе и доломите сопровождается целестином, кальцитом, халцедоном. Землистая сера наблюдается в ручьях, вытекающих из оз. Троекуровского, в 15 км от Сызрани; указана в соляных источниках около Кашпура³.

В *Таврической губ.*, в *Крыму*, многочисленные выделения хлопьевидной или аморфной серы наблюдаются в руслах сернистых источников (много на Керченском полуострове, около Феодосии – у Кизилташского монастыря, близ дер. Коккоз). Такая сера выделяется из устьев многочисленных артезианских колодцев с самоистекающей водой (артезианские колодцы *Перекопского, Феодосийского и Бердянского у.*, углубленные до III артезианского горизонта)⁴. Сера разного характера образуется частью из пирита, частью в связи с асфальтом или распадением сероводорода. Сера последнего типа наблюдается, например, в известняках около Чокракского озера⁵. В области чокракских известняков выделения серы этого типа довольно обычны. В *Керчь-Еникальском* градоначальстве и вдали от Чокракского озера кристаллы серы обычны в трещинах и пустотах известняка, пропитанного нефтью и асфальтом, и в сероводородных источниках около Еникале. Частью она образует параморфозы по β -сере (§ 244). Кристаллы ее нередко окрашены нефтью⁶. На *Керченском полуострове*, на восточном берегу Элькенского озера (в 2 км к северо-западу от г. Опук и дер. Кояш), находится сера в виде гнезд и прослоек в мергеле и песчанике. Сера частью плотная, частью волокнистая (слои до 1 см толщины). В 1909 г. были попытки ее разрабатывать⁷. В *Феодосийском у.*, на мысу Св. Ильи около Феодосии, мелкокристаллическая сера ($\{111\} \cdot \{113\}$), образовавшаяся при разложении пирита, находится на буром шпате и кальците⁸. В *Ялтинском у.*, около Георгиевского монастыря, найдена в пустотах кварцевой изверженной породы сера сублимационного происхождения. Около Алушты и в других местах южного склона известна сера по трещинам мезозойских глинистых сланцев, большей частью в виде очень мелких кристаллов⁹. В *Симферопольском у.*, около дер. Курцы, наблюдалась порошковая сера на марказите¹⁰. В *Евпаторийском у.* свободная сера известна в грязях лиманов и озер: так, например, в свежей грязи Ак-Мечетского лимана (в 80 км к северу от Евпатории) – 0,13% серы, в грязи Мойнакского

¹ Паллас, 1773 (2), с. 287; И. Герман, 1789 (1), с. 24; Гернгросс, 1837, с. 422; Ауэрбах, 1854, с. 131. Месторождения Сызранского у. (Серный городок) отнесены к пермской системе впервые Пандером (1863, с. 125). О них см. еще Ноинский, 1913, с. 86, 667.

² Хмыров, 1875, с. 291.

³ И. Герман, 1789 (2), с. 342.

⁴ Двойченко, 1914, с. 47.

⁵ Мелкие кристаллы А. Антипов, 1849, с. 387.

⁶ С. Попов, 1900, с. 481. Обычные комбинации.

⁷ Давыдов, 1881; Двойченко, 1914, с. 48.

⁸ С. Попов, 1903; 1913, с. 253. О сере у подножия горы Кастель см. Двойченко, 1914, с. 47.

⁹ Двойченко, 1914, с. 47.

¹⁰ Ферсман, 1907, с. 218.

озера (около 3 км к западу от Евпатории) – 0,3%, в грязи Яик-Мойнакского лимана (больше 4 км от Евпатории) – всего 0,03%; в сакской – 0,3%¹.

В *Уфимской губ.* сера наблюдалась по р. Белой, в серных источниках около Бапаняша, при впадении Сима в Белую у дер. Шоревой², на берегах Сенияза у дер. Шарыповой³. В *Стерлитамакском у.* самородная сера найдена в кусках и мелких выделениях в глинах при бурении на нефть на Ишимбаевом острове на р. Белой и около Ярмыс-Кула⁴.

В *Херсонской губ.* – есть указания и о нахождение порошковатой серы в *Херсонском у.*, около Кривого Рога⁵. В *Одесском у.* мелкие кристаллики серы образуются в иле Куяльницкого⁶, Хаджибейского⁷ и, очевидно, других лиманов (см. § 261).

В *Ярославской губ.* «нечистая» сера указана около Ярославля⁸. Близ с. Варниц она выпадает из сероводородного источника⁹.

В *Эстляндской губ.* около Гапсаля, в Линдене, сера встречена в известняке¹⁰. На о-ве Малый Роог около Балтийского порта она наблюдалась в пустотах самовозгоревшегося кембрийского сланца¹¹. В Гапсальском заливе сера выделяется в иле под влиянием бактерий¹².

В пределах *Царства Польского* давно известны старинные гнездовые месторождения серы на р. Ниде, в *Келецкой губ.*, в *Пинчовском у.*, около Чарковы, образовавшиеся разложением гипсов, связанных с мергелями¹³. Известное уже, может быть, в XVI столетии, это гнездовое месторождение не раз разрабатывалось, довольно правильно с 1798 по 1843 г. В 1869 г., затем в 1896 г. опять было возобновились работы¹⁴. Теперь месторождение это не разрабатывается¹⁵. Сера изредка наблюдалась как вторичный продукт – в связи с изменением цинковых руд Болеслава и Кронжка¹⁶. В *Радомской губ.* самородная сера встречена в Пиотрковице, около Прошовиц, в третичных гипсах, в виде включений неправильной формы, величиной до волошского ореха. Находится и в мергеле¹⁷.

¹ Гемилиан, 1912.

² Георги, 1798 (1), с. 64–65. Указана И. Лепехиным (1772). Ф. Чернышев (1889 (2), с. 182) не нашел серы в указанном месте.

³ Севергин, 1809, с. 37.

⁴ Кандыкин, 1907, с. 73.

⁵ Коллекция Московского университета. Доставлена В.Н. Мамонтовым из коллекции штейгера Пузино, местного любителя минералогии, 1894 г.

⁶ Сидоренко, 1897, с. 129.

⁷ Сидоренко, 1901, с. 104.

⁸ Георги, 1798 (2), с. 339.

⁹ Бернштейн, 1909.

¹⁰ Севергин, 1809, с. 37; Озерский, 1844, с. 195.

¹¹ Озерский, 1844, с. 183.

¹² Надсон, 1913; 1914, с. 52.

¹³ Ср. Дмитриев, 1831, с. 30–31. О кристаллах см. Шкляревский, 1902, с. 477. Сера сопровождается кальцитом и опалом.

¹⁴ Тучемский, 1872, с. 161.

¹⁵ Блёде, 1830, с. 19 и сл.; Pusch, 1836, с. 363 и сл.; Кандаки, 1896, с. 323 и сл.; Tschermak, 1900, с. 346; Ефимов, 1901. О сере в Станницком у., около Сташова, см. Koźminski, 1885.

¹⁶ Богданович, 1912, с. 438.

¹⁷ C. Hintze I, 1898, с. 77; Zejlszner, 1861.

267. На Урале несколько месторождений серы; некоторые из них довольно значительны. Еще больше, должно быть, случаев незарегистрированных небольших ее находений. Генезис ее здесь очень различен.

В *Пермской губ.*, в *Красноуфимском у.*, она образуется из H_2S около с. Сергинского и Ключей¹. Встречается в медистых песчаниках, например, в Воскресенском руднике Юговской дистанции², где, может быть, образовалась из сернистых медных соединений или пирита. Она образуется во многих рудниках в железной шапке жильных месторождений из пирита, заполняя пустоты, происшедшие его разрушением, например около Березовска, в разных рудниках в *Екатеринбургском у.*³, в старинных рудниках около с. Арамильского⁴, 2-м Благодатном⁵, в Шиловском⁶ (ср. § 252). В Соймоновской долине, в *Кыштымском окр.*, по р. Сак-Елга, известны значительные ее скопления, образовавшиеся этим путем⁷. В Коневском заводе, около Невьянского рудника, встречались ее кристаллы $\{1\bar{1}1\} \cdot \{111\}$ (Менге, 1830). Указана в Нагорном прииске Середонина, около Невьянска⁸. В Крылатовском руднике Северной дачи *Сысертского окр.* сера находится в кварцевых жилах с золотом⁹. В Сысертской даче сера наблюдалась в железной шапке Зюзельского рудника¹⁰. В *Еамышловском у.*, около Колчеданского острога, близ д. Ошурковой по р. Атяш, она давно известна в глинах, внутри конкреций серного колчедана¹¹.

Сера случайно выделялась на Урале и во время каменноугольных пожаров, например, во время горения Губахинского месторождения угля¹².

Месторождения должны встречаться на Урале и в пределах *Оренбургской губ.* Мне известно ее месторождение вблизи Кобысты; здесь в пустотах жильного кварца наблюдается порошковатая кристаллическая сера¹³.

В *Челябинском у.*, на Линевской Песчанке, у уроч. Колесников Плес, сера выпадает на поверхности гипсов нижненеокомского возраста¹⁴.

В *Уральской обл.* землистая сера известна около Индерского оз., в связи с серными источниками¹⁵. В *Гурьевском у.* при разведке на нефть в уроч. Джаныбек (100 км к северо-востоку от Гурьева) встречен слой самородной серы¹⁶. К западу от Терсаккана, близ Джусалы-Сая, под закированными песками находятся шоколадные глины с кристаллами серы¹⁷. Выцветы серы указаны на

¹ [Н. Попов], 1811, с. 252–253. Жители Ключей ее собирали. См. *Лепехин*, 1802, с. 222.

² *Бояршинов*, 1846, с. 112. Ср. *Георги*, 1798 (2), с. 338.

³ *И. Герман*, 1789 (2), с. 134, 341; *Вернадский*, 1902, с. 481 (кристаллы; литература).

⁴ По указанию Кобякова. «Горн. журн.», 1871, II, с. 93.

⁵ Коллекция Московского университета. Доставлена Б.П. Кашенко в 1907 г.

⁶ *И. Герман*, 1807 (2), с. 32.

⁷ *Блинов*, 1860, с. 497; *Миклашевский*, 1861, с. 122; *Б. Винер*, 1870, с. 22, 72.

⁸ Коллекция Казанского университета. По сообщению Б.К. Поленова.

⁹ Коллекция Академии наук. Доставлена В.И. Воробьевым.

¹⁰ *Дюпарк и Сигг*, 1914, с. 6.

¹¹ Указана уже П. Палласом. См. *Паллас*, 1786, с. 361; *Севергин*, 1809, с. 84; *G. Rose*, 1842 (1), с. 459.

¹² *Денисов-Уральский*, 1902, с. 107.

¹³ Коллекция Московского университета. Доставлена в 1903 г. Л.Л. Ивановым.

¹⁴ *Д. Соколов*, 1906, с. 511. Есть указания для юго-востока губернии. *Б. Винер*, 1870, с. 8.

¹⁵ *И. Герман*, 1789 (2), с. 342.

¹⁶ *Новаковский*, 1887, с. 118.

¹⁷ *Тихонович и Замятин*, 1912, с. 583.

глинах в уроч. Акчий¹. Точно так же в связи с выделением H_2S найдена она в озерах около Гурьева.

268. На *Кавказе* наблюдаются многочисленные месторождения серы, обычно не дающие скоплений, имеющих техническое значение. В литературе отмечены немногие из действительно существующих; особенно это имеет место по отношению к вулканическим областям Кавказа и Закавказья и к выходам сернистых источников.

В *Бакинской губ.*, в *Бакинском у.*, сера выделяется на о-ве Жилом в связи с серными источниками². Точно такая же сера известна около дер. Бинагад³ и по берегам оз. Кал – в мергелях⁴, близ Сураханов около Баку, на о-ве Святом и т.д.⁵ В окрестностях Балаханы, на Апшеронском полуострове, в толщах глин первой свиты продуктивной толщи встречены включения серы⁶. В *Ленкоранском у.*, несомненно, сера осаждается в значительном количестве в районе серных источников (особенно около с. Пришибинского и др.). К сожалению, в геологическом описании природа осадка непонятна. В *Шемахинском у.*, между Шемахой и Маразами, наблюдаются небольшие ее примазки в гипсе⁷. Близ с. Наваги она осаждается из серных источников и т.д.⁸

В *Батумской обл.*, в *Артвинском окр.*, сера указана в верховьях р. Мургул-Су⁵.

В *Дагестанской обл.* наблюдается ряд серных месторождений, связанных с гипсоносными доломитами, гипсами и ангидритами. Эти отложения связаны с выходами источников и, как уже заметил Г. Абих (1862, с. 26), приуровнены к определенным тектоническим линиям. Сера не является первичным отложением, точно так же, как им не является доломит. В тесной связи с серой наблюдаются выходы битумов и каменной соли. Абих считал ее продуктом эпигенезиса осадочных отложений в тесной связи с доломитизацией известняков. К. Богданович, В. Ренгартен и А. Нацкий (1917, с. 11) выделяют в Дагестанской обл. следующие группы месторождений – Аварскую и Петровскую (Темирханшурскую).

К Аварской группе они относят месторождения, расположенные в Аварском окр. и прилегающих частях Андийского, Гунибского и Даргинского окр. В *Аварском окр.* важнейшие месторождения – Гимринское, Балахинское и Могохское. Гимринское месторождение находится на северном склоне гребня Наки-Меэр, в 6,5 км от с. Гимры (Гену). Кристаллическая сера пронизывает гипсоносную свиту. Месторождение заслуживает разведки⁹. По левому склону Гимринского ущелья находятся гнезда и включения кристаллической серы в глине. В Балахинском месторождении – на северном отроге горы Гоцо-Меэр, в 2,5 км от с. Балахины (Беллек) – обнаружено два рудных

¹ Тихонович, 1915, с. 21.

² Н. Лебедев, 1902, с. 163.

³ Воскобойников, 1827, с. 20.

⁴ Н. Лебедев, 1901, с. 158.

⁵ Меллер и Денисов, 1900, с. 149, 147.

⁶ Абрамович, 1913, с. 585–627; Ушейкин, 1916, с. 28 и сл.

⁷ «Горн. журн.», 1825, № 3, с. 10.

⁸ Ср. еще неясные указания у Меллера и Денисова, 1900, с. 149, и Г. Смирнова, 1905, с. 278 – около Шемахи, Маразов и проч.

⁹ Богданович, Ренгартен и Нацкий, 1917, с. 12–13, 14.

пласта, но оно не разведано. Несколько более значительно месторождение серы в Могохском хребте, между сел. Гоцо и Могох. Оно расположено на южном отроге горы Гоцо-Меэр, в 2 км от с. Могох¹. Здесь много прозрачного гипса и растворимых сульфатов². Гнезда серы можно проследить не раз по течению р. Аварское-Койсу (в хребтах Ипута-Меэр¹, Энкита³ и т.д.). В *Даргинском окр.*, в хр. Кули-Меэр, указаны Гергебильское месторождение и в 7 км от него Бахтурское. Гнезда и прожилки серы лежат здесь в песчанике⁴. Известны два месторождения в *Гунибском окр.*, по дороге из Гуниба в Ивановский пост и с. Кулу, ближе не изученные⁴. В *Андийском окр.* наиболее значительное месторождение серы расположено по хр. Сала-Тау, около сел. Артлух, Чиркат и Чиркей⁵. Здесь пласт, богатый серой, мощностью до 3 м, известен на протяжении около 11 км, и на нем работался Кхиутский рудник на горе Кхиута-Хох, на земле сел. Чиркат. Сера разрабатывалась горцами с начала XIX столетия; отсюда добывал ее для пороха Шамиль. Она связана с верхнеюрскими (нижнемеловыми, по Бальдаччи) доломитами, богатыми гипсом, разложением которого, по-видимому, образовалась. Сера лежит в глине с гипсом и квасцами. Она прикрыта плотными доломитами; почву составляет алебастр⁶. В рудном слое (около 2–4 м) продуктивный слой мощностью 50–150 см содержит 15–30% S. Местами попадаются значительные скопления чистой серы в виде линз до 800 м в диаметре. Часть руды выработана еще при Шамиле. Запас до 80 тыс. т руды. В окрестностях Кхиута и к западу до Артлуха нет серьезной руды⁷. Аналогичные месторождения наблюдаются и в других местах. Так, около с. Большой Готцатль, в горах по берегу р. Аварское-Койсу, известны бедные гнезда серы с гипсом в доломите⁸.

В Петровской (Махач-Калинской) группе, в *Темирханишурском окр.* (около Петровска), три месторождения землистой и кристаллической серы находятся на горе Кукурт-Тау (Кокуртлы); здесь она образована частью обычным разложением H_2S , частью действием его на $CaCO_3$; она выпала одновременно с гипсом, ангидритом и кварцем⁹ (Талгинское, Гиик-Салганское, Кафтар-Кутанское месторождения). Есть линзы серы в травертине. Добыто несколько тысяч тонн руды¹⁰. Аналогичные месторождения известны и в ближайших местах (на земле с. Онсокули и т.д.)¹¹. В *Кайтаго-Табасаранском окр.*,

¹ Н. Барбот де Марни, 1896, с. 35.

² Богданович, Ренгартен и Нацкий, 1917, с. 13, 14.

³ Абих, 1862, с. 27; И. Барбот де Марни, 1896, с. 41; Абамелек-Лазарев, 1896, с. 315 – месторождение Энкита аналогично Могохскому.

⁴ Абамелек-Лазарев, 1896, с. 293.

⁵ Гилев, 1860, с. 429; Абих, 1862, с. 27 и сл.; Кольчевский, 1865, с. 326; Б. Винер, 1870, с. 41 и сл.; Ариуни, 1875, с. 17 и сл.; Baldacci, 1883, с. 15 и сл.; Н. Барбот де Марни, 1896, с. 74; Меллер и Денисов, 1900, с. 141.

⁶ Из этого месторождения указан галенит. Н. Лебедев, 1901, с. 211. Это указание требует подтверждения.

⁷ Богданович, Ренгартен и Нацкий, 1917, с. 12.

⁸ Н. Барбот де Марни, 1896, с. 35.

⁹ Булгаков, 1893, с. 26; Н. Барбот де Марни, 1894, с. 385 и сл.; 1896, с. 24 и сл.; Абамелек-Лазарев, 1896, с. 316 и сл. О кристаллах см. Вернадский, 1902, с. 483 и сл.

¹⁰ Богданович, Ренгартен и Нацкий, 1917, с. 14.

¹¹ Н. Барбот де Марни, 1896.

в долине Ягни-Чая (при устье Тюменляр-Чая), сера выпала из источников¹. В *Самурском окр.* налеты серы (γ-серы?) с квасцами находятся в глинах около Аликента².

В *Елисаветпольской губ.*, в *Елисаветпольском у.*, указаны³ месторождения серы около ж. д. станции Шамхор, на земле с. Баян (по течению р. Качкар-Чая), в ущелье Чираги-Нор Зурнабадской дачи. В *Нухинском у.* сера выделяется из Бумских серных источников, давая небольшой осадок⁴.

В *Кубанской обл.*, на *Таманском полуострове*, землистая сера указана около хутора Чижики⁵. В *Баталпащинском отделе*, на юго-западном склоне Эльбруса, давно известна сера вулканического происхождения в верховьях р. Улукама⁶. На Эльбрусе, по-видимому, и до сих пор действуют сольфатары или остались их отложения в виде налетов серы около его вершины⁷. Большие куски серы (до 16 кг весом) находятся и в моренах спускающегося с Эльбруса ледника Кугуртлю; сера здесь добывалась местными жителями⁸. (И в обл. Терской наблюдаются выходы серы, связанные с Эльбрусом, см. ниже). Сера, выделившаяся при разложении колчеданов, найдена в медном месторождении по р. Мухи⁹, в свинцовом месторождении по р. Джеланкол⁹. Незначительные выделения серы известны в связи с выходами гипсов к северо-западу от ст. Преградной и к югу от ст. Исправной¹⁰. В *Темрюкском отделе* сера выделяется (и собирается жителями) в источнике около оз. Бугаза¹¹. В бассейне р. Псифа, около хутора Богомаза, землистая сера выделяется в серных источниках, находящихся в связи с нефтью¹². Они выделяются в виде порошка из сероводородных источников около станицы Гостогайской¹³.

В *Майкопском отделе* «налеты» серы наблюдались в гипсоносных третичных (средиземноморских) глинах в окрестностях ст. Ходыженской¹⁴. Судя по парагенезису, требует проверки (не феррисульфаты?).

В *Кутаисской губ.* сера давно указана около Зеглеви. Она встречается вместе с мелантеритом; образовалась распадением H_2S ¹⁵. В *Сенакском у.* известна около сел. Старо-Сенаки; в *Шаропанском у.* сера указана у с. Бжиневи¹⁶.

В *Терской обл.* в *Грозненском окр.*, в Аргунском ущелье, находится серная руда, параморфоза по β-сере. В пустотах ее встречаются хорошие кристаллы¹⁷. Сера наблюдается также в Екатерининских горячих водах по Тереку (от-

¹ Голубятников, 1906, с. 376.

² Богданович, 1902, с. 29.

³ Меллер и Денисов, 1900, с. 148.

⁴ Абиx, 1866, с. 81.

⁵ Воскобойников и Гурьев, 1832, с. 24.

⁶ Абиx, 1862, с. 25; Меллер и Денисов, 1900, с. 139.

⁷ Дубянский, 1910; 1914.

⁸ Динник, 1880, с. 269.

⁹ Кох, 1911, с. 28–38.

¹⁰ «Изв. Геол. ком.», 35, 1916, прот., с. 180.

¹¹ Грум, 1855, с. 311.

¹² Прокопов, 1914 (1), с. 75.

¹³ Губкин, 1915, с. 66.

¹⁴ Богданович, 1910, с. 11.

¹⁵ Воскобойников, 1826, с. 56–57.

¹⁶ Меллер и Денисов, 1900, с. 147.

¹⁷ Меллер и Денисов, 1900, с. 140. О кристаллах см. Вернадский, 1902, с. 480–495.

лагается на песчаниках)¹. Мелкие кристаллики ее находятся вместе с кварцами в песчаниках вблизи Михайловской станицы, в связи с выделением H_2S ². С гипсом сера наблюдается около сел. Хитой, Цеси, Джагулдой и Зулисой³. Небольшое месторождение серы из бывших сероводородных источников находится на вершине горы Сенгеликорт (Серная вершина) – около с. Варанда в долине р. Аргуна. Другое такое же месторождение, тоже связанное с существующими сероводородными источниками, находится в ущелье р. Шаро-Аргун, около 6,5 км выше с. Улускерт – выделения в натеках в пещере Шеки-Хех (Шакингех)⁴. Есть и другие, ближе не определенные указания месторождений самородной серы. В *Нальчикском окр.* сера наблюдается на отрогах Эльбруса (см. выше); так, в долине р. Баксана, в моренах ледников, спускающихся с Эльбруса, встречаются куски серы, коренное месторождение которых неизвестно⁵. Точно так же найдены куски серы на леднике Азау, спускающемся с Эльбруса⁶. В озере, около впадения р. Урвань в Терек, осажается землистая сера на дне вследствие выходов сернистых источников⁷. Наблюдалась сера в вулканических туфах долины р. Малки, у Эльбруса⁸. Серная р. Аргун несет много коллоидальной серы. Иногда коллоидальную серу находили и в воде р. Сунжи, куда впадает Аргун⁹. Во *Владикавказском окр.* корки кристаллической серы с реальгаром на опале в разрушенной вулканической породе найдены на леднике Кальптер¹⁰. В *Хасав-Юртовском окр.*, на левом берегу р. Сулака, в конгломератах сера встречена в цементе вместе с квасцами¹¹. В *Пятигорском отделе* сера находится в грязи Тамбуканского озера. По анализу А. Фомина (1886), в ней 0,21–0,11% S^{12} .

В *Тифлисской губ.*, в *Борчалинском у.*, в Алавердском руднике, находится порошковая сера с реальгаром в сильно измененной кварцевой породе (в опале)¹³. Образовалась при разрушении пирита. В *Душетском у.*, около сел. Деси¹⁴ и Абано (Трусовское ущелье)¹⁵, сера образовалась из гипса, в связи с серными источниками. Сера отлагается и теперь. В *Тифлисском у.*, около Мухравани, сера выделяется из соляного источника¹⁶. Около сел. Кариндж сера указана в гипсовой брекчии на Чатын-Даге¹⁷. Сера выделяется в виде мелких кристаллов, богатых формами с преобладанием основной пирамиды,

¹ Гильденштедт, 1780, с. 393; Фальк, 1786, с. 55.

² Кошкуль, 1879, с. 182.

³ Г. Смирнов, 1905, с. 277.

⁴ Домбровский, 1916, с. 181–182.

⁵ Абих, 1862, с. 25.

⁶ Пятницкий, 1905, с. 279.

⁷ Дубянский, 1913.

⁸ Коншин, 1899, с. 141.

⁹ Харичков, 1913, с. 229.

¹⁰ Орловский, 1898.

¹¹ Меллер и Денисов, 1900, с. 140.

¹² Об этой сере (коллоидальной и кристаллической) см. Будрик, 1914, с. 34 и сл.

¹³ Коллекция Московского университета. Доставлена П.Н. Чирвинским в 1905 г. Морозов, 1912, с. 120.

¹⁴ Вернадский, 1902, с. 482.

¹⁵ Сопальский, 1856, с. 107; Коншин, 1899; Меллер и Денисов, 1900, с. 148; Симонович, 1901 (2). О кристаллах см. Вернадский, 1902.

¹⁶ Бароцци де Эльс, 1829.

¹⁷ Н. Лебедев, 1901, с. 86.

в серных источниках в Тифлисе, в Сололаках¹. В *Сигнахском* у. сера выделяется из серных источников, в связи с нефтью в *Ширакской* степи, и в *Эльдарском* месторождении².

В *Черноморской губ.*, в *Сочинском отделе*, в 5 км к югу от Сочи, сера известна в пещерах сероводородного источника Мацеста и р. Агуры, с гипсом³; псевдоморфозы по β -сере, иногда кристаллы друзами на гипсе⁴.

В *Эриванской губ.* сера указана в *Эчмиадзинском у.*, на горе Алагёз, где когда-то сталактиты ее добывались местными жителями⁵, в глине около сел. Имерлю⁶. В *Нахичеванском у.* некоторое время разрабатывалось месторождение серы около сел. Беченаг и Гюмюр⁷, гнезда серы, связанные с серными источниками, лежат в трахите и мергелях⁸. В *Сурмалинском у.* налеты серы наблюдались на серном колчедане в Аргаджи, у подножия Арарата⁹. Очевидно, в вулканических областях Закавказья должны существовать многочисленные незначительные месторождения самородной серы, связанные с вулканами, пока не зарегистрированные.

269. Еще менее отмечены месторождения самородной серы в *Сибири*.

По-видимому, наиболее значительные ее залежи находятся в *Забайкальской области*.

В *Забайкальской обл.*, в *Нерчинском окр.*, самородная сера изредка находится в верхних частях жил, например, в *Старо-Зерентуйском руднике*¹⁰, в *Шилкинском руднике* (землистая)¹¹, в железной шапке *Смирновского рудника*; на руднике *Чашкинский Ильдикан* (почками)¹², в *Степанопетровском руднике*¹³. В более значительном количестве, кусками, она встречалась в *Мокеевском прииске*, около *Воздвиженского рудника*, с галенитом¹⁴, и т.д.; попадалась гнездами в «отверделых оврах» с пиритом и сфалеритом в нижних работах *Благодатского рудника*¹¹, «бледная и красновато-желтая» сера с галенитом, сфалеритом и т.д. находилась в *Букатуевском руднике* (*Кулибин*)¹¹, немного серы с кальцитом и флюоритом встречено было в *Кличкинском руднике*¹⁵. Были попытки разработок серы около *Ильдиканского рудника*, в так называемой *Серной горе*; сера находилась здесь в известняках с кварцем, частью она попадалась в виде песка (известна с 1745 г.)¹⁶. Порошковая сера выпадает

¹ *Абих*, 1867, с. 408.

² *Рябинин*, 1913, с. 14–16.

³ *С. Залесский*, 1848.

⁴ Коллекция Московского университета. Доставлена А.Р. Кирилловой в 1910 г.

⁵ *Н. Лебедев*, 1901, с. 184–186; *Dubois de Montrépeux*, 1859, с. 331; *K. Koch*, 1843, с. 389.

⁶ *Меллер и Денисов*, 1900, с. 150.

⁷ *Ритпас*, 1869, с. 399; *Б. Винер*, 1870, с. 37; *Цулукидзе, Халатов и Архипов*, 1868, с. 19.

⁸ *Н. Лебедев*, 1901, с. 106; *Меллер и Денисов*, 1900, с. 150.

⁹ *Н. Лебедев*, 1901, с. 184.

¹⁰ *Злобин*, 1823 (1), с. 62.

¹¹ *Георги*, 1775, с. 396.

¹² *Реутовский*, 1905 (1), с. 228.

¹³ Коллекция Томского университета. По указанию П. Пилипенко.

¹⁴ *Злобин*, 1823 (2), с. 81.

¹⁵ По-видимому, эти работы составляли особый *Екатериноблагодатный рудник*. По *Злобину* (1823 (1), с. 62; (2), с. 87), сера встречалась здесь в галените. *А. Кулибин*, 1827, с. 494–495. В *Благодатном руднике* сера, смешанная с серебристой свинцовой охрой, указана уже в «*Neue Nordische Beiträge*», IV, 1783, с. 245 (должно быть, *Карамышевым*).

¹⁶ *Георги*, 1775, с. 348, 397. Ср. указания неизвестного русского автора в переводной статье у *Палласа*, 1783, с. 244. См. *Озерский*, 1867 (3), с. 71.

из различных серных источников, развитых в некоторых участках области, например, из Амунджажских и Баунтовского около оз. Баунта¹, по р. Чикою, в 25 км от «Зимовья»². На пластах угля на юго-восточном берегу Гусиного озера попадают налеты серы³. В. Обручев указывали, что по Хиле (впадает в Хилок), вблизи Гусиного озера, была когда-то разработка серы⁴.

В *Иркутской губ.*, по р. Малой Быстрой, около Байкала, в метаморфических известняках мелкокристаллическая сера наблюдалась в связи с лазуридом. К сожалению, это оригинальное и своеобразное месторождение самородной серы едва описано и не изучено⁵. Из серных источников она выделяется в вулканической области около дер. Талой, у Тунки, в долине Иркутка⁶. По р. Оке около дер. Тагинской, у пади Рудник, сера образовалась во время пожара каменного угля⁷.

В *Приморской обл.*, в *Анадырском у.*, чукчи собирают серу на р. Серной, правом притоке р. Энмувэма⁸. Многочисленные выделения самородной серы известны на *Камчатке*, в связи с вулканической деятельностью; так, большие ее скопления наблюдаются в связи с деятельностью горячих грязевых конусов вулкана Узон, около Кроноцкого озера⁹, в Авачинской сопке¹⁰, иногда на Ключевской сопке¹¹, на восточном берегу полуострова, между Камчатским и Бобровым морем (54°7'–55°2' с.ш.)¹¹ по рекам Камбалиной¹², Озерной и ее притоку Падье¹³, по Большой реке¹⁴, около Олюторска¹⁵ – везде здесь сера образуется из H₂S. На севере Камчатки сера находится в связи со старыми вулканами по рекам Лесной и Витувее¹⁶, вокруг Курильского озера и по р. Озерной, до ее устья¹⁶. Большие отложения серы – в фумароле кратера Шивелуч¹⁷. Указывали на нахождение слоя самородной серы по р. Тамлату; сера была прикрыта тундрой¹⁸. Самородная сера выделяется из горячих источников, например около острога Начики¹⁹.

В *Приморской обл.*, в 8 км на юго-восток от мыса Бринера, в молодой изверженной породе (андезине), богатой пиритом, находятся включения самородной серы. Китайцы давно ею пользовались²⁰.

¹ Георги, 1775, с. 118; Багашев, 1905, с. 46, 52.

² Сиверс, 1793, с. 228.

³ Сергеев, 1897, с. 77.

⁴ В. Обручев, 1914, с. 693.

⁵ Версиков, 1857 (1), с. 524; 1858, с. 199.

⁶ Меглицкий, 1856, с. 160.

⁷ Чекановский, 1874, с. 200 – кристаллы и сталактиты. О сере пади Олигер, или Ольгур – от горения пластов угля, – см. Богданович, 1895, с. 218. О сере у пади Рудница см. Богданович, 1896, с. 102 (сера выделяется и в другом месте, в 1 1/2 км дальше – падь Белигир).

⁸ Н. Полевой, 1915, с. 113.

⁹ Крашенинников, 1755, с. 189; Диттмар, 1901, с. 644 и сл.

¹⁰ Коллекция Академии наук.

¹¹ Ерман, 1848, с. 376, 526–527.

¹² Крашенинников, 1755; Паллас, 1793, с. 274.

¹³ Крашенинников, 1755; Ерман, 1848, с. 526–527.

¹⁴ Паллас, 1793, с. 274.

¹⁵ Крашенинников, 1755. Самая чистая и прозрачная. Здесь она «из каменных гор каплет».

¹⁶ Слюнин, 1900, с. 177, 184.

¹⁷ П. Шмидт, 1916, с. 213.

¹⁸ Ерман, 1848, с. 376.

¹⁹ Диттмар, 1901, с. 385.

²⁰ Н. Полевой, 1917, с. 283.

В *Томской губ.* самородная сера встречалась на *Алтае*, в рудниках Николаевском и Змеиногорском¹, Черепановском и Петровском², изредка в медном Березовском³. Сера Николаевского рудника содержит селен. Она образуется разрушением сернистых соединений – при процессе их окисления в колчеданной зоне⁴. Землистая сера найдена в Салаирском кряже, в Пестеровском руднике (§ 255), на границе баритовой жилы с порфиром, в барите и порфире⁵. Иной тип ее нахождения представляют ее выделения во время каменноугольных пожаров, например в Ерунаковском месторождении по р. Томи⁶.

В *Якутской обл.*, в *Верхоянском окр.*, в Кисил-Балыктахских горах, сера встречается в гипсе. Выпадает из серных источников по рекам Хатын-Юряху, Булгуняку (приток Наманы), Кемпендяю⁷. В *Якутском окр.*, в Кангаласском Камне на Лене, выше Якутска, наблюдается землистая сера, образовавшаяся из марказита. Указана в окрестностях горы Мангарыр-Хая, по р. Ыгетты⁷.

270. В *Степной и Средне-Азиатской России* наиболее значительные месторождения самородной серы находятся в *Закаспийской и Ферганской обл.*

В *Семипалатинской обл.*, в *Павлодарском у.*, сера указана в Шуптыкульском руднике, около Желтавского пикета, в Макарьевском свинцовом руднике⁸.

В *Закаспийской обл.*, в *Красноводском у.*, на о-ве *Челекен*, сера встречена в виде белого порошка в устьях источников, например в уроч. Мирзабек, к югу от уроч. Але-Тепе в Закохрачье. Иногда вместе с сопочной грязью, гипсом, натроярзитом и т.д. она образует конусы бывших источников, местами скопляющиеся группами по сбросам (около Эк-Ситля). В этих конусах попадают кристаллы серы⁹ (ср. § 244). На материке, около ж. д. станции Бала-Ишем, близ Лама-Бурун, в горах Большие Балаханы, на возвышенности Кукуртли (около оз. Кукурт-Ата), сера находится с гипсом, галотрихитом и т.д.¹⁰ Около берега Балхашского залива, на п-ове Дардже (около ст. Узун-Ада), всюду в заливчиках идет образование серы под влиянием серных бактерий¹¹. Около Чикишляра порошковатая сера выделяется в некоторых сопках (Кипящий бугор, содержит H_2S)¹². В окрестностях Боядага порошковатая сера выделяется из источников, выделяющих H_2S ¹³. Оригинальное и, по-видимому, очень богатое и большое месторождение самородной серы известно в пустыне *Кара-Кумы*, на значительной площади, около колодцев Шиих и Дамлы. Серные бугры иногда прикрыты белыми или светлосерыми кремнистыми туфами, перехо-

¹ И. Герман, 1793, с. 350.

² Коллекция Томского университета. Пилипенко, 1915, с. 319 и сл.

³ Гривнак, 1873, с. 226.

⁴ Пилипенко, 1915, с. 319, 320, 322.

⁵ «Горн. журн.», 1844, III, с. 282 и сл.; Щуровский, 1846, с. 227 и сл.; Богданович, 1883, с. 152–153.

⁶ По сообщению В. Мамонтова. Пожар длился еще в 1910 г., начался в 1883.

⁷ Драверт, 1910 (1), с. 6; (2), с. 32, 35. В базальтовом поле около Витима. Б. Поленов (1899, с. 348) думал видеть следы бывших сольфатар.

⁸ Высоцкий, 1896, с. 11; Реутовский, 1905 (1), с. 99, 186 (месторождение Владимирское).

⁹ Маевский, 1897; А. Иванов, 1909, с. 182. О кристаллах см. Шкляревский, 1902, с. 477.

¹⁰ Маевский, 1897, с. 81–82. О кристаллах см. Вернадский, 1902, с. 485 и сл.

¹¹ Андрусов, 1897.

¹² Калицкий, 1914, с. 489.

¹³ Там же, с. 216.

дящими в песчаники. Верхние горизонты руды брекчиевидны. Сера находится здесь в виде цемента с гипсом в верхнетретичных песчаниках, в размытых, древних берегах постплиоценового моря. Песчаники пронизаны жильными выделениями самородной серы, иногда наблюдаемой в кристаллах. В цементе находится 45–80% S. Запасы ее значительны, и она разрабатывалась одно время кочевниками¹. Близ кол. Шорджа на западе *Малого Балхана*, в 15–18 км от ст. Айдин Ср.-Аз. ж.д., сера приурочена к нижним слоям акчагыльских отложений и находится в гипсоносных песчаниках, в тесной связи с битуминозным веществом². Процент серы в верхних частях 7–10. Общие запасы не очень велики. В одном из более разведанных месторождений около 11,5 тыс. т³. Кроме перечисленных указаний на серу можно еще отметить указания на аналогичные месторождения Бурун-Су (около истоков Бурун-Су) у подошвы юго-западной оконечности Данатинской складки⁴, на местонахождение Кукурт-Ата близ Карабугазского завода, к северу от Красноводска⁴. Сера в связи с гипсом находится также в мергеле в *Тедженском у.*, в ущелье Ходжа [впадает в р. Келат (Душак)]; она добывалась персами⁵. Самородная сера наблюдается и во многих других местностях области, например, землистая указана у колодца Косынь, в 80 км от Красноводска⁶, у Карабугаза, Келатских гор, Кюряндага, Боядага, р. Атрека и т.д.⁷

В *Туркестане* мы имеем указания на существование залежей серы, заслуживающих внимания, но совершенно не изученных⁸. Ниже перечислены имеющиеся указания.

В *Самаркандской обл.* сера известна по р. Ягнобу и ее притокам в Фальгарской и Искандеровской волостях *Самаркандского у.*⁹ По-видимому, к этой же области принадлежит старинное месторождение бухарской серы, связанной с каменноугольными пожарами, около Вайрабада, на берегу р. Фана¹⁰. Сера выделяется разложением газов, выходящих из трещин известняка (в связи с горением угля)¹¹.

В *Семиреченской обл.*, около Копала, сера выделяется из серных источников Новых Арасанских¹². «Серный цвет» выпадает из источников на южном берегу Иссык-Куля, около устья Каракола¹³.

¹ Впервые отмечена поручиком Калитиным. См. *Коншин*, 1883, с. 325; 1889, с. 289 и сл.; 1888, с. 26; *Нацкий*, 1917 (1), с. 16.

² *Нацкий*, 1917 (1), стр. 17 – кое-какие неясные данные о ее возможном практическом значении.

³ *Нацкий*, 1917 (2), с. 54–55.

⁴ *Нацкий*, 1917 (1), с. 18, 19.

⁵ *Цимбаленко*, 1896, с. 15.

⁶ Коллекция Московского университета. Доставлена Д. Хомутовым в 1895 г.

⁷ *Коншин*, 1888, с. 31.

⁸ В посмертном сочинении *И. Мушкетова* (1906, с. 323) указано, что все эти месторождения не имеют значения и что они связаны с каменноугольными пожарами. По-видимому, тут произошло недоразумение, в котором виноваты составители тома.

⁹ *Н. Барбот де Марни*, 1896, с. 23. В коллекции Московского университета находятся кристаллы серы из окрестностей Самарканда. Поступили от полковника Боршевского через В. Соколова и В. Цебрикова в 1901 г.

¹⁰ *Богословский*, 1842, с. 16. Месторождение, указанное Богословским по р. Фану (а не Фону), идентично с месторождением по р. Ягнобу (по дороге в Сарваду, Кантаг). См. *Вебер*, 1913, с. 139.

¹¹ *Федченко*, 1872, с. 83; *Мышенков*, 1873; 1871 (2); 1871 (1).

¹² *Абрамов*, 1858, с. 17.

¹³ *И. Мушкетов*, 1906, с. 76.

В *Сыр-Дарьинской обл.*, в горах Шейх-Джели (на некоторых картах – Султан-Уиз), во времена хивинцев разрабатывалась сера¹.

Многочисленные месторождения серы известны в *Ферганской обл.*² Они могут быть разделены на два типа, может быть, находящихся в генетической связи. С одной стороны, они представляют современные выделения порошковатой серы из серных источников. Эти серные источники сопровождаются выделениями нефти, приурочены к главным дислокациям, прорезающим Ферганскую долину. С другой, – они образуют залежи серы в связи с гипсами, принадлежащими к тем же слоям нижнетретичного возраста (так называемый ферганский ярус, может быть, относящийся к верхнему мелу), к которым относится и нефть. Известняки, рухляки и песчаники ферганского яруса окаймляют с юга, востока и севера Ферганскую долину и достигают значительной мощности³. Отложения серы наиболее развиты в юго-западном углу – в *Кокандском у.*, и в северо-восточном – в *Наманганском*. В *Кокандском у.*, в 29 км от Коканда, давно известно ее месторождение около Карым-Дувана (иначе – Камыш-Баши), например к югу от Карым-Дувана – в Шор-Су, в мергеле с гипсом и озокеритом⁴. Здесь в связи с ромбоэдрами кальцита наблюдаются и кристаллы серы (битуминозные) в плотной серной руде (параморфозе по β -сере?) на контакте известняка с озокеритом. Кристаллы обычных комбинаций ($\{111\}$, $\{\bar{1}\bar{1}1\}$, $\{11\bar{3}\}$, $\{\bar{1}\bar{1}3\}$, $\{011\}$)⁵. Это месторождение не раз разрабатывалось. Общее содержание серы в руде около 20%. Другое давно указано около Лякана, где связанная с гипсом сера встречается вместе с квасцовым камнем⁶. Близ *Намангана* она встречена также в виде хороших кристаллов в гипсе⁷. В *Андижанском у.* порошковатая сера выделяется из серного источника, выходящего в нефтяном месторождении в Майли-Су и в Ишек-Эльди (Теке-Бель)⁸. В *Маргеланском хребте* сера найдена в связи с графитом по р. Кичик-Алай, у р. Талды-Кол⁹. В *Ошском у.*, на Памире, на оз. Кара-Куль, выделяется на одном из островов (?) сера, которую сбывали в Кашгар¹⁰. В нижних частях долины¹¹. Выцветы серы указаны в связи с корками гипса на углистых сланцах, в генетической связи с углем по Ош-Наукатской дороге, в разведках Спечова на Япалаке, или Джатым-Чакмаке¹². Мелкая сера в виде зерен находится в иле Аральского моря¹³.

¹ Муравьев, 1822, с. 19.

² Уже Вельяминов-Зернов (1857, с. 124) указывал: «Сера находится около Уратюба, Ляль-Кана и почти во всех горах».

³ О ферганском ярусе см. Д. Соколов, 1909, с. 44 и сл.

⁴ Романовский, 1878, с. 37; Марковский, 1901, с. 45 и сл.; Вебер, 1915, с. 421, 424, 425; Калицкий, 1915, с. 29 и сл.

⁵ Коллекция Московского университета. Поступила от Вебера в 1904 г. и от Глушкова в 1906 г.

⁶ Вельяминов-Зернов, 1857, с. 124. Мушкетов, 1886, с. 505, 683.

⁷ Мушкетов, 1906, с. 331.

⁸ Калицкий, 1914, с. 769.

⁹ Ср. указания Фосса для Тараш-Айрына у Вебера, 1913, с. 114.

¹⁰ Венюков, 1861, с. 152.

¹¹ Серебренников, 1902, с. 192, 136.

¹² «Изв. Геол. ком.», 1911, с. 839–840.

¹³ Сидоренко, 1911, с. 57.

271. В *Бухаре* сера указана уже в XVIII столетии и, по-видимому, издавна служила предметом добычи. По-видимому, здесь главным образом развиты отложения, связанные с серными источниками. Так, в *Гиссарском бекстве*, в южных отрогах Гиссарского хребта, из верхних меловых известняков южнее уроч. Чильор (Хочильяр) выходит серный источник¹. В долине Чашма порошковая сера известна в связи с гипсами². Серный цвет отлагается местами при спаде вод в ложе рек и ручьев, стекающих с Гузарских гор в местах выходов гипсов, например, в Катта-Уру-Дарье, Кчи-Уру-Дарье и т.д. Сера выпадает вместе с выцветами солей и происходит разложением H_2S^2 . Очевидно, к тому же типу относятся старинные указания на нахождение серы в связи с нашатырем около Гиссара³. В *Ширабадском бекстве*, в 26 км от Ширабада, у мазара Ходжа-Ипак, около нефтяного источника Шакарлык-Астана, наблюдаются прожилки серы в известняке с гипсом и целестином. Так же с гипсом – в горах Ак-Тау и Шакарлык-Астана, в 23 км к северо-северо-востоку от г. Келифа⁴.

На *Памире*, в *Памирской волости*, найдена сера у перевала Пшарт⁵.

Любопытно отсутствие серы в минералогически хорошо изученной Финляндии.

272. Определение. β -сера может быть узнана только по псевдоморфозам ее в α -серу, иногда измеримым. Плотная α -сера, происшедшая из β -серы, совершенно непрозрачна, матова и имеет характерное зернистое строение. В пустотах ее можно видеть волокнистые и таблитчатые кристаллики (β -серы), превратившиеся в агрегат микроскопических кристаллов α -серы.

α -сера. Для кристаллов ее характерны углы:

$$001:011 = 62^\circ 17'$$

$$001:101 = 66^\circ 52'$$

$$111:001 = 71^\circ 40'$$

$$113:001 = 45^\circ 9'$$

Жирный блеск. Желтый цвет. Порошок бесцветен. Несовершенная спайность по {001}, {110} и {111}. Твердость 1–2. Уд. вес 2–2,1. Плавится и горит синим пламенем. Нерастворима в H_2O и кислотах (кроме дымящейся азотной кислоты и царской водки). Растворима в скипидаре, CS_2 , бензине и т.д. Из раствора при обычных условиях испарения выпадают пирамидальные кристаллы α -серы.

Природный углерод

Алмаз. Борт. Карбонадо. Графит (?) Графитит. Шунгит

273. Химический состав и явления полиморфизма. Углерод обладает резко выраженной способностью давать многочисленные полиморфные разности. Некоторые из них являются чрезвычайно устойчивыми, существуют продолжительное время рядом, без взаимных переходов при земных

¹ Бронников, 1908. По указанию В. Вебера.

² Мушкетов, 1886, с. 544, 542.

³ Фальк, 1786, с. 55.

⁴ Вебер, 1913, с. 165–166.

⁵ Чейкин, 1914, с. 183.

условиях. Они могут давать одна с другой физические смеси, поглощать разнообразные органические тела, одновременно с ними образующиеся, и этим в высшей степени затрудняют выделение их в чистом виде и определение их свойств. Этим отчасти объясняется то, что отдельные исследователи допускают существование различного количества разностей углерода и в то самое время, как одни, например М. Бертелло, Люци, Муассан, допускали много его разностей, другие, как Вейншенк или Ле Шателье, останавливаются на трех или даже на двух его разновидностях, считают все описанные тела за видоизменения алмаза, графита, угля¹. Эти колебания свойств и резкие различия в характере полиморфных разностей вызвали даже попытки объяснить эти явления не полиморфизмом, а полимерией. Как указывал М. Бертелло, при таком предположении каждая разность углерода является как бы особым элементом, различаясь уже в своих соединениях. Ход научного развития не дал, однако, опоры этой гипотезе².

Несомненно, все полиморфные разновидности углерода могут быть разбиты на два больших класса, типичными представителями которых могут быть приняты *алмаз* и *графит*. Трудно представить себе различие большее, чем эти два минерала. Твердый, тяжелый, блестящий, прозрачный бесцветный алмаз и мягкий, легкий, непрозрачный, матовый черный графит по внешности являются антиподами. Около них группируются многочисленные полиморфные разности; существование некоторых из них едва ли можно в настоящее время оспаривать. Таким образом, подобно тому, как это нередко наблюдается в области полиморфизма, можно различить здесь два полиморфных семейства: 1) алмаза и 2) графита.

274. В первом семействе можно выделить две разности: 1) прозрачный алмаз с удельным весом около 3,52 *правильной* системы, строения $3\lambda^2 4L^3 6P$, и 2) непрозрачный *карбонадо* с удельным весом 3–3,2³, также *правильной* системы, но класс которого нам неизвестен. Структура алмаза выяснена Брэггом в 1913 г. Ячейка – гранецентрированный куб с четырьмя атомами углерода внутри малых кубов и расположенных тетраэдрически (тип ZnS). Длина ребер элементарного куба – $3,53 \cdot 10^{-8}$ см. Каждый атом С окружен четырьмя другими атомами с наиболее коротким расстоянием между ними $1,53 \cdot 10^{-8}$ см⁴.

Точно так же и в семействе графита можно отличить по крайней мере две разности: 1) *графит* с уд. весом⁵ около 2,25, гексагональной системы,

¹ Литература о полиморфных разностях углерода огромна: *M. Berthelot*, 1870, с. 392 и сл.; *Luzi*, 1891 (2), с. 224; 1891 (1), с. 4085; 1892 (1), с. 216; *D. Berthelot*, 1894, с. 44; *Moissan*, 1896, с. 513; 1897, с. 53 и сл.; *Weinschenk*, 1897 (2), с. 291; *C. Hintze*, I, 1898, с. 48; *Roozeboom*, 1901 (1), с. 179–180; *Moissan*, 1905, с. 194 и сл.; *Groth*, 1906, с. 11; *Le Chatelier*, 1908, с. 37 и сл.; *Guthier*, 1910, с. 477 и сл.; *Tammann*, 1921. См. теоретические представления о разностях углерода у *H. Meyer*, 1914, с. 163. Ср. *W. Roth* и *H. Wallasch*, 1915.

² Ср., впрочем, *D. Berthelot*, 1894, с. 54, 78; *Менделеев*, 1906, с. 141; *Groth*, 1906, с. 11.

³ Это отличие удельного веса Риво (*Rivot*, 1849, с. 317), Розе (*G. Rose*, 1873, с. 534) и Гинтце (*C. Hintze*, I, 1898, с. 10) объясняют пористостью карбонадо. Розе (*G. Rose*, 1873, с. 535) и, следуя за ним, определеннее, Муассан (*Moissan*, 1896 (2), с. 210) считают карбонадо за алмаз, в котором примешано или растворено иное углистое вещество. По Муассану, оно сгорает иногда при 200°.

⁴ Рентгенограмма алмаза и углерода *Olie o Byl*, 1917 – алмаз и графит.

⁵ Наиболее точные данные см. *Ле Шателье* и *Вологдин*, 1908, с. 53.

и 2) *шунгит*¹ (так называемый аморфный уголь) с удельным весом около 1,8–1,9, система которого неизвестна². Для графита каждый атом в плоскости (0001) окружен тремя атомами углерода (на расстоянии $1,45 \cdot 10^{-8}$ см) с λ^3 , и перпендикулярно ей – слою атомов, на расстоянии $3,41 \cdot 10^{-8}$ см. Отражение ароматических и жирных соединений. С химической точки зрения пытаются рассматривать графит как производное бензола, а алмаз – гексаметилен⁴. Но на этих двух разностях не заканчивается сложность явления. Очень возможно, что разностей так называемого аморфного угля есть несколько³.

Кроме этих *полиморфных разностей* (разных твердых фаз), необходимо выделить, как отдельные минералы (§ 8), еще *минералогические разновидности*, которые, может быть, не отличаются по фазе: во-первых, *окрашенные разности алмаза*, которые представляют собой слабые твердые растворы ближе не известных, очень стойких веществ⁴. Эти разности обладают особыми условиями генезиса и отличными от бесцветного алмаза физическими свойствами. Я буду называть такие окрашенные разности алмаза *бортом*⁵. Некоторые борты, может быть, содержат тонкую примесь шунгита или графита, давая, следовательно, столь обычные минеральные смеси из двух твердых фаз одного и того же состава.

Удобно выделить также одну из разностей графита, которую можно называть *графититом*. Графитит⁶ состоит из *графита*, тесно смешанного с так называемым аморфным углеродом (шунгитом) или с какими-то органическими соединениями. Как по своим свойствам, так и по условиям парагенезиса графитит отличается от обыкновенного графита; между ними наблюдается постепенный переход друг в друга, может быть, в связи с переходом всех природных разностей углерода в графит. Есть переходы от графитита в шунгит.

С минералогической точки зрения – даже при тождественности твердых фаз графита и графитита – их отличие, как отдельных минеральных видов,

¹ Шунгит из Род-Айленда был отделен от каменных углей под названием антрацита Карстеном (С. Karsten, 1826, с. 90). Название «шунгит» было дано А. Иностранцевым (1885, с. 309). Я буду употреблять это название более широко – для обозначения природного аморфного углерода. О кристаллической разности углерода с удельным весом 1,9, в жильных местностях, см. Breithaupt, 1859.

² Ле Шателье и Вологдин, 1909, с. 1715 и сл. Ср. указания на кристалличность угля – § 280, 281.

³ Для угля при температуре около 300° существует скачок в величине различных физических свойств. Ср. Le Chatelier, 1908, с. 72. Сажа, по Дебаю, – есть графит.

⁴ Ср. Doelter, 1911 (1), с. 36 (литература).

⁵ «Бортом» называют обычно темноокрашенные и плохо выкристаллизованные разности алмаза. Таким образом, название, употребляемое в этой работе, не вполне совпадает с другими употреблениями слова «борт».

⁶ Название «графитит» было дано впервые Люци (Luzi, 1891 (2), с. 244) для обозначения плотных разностей графита, не дающих вспучивания с азотной кислотой (§ 310). Идентичность по крайней мере части вещества графитита с графитом кажется мне несомненной после работ Вейншенка, но в то же время едва ли можно все плотные разности графита целиком переносить в графитит, так как они нередко дают смешанные реакции, указывающие на постороннюю значительную примесь или угля (шунгита) или поликарбоновых тел. Под понятие «графитит», употребляемое в этом сочинении, подходят как графит Люци, так и много других веществ, соединяемых обычно под названием углистых веществ, иногда землистого графита.

может быть сделано с тем же правом, с каким мы отличаем кварц или горный хрусталь от кремня.

Итак, можно думать, что природный углерод распадается на: 1) *семейство алмаза* – алмаз, борт, карбонадо и 2) *семейство графита* – графит, графитит, шунгит. Эти шесть минералов, вероятно, отвечают четырем твердым фазам углерода.

275. Химический состав этих тел лишь в общих чертах соответствует *чистому углероду*; обычно наблюдаются примеси, может быть, иногда механические – большей частью ничтожные, реже значительные, доходящие до нескольких процентов. Химический состав этих тел был установлен значительно позже их минералогического выделения. Он был выяснен для алмаза в конце XVIII и начале XIX столетия Лавуазье и Теннантом; для графита – гораздо позже, ибо еще в 1820-х годах такие химики, как Тенар, считали его углеродистым железом и лишь в 1840-х годах Берцелиус окончательно отнес его к полиморфной разности углерода, на что указывали уже раньше другие, например Поггендорф¹, Карстен и Сефстрём².

Наиболее богат примесями *графит*. Очень трудно получить для анализа графита химически чистое вещество; огромная масса анализов относится к массивному графиту, механически захватившему посторонние примеси³. Однако и тщательно отобранный кристаллический графит содержит, кроме углерода, по-видимому, всегда *водород* (*может быть, в форме газов?*). Так, по анализам Люци, кристаллические чистые графиты заключают 99,8–99,95% С и 0,1–0,3% Н⁴. Может быть, всегда находится в нем и небольшое количество *азота*.

В плотных графитах и графититах постоянно находятся газообразные вещества, которые легко выделяются из них в безвоздушном пространстве при нагревании. Их количество – по отношению к объему – колеблется от 0,2 (Цейлон) до 2,6 (Борроудаль, Ботогол) объема графита⁵. Газы эти состоят из CO₂ (36,4–66,6%), CO (6,2–14,8%), H (сл.–22,2%), CH₄ (3,7–26,10%, N (4,2–6,6%)⁶. Неясно, однако, не изменяется ли при нагревании, для получения газов, состав графитов и не образуются ли выделяющиеся газы при изменении графита во время его нагревания.

Графиты постоянно содержат большое количество «золы», которая, несомненно, происходит от чисто механической смеси их с материнскими породами и минералами. Состав ее меняется для графитов разного происхождения. Зола графитов, образовавшихся из каменного угля (§ 293), вполне отвечает по составу золе каменного угля. Зола графитов других месторождений обычно от них отличается⁷. В золе графитов из Жекуитинонья

¹ *Poggendorff*, 1826, с. 528; 1829, с. 168.

² *Sefström*, 1829, с. 145; *C. Karsten*, 1822–1823, с. 69–70; 1826, с. 92. Карстен первый доказал элементарную природу искусственного графита.

³ См. библиографию анализов у *Moissan*, 1905, с. 223. Сводка у *Heinisch*, 1911, с. 64.

⁴ *Luzi*, 1891 (1), с. 4091. К сожалению, анализов очень чистого (кристаллов) графита мало. Количество водорода в графитах, недостаточно очищенных, очень велико. См. анализы у *Rammelsberg*, 1875, с. 1; *Heinisch*, 1911. Муассан (*Moissan*, 1905, с. 225) не считает присутствие водорода в чистом графите доказанным; может быть, он происходит от гигроскопической воды.

⁵ *Ans dell a. Dewar*, 1886, с. 555.

⁶ *Ans dell a. Dewar*, 1886. Ср. также *Luzi*, 1891 (2), с. 256. Люци думал, что этот водород отчасти происходит из углеводородов, заключающихся в графите.

⁷ *Donath*, 1904, с. 67 и сл.

в Минас-Жераис и из Сао-фиделис в Рио-де-Жанейро в Бразилии находится монацит¹ – явление, известное и для каменных углей. Количество золы, очевидно, сильно колеблется и достигает нередко более половины всей графитовой массы, например, средние технические анализы дают для ботогольского графита 59% золы, для цейлонского 32,5%². Очевидно, никаких закономерностей здесь ждать нельзя. В некоторых графитах наблюдается небольшая примесь *аммиака*, что, может быть, также связано с происхождением его из каменного угля. Очень обычна примесь *железа*, которое, однако, по указанию уже Карстена и Сефстрёма, находится в форме кислородных соединений и потому, вероятно, принадлежит к механическим подмесам.

Графиты – особенно в порошковатых формах – поглощают значительное количество воды вследствие своей гигроскопичности. Может быть, однако, их гигроскопичность зависит от примеси глинистых тел.

Шунгиты заключают также значительное количество воды (удаляемой при температуре ниже 130°), в среднем около 7,8%; за ее исключением, их состав выразится в среднем 98,1–98,3% С, 0,4% Н, 0,4% N и около 1% золы, состоящей из Fe_2O_3 и SiO_2 ³. Таким образом, по валовым анализам они представляют переход к *антрацитам*. Едва ли, однако, можно отсюда заключать об их химическом сходстве. Как известно, каменные угли и антрациты с химической точки зрения до сих пор остаются мало изученными. Несомненно, они являются смесями разных химических соединений. Однако существование в этой смеси сколько-нибудь значительных количеств самородного углерода является недоказанным. В отличие от шунгита, каменные угли, даже антрациты, состоят в главной своей части из поликарбоновых соединений О, Н и N. Впрочем, в природе есть еще случаи образования свободного углерода в виде *природных коксов* (§ 292), содержащих всегда аморфный углерод.

276. *Алмаз и борт* по анализу являются почти химически чистыми, давая ничтожное количество золы (всегда содержащей железо)⁴, причем этот остаток находится в значительно большем количестве (меньше 0,1%) в бортах. Описан борт из Южной Африки, имеющий магнитные свойства, так называемый стюартит (*stewartite*)⁵. Кроме железа зола содержит Si, Ca, Mg, часто Ti.

Карбонадо содержит О и Н; в нем всего 96,8–99,7% углерода. Зола его содержит Fe и Ti⁶.

Зола может происходить от механических примесей – включений. Для кристаллов *алмаза* включения очень характерны⁷. С одной стороны, алмазы включают кристаллы алмаза же, другой окраски, а затем содержат самые разнообразнейшие минералы – анатаз, топаз, гематит, пирит, золото и т.д. Нельзя не отметить среди их включений какой-то углеродистой разности, более легко окисляемой, чем чистый алмаз (может быть графита?), и жидкостей (частью жидкой CO_2).

¹ Derby, 1902, с. 211.

² Donath, 1904, с. 73. Тут и другие числа.

³ Иностранцев, 1879, с. 315 и сл.

⁴ Муассан не нашел железа только в одном зеленом борте из Бразилии (Moissan, 1893 (1), с. 460; 1896 (1), с. 485).

⁵ Sutton, 1911.

⁶ Doelter, 1911 (1), с. 31 (по Иппену).

⁷ Moissan, 1905, с. 208 (дана и литература); M. Bauer, 1909, с. 142.

277. Физические свойства. Алмаз и борт довольно часто встречаются в ясных полиэдрах, которые принадлежат к строению $3\lambda^2 4L^3 6P$ кубической системы¹; обычно, однако, они дают комбинации, по наружному виду соответствующие голоэдри: так, весьма часто наблюдается октаэдр (рис. 95–97).

Алмаз беден простыми формами роста. По критической проверке А. Ферсмана и В. Гольдшмидта, только 14 форм могут считаться установленными². Наряду с ними существуют многочисленные вторичные формы разъедания.

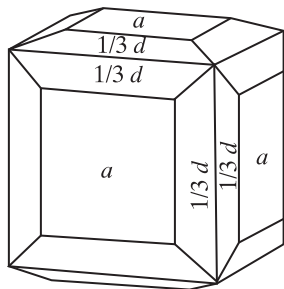


Рис. 95. Алмаз.
По Розе и Задебеку, 1876.
 $a \{100\}$, $\frac{1}{3}d \{130\}$

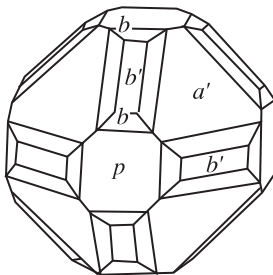


Рис. 96. Алмаз, должно
быть, из Бразилии.
По Леви, 1837.
 $p \{100\}$, $b' \{110\}$, $b \{h01\}$, $a' \{111\}$

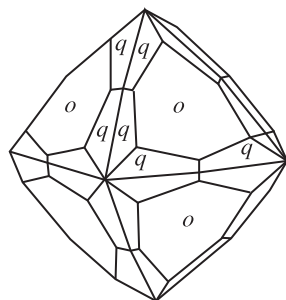


Рис. 97. Алмаз
из Южной Африки.
По Розе и Задебеку, 1876.
 $o \{111\}$, $\{111\}$, $q \{156\}$

Кристаллы алмаза из разных местностей дают различные господствующие формы, что может быть связано с различными условиями их образования; так, например, $\{hkl\}$ ³ и $\{hko\}$ ⁴ характерны для старых индийских алмазов; $\{110\}$, $\{hkl\}$ ⁵, отчасти $\{100\}$ – для бразильских, $\{100\}$ – для уральских, $\{110\}$, $\{hkl\}$ – для южноафриканских и т.д. В Южной Африке алмазы из разных местностей и даже из разных частей одной и той же трубки различаются

¹ О кристаллической форме алмаза см. *Des Gloiseaux*, 1874, с. 17; *G. Rose u. A. Sadebeck*, 1877, с. 85 и сл.; *Martin*, 1878, с. 522; *Baumhauer*, 1881, с. 91; *Boutan*, 1886; *C. Hintze*, I, 1898; *Groth*, 1906, с. 13. По мнению Грота (*Groth*, 1914, с. 70), алмаз не может принадлежать к классам, обладающим плоскостями симметрии. См. *W. a. L. Bragg*, 1913, с. 277; *E. Keller*, 1915; *Kaiser*, 1909, с. 236 и сл.; *M. Bauer*, 1909; *Ферсман и Гольдшмидт*, 1911, с. 42, 66. Точные данные о форме дал уже Роме Делиль (1783). Гемиздриа должна считаться установленной, особенно после работ А. Ферсмана и В. Гольдшмидта; однако в 1907 г. Ван дер Веем пытался доказать голоэдрию алмаза и повторил свое утверждение о голоэдри алмаза в 1911 г., основываясь главным образом на отсутствии в алмазе явлений пиро- и пьезоэлектричества (*Van der Veen*, 1907 и 1911). Однако триболюминесценция в алмазе несомненно доказывает наличие этих явлений, которые мы только не можем сделать ясными обычным путем. О кристаллической структуре борта см. *Еремеев*, 1898.

² У Ферсмана и Гольдшмидта (1911, с. 6) даны обозначения форм голоэдри. Не может считаться существующей, как форма роста, уже такая простая форма, как $\{120\}$, наблюдавшаяся Розе и Задебеком в 1876 г.

³ $\{123\}$, $\{134\}$ и т.д. – обычно в форме сорокавосьмигранника, т.е. $\{123\}$ и $\{1\bar{2}3\}$ одновременно.

⁴ $\{210\}$, $\{310\}$, реже – другие.

⁵ $\{123\}$, $\{134\}$ и т.д., – обычно в форме сорокавосьмигранника, т.е. $\{123\}$ и $\{1\bar{2}3\}$ одновременно.

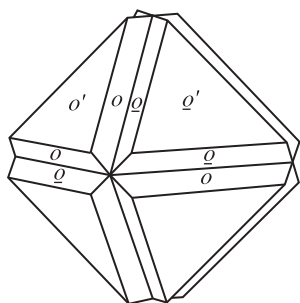


Рис. 98. Двойник алмаза.
По Розе и Задебеку, 1876.
 $o \{111\} \cdot \{111\}$

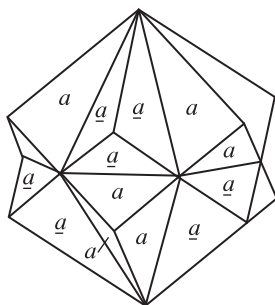


Рис. 99. Двойник алмаза
по $\{100\}$ из Бразилии.
По Розе и Задебеку, 1876.
 $a \{100\}$

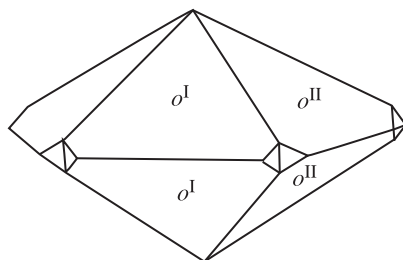


Рис. 100. Двойник алмаза
из Бразилии.
По Задебеку, 1876. $o \{111\}$

по форме (§ 286). Однако эти различные типы кристаллов обуславливаются отнюдь не явлениями роста. Господствующей формой роста являются всегда два тетраэдра¹.

Кристаллы алмаза и борта очень часто дают *двойники* срастания, обычно по $\{111\}$, и более редкие двойники прорастания по $\{100\}$ с углом поворота вокруг λ^2 в 90° (рис. 98–100). Наблюдаются и параллельные срастания (рис. 101), проще объясняемые разъеданием.

Полиэдры алмаза нередко изогнуты и плоскости искривлены, что – в зависимости от ниже указываемых явлений разъедания – находится в связи с сильным поверхностным их натяжением (рис. 102 и 103). Этим натяжением

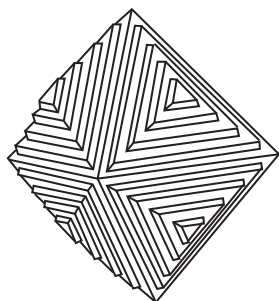


Рис. 101. Параллельный
сросток алмаза из Бразилии.
Октаэдрический кристалл
превращается в додекаэ-
дрический. Схема явлений
разъедания
По Розе и Задебеку, 1876

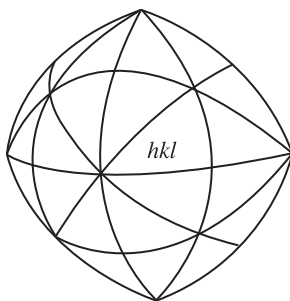


Рис. 102. Закругленный
сорокавосьмигранник
двойника алмаза
из Бразилии.
По Розе и Задебеку, 1876

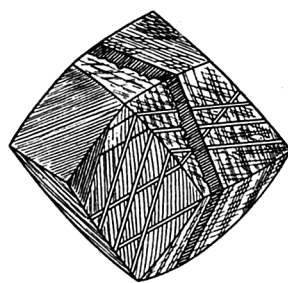


Рис. 103. Ромбический
додекаэдр алмаза; пронизан
двойниковыми пластинками
По Розе и Задебеку, 1876

¹ Можно говорить лишь о преобладании той или иной господствующей формы; так как алмазы находятся в россыпях, то в них попадают и более редкие кристаллы среди тысяч обычных. Впрочем, кубические кристаллы, по-видимому, очень редки в Южной Африке. По Уильямсу, их не находили лица, обязанные просматривать добываемые алмазы (Williams, 1902, с. 2–3). См., впрочем, указания Моленграафа у J. Johnson, 1910, с. 39.

² Ферсман и Гольдшмидт, 1911, с. 8, 23.

вызывается и то, что свежие кристаллы алмаза нередко растрескиваются без всякой видимой причины и мелкие кристаллики разлетаются по спайности.

Помимо такого искривления плоскостей, обычны шаровые *конкреции*, более или менее правильные сростки отдельных неделимых алмаза¹. Благодаря тому, что алмаз легко растрескивается и в то же время обладает совершенной спайностью по {111}, очень часты его мельчайшие острореберные осколки; в конце концов, этим путем алмаз распыляется и переходит в новые формы соединений углерода (§ 34).

В наружной форме алмазов чрезвычайно характерны тесно связанные с их образованием в магмах явления разъедания и растворения, на которые обратил внимание уже Розе². Наблюдения Ферсмана и Гольдшмидта (1911, с. 8 и сл., 25 и сл.) ясно указывают, что форма, например, кристаллов южноафриканских алмазов, в значительной степени обуславливается этими явлениями и не есть чистая фигура роста. Кристаллы стремятся к определенной фигуре равновесия, напоминающей {100}, но более близкой к {203} или {304}. В связи с этим можно наблюдать в кристаллах алмаза не только изменение наружной формы— ее переходы от форм роста к формам разъедания, но и оригинальную скульптуру плоскостей, связанную с действием поверхностных сил, вытравления и движения жидкости³.

278. *Карбонадо* проявляется чрезвычайно редко в ясных кристаллических полиэдрах; для него описаны лишь плохо выраженные кубы, октаэдры, ромбические додекаэдры правильной системы⁴. Это вещество черное, очень твердое, мало прозрачное, являющееся большей частью в неправильных пористых стяжениях или древовидных сростках мельчайших октаэдров, иногда принимающих форму более или менее правильных шаровых конкреций.

Алмазы и карбонадо редко когда достигают больших размеров; самый большой алмаз, так называемый Куллинан, был найден в 1905 г. около Претории; он весит около 621,2 г; однако он представлял осколок по спайности, и первоначальный кристалл, очевидно, был еще больше⁵. Такие куски алмаза являются величайшей редкостью, и уже алмазы весом в 20 г очень редки; большей частью они не достигают 1 г и даже 0,5 г весом. Зернистые массы алмаза никогда не были встречены. Гораздо больше размеры карбонадо; находили куски его в 620 г и даже до 800 г весом⁶; по-видимому, эти куски представляли обломки больших масс⁷.

279. Для алмаза имеют довольно большое значение два его физических свойства: преломляемость и твердость. Сложное и неопределенное явление, известное под названием *твердости*, характерно для алмаза потому, что он тверже всех известных тел; по шкале Мооса его твердость обозначается 10. Алмазы разных местностей и окраски различны по твердости; темноокрашенные борты (особенно из Борнео) и карбонадо более тверды, чем обычные

¹ Эти шаровые конкреции, может быть, представляют своеобразную форму кристаллических собраний, образующихся при определенных внешних условиях.

² G. Rose, 1873, с. 522.

³ Ферсман и Гольдшмидт (1911) дают массу наблюдений в этом направлении.

⁴ Des Cloiseaux, 1855, с. 304.

⁵ Spencer, 1910, с. 322; Hatch a. Corstorphine, 1909, с. 270.

⁶ Tschudi, 1866, с. 144.

⁷ M. Bauer, 1909, с. 202.

алмазы, но и алмазы разных местностей неодинаковы по твердости; так, например, алмазы из Бингеры в Австралии или Мартанеры в Борнео¹ тверже африканских². Твердость различна по разным плоскостям, так, по {111} тверже, чем по {100}.

Сильное *преломление* алмаза, вызывающее его употребление в качестве драгоценного камня, меняется довольно неправильно для алмазов из разных местностей. Более новые данные дают, например, для показателя преломления следующие величины³: для фрауэнгоферовой линии $A = 2,40242-2,40245$, $D = 2,41752-2,41734$, $H_1 = 2,46517-2,46476$. При нагревании показатель преломления увеличивается⁴. Таким образом, дисперсия показателей преломления видимого спектра достигает 0,06. Алмазы светятся под влиянием разных причин – при трении, под влиянием катодных лучей, излучения радия и т.д.; эта способность свечения выражена различно у разных кристаллов⁵.

280. В отличие от алмаза, для *графита* не установлена с точностью даже кристаллическая система, а *шунгит* настолько мало способен давать кристаллические полиэдры, что очень часто считается *аморфным* телом. Но, как правильно указывает Ле Шателье, аморфность угля является ничем не доказанной гипотезой, которой противоречит вся совокупность наших знаний о его свойствах⁶.

Графит весьма часто встречается в тонких пластинчатых (по пинакои-ду) кристаллах, которые сперва были признаны моноклиническими (с гексагональным обликом), а потом принимались за гексагональные. Пластинки кристаллов графита, превышающие квадратный дециметр, наблюдались в Байерсе, графство Честер, Пенсильвания (Чикагский музей). Он принадлежит к строению $\lambda^6 L^2 c \ 7P^7$. На основании рентгенограмм первоначально для графита было выведено отношение осей $a : c = 1 : 1,63^8$. [В данное время $a_0 : c_0 = 1 : 2,75$].

Гораздо чаще кристаллы графита дают сростки – нередки сферические конкреции радиально-лучистого, иногда концентрического строения (должно

¹ Gascuel, 1901, с. 15.

² Может быть, это отчасти объясняется тем, что твердость сильно зависит от поверхностного натяжения.

³ Wülfing, 1896, с. 62, 350; Schranf, 1884, с. 424; B. Walter, 1891, с. 505. См. у Вальтера характерный спектр поглощения. Более ранние данные давали значительно большие числа. См. у C. Hintze, I, 1898, с. 6. О явлениях фосфоресценции и триболоминесценции см. Crookes, 1909; Линденер, 1910, с. 1001. Явления свечения были замечены индийскими учеными (Bhoja) в XI столетии. См. Ray, 1909, с. 40.

⁴ Sella, 1891, с. 307. Изучен в пределах от 22 до 93° C.

⁵ По-видимому, в связи с натяжением поверхности очень часто алмазы оптически аномальны; см. Brauns, 1891, с. 176.

⁶ Le Chatelier, 1908. Давно уже указаны кристаллические осколки по спайности, выделенные Сорби в антрацитах и угле (правильной и квадратной систем). См. Sorby, 1851, с. 149. О получении при слабом охлаждении расплавленного угля особой кристаллической разновидности, отличной от графита и алмаза, см. A. Ludwig, 1902, с. 275. Людвиг считает ее кристаллической массой так называемого «аморфного» угля.

⁷ О кристаллической форме графита см. Kenngott, 1854, с. 469; A. Nordenskiöld, 1855, с. 110; Sjögren, 1884, с. 29; Luzi, 1891 (2), с. 259; E. Dana, 1892, с. 8; C. Hintze, I, 1898, с. 44; Groth, 1906, с. 13. Первые указания на кристаллическую форму графита даны, по-видимому, Кларком (E. Clarke, 1821, с. 417). Ср. Jameson, 1820, с. 217.

⁸ Ewald, 1914, с. 325.

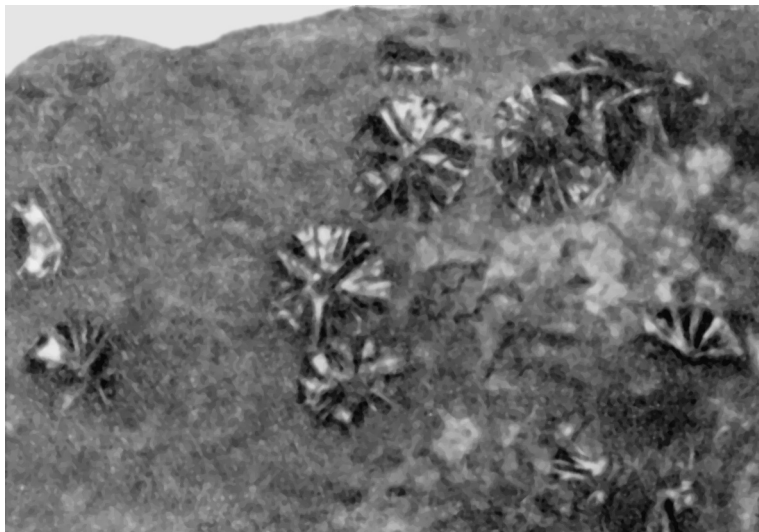


Рис. 104. Радиально-лучистые конкреции графита из пегматитов Ильменских гор.
Коллекция Московского университета. Фото Н.И. Сургунова

быть, кристаллические собрания) (рис. 104). Кристаллы графита отличаются чрезвычайно легкой способностью к деформациям, легко изгибаются по разным направлениям. Может быть, в связи с такой формой графита должны быть поставлены его дендриты¹.

Обычно, однако, графит – и всегда графитит и шунгит – дают плотные землистые массы, в которых отдельные неделимые или не имеют определенной формы, или форма их не может быть различена. Огромные количества этих тел рассеяны в природе в виде микроскопических бесформенных включений в других телах, в виде пыли, понятие о которой может дать сажа, состоящая в значительной степени из углерода, близкого к шунгиту. Шунгит наблюдается иногда и в плотных стекловатых массах в природном коксе.

По характеру своего происхождения эти вещества нередко встречаются в огромных массах, образуя в данном минеральном теле выделения чистого углерода в тысячи и десятки тысяч тонн весом. Наблюдались сплошные массы чистого графита более 1,6 т весом². Очень странны образования графита из Алиберовского месторождения. Они больше всего напоминают *капли*, бывшие в расплавленном состоянии, так же как прекрасные образования шарового графита Ильменских гор. Несомненно, сейчас ясно, что известное расплавление графита (соответственно – «угля») происходит³.

¹ *Sigmund*, 1909, с. 13: в гранулите около Мелька в Австрии.

² *Merrill*, 1904, с. 9. Есть попытки допустить существование углерода в природе в растворенной форме. Такая идея допускалась одно время для нефти *М. Ракузиным* (1906, с. 180), позднее он от нее отказался (1912, с. 125).

³ В опытах Люммера (*Lummer*, 1914) на расплавленном угле плавали кристаллики графита – в угольной дуге при силе тока в 10 амп. и давлении 0,5–2 атм. Все это возможно в природных условиях? См. об изгибании углеродных стержней в работе *И. Плотникова* (1917).

281. Процессы изменения, происходящие с этими минералами, можно разбить на два типа: 1) чисто химические их изменения (§ 297) и 2) переход самородного углерода в ту разность, которая является устойчивой при обычных условиях земной поверхности. Нечто аналогичное мы наблюдали в самородной сере, где газообразная, жидкая и β -сера на земле – все переходят в α -серу (§ 245).

Однако определение взаимных отношений полиморфных разностей углерода гораздо затруднительнее, чем разностей серы; возможно, что это явление находится в связи с большим поверхностным натяжением твердых фаз углерода.

Опыты Муассана¹ несомненно указали, что при *обыкновенном давлении и высокой температуре* графит устойчив. Но область устойчивости графита очень велика, ибо, насколько можно судить, и *при термодинамических условиях земной поверхности устойчив также графит* и в него должны были бы перейти другие модификации углерода, если бы процессы перехода происходили только в условиях простых обратимых равновесий, зависящих от температуры и давления.

Как бы то ни было, графит устойчив и при высоких и при наших обычных температурах². На это указывают: 1) переход шунгита через графитит в графит, прослеженный во многих местностях земной коры, 2) отсутствие переходов графита в шунгит или в алмаз, 3) переход алмаза в графит (через карбонадо?) при нагревании (и при действии катодных лучей) и сохранение им этого нового состояния по охлаждении^{3,4} наконец, по опытам Людвига, из расплавленного, жидкого углерода при его быстром охлаждении (при 1000–3000 атмосфер давления) выделяется сперва алмаз⁴, быстро переходящий уже при красном калении в устойчивую разность – графит, а из газообразного состояния всегда выделяется графит же⁵.

При температуре выше 1885° алмаз не может существовать – он превращается в графит в несколько минут и почти мгновенно, если температура значительно превышает 1885°⁶. Наблюдаемый при этом графит – вторичный; он получается от разложения CO₂, образуемой при сгорании алмаза⁷. Алмаз без изменения может быть нагрет до 2500°, если на него не действует воздух.

Образование графита из алмаза – эндотермическая реакция, и алмаз содержит меньше внутренней энергии, чем другие разности углерода, т.е. он – наиболее устойчивая форма при обычной температуре⁸.

¹ Moissan, 1897, с. 159; 1905, с. 214. Явление это довольно сложное и носит характер химических равновесий. Еще при 1200° не удается добиться такого перехода нацело. См. *Vogel u. Tammann*, 1909, с. 598.

² По Бёке (Boecke, 1914, с. 324), графит устойчив при всех температурах, при давлении в 1 атм., а алмаз совершенно неустойчив при всех температурах, при данном давлении.

³ Jacquelin, 1847, с. 459; G. Rose, 1873, с. 516; Moissan, 1893 (2), с. 423; 1894, с. 976; 1896 (1), с. 513; 1897, с. 86, 156; Crookes, 1896, с. 39. Муассан изучил этот графит и убедился, что он дает гексагональные пластинки, графитовую кислоту и т.д. (Moissan, 1905, с. 214). См. возражения Дёльтера (Doelter, 1911 (1), с. 39).

⁴ По мнению Людвига (A. Ludwig, 1902, с. 273–275), вначале выделяется особый «графит» правильной системы. Уже Муассан указывал на выделение алмаза из расплавленного угля.

⁵ Moissan, 1896 (1), с. 657; 1897, с. 161. Углерод не всегда превращается в графит при 3000–3300° C (Arsem, 1911).

⁶ Friedel et Riband, 1924, с. 1128.

⁷ Doelter, 1911 (2), с. 138 и сл.

⁸ Caven, 1917, с. 51.

Хотя графит является, таким образом, устойчивой твердой фазой углерода в условиях земной поверхности, остальные полиморфные разновидности могут сохраняться в природе необычайно долго и принадлежат к тому типу переохлажденных полиморфных фаз, который сохраняется благодаря большому поверхностному натяжению¹.

Шенк и Геллер² считают, что при t° между 400–800° С графит – наиболее устойчивая разновидность, а аморфная – наименее устойчивая, а Роозебом² считает, что между 1000 и 3000° С наиболее устойчивая разновидность – графит. Он вычисляет точку перехода – 372° С.

Но, по-видимому, при еще более высокой температуре (и обычном давлении) устойчив не графит, а какая-то другая разновидность углерода. К этому мнению заставляют склоняться, правда, немногие данные. Так, по опытам Муассана³, графит после сильного нагревания с трудом дает графитовую кислоту⁴.

282. Алмаз в земной коре. Коренные месторождения *алмаза и борта*, обыкновенно наблюдаемых вместе или при аналогичных условиях, долгое время были загадочны, так как большая часть этих веществ добывалась из россыпей. Только в последнее время генезис их несколько разъяснился. Коренные месторождения *карбонадо* до сих пор с точностью не найдены (§ 291).

Мы имеем, по-видимому, два различных типа коренных месторождений *алмаза*: 1) алмаз, выпадающий в дайках и массивах основных или средних пород, и 2) алмаз кислых пегматитов или связанный с такими пегматитами.

283. К первому типу принадлежат богатейшие южноафриканские месторождения алмаза⁵, как впервые выяснил Коген в 1872 г.⁶ Алмаз находится в своеобразных вулканических образованиях – диатремах и дайках, которые тянутся на протяжении нескольких сот километров, начиная от южных частей Капской колонии⁷ (Сутерленд – диатремы без алмаза), через Западный

¹ Об этом см. *Вернадский*, 1904 (1), прот., с. 9–10. Может быть, этим вызывается то обстоятельство, что ни алмаз, ни шунгит не встречаются в больших однородных массах (кристаллах).

² *Schenck u. Heller*, 1905, с. 2139; 1907, с. 1704. Ср. *Smits*, 1905, с. 4027; *Roozeboom*, 1901 (2), с. 179.

³ *Moissan*, 1896 (1), с. 513–514; *Sorby*, 1851, с. 159. Об образовании то графита, то аморфного угля см. *Kohlschütter*, 1919; *Kohlschütter u. Naegeli*, 1921.

⁴ Нельзя не отметить, что теплоты перехода угля в графит и алмаз, выведенные термохимически, не вполне отвечают указанным соотношениям алмаза, угля, графита. О неясности взаимного отношения полиморфных разновидностей углерода см. *A. Koenig*, 1906, с. 441; *Doelter*, 1911 (1), с. 40. О синтезе алмаза (при высокой температуре и высоком давлении) см. *E. Baur*, *K. Sichling u. E. Schenker*, 1915, с. 313.

⁵ Литература об этих образованиях огромна. См. сводку ее у *Julien*, 1909, с. 453. Также *P. Wagner*, 1909, с. XII; *Ферсман и Гольдшмидт*, 1911, с. 54.

⁶ *Cohen*, 1872, с. 857.

⁷ *Mouille*, 1885, с. 23 и сл.; *Boutan*, 1886; *Fuchs et De Launay*, 1893 (1), с. 16 и сл.; *Moissan*, 1893 (1), с. 294; *Couttolenc*, 1892, с. 127; *Stone*, 1895, с. 493; *Bonney*, 1895, с. 496; 1897, с. 497; 1899, с. 225 и сл.; *Gührich*, 1897, с. 146; *De Launay*, 1897 (3), с. 336; 1897 (4); *C. Lewis*, 1897 (его статьи печатались много раньше, например в «*Geol. Mag.*», 1887, с. 22 и сл.); *P. Wagner*, 1914; *R. Beck*, 1899, с. 417; *Rogers a. du Toit*, 1904, с. 61; *Harger*, 1906, с. 110; *Du Toit*, 1907, с. 135; *Corstorphine*, 1908, с. 65; *Voit*, 1908 (2), с. 69, 75; *Hartog*, 1909, с. 450; *P. Wagner*, 1909; *M. Bauer*, 1909; *Hatch a. Corstorphine*, 1909; *J. Johnson*, 1910; *Schwarz*, 1910 (1), с. 192 и сл.; *Stutzer*, 1911, с. 91 и сл.



Рис. 105. Вид алмазного колодца в Кимберли.
По Уильямсу, 1902

Грикваленд (копи Ньюленда)¹, колонии Оранжевой реки (Кимберли и др.), Трансвааль (окрестности Претории)² и через Родезию, на север от Замбези до Британской Восточной Африки. Аналогичные образования известны в Немецкой Юго-Западной Африке. Никакой правильности в их распределении не наблюдается. Главные продуктивные диатремы сосредоточены на пространстве 200 км (рудники Премьер-Егерсфонтейн).

Любопытные алмазоносные трубки, аналогичные кимберлийским, открыты в Бельгийском Конго, на юг от оз. Моэро. Они прорезают пермские (?) отложения³.

Алмаз находится в тесной связи с основными вулканическими породами двоякого типа: 1) он встречается в породах, заполняющих диатремы (так называемые «pipes» – трубки) и 2) в тонких дайках. Наибольшее техническое значение имеет первый тип выделений, хотя алмазоносных даек имеется не меньше, если не больше, чем трубок, но они беднее алмазом⁴ (§ 286).

Трубки представляют из себя гигантские колодцы, уходящие вниз на недосягаемую глубину (рис. 105). Эти колодцы на первый взгляд кажутся не связанными с тектоническими трещинами в земной коре, но более детальное исследование указывает на их тесную связь с дайками массивных пород, очень

¹ Lacroix, 1898, с. 21–29; R. Beck, 1898, с. 163–164; Bonney, 1901, с. 475; Graichen, 1903, с. 448; 1907, с. 275 и сл.

² Molengraaf, 1901, с. 89; Hall, 1904, с. 195 и сл.

³ Любопытна фотография нетронутой площади трубки. Ball a. Schaler, 1914, с. 655 и сл.; D'Andrimont, 1912, с. 100

⁴ Harger, 1906, с. 123 и сл.

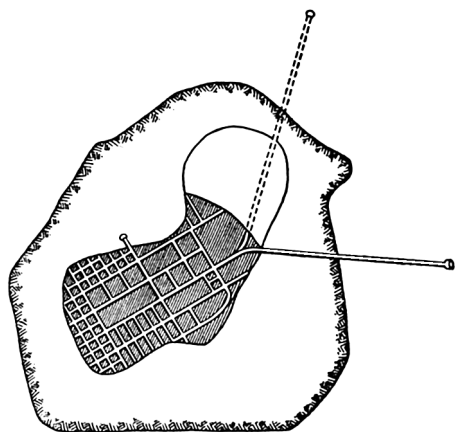


Рис. 106. Разрез поперечной диатремы в Кимберли.

По Вагнеру, 1909

близких или тождественных с породами трубок. Эти дайки заполняют тектонические трещины. Связь трубок с дайками иногда видна лишь на глубинах, и на поверхности ничто не дает повода думать о существовании этой зависимости (например, около Кимберли или Претории). Трубки нередко лежат в местах, где сходится несколько даек, на их пересечении или повороте¹.

Эти алмазоносные трубки в разрезе на поверхности часто дают круглую, эллиптическую, неправильную форму (рис. 106). Иногда их форма – цилиндров или конусов, уходящих на значительную, неизвестную глубину, – очень правильна (например, рудник Бульфонтейн). Книзу диаметр их суживается. На земной поверхности диаметр

колодцев колеблется от 20 до 350 м (Премье около Претории). В среднем, по Гарджеру, большинство трубок имеет диаметр 30–100 м. В некоторых из этих трубок работают уже на глубине более чем 900 м от поверхности и не достигли их конца. Их начало теряется для нас в неисследованных частях земной коры, так как они прорезают самые глубокие породы Южной Африки – граниты² (рис. 107).

Стенки их образованы разнообразными породами; среди них можно встретить представителей всех пород, участвующих в строении данной местности, начиная сверху с осадочных палеозойских слоев Карру и оканчивая гранитами. Стенки местами покрыты штрихами, отполированы, так что трубка резко отделяется от прорезаемых ею пород. В местах контакта происходит отложение углекислого кальция, собираются углеводородные газы. Однако все это могут быть вторичные явления, связанные с изменениями, происходившими при метаморфизации породы, заполняющей трубки, например – с увеличением ее объема при серпентинизации оливина (§ 285).

Таких колодцев или трубок известно несколько сотен. Они собраны группами, отстоящими одна от другой на большие расстояния, сотни километров. Каждая группа состоит из колодцев, по-видимому, генетически связанных, так, например, на восьми квадратных километрах около Кимберли известно 15 трубок, составляющих одну группу.

Колодцы не всегда имеют такие типичные черты. Есть случаи, когда они как бы непосредственно переходят в дайки, заполненные алмазоносными породами, и не могут быть от них отличены.

284. Трубки заполнены: 1) основной массивной породой, хотя меняющейся в разных трубках, но в общем очень однообразной, и 2) включениями

¹ О связи с дайками см. *De Launay*, 1897 (4), с. 98; *P. Wagner*, 1909; *Schwarz*, 1910 (1), с. 195.

² См. *De Launay*, 1907 (2), с. 1188 (рудник Беерс – на 641 м). Ср. любопытные соображения Шварца (*Schwarz*, 1910 (1), с. 193, 240).

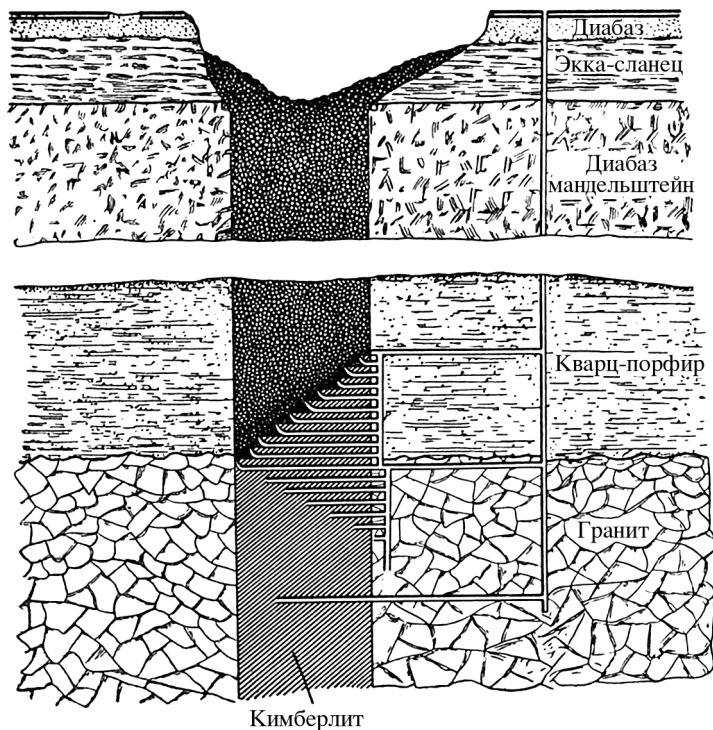


Рис. 107. Продольный разрез рудника Беерс около Кимберли.
По Вагнеру, 1909

и осколками окружающих пород, как пород, ныне образующих их стенки, так и тех пород, которые когда-то лежали выше уровня теперешних трубок, но затем были уничтожены позднейшей денудацией страны. Осколки пород иногда острорёберны, но большей частью округлой формы¹ и нередко очень окатаны; они иногда достигают объема в несколько тысяч кубических метров, иногда микроскопически мелки. Временами породы совершенно раздроблены и из них сохранились только отдельные минералы. Все эти осколки особенно сосредоточены в верхних горизонтах. Представляет большой интерес для выяснения истории явления то, что в трубках находятся обломки пород, геологически более новых, чем те, которые составляют их стенки; эти породы нигде уже не наблюдаются в данной местности. Несомненно, этот факт указывает на огромную денудацию, какую претерпели эти трубки, пока пришли в тот вид, в каком они теперь находятся².

Отдельные минералы³, которые местами переполняют трубки, только частью происходят от этих посторонних включений, значительная часть их связана с коренной породой, заполняющей трубки. Ибо, с одной стороны, трубки заполнялись не сразу, наблюдалось несколько различных поднятий

¹ Harger, 1906, с. 118.

² Rogers, 1905, с. 343; P. Wagner, 1909, с. 4.

³ Список минералов и их свойства см. у Du Toit, 1907, с. 151; P. Wagner, 1909, с. 27.

породы в трубках, и все эти сложные движения были связаны с очень своеобразным изменением ранее выделившихся частей коренной породы; с другой стороны, коренная порода имеет порфировидный характер. Среди этих минералов – спутников алмаза – можно отметить циркон, богатый магнием оливин, особую бурю слюду¹, хромсодержащий пироп, хромдиопсид, магнезиальный титанистый железняк, перовскит и т.д. В верхних частях наблюдаются вторичные продукты изменения и позднейших процессов – серпентин, бастит, кальцит, опал, пирит и т.д.

285. Главную часть трубок составляют особые, очень характерные основные породы, принадлежащие к базальтам, но составляющие особую их группу.

Эта порода была принята вначале за брекчию и, действительно, она местами ее напоминает благодаря обилию посторонних осколков. Лишь в 1887 г. Карвиль Льюис ясно указал на ее принадлежность к порфировым *перидотитам* и назвал *кимберлитом*². С тех пор выяснилось, что в неизмененном виде алмазоносный кимберлит действительно является основной изверженной породой. Долгое время исследователи обращали внимание на более измененные его участки (верхний – «желтая земля» – измененный кимберлитовый туф или брекчию, и нижний – «твердая голубая земля» – переход к неизмененному кимберлиту), чем и объясняются первоначальные неправильные его описания.

Обращаясь к неизмененному кимберлиту, можно различить две его разновидности: 1) очень богатый указанной раньше своеобразной слюдой – *слюдистый кимберлит* и 2) более бедный слюдой – *обычный кимберлит*. В трубках распространен второй тип. Он содержит 50–70% богатого магнием оливина, включения слюды, пироба, магнезиального ильменита и т.д. В основной массе наблюдаются слюда, перовскит, магнетит, апатит и т.п.

Слудистый кимберлит, отличающийся обилием слюды, как порфирообразно выделенной, так и входящей в основную массу породы, является характерной породой даек, как тех, с которыми связаны трубки (§ 283), так и тех, которые прорезают кимберлитовые породы в трубках (§ 287). Дайки слюдистого кимберлита обычно очень тонки (60–90 см), но могут быть прослежены на большие расстояния.

Кимберлиты претерпели огромные изменения в верхних частях трубок и дали начало мощному развитию серпентина, кальцита, опала, причем оливин исчез целиком. Чрезвычайно характерно, что процесс изменения шел различно в различных трубках, почему «голубая земля» для отдельных трубок различна³. Однако эти различия нельзя объяснять только особенностями

¹ Это так называемый *валит*. Вагнер (*P. Wagner*, 1909, с. 36) относит эту слюду к флогопитам, чему резко противоречит, к сожалению, неполный, химический анализ. Она требует нового исследования. Содержит следы F, богата K, Mg, бедна Al. Потеря от прокаливании, которую Вагнер предположительно относит к особой H₂O, может происходить от летучих щелочей (Li, Rb, Cs). Об особенных свойствах этой слюды см. также *Du Toit*, 1907, с. 169.

² Характер этой породы долго был неясен. См. обзор мнений у Фойта (*Voit*, 1907, с. 366; 1908 (3), с. 195). Фойт склоняется к тому, что алмазоносный кимберлит является изверженной породой, близкой к гарцбургитам, и представляет порфировую породу с выделением пироксена, оливина и биотита. По Бутгенбаху (*Buttgenbach*, 1904 (1), с. 14), это авгитовый перидотит. См. петрографический очерк у Вагнера (*P. Wagner*, 1909, с. 57 и сл.).

³ *P. Wagner*, 1909, с. 14.

минералов, участвующих в процессе изменения, так как и тип кристаллов алмаза очень различен для отдельных трубок (§ 286). Мы имеем здесь явления, обычные для всех известных нам случаев диатрем, – изменения пневматолитического характера в последних стадиях извержения.

Все указывает на то, что алмаз находится *in situ* в кимберлите. Однако некоторые исследователи (Бекк, Бойней) думают, что он происходит из других, более глубинных пород, так как в некоторых трубках были найдены его кристаллы в своеобразных включениях гранитовых пород эклогитового характера, названных Бекком *гриквайтом*. Характер гриквайта не может считаться выясненным, как он не выяснен и для многих включений базальтовых пород, богатых оливином. И в кимберлите мы встречаем, помимо эклогитовых включений, включения, богатые оливином, тоже иногда содержащие алмаз. В обоих случаях появляется вопрос о том, надо ли считать эти включения за осколки нижележащих пород, захваченные магмой, за глубинные выделения той же магмы или за местные фации в истории магмы, связанные с временной резорбцией окружающих пород, с поднятием газами более глубоких ее частей и т.п.¹ Вопросы эти пока остаются без ясного ответа.

286. Алмаз является ничтожной составной частью кимберлита. Даже в наиболее богатых рудниках, около Кимберли, он составляет едва ли больше 0,00001%; в других трубках работают при содержании алмаза в 4 раза меньшем. Есть трубки, которые содержат ничтожное количество алмаза, не окупающее разработки; наконец, есть и такие, в которых алмаза совсем не найдено.

Еще меньше алмаза в дайках. Однако дайка слюдистого кимберлита около Грас-Пана, между реками Ваал и Моддер, прослеженная на расстоянии 40–50 км, мощностью до 90 см, давала 36 каратов на 100 ластов, т.е. немного более 0,00001%².

В трубках алмаз распределен неправильно: встречаются части, более богатые и более бедные алмазом. Это зависит от изменения пород, ибо в сложном строении трубок, где чередуются продукты разновременных извержений, можно всегда различить выделения кимберлитов, более бедных и более богатых алмазом.

Очень редко включены алмазы в гранаты, даже в оливин. Еще реже попались кристаллы граната внутри кристалла алмаза. Алмаз и гранат давали сростания и иного рода³.

Обычно алмаз встречается в виде отдельных кристаллов иногда двойников сростания или прорастания (§ 277), причем как кристаллическая форма, так и окраска и блеск характерны для определенных трубок и для даек⁴. Так, например, в Бультфонтейне наблюдаются мелкие, иногда пятнистые, {111}, {111}, в Дютюаспан – большие окрашенные {111}, {111} и т.д.⁵

¹ Обзор современного состояния вопроса у *P. Wagner*, 1909, с. 92 и сл. (литература). Ср. *Du Toit*, 1907, с. 156; *J. Johnson*, 1910, с. 26. Опыты Уильямса показали, что в Кимберли большинство валунов эклогита лишено алмаза.

² *P. Wagner*, 1909, с. 81 – по указанию Манко.

³ *Güthrich*, 1897, с. 146.

⁴ Они даже меняются в разных частях одной и той же копи. Об этом см. уже *Stone*, 1895, с. 493.

⁵ *De Launay*, 1897 (4), с. 87.

Алмазы не достигают большой величины – наибольший кристалл весил немного более 620 г, но в породе находятся многочисленные микроскопически мелкие кристаллики алмаза (иногда борта и карбонадо)¹. Чрезвычайно характерны вторичные явления разъедания кристаллов алмаза магмой (§ 277).

287. Едва ли можно сомневаться в характере трубок. Это типичные диатремы, конические трубки в земной коре, образовавшиеся путем взрывов газов. Читая точные описания южноафриканских алмазоносных рудников, видишь поразительную их аналогию с классическим строением диатрем п-ова Файф в Шотландии, отчасти даже «вулканических эмбрионов» Ураха и Швабского Альба².

Характер включений минералов, брекчиевидный тип основных плутонических пород, цемент кальцита и его выделения по стенкам, характер контактовых явлений – вполне аналогичны в обоих типах вулканических образований. Аналогия резко сказывается и в их строении, в их связи с дайками и в том, как дайки прорезают породы трубки. Порода алмазоносных трубок, как и породы трубок Файф или Ураха, не одновременного происхождения. По одному и тому же отверстию подымались многочисленные извержения. По Муллию, для Кимберли можно отличить по крайней мере 15 различных поднятий магмы. Каждая трубка имеет мозаичное строение, параллельное стенкам, и состоит из перепутанных столбов разнообразных извержений в общем одной и той же магмы.

Время этих взрывчатых извержений нам неизвестно. Можно определить их нижнюю границу по характеру пород, ими прорезанных или заключающихся в виде обломков в кимберлите трубок. На этом основании можно их считать образовавшимися после триасовой эпохи. Некоторые исследователи – на основании аналогии базальтовых пород трубок с некоторыми базальтовыми послемеловыми дайками Южной Африки – подымают еще выше эту границу, моложе неокома³. Около Гейдельберга в Риверсдале, в Южной Африке, кимберлитовые трубки прорезают нижнемеловые отложения⁴. В Трансваале найдены мелкие алмазы во вторичном месторождении, в конгломератах, по-видимому, альгонкского возраста, указывающие на существование первичных алмазов раньше кимберлитов (раньше юры)⁵.

Наружный вид южноафриканских диатрем мало характерен. Кое-где над ними находились небольшие холмики в несколько метров высотой, состоявшие из песчанистого делювия, нередко известкового туфа. Любопытно, что помимо CaCO_3 , столь обычно выпадающего в диатремах, кое-где здесь наблюдались выходы углеводородных газов⁶. Все эти верхние шапки давно уничтожены при разведках и разработках (рис. 108).

¹ Эти микроскопические алмазы не принимаются во внимание при подсчете процента алмаза в породе.

² Эта аналогия с диатремами была уже указана Добрэ (*Daubrée*, 1891 (1), с. 325 и сл.). Возражения Шапе (*Chaper*, 1891, с. 943) были разбиты Де Лоне (*De Launay*, 1897 (4), с. 76). В новое время Фойт отрицает их аналогию с диатремами и считает кимберлиты за батолиты (*Voit*, 1908 (3), с. 199). Его доводы очень неубедительны.

³ *Rogers a. Du Toit*, 1904, с. 61, 81; *Rogers*. 1905, с. 333.

⁴ *Harger*, 1921–1922.

⁵ *Brouwer*, 1920, с. 420.

⁶ *De Launay*, 1897 (4), с. 83; *P. Wagner*, 1909, с. 5.



Рис. 108. Вид диатремы в Кимберли при начале разработки (1874 г.)
По Уильямсу. Ср. рис. 105

Но они и не давали никакого понятия о морфологии диатрем, так как несомненные явления указывают на колоссальную денудацию поверхности Южной Африки, давно сведшую на нет наружные образования диатрем (§ 284). Форма поверхности трубок есть форма денудации страны.

288. Диатремы основных пород, по-видимому, являются широко распространенным типом алмазоносных месторождений на земном шаре. К нему принадлежат копи Бингера в Австралии, где найдены те же колодцы и те же породы, в том числе и эклогиты¹. Аналогичные кимберлиту туфовые образования были указаны и в Минас-Жераис, около Уберабы и др., хотя в самой породе алмаз здесь не был найден². Алмаз был найден в хромитах, впервые в Канаде³. Алмаз мелкий, но хороший, находится во включениях хромита в дунит около горы Оливин в окр. Туламин в Британской Колумбии; хромит содержит Pt и Au⁴. В перидотитах верхнемелового возраста найден алмаз в графстве Пагш в Арканзасе⁵, в долеритах (может быть, диабазах) около Инвереля в Новом Южном Уэльсе⁶.

¹ Об образовании алмаза в кимберлитах в присутствии воды при не очень высокой температуре см. *W. Johnson*, 1915, с. 275; *Pittman*, 1901 (1), с. 392; *Card*, 1902, с. 29; *J. Thomson*, 1909, с. 492.

² *Hussak*, 1906 (1), с. 322 и сл. В алмазоносных песках Минас-Жераис, Гояс и Сан-Пауло довольно часты валуны очень основных пород — ср. *Derby*, 1898, с. 125; *Hussak*, 1906 (1), с. 328.

³ *R. Johnston*, 1912, с. 360; *Camsell*, 1916, с. 154.

⁴ *Camsell*, 1911, с. 604 и сл.

⁵ *G. Kunz a.H. Washington*, 1908, с. 187; *Purdué*, 1908, с. 525.

⁶ *Edgeworth David*, 1907 (2), с. 562, 1907 (1), с. 146; *J. Thomson*, 1909, с. 492. По мнению Меренского, часть алмазов Капской колонии, округа р. Ваал, выпала не в кимберлите, но в диабазе. Доказательства Меренского косвенные (*Merensky*, 1908 (2) с. 157). Харджер (*Harger*, 1910, с. 158) считает, что алмаз р. Ваал первоначально выпал частью в кимберлитах, частью в андезитовых лавах. В конгломераты он попал при разрушении этих пород. По мнению Шварца (*Schwarz*, 1917, с. 33), в диатремах алмаз вторичный и указывает на возможное образование алмазов в россыпях Мольено из кристаллических сланцев. См. также *Draper*, 1921.

Всюду здесь, так или иначе, алмаз выпал из расплавленной силикатовой магмы.

Выделение алмаза из расплавленной основной силикатовой магмы отвечает и данным опыта. Полученный впервые Муассаном из расплавленных металлов под высоким давлением алмаз был воспроизведен вскоре в кристаллах и из силикатов. Кажется, впервые Люци показал, что расплавленная «голубая земля» кимберлита разъедает кристаллы алмаза¹, но только Фридлиндер², растворяя графит в расплавленном оливине, получил его при охлаждении в форме микроскопических алмазов. Эти опыты были подтверждены фон Гаслингером³. Характер процесса, однако, неясен. Может быть, алмаз выпадает здесь распадением первоначально образовавшихся металлических карбидов⁴ или их взаимодействием с окисью углерода⁵.

289. Совершенно другой тип месторождений алмаза представляют некоторые выделения его в Бразилии, Южной Африке и Индии. К сожалению, коренные месторождения алмаза здесь почти не изучены; приходится делать заключения о его генезисе по отдельным, неполным наблюдениям. Они лишь иногда указывают на африканский тип его генезиса (§ 288), большей же частью дают наведения на совершенно иные условия выделения⁶. Так, в Бразилии, в Минас-Жераис⁷, можно различить два типа месторождений: 1) в современном гравии рек или в старинных речных террасах, 2) на высоких местах, в конгломератах. Алмаз в первом типе открыт в 1729 г. в Тижука, во втором – в 1832 г. в Сан-Жуан-де-Чапада, около Диамантины, около Кокаэс, недалеко от Уро-Прето, где алмаз выделился в каолиново-кварцевых, измененных пегматитовых или аналогичных им жилах, в характерной ассоциации с кварцем (иногда в кварце)⁸, анатазом, железным блеском. Жилы эти прорезают итаколумиты и слюдистые сланцы. К сожалению, здесь наблюдался лишь элювий, происходящий от этих жил; выходы жил не видны. Можно думать, что алмаз выделился здесь, так или иначе, при участии паров воды и расплавленной кислой магмы, может быть, произошел распадением летучих соединений углерода.

В последнее время и некоторые алмазы Южной Африки (в Сомабуле) относят также к типу пегматитовых жил в гранитных областях. *In situ* этот алмаз не наблюдался⁹.

¹ *Luzi*, 1892 (2), с. 2470. Выкристаллизацию алмаза из оливиновых пород впервые допустил Кноп. См. *Stelzner*, 1893.

² *Friedländer*, 1898, с. 46 и сл.

³ *Hasslinger*, 1902, с. 619.

⁴ *Hasslinger u. Wolf*, 1903, с. 507; *Voit*, 1908 (2), с. 79.

⁵ *Macco*, 1907, с. 76 – на основании опытов Франка об образовании графита при взаимодействии $\text{CaC}_2 + \text{CO}$.

⁶ О сходстве месторождений Бразилии с южноафриканскими см. *Brouwer*, 1921, с. 1005.

⁷ *Derby*, 1882, с. 40–42; 1898, с. 131 и сл.; *Gorceix*, 1887, с. 1139; *C. Hintze*, I, 1898, с. 23–24. Об алмазных месторождениях Диамантины: *Harger a. Chamberlin*, 1915, с. 373; *Branner*, 1911, с. 480; 1919, с. 332; *Pontie*, 1921, с. 38. Конгломераты, заключающие алмаз в Диамантине, должно быть альгонские. Алмаз древнее. *Brouwer*, 1920, с. 402.

⁸ О тесном срастании алмаза с кварцем см. *Colony*, 1923, с. 401.

⁹ *Corstorphine*, 1907, с. LX; *Merensky*, 1908 (2), с. 158. Шапе (*Chaper*, 1884, с. 147; 1891, с. 79) указывает на нахождение алмаза в пегматитовых жилах некоторых местностей Индии. Это вызвало сомнения (*Foote*, 1889, с. 44 и сл.).

Таким образом, этот тип алмазоносных месторождений требует дальнейшего выяснения.

290. Гораздо более обычны и более распространены *вторичные месторождения* алмаза – его *россыпи*. Эти россыпи в общем могут подойти под те же типы, какие мы знаем и для золота (с которым нередко вместе находится алмаз); но среди этих типов наибольшее значение имеют *аллювиальные, элювиальные и ископаемые* россыпи алмаза.

Вначале алмаз добывался главным образом из россыпей Индии и Борнео¹, позже выступили на первый план россыпи Бразилии, имеющие до сих пор значение. Россыпи Индии, по-видимому, являются результатом перемиыва осадочных пород, заключавших алмаз уже во вторичном отложении. Того же типа большинство россыпей Бразилии.

В *Бразилии*² алмаз наблюдался в разного рода аллювиальных и элювиальных россыпях, в конгломерате новейшего происхождения (канга – сцементированные лимонитом аллювиальные россыпи). Однако алмаз встречен и в твердых породах – в древних песчаниках и конгломератах, заключавших валуны серицитового кварцита (в горном хребте Гран-Могол в Минас-Жераис и Ксанага в Байе). Таким образом очевидно, что возраст этих алмазоносных месторождений различен. Генезис алмаза россыпей также различен, но до сих пор неясен. Для некоторых месторождений есть указания на связь алмаза с основными породами (§ 284). На то же самое указывают спутники алмаза, находимые в некоторых россыпях, например своеобразный титаномagnetит, перовскит, фосфат бария, пироп и т.п.³, генезис которых в связи с основными магмами весьма вероятен.

Однако далеко не всегда можно свести минералы россыпи к основным породам. Состав россыпей как Байи, так и Минас-Жераис (Диамантины) скорее указывает на их происхождение разрушением парагнейсов и гранитов; этому отвечает очень определенный комплекс спутников алмаза этих россыпей. Для Минас-Жераис это будут анатаз, каптивос, гематит, мартит, монацит, ксенотим, оловянный камень, разнообразные фосфаты, алюмофосфаты и т.п. Главные месторождения в штате Байя, до сих пор имеющие значение, сосредоточены в бассейне р. Парагуассу. Везде они тесно связаны с древними (должно быть, палеозойскими) конгломератами и местами представляют элювиальные россыпи на конгломератах. Эти конгломераты (6–10 м мощностью) принадлежат к серии песчаников, характерных для Серра-дас-Лаврас⁴; по Браннеру⁵, алмаз Байи, судя по сопровождающим его минералам, выделился в метаморфических породах.

Не менее оригинальный тип представляют недавно открытые алмазы в Немецкой Юго-Западной Африке, около залива Людериц⁶. Здесь алмазы

¹ О Борнео см. *Gascuel*, 1901, с. 5 и сл. Алмазы Борнео (Martapoera) сопровождаются корундом, рутилом и т.д. Может быть, связаны с пегматитами.

² *M. Bauer*, 1909, с. 186 и сл.; *Hussak*, 1906 (1), с. 318.

³ *Hussak*, 1906 (1), с. 329.

⁴ *Derby*, 1905, с. 135 и сл.

⁵ *Branner*, 1911, с. 480.

⁶ *Merensky*, 1908 (1), с. 110; 1909 (1); 1909 (2), с. 122; *Lotz*, 1909, с. 135; *Lotz, Böhm u. Weissermel*, 1913. О нахождении алмаза в оригинальных Двикка-конгломератах Африки см. *Harger*, 1910 и 1911.

находятся в детритовых породах – третичных прибрежных *песчаниках* и происшедших из них *эоловых россыпях*.

Песчаники богаты галькой халцедона, яшмы, агатовыми миндалинами (происшедшими от разрушения диабазов). На 1 м³ песка приходится 0,1–0,5 карата алмаза. Песок главным образом кварцевый¹. Алмазы очень схожи с капскими, и очень возможно, что первичным местом их образования были кимберлиты, после разрушения которых они попали в песчаники². В Центральной Африке три алмазоносных района: Катанга, Арувими-Хеле и Кассаи-Ангола. Разрабатывается только этот последний. Аллювиальные россыпи. В 1 м³ – 0,25–2 карата алмаза. Они иного происхождения, чем южноафриканские из основных пород³.

Песчаники неизвестного возраста (так называемые «виндия»), вероятно палеозойские, являются источником алмаза в Индии. Их разрушением образовались россыпи (в том числе и около Голконды), откуда долгое время добывали алмаз⁴.

Алмаз встречается и в других детритовых породах, например в моренных отложениях области Великих озер Северной Америки⁵, находится в современном песке рек, например р. Жекуитинонья и ее притоков, в верхнем течении р. Парагуассу и т.д. – в Бразилии.

Любопытны находения микроскопических шариков алмаза на морском дне в Гасконском заливе. Туле придает им космическое происхождение⁶.

Очень возможно, что небольшая часть алмаза земной поверхности действительно *космического происхождения*, ибо в метеоритах не раз наблюдались микроскопические алмазы. При малой изменчивости поверхности могли собраться этим путем некоторые количества алмаза, но количества эти, по-видимому, ничтожны⁷.

291. Еще менее изучены месторождения *борта* и *карбонадо*. *Борт*, т.е. темноокрашенный алмаз, является обычным спутником алмаза в африканских и бразильских месторождениях. Шаровые, большей частью принадлежащие к борту конкреции алмаза составляют в таких месторождениях 2–10% всех алмазов⁸. Но борт встречается в кристаллах и в других формах. Очень близкий к алмазу по своим физическим свойствам, он, очевидно, для своего образования требовал каких-то особых условий, нам теперь не известных, вероятно химического характера.

¹ Boise, 1915.

² Beetz, 1923, с. 379.

³ De Rauw, 1923.

⁴ V. Ball, 1881 (2), с. 5 и сл.; Mallet, 1887 (1), с. 8; M. Bauer, 1909, с. 166. Об алмазе Индии см. De Launay, 1911, с. 705 и сл.; Vredenburg, 1906.

⁵ Hobbs, 1899, с. 376; 1902, с. 359.

⁶ Thoulet, 1908 (1), с. 251; 1908 (2), с. 351.

⁷ Нельзя не отметить содержания алмаза в никелистом железе из Бьютт в Аризоне; как известно (§ 48), образование его и даже самой горы связывают с падением огромного метеорита, содержащего алмаз. К этому объяснению близки соображения о космическом происхождении алмазоносных трубок Северной Африки, высказанные сперва Мейденбауэром. См. об этих теориях Crookes, 1909, с. 135; Schwarz, 1910 (1), с. 197. Гипотеза эта не основана на реальных фактах. Происхождение Бьютт в Аризоне также неясно.

⁸ M. Bauer, 1909, с. 149.

Гораздо более важен *карбонадо*, резко отличающийся от алмаза. Главные его месторождения находятся в Байе, лучшие – в конгломератах и аллювиальных россыпях Синкоры, вместе с обыкновенным алмазом. Небольшие количества карбонадо встречены в россыпях Борнео¹. В южноафриканских трубках (§ 286) он найден в микроскопических кусочках в кимберлите (в «голубой земле») Муассаном² и описан Куттоланом³ из рудника Беерс около Кимберли. К сожалению, ближе об условиях его генезиса нам ничего не известно.

292. Графит в земной коре. Гораздо более распространены в природе разности углерода, близкие к графиту: графит, графитит и шунгит. Генезис их, особенно графита, в который переходят в конце концов на земной поверхности графитит и шунгит, чрезвычайно разнообразен.

Шунгит, или аморфный углерод, образуется в природе как продукт распада органических веществ. Обыкновенно он находится рассеянным в ничтожных пылинках в древних осадочных породах, но иногда скопляется в значительных массах, когда образуется из мощных отложений углеродистых тел. Так, например, он был открыт в Олонецкой губ., в Повенецком уезде, на берегу Путкозера, близ посадов Шунги и Толви⁴, где он залегает в древних метаморфизованных докембрийских (верхнеятульских)⁵ породах, образуя пропластки среди глинистых сланцев, мощностью до 2 м, в сопровождении кварца, пирита и т.д. Характер происхождения его виден здесь ясно уже из того, что он был принят за антрацит и вся площадь, им занятая, вполне аналогична антрацитовым месторождениям⁶. Б. Мефферт (1919, с. 27 и сл., 282 и сл.) не видит никакой разницы между антрацитом и шунгитом; он считает, что некоторые блестящие антрациты вполне аналогичны шунгитам. Точно так же Мефферт из теоретических соображений (работы Седергольма он не знал) считает наиболее вероятным их каменноугольный возраст⁷. Некоторые считают, что в антрацитах («несомненно») есть свободный углерод⁸. Шунгит является промежуточным продуктом при превращении каменного угля в графитит и в конце концов в графит.

Тот же процесс нередко идет в метаморфических породах, в которых весьма часто содержится углеродистое вещество, не отвечающее ни антрациту, ни графиту. По-видимому, это тела, которые образуются окончательным разрушением углистых веществ при метаморфизации осадочных веществ. Таков, например, шунгит, широко распространенный в пелитовых и других гнейсах Шварцвальда⁹.

¹ См. о месторождениях карбонадо у *M. Bauer*, 1909, с. 202.

² *Moissan*, 1893 (1), с. 294.

³ *Couttolenc*, 1892, с. 151.

⁴ *Иностранцев*, 1879, с. 315 и сл.; 1880, с. 97 и сл.; *Лисенко*, 1879 (2), с. 342 и сл.; *Конткевич*, 1878, с. 64 и сл.; 1879, с. 193 и сл. Ср. § 273.

⁵ *Sederholm*, 1904, с. 612; 1907, с. 94.

⁶ *Конткевич* (1878, с. 72) определял запас «антрацита» в этой местности в 650 тыс. т. Седергольм (*Sederholm*, 1904) называет его «антрацитовым углем», считая самым древним антрацитом. Шунгит образует в антраците прослой в 8–12 см. *Борисов*, 1910, с. 91.

⁷ См. еще *Крым*, 1915.

⁸ *Caven*, 1917, с. 56.

⁹ Аморфный графитоид (*Rosenbusch*, 1900, с. 21 и сл.). По анализу Мора, в нем, кроме С, содержится 0,08% N, немного H и еще какие-то газы, соединяющиеся с кислородом.

Совершенно аналогичное строение и происхождение имеют так называемые «графитовые угли» Северной Америки – Род-Айленда, графств Плимута и Бристоля в Массачусетсе, Канады. Здесь точно так же мы имеем недоконченные стадии превращения каменного угля в графит – смеси графита и шунгита. Таким образом, шунгиты нередко принимались за антрациты, и действительно, наблюдаются переходы от них в антрациты и обратно, в другую сторону – в графиты¹.

Отдельно должны быть поставлены разности аморфного углерода, сосредоточивающиеся в природных *коксах*. Пожары каменноугольных залежей не являются в природе редким явлением; в течение геологически долгих периодов они должны были происходить постоянно, так как «случайность» становится при этом почти неизбежностью. Вероятность такого случая – в геологически долгое время – огромна. При каменноугольных пожарах получаются *кокс*ы, богатые аморфным углеродом, т.е. шунгитом. Такие слои кокса известны и в России.

293. В тесной связи с этим генезисом шунгита находятся некоторые месторождения *графита* и *графитита*. Оба эти тела нередко являются продуктом изменения пластов каменных углей или рассеянного органического вещества, причем в конце концов и графитит переходит в химически чистый, яснокристаллический графит.

Процесс этот аналогичен выделению других элементов из их соединений на земной поверхности и, по-видимому, обусловлен особыми термодинамическими чертами земной коры.

В конце концов на земной поверхности разложением всех соединений, строивших организмы, образуются малоподвижные, прочные, *устойчивые соединения*, как то: CO_2 , углеводороды, N и NH_3 , фосфаты FeS_2 и, наконец, необычайно инертный в самородном состоянии углерод – графит. По-видимому, процесс медленно совершается непрерывно, но становится видным только в течение геологического времени. Однако в отдельных случаях этот процесс может ускоряться в земной коре; могущественным фактором, его ускоряющим, является *давление* и отчасти – гораздо реже – нагревание. Особенно резко проявляется влияние давления, вызывающее в метаморфизованных породах превращение каменного угля и органических остатков в графит.

Мы имеем, однако, здесь не простое физическое влияние давления². В областях земной коры, подвергающихся тектоническим изменениям, все химические и механические процессы идут сильнее. Уже чисто физические явления – проникновение горячих вод и характер их циркуляции – становятся при этом более бурными, а также (может быть, в связи с этим) химические процессы совершаются энергичнее. В наилучше изученных случаях истории горных цепей – на истории Альп – можно проследить, как с эпохой их образования, с временем максимума тектонических процессов тесно связан и максимум разрушения окружающих горных пород: в это время происходили колоссальные отложения осадочных пород, мощность которых доходит до

¹ Ср., например, графит из Дитмансдорфа в Альпах (*Stur*, 1883, с. 195).

² Можно признать, что давление в 100 атм. действует в химических реакциях, в явлениях динамометаморфизма, аналогично 1° температуры. – См. *Königsberger*, 1908, с. 534.

сотен метров (например, конгломераты и флиш в Дофинэ до 2 км)¹. Одним из проявлений внутреннего разрушения участка земной коры является энергическая денудация окружающих его областей. Эта денудация обуславливает явления, способствующие образованию каменных углей, скопляющихся поэтому как раз в областях, связанных с горообразовательными процессами. Здесь сосредоточивается ряд низменностей, вызванных денудацией, в них сносятся обломочные продукты, в том числе и растительные остатки. Этим путем в конце концов образуются в этих местах залежи каменного угля.

Тектонические процессы делятся в одной и той же местности нередко в течение нескольких геологических периодов, и потому находящиеся в неустойчивых участках земной коры отложения каменного угля путем давления нередко превращаются в залежи графита. Таковы, например, мощные отложения графита Туруханского края, Енисейской губ., по р. Нижней Тунгуске и ее притокам, по Курейке (притоку Енисея), Бахте и др., изученные А. Чекановским², который нашел в них отпечатки растений, превращенных в графит. Графит лежит слоями от 2 до 4 м мощностью, в связи с графититом в глинистых сланцах. С. Обручев (1918, 1919), изучавший Тунгусский угленосный бассейн, указывает на то, что уголь превращен в графит на контакте с траппами – оливиново-пироксено-плагиоклазовыми породами основной магмы. Растения из графитовых слоев Нижней Тунгуски были определены Шмальгаузен (1869, с. 97).

Графитовые находки по правым притокам Енисея и по Енисею (Курейке, Бахте и т.д.) относятся к той же тунгусской свите лишь по аналогии. В Курейском месторождении пласт графита до 2 м мощностью перекрыт графитовыми и углистыми сланцами³. Графит наблюдается на Урале (Боевское месторождение), где он также заключает превращенные в графит остатки растений⁴, на Кавказе, в Даргавском ущелье (§ 304) и т.д. В Альпах тянется мощный (до 1 км) пояс метаморфизованных, осадочных, частью каменноугольных пород, гнейсов и сланцев, содержащих гнезда графита. Его разрабатывают в Штирии, в Таврах; но эквиваленты той же зоны наблюдаются в Лигурских Альпах (около Багнаско) и в Вальденской долине, около Турина. Местами наблюдаются все переходы этих графитов в антрациты. В графитах находятся остатки каменноугольной флоры⁵.

Чрезвычайно распространен графит во всех кристаллических сланцах Мадагаскара, в большем или меньшем количестве. По данным Лакруа⁶, углерод на Мадагаскаре является одним из наиболее распространенных элемен-

¹ *De Launay*, 1905, с. 386–387.

² *Эйхвальд*, 1864, с. 122 и сл. Дневники А. Чекановского, 1871–1873 гг. (1896, с. 108). Наблюдения И. Лопатина 1866 г. (1897, с. 161). Ср. перечисление месторождений у К. Скальковского (1867, с. 18 и сл.).

³ *Семенченко*, 1921, с. 49 и сл.

⁴ *А. Карпинский*, 1887, с. 631.

⁵ *Stur*, 1883, с. 189; *Hatle*, 1885, с. 3 и сл. Литературу см. у *De Launay*, 1903, с. 81–82; *Königsberger*, 1908, с. 546. По мнению Вейншенка (*Weinschenk*, 1900 (1), с. 260; 1900 (2), с. 36 и сл.), превращение их в графит произошло в значительной степени под влиянием контактного действия гранитной магмы. Критику этого взгляда см. у *Hoernes*, 1900, с. 97 и сл. *De Launay*, 1903.

⁶ *Lacroix*, 1921–1922, I, с. 152.

тов. Он найден в гнейсах, слюдистых сланцах, кварцитах, известняках и в произошедших из них кремнистых породах.

Совершенно тот же самый процесс, который наблюдается над пластами каменного угля, происходит в природе и над мельчайшими частицами углестого, гумусового, вообще измененного органического вещества, попавшего при разложении организмов в осадочные слои. В контактовых минералах это вещество собирается в конце концов в форме включений графита (например, в андалузитах – так называемые хиастолиты и пр.).

Так как изменение давления происходит в земной коре всюду и в огромных размерах, то и превращение этим путем организованных тел является в ней не чем-нибудь случайным или редким, а есть общий или обычный процесс, постоянно идущий в огромных размерах в областях контакта и регионального метаморфизма.

В тесной связи с этим процессом надо отметить еще необыкновенно частое нахождение графита в метаморфических породах – кристаллических сланцах и гнейсах. Здесь графит иногда замещает слюду и дает *графитовые слюдяные сланцы*¹, довольно обычные в Рудных горах (Эльтерлейн, Визенталь и т.д.), Пиренеях и т.п., в Финляндии (Выборгская губ.)², в Ильменских горах, в Канаде и пр. Генезис этого графита весьма разнообразен и, очевидно, стоит в тесной связи с генезисом самих кристаллических сланцев и гнейсов, в которых он находится: очевидно, он, с одной стороны, образовывался указанным путем из органических веществ (главным образом каменных углей)³, с другой, – так или иначе связан с магматическими процессами.

294. Образование графита в связи с магматическими явлениями земной коры имеет много сходства с выделением его путем давления. Участие магматических явлений в образовании графита приходится допустить даже для некоторых наиболее обширных месторождений графита. Некоторые исследователи, например Вейншенк, сводят все типы генезиса графита к одному этому типу, связанному с реакциями силикатовых магм.

Несомненно, можно различить несколько разных случаев образования графита этим путем. Во-первых, графит образуется на *контакте* органических веществ с расплавленными магмами. Происходит как бы сгорание органических соединений при очень высокой температуре и недостаточном доступе кислорода, т.е. температура действует аналогично давлению (§ 293). Так, еще в 1828 г. Эли де Бомон объяснил этим путем образование графита в Шардонне в Альпах, где он выделился из антрацита на контакте его с порфиритом⁴. Таков же графит Нью-Кумнока, в Айршире в Шотландии, лежащий на границе каменного угля с базальтом⁵. Подобные случаи на контактах весьма часты⁶.

Образование графита связано в них с сублимацией или разложением летучих органических соединений. Так, например, в битуминозных осадочных

¹ Rosenbusch, 1898, с. 500.

² Пузыревский, 1866, с. 270.

³ Очень вероятно такое происхождение для главных месторождений графита в докембрийских отложениях Канады; см. J. Dawson, 1870, с. 115 и сл.

⁴ Lacroix, 1897, с. 361.

⁵ H. Bolton, 1895, с. 126; J. Smith, 1896, с. 257.

⁶ См., например, для Саксонии у R. Beck u. W. Luzzi, 1891 (2), с. 28; 1891 (1), с. 1884.

породах Консенсион в Закатекасе, в Мексике, скопление графита не наблюдается на непосредственном контакте с гранодиоритами; в более далеких от контакта участках осадочные породы содержат графит, вблизи же совершенно лишены битуминозных веществ¹. Очевидно, в близких к контакту частях органическое вещество сгорело нацело; графит выпал на некотором расстоянии при разложении каких-то летучих тел.

295. Еще сложнее образование графита из *расплавленной магмы*. Графит, как показал Люци², легко растворяется в расплавленных силикатах и выделяется из них в кристаллическом виде. Такие выделения графита наблюдаются, например, в некоторых месторождениях Ильменских гор; здесь радиально-лучистые конкреции графита выделились в гранитах и пегматитовых жилах при условиях, аналогичных выделению в магмах сфероидальных образований³. К тому же типу выделений, тесно связанных с магмами, относятся некоторые графитовые залежи, например, знаменитый графит Ботогольского гольца в Тункинских горах, в Забайкалье (так называемый Алиберов графит). Графит находится в авгитовом и нефелиновом сиените или тесно с ним связан⁴. По-видимому, того же происхождения были знаменитые месторождения Кумберленда, около Борроудала, дававшие графит для карандашей в течение столетий и сыгравшие крупную роль в истории человеческой культуры (§ 301). Здесь графит находился в области изверженных пород, неправильными массами, в тесной связи с дайками измененного диорита и массами диабазы⁵.

Графит выделяется в массивных породах разного характера. Уже были указаны выделения очень оригинального графита в железных базальтах Гренландии (§ 52). Во многих кварцевых порфирах наблюдаются круглые почки плотного графита⁶. Породы алмазоносных диатрем Южной Африки иногда богаты графитом.

В этих процессах, тесно связанных с магмами, едва ли можно говорить всегда о прямом и непосредственном выделении графита из расплавленного состояния, что иногда, как показали опыты Люци, и может иметь место⁷. Вероятнее всего, чаще процесс этот сводится к разложению каких-нибудь летучих соединений углерода, столь многочисленных в магмах (ср. железо — § 53). Надо думать, что как раз в связи с разложением таких летучих соединений находятся некоторые из самых важных месторождений графита в Баварии (Пассау) и Чехии (Чешский Лес), характер которых выяснен Вейншенком. В окрестностях Пассау графит находится в кордиеритовых гнейсах, богатых рутилом; нередко вблизи имеются включения кристаллических известняков. Местами гнейс, богатый графитом, изменен; его алюмо- и ферри-силикаты превращены в нонтронит (например, роговые обманки) и каолин, богаты опалом и марганцевыми гидросиликатами. По-видимому, вещества,

¹ Bergeat, 1909, с. 482.

² Luzzi, 1891 (1), с. 4093.

³ Вернадский и Шкляревский, 1900, с. 367.

⁴ Ауэрбах, 1856, с. 155; Куторга, 1857–1858, с. 158; Алибер, 1865; Ячевский, 1899 (1), с. 19 и сл. Это месторождение указано бурятами С. Черепанову в 1838 г. Ср. § 306.

⁵ Ward, 1865, с. 60.

⁶ Weinschenk, 1907, с. 58.

⁷ Таковы, например, включения графита в базальтах Зибенгебирге. Zirkel, 1903, с. 197.

давшие графит, проникли в эти гнейсы при не очень высокой температуре и состояли из каких-то летучих (или жидких) углеродистых соединений, тесно связанных с выходами сиенитовых и гранитовых магм. Такое вторичное выделение графита (может быть, части его) несомненно доказывается существованием многочисленных графитовых жил, местами прорезающих гнейсы. Какого рода были эти подвижные углеродистые соединения, проникавшие в жилы и своим разложением давшие графит, – неизвестно¹.

Во многом аналогичны и южночешские месторождения (около Черного Потока – Крумау), тесно связанные с гнейсами. Здесь скопления графита достигают еще больших размеров, чем в Баварии, имеют характер более правильных слоев, чем в Пассау; гнейс большей частью совсем изменен и порода нередко имеет характер графитового сланца, так как все части гнейса, кроме кварца, отходят на второй план. Вторичное проникновение графита и связь его нахождения с гранитными породами (лампрофир и аплит), однако, менее ясна. Для окончательного решения вопроса о генезисе этого графита необходимы еще дальнейшие исследования, но наблюдения Вейншенка², во всяком случае, указывают на много общих черт с пассаускими.

296. В связи с магмами, но более сложной или менее непосредственной, находится другой тип месторождений графита, морфологически близкий к *пегматитовым жилам*. Кажется, впервые он был описан канадскими геологами в 1860-х годах³. Дальнейшие исследования выяснили его значение в истории графита. К этому типу относятся богатейшие его месторождения на о-ве Цейлон⁴. Они сосредоточены около Рагедары, Ампе и т.д. Здесь жилы графита, очень неправильной формы и колеблющихся размеров, проходят в гранулитах, иногда измененных и местами богатых кварцевыми жилами. Цейлонский графит состоит из скоплений часто лучистых пластинчатых кристаллов, которые выделяются по стенкам трещин, достигая 20 см в длину; они обволакивают куски окружающих пород и выделившиеся вместе с ними кристаллы других минералов – кварца, рутила, апатита, пирита, кальцита и т.д. Парагенетические условия выделения этого графита не позволяют объяснять его образование магматическим путем; он выделился или из газообразного или из жидкого состояния; минералы, его сопровождающие, имеют характер минералов пегматитовых жил.

Аналогичные жилы графита довольно часто встречаются в породах лаврентьевской системы Северной Америки; таковы, например, графиты из Тикондероги (Нью-Йорк), встреченные в полевошпатовой жиле, в гнейсах с турмалином, пиритом, сфеном, кальцитом⁵.

¹ *Weinschenk*, 1897 (1), с. 46 и сл.; 1901, с. 450 и сл. Вейншенк считает их частью СО, частью карбонильными соединениями Fe и Mn, аналогичными $Fe_m(CO)_n$, – но пока это лишь гипотеза. Ср. литературу и критические замечания у *De Launay*, 1903, с. 69 и сл.; *Putz*, 1911.

² *Weinschenk*, 1897 (1), с. 52; *Bonnefoy*, 1879, с. 180 и сл.

³ *J. Dawson*, 1870, с. 113.

⁴ *J. Walther*, 1889, с. 361; *Diersche*, 1898, с. 274 и сл.; *Grünling*, 1900, с. 227; *Coomaraswamy*, 1900, с. 609 и сл.; *Weinschenk*, 1900 (1), с. 281 и сл. К сожалению, все эти работы не дают ясной картины, очень отрывочны; месторождения требуют более тщательного исследования. *Bastin*, 1912, с. 419.

⁵ *Merrill* (1899), 1901, с. 169–170 (наблюдения Кемпа); *Weinschenk*, 1900 (1), с. 296; *Bastin*, 1909, с. 729.

Уже в этих отложениях графита пневматолитические реакции выступают на первый план. Подобно пегматитовым жилам, здесь играют большую роль и реакции, идущие в *водных растворах*. Такие реакции еще резче для некоторых контактовых месторождений графита. Таково, например, минералогически очень интересное месторождение кристаллов графита в Финляндии, на о-ве Олё, около Паргаса (Аландские острова). Здесь графит находится в жилах кальцита (местами богатого кварцем), на контакте их с гнейсами, гранитами и т.п. Вместе с ним находятся паргасит, хондродит, флогопит, апатит и разнообразные силикаты, нередко богатые фтором¹. Даже если здесь шло распадение летучих органических соединений, необходимо допустить, что процесс совершался в водной среде, при невысокой температуре. Парагенезис этого графита указывает на условия, близкие к конкреционным жильным процессам.

И действительно, в жилах иногда наблюдаются тонкие графитовые выделения; большей частью, однако, мы имеем в них аморфный шунгит, обычно называемый антрацитом. Явления эти не изучены.

297. Изменение графита. Образуясь разнообразным путем, графит мало меняется на земной поверхности. По-видимому, только тонкие, раздробленные его части понемногу окисляются мало известными нам процессами, тогда как массовые его скопления не меняются, если не будут подвержены механическому истиранию, например во время горообразовательных процессов (§ 34). Истиранием графита в осадочных и обломочных слоях земной коры обуславливается, очевидно, довольно быстрое его исчезновение из россыпей, где он, впрочем, иногда наблюдается, например в алмазоносных россыпях Бразилии и Южной Африки².

Только изредка можно констатировать переход его в другие соединения, так, например, при явлениях контакта при переходе углеродистых веществ в графит; здесь на самом контакте графит исчезает, т.е. сгорает³. Весьма вероятно, что процесс такого сгорания происходит в других случаях под влиянием организмов. По крайней мере, угольная пыль, постоянно находящаяся в почве, сгорает в угольную кислоту под влиянием какого-то диплококка⁴. Этот мало изученный процесс заслуживает серьезного внимания.

298. История алмаза. Самородный углерод во всех его разностях – и в виде алмаза, борта и карбонадо и в виде графита и графитита, даже в виде шунгита, если принимать во внимание искусственные продукты, – является важным объектом в человеческой жизни.

Для техники и жизни не хватает природных продуктов, и человек искусственно выделяет, сознательно и бессознательно, самородный углерод все в больших количествах. В обиходе человеческой жизни образуется огромное количество сажи (распыленный шунгит), готовятся не меньшие количества кокса (шунгит), в чугунах создаются миллионы пудов микроскопических

¹ A. Nordenskiöld, 1855, с. 110; Kuhlberg, 1867, с. 38 и сл., 53 и сл.; О графите из карбонильных соединений в Австралии см. Jensen, 1922, с. 55.

² Moissan, 1896 (2), с. 278.

³ Vogt, 1897, с. 8.

⁴ Омелянский, 1909, с. 307, – на основании работ Поттера.

листочков графита и тот же графит ежегодно получается искусственно в тысячах тонн для электрических углей, лампочек накаливания, вольтовых дуг.

Весь этот самородный углерод, приготовляемый человеком, находится в мелко раздробленном виде, т.е. легко сгорает, переходит в новые соединения (§ 34, 297). Ту же роль химического деятеля играет человек и по отношению к природному самородному углероду. Он постоянно и усиленно переводит эти крайне стойкие на Земле тела в другие соединения или в состояния, удобные для изменения: графит распыляется или сгорает, значительные количества алмаза истираются при бурении. Химическая роль человека при изменении природного углерода все усиливается; по своему значению она может быть сравниваема с механическими природными процессами, производящими ту же работу. Очевидно, в конечном итоге все эти реакции идут за счет энергии Солнца.

299. Человек начал добывать углерод многие тысячелетия назад. Алмаз издревле употреблялся¹, подобно другим драгоценным камням, сперва как украшение и магическое средство для предохранения от зла или для лечения².

По-видимому, центром его самых древних находок была Индия, где он за много столетий до новой эры был найден в россыпях и попадал в сокровищницы местных владетелей. Из Индии он медленно проникал и в другие страны. Добыча велась примитивными приемами, кустарным образом.

Древняя история алмаза известна нам мало. Мы не знаем даже, в каких частях Южной и Средней Индии он добывался³. Но он упоминается уже за много столетий до новой эры в санскритской литературе. Может быть, наиболее древние его россыпи были сосредоточены в бассейне р. Маганади (Самбальпур)⁴.

Несколько полнее наши представления о его истории в культурных областях Средиземного моря, куда он проникал из Индии. В древней литературе Греции и евреев мы находим уже указания на алмаз. Они иногда возбуждали сомнения; но, по-видимому, несомненно, что алмаз был известен в Европе за несколько столетий до н.э.⁵ В первом столетии н.э. Плиний Старший описывает алмаз как величайшую драгоценность. Его распространению, может быть, препятствовала трудность отделки благодаря исключительной его твердости, недостаточность торговых сношений с Индией, местный спрос его в областях индийской культуры. По-видимому, более крупные алмазы совершенно не могли быть вывезены за пределы местных государств⁶. Однако их долго там не находили или они являлись чрезвычайно редкими. По-видимому, до XV столетия н. э. был известен всего один крупный алмаз, о котором у

¹ История алмаза тесно связана с историей употребления драгоценных камней. История драгоценных камней, иногда анекдотического характера, имеет огромную литературу. Из более важных работ см. для алмаза: Krause, 1856; King, 1865; Boutan, 1886; Streeter, 1896, 1898; Пыляев, 1896; M. Bauer, 1909.

² Krause, 1856; Fühner, 1902, с. 76–77; Santini de Riols, 1905, с. 86.

³ L. Finot, 1896, с. XXV и сл.

⁴ V. Ball, 1881 (3), с. 1, 25, 41. Вероятные указания на другую местность.

⁵ Krause, 1856, с. 10–11.

⁶ King, 1865, с. 21.

нас имеются точные указания сначала XIV столетия¹. Очевидно, тем труднее могли проникнуть дорогие большие камни в далекие от Индии края. А между тем сомнительно, чтобы в область средиземноморской культуры проникали алмазы иного происхождения².

Алмаз не прекращал привлекать к себе внимание и любовь человека в Индии тысячелетия, не теряя своего значения при смене культур и народов. Его добыча началась здесь еще в доарийские времена³. Но распространение его за пределы индийских культур не всегда шло одинаково.

Далеко не везде, подобно народам Европы и Индии, его ценили выше других драгоценных камней. На Арабском Востоке он употреблялся издавна при медицинских операциях, благодаря своей твердости. Об этом упоминает, например Тифаши (умер в 1253 или 1254 г.)⁴. Но как драгоценный камень он ценился здесь много дешевле рубина, и цена его на Востоке в XIII столетии была в несколько раз меньше цены его в Европе в конце 1860-х годов (карат, соответственно, стоил 33–280 франков). Арабы – может быть, в связи с представлениями о его магических свойствах – боялись и избегали его. Персы в XIII веке ставили его ниже рубина, изумруда или хризолита⁵.

С Востока алмаз проникал в Европу и после падения Римской империи. В конце средних веков, в ранний Ренессанс, при стремлении к роскоши и любви к драгоценным камням, мы находим во владении европейских владельцев и богатых людей нередко довольно крупные алмазы (например, знаменитый алмаз Карла Смелого – Ле Санси, более 10 г, который впервые был отшлифован в 1475 г., по преданию, Л. де Беркемом).

Все это время центром алмазной добычи все еще была Индия (может быть, Борнео). В Южной Индии, в Колларе, на р. Кистне, были открыты в XVI столетии богатые россыпи алмаза; здесь еще в XVII веке около Голконды работали тысячи туземцев⁶.

Однако вошедшая в жизнь техника шлифовки алмаза была выработана не в Индии, а в Европе⁷ в XIV, но главным образом в конце XV века. Прежние, старинные, независимо открытые и в Индии приемы его шлифовки не получили широкого развития. С XVI столетия для Европы и Америки центром алмазного производства стал Амстердам, где мало-помалу техника его полировки достигла большого совершенства, и особенно с конца XVII века, когда

¹ *Maskelyne*, 1891, с. 555.

² Плиний указывает на добычу его в Аравии, и, может быть, здесь существовали исчерпанные теперь алмазные россыпи. См. *Krause*, 1856, с. 33. Есть указания на привоз его карфагенянами. В связи с этим еще *Щеглов* (1824, с. 57) высказывал предположение о нахождении древних его рудников в Центральной Африке. Любопытны указания *Плиния* на привоз его из Эфиопии (изд. 1819, с. 4). Ср., впрочем, замечания *Кинга* (*King*, 1865, с. 22). Не был ли алмаз южноафриканских россыпей известен раньше XIX века? На карте 1750-х годов, данной французскими миссионерами, указаны алмазы в Грикваленде. См. *Jacobs et Clatirian*, 1884, с. 160.

³ *Riller*, 1836, с. 344 и сл.; *V. Ball*, 1881 (2), с. 1 и сл.

⁴ *Clement-Mullet*, 1868, с. 132, 514–516.

⁵ *King*, 1865, с. 30. Алмаз был издревле известен китайцам. Любопытно, что они называли его «твердым камнем золота», придавая одинаковое происхождение с золотом (*Mély*, 1896, с. LXVI). Получали из золотых россыпей?

⁶ Описание рудников Индии см. *Tavernier*, 1678, с. 339 и сл.

⁷ *King*, 1865, с. 26, 31.

была найдена В. Перуцци в Венеции форма бриллианта, алмаз стал получать все большее и большее распространение.

В начале XVIII века были открыты в Минас-Жераис первые алмазы Бразилии, в 1728 г. попавшие в Лиссабон¹. К 1740 г. добыча алмаза в Бразилии достигла значительных размеров, превысивших старинные разработки Индии, которые к этому времени почти сошли на нет. Сперва добыча в Бразилии сосредоточивалась в бассейне Сан-Франциско, в Минас-Жераис. Новый самостоятельный источник алмаза вызвал в Европе быстрое падение его цены, уже не достигшей прежней величины. В 1844 г. открыты алмазы в Байе. Месторождение алмаза в Салобро в Бразилии, открытое в 1882 г., уже выработано².

Во второй половине XIX века добыча Бразилии была подорвана открытием алмаза в Южной Африке. В 1867 г. был случайно найден детьми фермера Якобса первый алмаз в Южной Африке, правильно определенный д-ром Атертоном, и вскоре – в 1869 г. – началась добыча алмаза в Южной Африке, сперва незначительная, из россыпей, а затем, в 1870 г., – из коренных месторождений совершенно нового типа. Быстро возникли города и поселки и вырос новый центр алмазной промышленности – г. Кимберли.

Отсюда стало добываться колоссальное количество алмазов, легко удовлетворявшее потребление, расширившееся благодаря росту благосостояния и любви к роскоши культурного человечества и новому применению его в бурильном деле. Африка продолжала стоять на первом месте, несмотря на отдельные открытия новых значительных месторождений алмаза.

300. Пользуясь его максимальной, по сравнению с другими земными минералами и породами, твердостью, человек давно применил алмаз для бурений и шлифовки. Уже в классической древности осколки алмаза употреблялись при обработке других твердых камней, играли, например, видную роль в художественном резании на камне³. Очень возможно, что алмаз употреблялся в древности и при более значительных работах, например при постройках. Но настоящее применение алмаза в этом направлении – алмазное бурение – началось в 1860-х годах⁴. Оно быстро получило широкое распространение. Только благодаря ему тоннели и рудное дело могли достигнуть в последней половине XIX века неслыханного развития и быстроты работы.

В 1889 г. в Южной Африке образовался трест, позволивший сделать колоссальные затраты для технических усовершенствований в добыче алмаза, устанавливающий цены, ограничивающий его добычу. За 11 лет, до середины 1899 г., связанные с ним компании добыли около 5,02 т алмаза из окрестностей Кимберли⁵. В общем, все остальные алмазные копи мира, за исключением Егерсфонтейна в Оранжевой республике, тоже входящего в трест, едва ли составляют вместе 5% добычи этих алмазных месторождений. К 1900 г. из

¹ *Eschwege*, 1833, с. 354; *Freise*, 1910, с. 428, – со сводкой местной бразильской литературы. Алмазы Бразилии открыл и определил в 1723–1724 гг. В. da Fonseca Lobo.

² *Freise*, 1910, с. 438.

³ *Krause*, 1856, с. 229; *King*, 1865, с. 25 и сл.

⁴ Любопытно, что изобретатель алмазного бурения швейцарец Лешо исходил в своих мыслях из предположения, что алмазом пользовались египтяне при своих огромных сооружениях. *Jacobs et Chatrian*, 1884, с. 334.

⁵ *Williams*, 1902, с. 521.

окрестностей Кимберли добывалось в год в среднем 451 кг алмаза, в Егерсфонтейне 51,3 кг, в Новом Южном Валлисе 5,3 кг, небольшие количества в Бразилии – около 8 кг; из Индии и Борнео шли ничтожные количества, не достигающие 0,3 кг. С 1900 по 1908 г. из рудников Беерс, Кимберли, Уэсселтон, Бултфонтейн и Дютуаспан добыто более 3,4 т алмаза¹. В 1909 г. открыты новые алмазные копи в Ненецкой Юго-Западной Африке, быстро выдвинувшиеся на алмазный рынок. Добыто до 1910 г. 28,55 т алмаза².

В настоящее время добывается всего не менее полтонны алмаза в год, причем на первом месте стоит Южная Африка (90% всей добычи), далеко за ней следует Новый Южный Валлис и затем Бразилия. Эта добыча начала XX столетия далеко оставляет за собою добычу прежних веков, так, например, из Бразилии за все 180 лет работы получено всего 2,69 т (по Фрейзе³ – 3,5 т), т.е. вдвое меньше, чем за 11 лет из одних окрестностей Кимберли! Для Индии оценивают всю многовековую добычу алмаза в 2 т⁴. За весь период истории алмаза для предметов роскоши добыто не более 16 т⁵. К 1870 г. годовая добыча алмаза достигала 12,3 кг, а в 1887 г. она была 717,5 кг и искусственно была остановлена трестом⁶. Значительная часть добытого алмаза хранится и накапливается в сокровищницах; этот алмаз мало исчезает, ибо в 100 лет, по вычислению Кунца⁷, теряется не более 5% (в отличие от золота – § 34, 149 – алмаз не истирается). Эти запасы все увеличиваются, ибо рост благосостояния культурных государств и потребления не ослабляется⁸. Исчезает лишь алмаз, расходуемый при бурении, при шлифовке, при обработке камней⁹.

Борт и карбонадо, получаемые случайно, являются высоко ценимыми алмазами для *бурения* благодаря своей большей твердости. Карбонадо начал добываться в 1880 г.; в год его добывается не менее 6 кг¹⁰.

301. История графита. Не меньшее, если не большее значение имеет в технике *графит*. Он употребляется в огромном количестве для изготовления металлургических тиглей, служащих для добычи металлов (главным образом стали), и форм (55%); для изготовления карандашей (5%), для приготовления машинных смазочных составов (5%) и красок (15%); употребляется в электротехнике, гальванопластике, шлифовальном деле¹¹.

¹ M. Bauer, 1909, с. 248.

² De Launay, 1913, с. 406.

³ Freise, 1910, с. 439.

⁴ M. Bauer, 1909, с. 180.

⁵ De Launay, 1897 (4), с. 7.

⁶ Williams, 1902, с. 526.

⁷ De Launay, 1897 (4), с. 3.

⁸ Любопытно, что, несмотря на исключительную охрану алмаза, документальная история больших алмазов не идет с достоверностью глубже XIV столетия.

⁹ Подробное описание и история развития алмазного дела и открытий см. у De Launay, 1897 (4), с. 1 и сл.; Williams, 1902, с. 118 и сл. О новейшей истории алмаза (до 1923 г.) см. у De Launay, 1923, с. 370 и сл., 381. В употреблении человека находится в граненом виде около 38 т алмаза.

¹⁰ M. Bauer, 1909, с. 203. Цифра эта очень сомнительна. По сведениям «Statesman's Yearbook» (publ. by J.S. Keltie, L., 1911, p. 666), стоимость добываемого в Бразилии карбонадо в 6 раз превосходит стоимость алмаза в Бразилии, причем значительная часть карбонадо не попадает в регистрацию.

¹¹ Roush, 1913, с. 22; 1914, с. 364.

Для всех этих изделий идут различные сорта графита; так, например, для карандашей одно время наилучшим являлся борроудальский английский графит; на смену ему явились графиты Чехии и Моравии, отчасти превосходный графит Мариинских гор (графит Алибера). Для карандашей годен тонко-чешуйчатый графит; плотные или крупнолистоватые его разновидности для этого не годятся. Поэтому химически чистый, но крупнокристаллический графит Цейлона не может вытеснить с рынка более старинные и бедные чистым графитом месторождения Чехии. С другой стороны, цейлонский графит превосходит для тигельного производства. Благодаря этому производство графита долго удерживается на одном месте, так как графиты разных местностей технически очень различны.

Наиболее древним использованием графита было, вероятно, употребление его как *краски* первобытными племенами, сохранявшими ее кое-где еще в XIX веке, например чукчи, для татуировки¹. Аналогично графит употреблялся кельтами и другими племенами для окраски горшков². Позже, тоже очень давно, вошло употребление графита для изготовления тиглей, совершенно незаменимых при плавке золота, серебра, латуни, для изготовления сплавов и стали. Изобретение тигельной стали теряется в глубокой древности – в Индии, по крайней мере (§ 62), и едва ли можно было при этом обойтись без графитовых тиглей. И в Европе приготовление графитовых тиглей теряется в глубь веков³. Потребность в тиглях долго не достигала большого значения; однако они всегда употреблялись при изготовлении монет. Большее значение графитовые тигли приобрели лишь к середине XV века, когда в Европе вошли в жизнь новые металлические сплавы. Не так уже много шло графита и для алхимических опытов. Он добывался для этого в Чехии, Моравии и главным образом в Баварии.

В середине XVI столетия были открыты знаменитые залежи графита в Борроудале, в Кумберленде. По-видимому, этот новый материал был тогда же использован итальянскими художниками, придавшими ему почти современную форму карандаша⁴. Долгое время главным поставщиком графита была Англия; только здесь встречался графит, который мог идти в дело кусками. С начала XVIII века вошли в употребление худшие сорта из Баварии. В XVIII веке, по мере истощения английского графита и изобретения Контэ и Гардтмутом (1795) нового способа изготовления карандашной пасты, начались разработки его в Чехии (около Шварцбаха) и Моравии. Чехия доставляет и теперь большую часть графита для карандашей. Для Америки получил недавно значение для этой цели графит из Соноры в Мексике. Пассау в Баварии сохранил свое значение для изготовления тиглей до второй половины XIX века. В середине XIX века Алибер⁵ вывез значительные массы «сибирского графита» из Тункинских гор, превосходного качества – для каранда-

¹ *Шамуссо*, 1823, с. 350.

² *Weinzierl*, 1906, с. 14 (Чехия); *Dottin*, 1906, с. 157.

³ В Баварском лесу, около Пассау, находка доисторических тиглей с графитовой примесью указывает на значительное развитие кустарной разработки графита в то время; в позднее средневековье она процветала; среди алхимиков были в ходу пассауские тигли – см. *Weinschenk*, 1897 (1), с. 13.

⁴ Историю карандаша см. *Faber*, 1893, с. 393.

⁵ Об этом открытии см. *Алибер*, 1854, с. 11; 1865.

шей; но дело это вскоре непонятным образом заглохло, хотя этот графит напоминал старинные сорта Кумберленда¹. Почти в то же время выступил на сцену новый поставщик графита – Цейлон, где были местные разработки с XVII века и даже раньше, но который лишь со второй половины XIX столетия получил значение и одно время был главным источником графита для тигельного и других производств, не давая, однако, карандашных сортов. В среднем в 1890-х годах здесь добывалось до 30 тыс. т сырого графита в год (94–98% его содержало более 90% С); в 1899 г. в разработке цейлонского графита наблюдается кризис, который привел было в 1900 г. к временному прекращению добычи. В 1907 г. добыто 36 406 т². На втором месте долго стояла Австро-Венгрия, где в 1891 г. добывалось в год 21 346 т, а в 1907 г. более 53 тыс. т (25% с содержанием более 90% С, большая часть с 40–70% С). Уже в 1902 г. Австро-Венгрия заняла первое место³; далее следуют Северная Америка (29 277 т в 1907 г.), Мексика, Италия (больше 12 тыс. т в 1907 г.), Германия (около 4400 т)⁴ и т.д. Вся мировая добыча графита достигла в 1907 г. 143 930 т⁴. Затем стали добывать значительные количества графита на Мадагаскаре: в 1909 г. – 19 т, а в 1913 г. – 6134 т⁵. Добыча графита в России была невелика, и его не хватало на все потребности⁶.

Однако наряду с добычей естественного графита начинает подыматься синтез чистого, более богатого углеродом графита (для электродов), полученного утилизацией энергии Ниагары (в 1901 г. добыто 1125 т)⁷. С каждым годом значение синтеза графита человеком увеличивается, и очень возможно, что это количество превышает уже теперь то, которое растрачивается им утилизацией природного графита. К тому же много графита производится человеком бессознательной работой: всякая сажа содержит графит⁸ – он получается в чугунах и т.д.

Шунгит лишь в последнее время получил значение, подобное графиту. Довольно много отвечающего ему искусственного продукта идет в продажу под именем аморфного графита, *бараграфита*. Природный шунгит сперва пробовали – неудачно – употреблять и добывать как антрацит (Олонецкая губ.), но скоро бросили. В Америке, однако, добыча аморфного углерода (Род-Айленд, Мичиган) продолжалась и достигла в 1901 г. 800 тыс. т⁹.

302. Алмаз в России. В России пока неизвестны значительные месторождения алмаза. Известные до сих пор находки его имеют исключительно минералогический характер. Нельзя, однако, не отметить, что у нас никто не

¹ Является чрезвычайно желательным возрождение этого дела. Фабер (*Faber*, 1893) указывает, что цена хороших карандашей держится так высоко потому, что доставка необходимого для этого графита из Сибири стоит очень дорого. Как известно, уже по крайней мере лет 50 никакой правильной доставки из Сибири нет. Ср. *Ячевский*, 1899 (1), с. 46.

² *Ries*, 1905, с. 181; *Bastin*, 1909, с. 736.

³ В Баварии с выгодой разрабатываются гнейсы, содержащие 20–25% графита. См. *Weinschenk*, 1897 (1), с. 14. В 1903 г. получено здесь 3719 т чистого графита («*Zschr. prakt. Geol.*», 1904, S. 287).

⁴ *Bastin*, 1909, с. 736.

⁵ *Stutzer*, 1911.

⁶ *Степанов*, 1919, с. 11.

⁷ *De Launay*, 1903 (1), с. 55–56.

⁸ *M. Berthelot*, 1870, с. 417.

⁹ «*Zschr. prakt. Geol.*», 1902, S. 390.

занимался систематическими поисками этого драгоценного камня. Алмаз наблюдался у нас только в россыпях.

В *Архангельской губ.*, в *Александровском у.*, найдено несколько микроскопических кристаллов алмаза около Печенгской губы, в песке, богатом гранатом, в русле р. Пасвиг, на норвежской границе¹.

На *Урале*², в *Пермской губ.*, в *Пермском у.*, в *Бисерском окр.*, по р. Полуценке, наибольшее количество алмазов было добыто в Адольфовском и Крестовоздвиженском приисках Шуваловых, где они были впервые и найдены. Первые алмазы найдены в 1829 г.³ Здесь найдено несколько сот (более 200) кристаллов алмаза (в одном Адольфовском прииске). Отдельные кристаллы найдены в других россыпях, например в *Пермском у.*, в Ключевском прииске Расторгуева⁴, в Ольгинском прииске⁵. В *Кунгурском у.* алмаз указан в Харитонов-Кампанейской россыпи на р. Данковке, притоке р. Серебряной⁶. В *Екатеринбургском у. и окр.* известны алмазы в Меджгерской россыпи⁷. В Невьянской даче алмаз встречен в прииске близ дер. Киприной по р. Положихе (приток р. Режи) и старательском прииске по р. Цапе, около дер. Калташп, в Мостовском прииске, в Монетной даче⁸. В *Верхотурском у.* алмаз встречен на Николо-Святительском прииске по р. Журавлику, притоку р. Иса⁹, в Кушайском прииске по р. Кушайке (Гороблагодатская дача)¹⁰, Сладко-Гостиинном прииске Шориной (Верхнетуриная дача)¹¹, в приисках платины и хризолита по р. Бобровке (*Тагильского окр.*)¹².

В пределах *Оренбургской губ.* алмаз известен в *Верхнеуральском у.*, в Успенской россыпи¹³ (Ильтабановские промыслы), в *Качкарской системе*¹⁴, в *Троицком у.*, в Юльевской россыпи Прибылева по р. Каменке, в бассейне р. Санарки¹⁵.

¹ *Vélain*, 1891, с. 112; *М. Мельников*, 1892, с. 447. О вероятной материнской породе алмаза см. соображения Конради, 1915, с. 297.

² *Мамонтов*, 1902, с. 3–8. К Уралу относят указание Плиния на привоз алмаза из страны агатирсов. См. *King*, 1865, с. 31–32, 417. Агатирсов новейшие археологи (например, Нидерле) помещают где-то около Карпат, так что, вероятно, эти указания Плиния на алмаз относятся к какому-то другому минералу. *Солодов*, 1904.

³ *Мамонтов*, 1902 (литература); *Г. Карпов*, 1831, с. 44 и сл.; *Энгельгардт*, 1831, с. 368; *G. Rose*, 1837, с. 356; 1842 (1), с. 457. Алмаз находился, по мнению Энгельгардта, в первичном залегании в доломите. Историю открытия см. также *Кокшаров*, 1870 (1), с. 361 и сл.; *Ощепков*, 1883, с. 87 и сл. Открыл его крестьянский мальчик П. Попов, определил как алмаз Ф.Ф. Шмидт и Полье описал открытие в 1829 г. в «*Journal de St. Pétersbourg*». Об алмазах из этого месторождения см. еще *Паррот*, 1838, с. 23; *Еремеев*, 1874, с. 360; 1891, с. 399. Об алмазах Крестовоздвиженской россыпи см. *Zerrenner*, 1849, с. 482.

⁴ *Еремеев*, 1890, с. 449.

⁵ *Мамонтов*, 1902, с. 6.

⁶ *Еремеев*, 1890, с. 447.

⁷ *Зембницкий*, 1831, с. 4; *Канкрин*, 1833, с. 109; *G. Rose*, 1837, с. 373, 473.

⁸ *Мамонтов*, 1902, с. 3, 7, 10 (литература); Карножицкий, 1896, с. 121–122.

⁹ *Бурдаков и Гендриков*, 1896 (2), с. 1 (прил.); *Еремеев*, 1896, прот., с. 59.

¹⁰ «Горн. журн.», 1838, IV, с. 447.

¹¹ «Горн. журн.», 1885, I, с. 509.

¹² *Лобанов*, 1897.

¹³ *Редикорцев*, 1839, с. 457.

¹⁴ *Еремеев*, 1893, с. 472.

¹⁵ *Еремеев*, 1895, прот., с. 45. Комбинация: {321} · {3̄21}.

В *Сибири*, в *Енисейской губ.*, отдельные кристаллы алмаза найдены в золотоносных россыпях по рекам Мельничной и Точильной, притокам р. Большого Пита¹. Ячевский считает, что эти алмазы происходят из вторичных месторождений.

Борт и *карбонадо* в России не наблюдались.

303. Графит в России². Графит является одним из распространенных тел в нашей стране и, несомненно, например в Сибири, находится в больших количествах. Эти месторождения заслуживают серьезного внимания и должны иметь будущее. К сожалению, они нигде правильно не разрабатываются.

В *Архангельской губ.* графит указан в *Мезенском у.*, по р. Сыпью, притоку р. Усы³. В *Кемском у.*, около Лоухского озера, в Керетском лесничестве, — гексагональные пластинки графита в крупнозернистой породе. Во многих местах оз. Кукас наблюдается графитовая галька (иногда графитового сланца). Количество графита велико. Коренное месторождение не найдено (или не сохранилось?)⁴.

В *Волинской губ.* имеются указания на графит в *Житомирском у.*⁵, около Житомира, в гранитах Иозефовки, Самчика и Коростышева⁶. Выход графитового гнейса наблюдался на берегу р. Тетерева, севернее дер. Корчак⁷. В *Новоград-Волинском у.*, в разных местах по р. Случу, как то: около сел. Мехержинцево, в графитовом гнейсе⁸, в глине около Городницы⁹, в гнейсе около дер. Шитки, в аплитовой жиле с турмалином и вонючим кварцем около Романовки, в пеликанитовом граните в дер. Ширмовке¹⁰. В *Овручском у.*, в с. Дубковичи, графит встречен в виде подмеси в белой глине¹¹. В *Ровенском у.* — в разрушенном гнейсе в Бильчаках¹².

В *Екатеринославской губ.* графит встречен в *Мариупольском у.*, по р. Нальчику, около Старого Крыма, в разрушенном гнейсе, в кварцевых прожилках¹³.

В *Киевской губ.* отмечен графит в *Бердичевском у.*, в Глуховцах, около Бердичева¹⁴, в *Черкасском у.*, около Малой Смелянки, в граните¹⁵, в *Каневском у.*, в гнейсах по р. Роси, близ с. Корсуни и Каэтановки, где его одно время

¹ Еремеев, 1898, с. XIII; Мейстер, 1904(1), с. 101. См. еще Глинка, 1898, прот., с. 75; Еремеев, 1899, прот., с. 34; Ячевский, 1899 (2), с. 42.

² Карту распределения графита в пределах России см. Степанов, 1919. Общие запасы см. Сырокомский и Яхонтов, 1923, с. 41, 217.

³ Скальковский, 1867, с. 20. Открыт Сидоровым.

⁴ Гинзбург, 1921, с. 39 и сл.

⁵ Морозевич, 1893, с. 32.

⁶ Андржейовский, 1853, с. 302; Kreutz, 1890, с. 23 и сл.

⁷ Л. Иванов, 1912, с. 232; Ласкарев, 1914, с. 292, карта.

⁸ Kreutz, 1890, с. 22; Ласкарев, 1899, с. 191; 1914, с. 292; Бунге, 1881, с. 88 (анализ); 1875–1876, прот., с. 88; Степанов, 1919, с. 21.

⁹ Jakowicki, 1831, с. 88.

¹⁰ Л. Иванов, 1914 (2), с. 133.

¹¹ Миклашевский, 1881, с. 334.

¹² Эйхвальд, 1830, с. 7; Jakowicki, 1831, с. 89; Андржейовский, 1850, с. 195. См. Тутковский, 1913, с. 15.

¹³ Конткевич, 1881 (1), с. 294. Ср. Романовский, 1882, с. 319.

¹⁴ Коллекция Московского университета.

¹⁵ Фелькнер, 1857, с. 360.

добывали¹. В Уманском у. графит встречен около хутора Павловки, в имении Ольгино², а также графитовый гнейс известен около с. Песчаного³. В Звенигородском у.⁴

В Курляндской губ. есть неопределенные старинные указания на нахождение графита в глине около Угензеема⁵.

В Олонецкой губ., в Пудожском у., графит указан в сланцах около Пудояса, вблизи Онежского озера⁶. В Петрозаводском у., на п-ове Заонежье, около оз. Климецкого и т.д. развиты содержащие графит глинистые сланцы⁷. В Олонском у. С. Конради (1914, с. 13) указывает прослой графита среди глинистых сланцев, метаморфических диабазов и в районе Туломозера.

В Подольской губ., в Врацлавском у., графит известен около с. Степановки⁸. В Балтском у., около с. Трояки, в уроч. Круча, среди пестрых глин (продукт разложения кристаллических пород) шурф встретил слой графита (нечистого) толщиной до 31 см – вторичное залегание⁹. Графитовый гнейс с крупными включениями графита – около Синюхина Брода⁹. По В. Ласкареву, по-видимому, богатое месторождение, заслуживающее разведки, – на р. Южном Буге, в казенных дачах (Сухой Яр) при с. Кошарке Александровской. Гнездовая залежь, покрытая разрушенным графитом. Местами более 2 м мощности; на пространстве до 1 км¹⁰.

В Таврической губ., в Бердянском у., графиты встречены по р. Берестовой (впадающей в р. Берду), около с. Николаевки. Два слоя графита (мощностью 0,3–0,5 м) проходят среди кристаллических (глинистых и хлоритовых) сланцев в связи с гранитами; сланцы и графит пересекаются кварцевыми жилами. В р. Берестовой графит находится в гнейсе, где он заменяет слюду¹¹. Местами он очень обогащен графитом (особенно у с. Николаевки)¹². В связи с этим месторождением должно быть поставлено аналогичное месторождение около с. Поповки на р. Берде¹³.

В Херсонской губ., в Александрийском у., около Кривого Рога – в 40 км от него, близ с. Петрова на Ингульце, графит найден в балке Власовой и окружающих¹⁴, в балке Сухой¹⁵ и т.д. В балке Власовой графит сопровождается нонтронитом, хлоропалом; его прослойки до 2,5 см мощности находятся в

¹ Андржейовский, 1850, с. 206; 1853, с. 301 и сл.

² Коллекция Киевского университета. По указанию Л. Крыжановского. Есть анализ: «Изв. Геол. ком.», 15, 1904, с. 10.

³ Конлис, 1905, с. 15.

⁴ Гинзбург, 1912, с. 285.

⁵ Ferber, 1784, с. 298.

⁶ Миклашевский, 1881, с. 336.

⁷ Гельмерсен, 1861, с. 26.

⁸ Коллекция Киевского университета. По указанию Л. Крыжановского. Есть анализ: «Изв. Геол. ком.», 15, 1904, с. 10.

⁹ Г. Михайловский, 1901, с. 340; Синюхин Брод – 1900, с. 15.

¹⁰ Степанов, 1919, с. 22–23.

¹¹ Конткевич, 1891, с. 313, 382.

¹² См. Морозевич, 1899, с. 381.

¹³ Носовы, 1869, с. 388; Гуров, 1881, стр. 63–64; Морозевич, 1899, с. 380.

¹⁴ Конткевич, 1887, с. 202–203; Пятницкий, 1898, с. 169; Кузнецов, 1906, с. 237, 241. О графите с Ингульца см. Селецкий и Ворздынский, 1882, с. 245.

¹⁵ Кузнецов, 1906, с. 205, 237. Анализ чистого графита см. Алексеев, 1887, с. 117; Степанов, 1919, с. 23.

глинах и сланцах. Встречен по р. Желтой¹ и др. Графитовый сланец произошел разрушением графитового гнейса; иногда богат каолином. В *Елисаветградском у.*, замечен в граните и каолине у с. Скалевого на р. Синей².

304. На *Кавказе* много месторождений, промышленное значение которых не выяснено. «Наиболее крупными, имеющими, без сомнения, промышленное значение, являются месторождения Даргавского ущелья, затем около Сурама и, может быть, около дер. Киги»³. Большинство из них – измененный уголь, юрский или палеозойский. В *Батумской обл.* плохой графит найден по р. Берта (приток Пмерхеви) в кварцитовых песчаниках⁴.

В *Елисаветпольской губ.*, в *Елисаветпольском у.*, графит указан на земле сел. Отахчи-Тахнали⁵. В *Джеваниширском у.* – около уроч. Мехмана⁶. В *Зангезурском у.*, в верховьях Кигя-Чая, у дер. Киги, графит в виде гнезд и тонких прослоев находится в палеозойских (?) кварцитовых песчаниках⁷. Указан еще в Ачаули. В *Казахском у.*, при с. Чинабаха по р. Остри-Су (правый приток р. Асрак-Чая) – землистый графит.

В *Карсской обл.* он указан в *Карсском окр.*, на левом берегу р. Чалдыр-Чай, около с. Джедара; в *Ольтинском окр.* – около с. Луспек.

В *Кубанской обл.* графит низкого качества встречен около Эльбруса⁸. В *Баталпашинском отделе*, по Кубани, указан графитовый сланец между балками Багыр-Кулак и Тактаул-Чалган⁹. Графит известен в Карачае по р. Худес¹⁰. По левой стороне р. Худее.

В *Кутаисской губ.*, в *Шаропанском у.*, кристаллический графит наблюдался около с. Чхери¹¹.

В *Терской обл.*, во *Владикавказском окр.* графит наблюдается в глинистых сланцах и кварцитах палеозойского возраста. Так, он указан в черном кварците по р. Чачу, в уроч. Бэрт-Хэда. Мелкие его прожилки наблюдаются в окружающих сланцах; в кварците он входит в цемент¹². Другое значительное месторождение его наблюдается в Даргавском ущелье, около с. Джимары, в сильно дислоцированной местности, в глинистом сланце (частью графитовом) в виде пропластков, залегающих между черным глинистым сланцем и кварцитом¹³. Он является здесь смесью графита и графитита и произошел, по-видимому, из каменного угля, может быть даже из лигнита¹⁴; мощность пропластков колеблется от нескольких сантиметров (5–20) до 1 м. Площадь, им занятая, довольно значительна (Фарсильциком, Исоннух, Карабутау,

¹ Коллекция Московского университета. От проф. П. Пятницкого.

² Коллекция Московского университета. От Е. Ревуцкой. Ср. *Самойлов*, 1902, с. 529.

³ *Степанов*, 1919, с. 25.

⁴ *Бацевич*, 1887, с. 117, 158.

⁵ Еще указания у *Г. Смирнова*, 1905, с. 279–280. См. *Меллер и Денисов*, 1900, с. 152–154.

⁶ *Меллер и Денисов*, 1900, с. 152–154; Ачаули – с. 151–154; р. Худес – с. 130.

⁷ *Конишин*, 1890, с. 150–151.

⁸ *Стрижов*, 1901, с. 184.

⁹ *Кондратьев*, 1892.

¹⁰ *Юшкин*, 1909, с. 13.

¹¹ Коллекция Московского университета. Доставлен Джаваховым.

¹² *Левинсон-Лессинг*, 1901, с. 65.

¹³ Ср. *Стрижов*, 1898, с. 39; 1901, с. 170 и сл.; *Левинсон-Лессинг*, 1901, с. 74; *Земба*, 1901, с. 171; *Смирнов*, 1905, с. 279; *Степанов*, 1919, с. 26. Коллекция Московского университета.

¹⁴ *Стрижов*, 1901, с. 183, 184.

верховье Гизельдона). Такой же графит встречен по другую сторону хребта, в Куртатимском ущелье (около сел. Гутиатикау, Андиахау); выходы его есть у Адайхоха, слабые выходы близ сел. Дунта, около Стурдигор, в сланцах в Кассарском ущелье¹, на горе Цахт, в ущелье Адайком².

В *Тифлисской губ.*, в *Горийском у.*, в 8 км от ст. Сурам, в Чумателети, известен пласт графита в глине, должно быть юрской, до 70 см мощностью³. На склоне Квашавы (Сурамский хребет), около ущелья Наруджа, впадающего здесь в р. Черат-Хеви, находится месторождение графита, подчиненное юрским слюдистым песчаникам, на контакте с гранитом. Графит плотный, мощностью до 4,2 м, чистого — 3,5 м⁴.

В *Эриванской губ.*, в *Александропольском у.*, указан графит на земле сел. Машкянд, в местности Гомадзор⁵. В *Нахичеванском у.* графит обнаружен на горе Аважар у сел. Гендже-Кяндзя⁶.

305. На *Урале*, в *Пермской губ.*, в *Верхотурском у.*, в Башкирской волости, около Сарапульской, отмечен графитовый сланец. Старательскими шурфами на золото открыты выходы графитового сланца в Кушвинской даче, на Вагановском увале, около ст. Хребет Уральский (Коллекция Академии Наук). Он выходит и в *Верх-Исетском окр.*, около Верхнего Тагила⁷; на правом берегу р. Сакальи, у границ округа, наблюдались примазки и прослойки графита в слюдистом кварците⁸. В *Сысертской даче* графитовый сланец известен в Карандашном увале⁹. Графит указан в сиенитах около Сысертского завода¹⁰. Микроскопические включения графита обычны в разных минералах хлоритово-гранатового сланца горы Шахман (Крутенкой) Верхнеуральской дачи¹¹.

В юго-восточной части *Екатеринбургского у.* в *Черкаскульской даче*, мелкие листочки графита наблюдаются в гнейсах (например, около дер. Воздвиженки)¹². В *Каменской даче*, в Багарянской волости, в дер. Фадинной, около Боевки, графит произошел изменением каменноугольных отложений. Здесь глинистые сланцы богаты графитом, а местами вместе с ним скопляется пластами мощностью до 1,3 м своеобразный антрацит (*шунгит?*) (0,38% Н), тоже содержащий графит. В графитовом сланце найдены остатки каменноугольных растений. Тонкий графит обволакивает кристаллы спессартина и образует в них своеобразные включения¹³. Листочки графита известны в мраморах около Горного Щита¹⁴. В *Ревдинском окр.*, в *Ревдинской даче*, в 8 км от Мариинского завода, графит встречен в слюдистом кварците; мес-

¹ Маркович, 1906, с. 79.

² Коллекция Московского университета.

³ Земба, 1901, с. 172.

⁴ Симонович, 1892, с. 369–370.

⁵ Г. Смирнов, 1905, с. 279–280.

⁶ Меллер и Денисов, 1900, с. 153.

⁷ «Горн. журн.», 1872, II, с. 102–103.

⁸ Зайцев, 1887, с. 138.

⁹ Штукенберг, 1898, с. 53.

¹⁰ Заварицкий, 1908, с. 300.

¹¹ Б. Кротов, 1911, с. 6–8.

¹² Клер, 1916, с. 20, 8.

¹³ П. Николаев, 1879, с. 343; А. Карпинский, 1887, с. 632 и сл.; 1913, с. 304; Степанов, 1919, с. 32.

¹⁴ Фальк, 1786, с. 56; Георги, 1798 (2), с. 344.

тами графит образует прослойки мощностью до 0,2 м¹. В Ревдинской даче известны тонкие прослойки графитистых сланцев среди туфовых сланцев². В *Нижне-Исетском окр.* графит встречен с никелевой рудой³. Графитистые песчаники подстилают известняки в Верх-Исетской даче – в никелевом Петровском руднике и железном Ивановском. Около Алабашки, в *Екатеринбургском окр.*, графит наблюдали в кальците. С. Вейберг (1908) описал включения его в дистене из окрестностей Екатеринбурга. В *Уфалейском окр.* графитовый сланец находится среди тальковых сланцев, очень разрушенных, по р. Тахте⁴. Прослойки графитового гнейса развиты в *Кыштымской даче*, в Голой сопке, на берегу Сугомака⁵.

В *Уфимской губ.*, в *Златоустовском у.*, указан графит на горе Таганае⁶, в слюдистых сланцах около Златоуста⁷, по речкам Тесьме⁸, в горе между Аем и Второй Каменкой; здесь же он найден в гнейсе в *Кусинской даче*, в верховьях р. Изранды⁹.

В *Оренбургской губ.*, в *Верхнеуральском у.*, графит известен в граните около Кулахты¹⁰. В Сине-Шиханской группе золотых приисков и у прииска Гучковского (бассейн р. Сувундука) встречен графитовый сланец¹¹. В *Троицком у.* землистый графит известен близ Кундравинской станицы, около пос. Сарфановского. Включения графита в кварците – в г. Троицке, в Золотой сопке¹². Около оз. Большого Еланчика графит наблюдался в гранитных породах¹³. Около Черемшанки, в Ильменских горах, описаны сферолитовые выделения графита в гранитах, заключающие внутри ортоклаз, кальцит и т.д. (§ 295)¹⁴. Известен графит там же в гнейсе около Фирсовой горы¹⁵, в слюдяном сланце Назямской горы¹⁶. В *Орском у.* среди слюдяных сланцев наблюдаются черные графитовые сланцы¹⁷.

306. В *Сибири* известны многочисленные месторождения графита, в том числе залежи значительных размеров и прекрасного качества. Они едва исследованы.

В *Енисейской губ.*, в *Минусинском у.*, графит указан около дер. Даурской¹⁸. Мелкие листочки графита наблюдаются в гранатовой породе Алексеевского

¹ Зайцев, 1886, с. 68; 1887, с. 21, 101.

² В. Никитин, 1907 (2), с. 42. Петровский и Ивановский рудники – с. 44.

³ Денисов-Уральский, 1902, с. 149; Алабашка – с. 121.

⁴ Н. Барбот де Марни, 1861, с. 402.

⁵ Зайцев, 1884, с. 10; Белянкин, 1910, с. 98.

⁶ Щуровский, 1858, с. 143.

⁷ Лисенко, 1837, с. 393; G. Rose, 1842 (1), с. 116; Мушкетов, 1877 (1), с. 326.

⁸ «Горн. журн.», 1834, I, с. 14.

⁹ Лисенко, 1837, с. 396.

¹⁰ Коллекция Московского университета.

¹¹ Отчет Геол. ком. за 1915 г., Пг, 1916, с. 57.

¹² Коллекция Академии Наук.

¹³ Лисенко, 1837, с. 394. Открыт Татариновым (1826, с. 152). См. П. Николаев, 1879, с. 342; М. Мельников, 1882, с. 135. Графит хорошего качества, для карандашей. Разрабатывался.

¹⁴ «Горн. журн.», 1834, I, с. 171; Лисенко, 1837, с. 395; G. Rose, 1873, с. 533; М. Мельников, 1882, с. 88; Вернадский и Шкляревский, 1900, с. 367.

¹⁵ М. Мельников, 1882, с. 89.

¹⁶ Нестеровский, 1837, с. 45.

¹⁷ Антипов и Меглицкий, 1857, с. 108.

¹⁸ Паллас, 1819, с. 89.

рудника¹. В хр. Азыр-Тал, отроге Кузнецкого Ала-Тау, на контакте с гранитом в метаморфизованных известняках (докембрийских) развиваются листочки графита².

В *Минусинском окр.* он находится вблизи дер. Ашаровой, встречается в россыпях по р. Кызасу и в значительном количестве по р. Кантигиру³. Графитовые сланцы в местности Узун-Тут, на горах между Узунчулом и Средним Сыром, в древних кристаллических известняках. Практическое значение неясно⁴.

В *Енисейском у.* графит встречен по дороге из Кухтинского зимовья на Аяхту. В северной части Енисейской губ., в Норильских горах, найдены кусочки графита⁵.

В *Туруханском крае* находятся мощные его залежи, образовавшиеся из каменного угля (см. § 293)⁶. Анализы туруханского графита произвел В. Алексеев (1887, с. 117–119). Графит на р. Курейке, в 160 км от устья, по обоим ее берегам (Туманный, Поднебесный и другие рудники), залегает пластом до 4 м мощности среди графитовых сланцев⁷. Мощные залежи графита, открытые в 1860-х годах, указаны на р. Графитной, притоке р. Таза⁸. На Таймырском носу найдены гальки графита.

В бассейне Подкаменной Тунгуски, в долине Енашимо, в кварцевой золотоносной жиле Успенского прииска указаны скопления и включения графитоподобного вещества⁹.

В *Южно-Енисейском окр.* найдены примазки графита в кварцевой жиле Козьмодемьянского рудника по р. Рыбной¹⁰; то же наблюдалось в *Ачинском у.*, в Иоанновском золотом руднике¹¹.

В мраморовидных кристаллических, иногда доломитизированных известняках графит наблюдался отдельными листочками, а иногда их скоплениями в параллельных полосах, нередко на контакте с гранитными породами, по речкам Кадре, Севагликону¹², Тарче, Белому Юсу и т.д. Окраска известняков нередко обусловлена содержанием графита.

В *Забайкальской обл.*, в *Нерчинском*, *Читинском* и других уездах, находятся многочисленные, большей частью не отмеченные в литературе месторож-

¹ Пилипенко, 1914, с. 187.

² Чураков, 1916, с. 20.

³ Мартьянов, 1881, с. 46–47.

⁴ Эдельштейн, 1917 (1), с. 194.

⁵ Ф. Шмидт, 1869, с. 120.

⁶ Возраст графита Туруханского края определен работами М. Залесского (1912, с. 19) как пермский (гондванский). См. историю вопроса у С. Обручева (1919, с. 3). Карта графитовых месторождений края у С. Обручева (1919; 1922, с. 132). Suess, 1901, с. 45. Указания на графит по притокам Енисея (кроме Нижней Тунгуски) см. в работе С. Обручева (1919), дающего критический обзор данных (Фатьяниха, Сухая Тунгуска, Малая Вахта). Об этих месторождениях, кроме указаний в § 293, см. еще Латкин, 1892; Ключанский, 1916, с. 117; Флеров, 1916. Ср. Степанов, 1919.

⁷ Степанов, 1919, с. 44 – по указанию А. Семенченко; с. 45 (Таймырский нос) – по указанию лейт. Гельшерта, участника экспедиции Вилькицкого.

⁸ Латкин, 1892, с. 83.

⁹ Ячевский, 1900, с. 15.

¹⁰ Зайцев, 1892, (1).

¹¹ Зайцев, 1904 (1), с. 4.

¹² Ижицкий, 1901, с. 44; Эдельштейн, 1909, с. 25.

дения графита. Так, графитовый сланец указан около сел. Аркии в низовьях Газимура. Графитовые сланцы развиты здесь на значительном протяжении, около сел. Будюмкана они заключают графит хорошего качества¹. Известны и другие большие скопления графита, например, пласты графита отмечены среди известняков около Шилкинского завода². По р. Ингоде он указан около дер. Кайдановой³. Около сел. Токтой (на р. Куренге) графит встречен в граните⁴. В разных местах древнего гранита в долине р. Унды он наблюдался в виде примазок вместе с магнетитом⁵. В хр. Ногайтуй, около Быркинской станции, графит, может быть, заслуживает разведки⁶. Графит наблюдался и на побережье Байкала, принадлежащем к Забайкальской обл., – на Святом Носу, в гнейсах около Сорожьевой губы, около мыса Братского, в роговообманковых породах против о-ва Буркана⁷.

В *Баргузинском окр.* листочки графита наблюдаются в кристаллических известняках, например около оз. Орона, по р. Ангаджану и др.⁸. Около ст. Могочи Амурской ж.д. (около 9 км от станции), по р. Могоче (правому притоку Амазара), встречен при шурфовании прослоек графита в графитовом сланце⁹. Есть графит около Иннокентьевского рудника в вершине р. Бугарахи (бассейн Верхней Цыпы)¹⁰. Указан также у дер. Кайдановой¹¹.

В *Селенгинской Даурии* графит встречается в кристаллических известняках в виде мельчайших чешуек, очень редко¹². О графите в кварцевой жиле по Чикою, принимаемом местными жителями за железную руду, упоминает Паллас (1778, с. 374–375). В. Обручев (1914, с. 670) ничего не мог указать об этих месторождениях; Бекк (R. Beck, 1901, с. 391) указывает, что графит найден в местности Нарын в бассейне р. Джиды.

В *Иркутской губ.* графит является одним из обычных минералов, образуя местами скопления материала превосходного качества. Генезис этого графита очень различен. Он распространен во всех месторождениях метаморфических мраморов, тянущихся от Тункинских и Байкальских гор до о-ва Ольхона¹³. Вблизи Байкала в гранитах, гнейсах, известняках, кварцитах, роговообманковых породах графит указан в очень многих местах, главным образом около западной части озера. Так, графит указан по р. Харгой (впадающей в Байкал против ворот Малого Моря)¹⁴; гнезда его в мраморах известны в раз-

¹ *Гедройц*, 1897, с. 133. Графитовые сланцы относятся к палеозою (там же, с. 101).

² *Филев*, 1835, с. 237.

³ *Эйхвальд*, 1844, с. 359.

⁴ *Озерский*, 1867 (1), с. 85.

⁵ *Таскин*, 1850, с. 295.

⁶ *Титов*, 1855, с. 486–487.

⁷ *Черский*, 1886 (1).

⁸ *Котульский*, 1913, с. 25–34.

⁹ *Степанов*, 1919, с. 50. По Я. Макарову.

¹⁰ *Лопатин*, 1895, с. 269.

¹¹ *Эйхвальд*, 1844, с. 359.

¹² В. *Обручев*, 1914, с. 531, № 46а.

¹³ *Мезлицкий*, 1855, с. 38; *Черский*, 1886 (1), с. 12. Особенно см. его карту. О месторождениях Прибайкалья см. «Каталог геол. колл. Иркутского музея», 1911, с. 29, 38. О графитовых известняках Ольховки см. В. *Обручев*, 1890, с. 450 и сл. О графите около Усть-Кута см. *Коварский*, 1893, с. 488.

¹⁴ *Ижицкий*, 1898, с. 126, 150.

ных других местах по Байкалу (Кужуртуйский рудник и др.); на о-ве Ольхоне он обычен в кристаллических известняках, гнездами встречен близ берегов Малого моря¹, в известняках указан на мысе Алланур (Уланнурский), известен в мраморовидных известняках по р. Слюдянке², по р. Талой³, в известняках описан с речек Даялока и Нам-Желга. Он наблюдался в кристаллических известняках, гнейсах и сиенитах на перевале между Хондой и Джолосом, по р. Большому Балыктаю, притоку р. Балтыргиной, бассейн Оки⁴, в известняках по р. Большому Морхою (притоку р. Гутары, бассейн Бирюсы). Пластинки графита находятся в полевых шпатах гранито-гнейсов по р. Малой Быстрой⁵. Наконец, в Иркутской же губернии лежит знаменитое Алиберовское месторождение в Ботогольском гольце, в Тункинских горах, связанное с магматическими процессами, о котором говорилось раньше⁶. Около с. Голуметского у р. Ирети блески графита изредка наблюдаются в песчаниках⁷. Графит указан еще около Верхоленска⁸ по р. Куту (притоку р. Лены)⁹. В дистене по р. Маме (в 20 км от устья) наблюдаются включения пластинок графита¹⁰.

В *Приморской обл.*, на Чукотском полуострове, графит давно известен в известняке около залива св. Лаврентия¹¹. Графитовый гнейс развит около горы Телгахар близ того же залива. Здесь встречаются линзы графита¹². Около мыса Литке попадаются его гальки¹³. Указан в разных местах близ Берингова пролива, например, графит превосходного качества близ с. Паутын¹⁴, Восточного мыса¹⁵ и т.д. В *Охотском у.* графит указан у мыса Иретьского и др.¹⁶ В Гижигинском районе гнезда графита известны около устья р. Тополевки¹⁷. Графит наблюдается в *Петропавловском окр.* по р. Воровской⁹.

В *Амурской обл.* у контактов фельзит-порфира и фельзита с углистыми породами углистое вещество перешло в графит; графит находится в самом фельзите за ст. Ковали на 625 км Западно-Амурской ж.д., около ст. Урюм¹⁸. Ниже пос. Казакевича на Амуре среди песчаников и глинистых сланцев залегает несколько прослоек графитовых сланцев, некоторые до 0,5 м мощности¹⁹.

¹ Реутовский, 1905 (2), с. 174, 176.

² Меглицкий, 1855, с. 61; 1856, с. 154.

³ Коллекция Томского университета. По указанию П. Пилипенко.

⁴ Ижицкий, 1899, с. 20–22.

⁵ Драверт, 1904, с. 8.

⁶ Сверх литературы, указанной в § 295, см. еще: Кокшаров, 1862, с. 499; Пузыревский, 1858, с. 159; Мёне, 1867, с. 1092 (анализ); Заварицкий, 1908, с. 295; Семенов, Черский и Петц, 1894, с. 257 и сл.; Dumas, 1864, с. 129.

⁷ Чекановский, 1874, с. 202.

⁸ Каталог Седакова. См. статью Потта, 1842, с. CLII.

⁹ Коллекция Томского университета. По указанию П. Пилипенко.

¹⁰ Коллекция Московского университета.

¹¹ Шамиссо, 1823, с. 350; Энгельгардт, 1823, с. 391, 399; Литке, 1836, с. 25.

¹² Корзухин, 1906, с. 380; 1907, с. 67; Тульчинский, 1906, с. 544.

¹³ Богданович, 1901 (2), с. 136.

¹⁴ Коллекция Академии Наук. См. Оводенко, 1913.

¹⁵ Ресин, 1888, с. 129.

¹⁶ Оводенко, 1913, с. 126.

¹⁷ Слюнин, 1900, с. 121, 127, 197.

¹⁸ Львов, 1913, с. 149.

¹⁹ Яворовский и Анерт, 1913, с. 129.

По Амуру, ниже устья р. Кумары¹, в связи с гранитом в метаморфических сланцах тоже встречен графит; он произошел из лигнита².

Прослои юрских графитовых сланцев и графита на контакте с гранитом отмечены по р. Бурее, в 4–5 км ниже устья р. Тастаха; этот графит произошел из лигнита³. Ниже Малмалты на р. Бурее графит находится в толстой кальцитово-железистой жиле, богатой прожилками роговой обманки и пересекающей гранит⁴. Близ станции Поликарповской (в Буреинском хребте) на Амуре графит встречается в крупнокристаллическом известняке⁵. На правом берегу Буреи, ниже устья р. Тырмы, – в контакте с известняками и гранитом. Мощность прослоек графита не больше 20 см⁶.

В восточном конце Хинганского хребта, начиная от Катерино-Никольской станции, находятся пласты известняков с графитом среди слюдястых и хлоритовых сланцев. Местами попадаются слои графита среди графито-слюдястых сланцев; графит образовался из каменного угля. Аналогичное явление наблюдается в обрывах около Улусомадона⁷.

В отрогах Малого Хингана у Амурской ж.д. графито-слюдистокварцевые сланцы начинают появляться в долине р. Кимкана (бассейн Большой Биры)⁸. Они развиты на большом протяжении в области метаморфических сланцев. Местами есть обогащение графитом, например, около 33 пикета (III дистанция), где встречаются карманы, заполненные чистым графитом. Здесь же недалеко – выход известняков, содержащих графит⁹. Это, очевидно, включения. Они заслуживают внимания. Шток графита известен на р. Амуре, в 8–9 км от станции Союзной (в Малом Хингане), среди слюдястых сланцеватых песчаников¹⁰. Он наблюдался в бассейне р. Большой Бпры, на перевале из долины р. Большой Таи (Каменушки) к р. Амсаяр. Более бедные графитовые сланцы – в горах Ульдура.

В Зейском золотоносном районе графит наблюдается нередко в явно метаморфизованных осадочных породах, в кварцитовых гнейсах (водораздел Могоча-Дамбуки, по Амуру и т.д.). Местами эти породы переходят в графитовый гнейс (например, по Гилюю): кое-где графит образует в них неправильные прослойки и стяжения¹¹. Встречается в кремнистых и кремнисто-глинистых сланцах по р. Зее ниже Малого Чукана¹². По р. Джелтуле (левый приток Гилюя) среди гнейсов наблюдался неправильный прослой графитового сланца с 18% графита¹³.

¹ Ф. Шмидт, 1868, с. 14, 16.

² Около ст. Помпеевки на Амуре найдены куски черного сланца, заключающие графит (Аносов, 1865 (1), с. 62).

³ Хлапонин, 1906 (1), с. 9; 1907, с. 31.

⁴ Ф. Шмидт, 1868, с. 57; Анерт, 1907, с. 133.

⁵ Ф. Шмидт, 1868, с. 14, 16.

⁶ Анерт. 1907, прот., с. 133; Яворовский и Анерт, 1913, с. 130; Ф. Шмидт, 1868, с. 67.

⁷ Ф. Шмидт, 1860, с. 216.

⁸ Константов, 1915, с. 55 и сл.

⁹ Константов, 1915, с. 67–68, 110; Шперк, 1885, с. 142.

¹⁰ Бацевич, 1897, с. 10.

¹¹ Яворовский, 1900 (1), с. 22; 1901, с. 15–16; 1902, с. 87. 101. М. Иванов, 1902, с. 159.

¹² Анерт, 1912, с. 160.

¹³ Яворовский и Анерт, 1913, с. 130, Ср. М. Иванов, 1902, с. 159.

В Южно-Уссурийском крае, Приморской обл., плотный некристаллический графит (графитит) известен в кристаллических породах в бухте Седими, в Амурском заливе¹. Графитовый сланец развит в 11 км от бухты Валентина. Кроме того, на юго-восток от ст. Графской². В виде дендритов графит встречен в кристаллических породах на островах Римского-Корсакова, в заливе Петра Великого. Известен в виде кристаллических кусков на Большом Хингане³.

В Томской губ. графит известен в Мариинском у., в крупнокристаллическом известняке на дне Владимирского золотого прииска (§ 159), в бассейне рек Малого и Среднего Кельбесов и по р. Золотому Китату⁴. Мелкие листочки графита наблюдаются в известняках, например, на горе Камешок, около дер. Новиковой у р. Бии⁵. (Бийский у.?). В Западном Алтае (в Змеиногорском у.) графит наблюдался: 1) в Мокром логу, в 4,5 км к северу от ст. Пьяноярской (по правому берегу Иртыша), 2) около Верхне-Ульбинского форпоста и 3) по обоим берегам Иртыша, около ст. Бухтарминской. В этих месторождениях графит является составной частью метаморфических пород⁶. По правому берегу Большого Тигерека графит встречается в виде пластинок в мраморе. В Кузнецком у. он указан в известняках *Соболиных гор* (между реками Кынзасом и Ортоном), частью в связи с контактом массивных пород⁷.

В Якутской обл., в Колымском окр., встречен как сплошной графит, так и включения его в известняке⁸. В Якутской обл. графит наблюдается по пади Найденке, впадающей в р. Моклакан (бассейн Олекмы)⁹. По р. Ваче (притоку р. Витима), при устье р. Ныгри, прослойки плохого графита находятся в метаморфизованном глинистом сланце¹⁰. В колчедано-бурошпатовых песчаниках, развитых по р. Бодайбо, обычно встречается «углистое» вещество, может быть графитовое¹¹.

307. Небольшие месторождения графита известны в *Степных областях* и в *Туркестане*.

В Семипалатинской обл., по р. Иртышу, на границе с Томской губ., у станции Пьяноярской, развит графитовый сланец¹². Графит встречается в виде включений, величиной с грецкий орех, в граните в 22 км к юго-западу от станции Белокаменной по Иртышу¹³. Графит в верховьях р. Куянды-Булак, около 3 км от уроч. Кемир-Каин, залегает среди гранитов. Судя по описанию, может быть, серьезное месторождение¹⁴. В Зайсанском у., в уроч. Чарыковском, графит указан по р. Кара-Су, притоку Кокпекты. Другое его месторож-

¹ Оссендовский, 1905, с. 262.

² Степанов, 1919, с. 54.

³ Графит указан в виде включений в так называемом «самородном чугуна» (§ 39) с о. Русского. *Иностранцев*, 1907 (1), с. 46.

⁴ Зайцев, 1893 (1), с. 226; 1910, с. 46, 53–54.

⁵ Поленов, 1915, с. 348.

⁶ Пилипенко, 1915, с. 318 (литература).

⁷ Щуровский, 1846, с. 157–158.

⁸ Драверт, 1910 (1), с. 5.

⁹ «Изв. Геол. ком.», 1914, с. 141.

¹⁰ Кропоткин, 1873, с. 293.

¹¹ В. Обручев, 1910.

¹² Богданов, 1882, с. 106.

¹³ Степанов, 1919, с. 39.

¹⁴ Нечаев, 1915, с. 483.

дение известно в глинистом сланце около уроч. Айгал-Джал (220 км от Кокпектов) в так называемом Михайловском руднике¹. В *Каркаралинском у.*, в уроч. Ак-Биик (170 км к юго-западу от Каркаралинска), графит указан в руднике Яковлевском².

В *Семиреченской обл.*, в *Джаркентском у.*, в водоразделе хр. Кетмен, среди туффигов, сланцев и микропорфиригов – графитовые сланцы, местами сплошной графит, могущий иметь практическое значение³. В *Лепсинском у.* открытый в 1855 г. Мамонтовым Иоанновский рудник вновь начал обрабатываться и описан Полевым (1913, с. 242). Месторождение находится на юг от Аягуза недалеко от горы Игид-Кизыла (Эгиз-Кизыла)⁴. Известны месторождения на юг от гранитного массива Агджайляу – Кизыл-Таса, в горах Коке-Тау и в гряде Балтатарак. Месторождение Коке-Тау (к северо-востоку от гранитов Джаман-Таса) упоминается Татариновым. «Аморфный» графит лежит пластом среди метаморфической свиты кварцево-сланцевых сланцев и кварцитов, лежащих узкой полосой среди массивных гранитов мощностью 13–17 м. Каменные угли Аягуза «графитисты» и иногда напоминают шунгит⁵. Месторождение на юго-восток от Сергиопольской станицы Полевым не указано⁶.

В *Пржевальском у.* графит известен по р. Теректы в 10 км от ст. Джиларык⁷, в уроч. Сары-Булак, по тракту в Нарын⁸.

В *Самаркандской обл.*, в *Самаркандском у.*, в 20 км на юг от Самарканда, близ кишлака Кипаккуль, у подошвы хр. Кара-Тюбе, наблюдались жилы графита в кристаллическом известняке⁹. В пустотах графита встречены жёлоды кальцита. Известняк пересечен жилами гранита. В 5 км на запад отсюда, в кишлаке Сазаган, известны примазки и прослойки в известняке мягкого графита и глины, богатой графитом. Здесь же встречены выходы гранита с прожилками графита¹⁰. В *Джизакском у.* графит, в значительном количестве указан в Нуратинских горах¹¹.

В Самаркандской обл. графит наблюдается в мраморах по р. Дгани-Тагоб¹² и в выделениях натролита из нефелиновых пород с р. Тагобы-Собак, где он бывает окружен зеленой слюдой.

В *Сыр-Дарьинской обл.*, в *Ташкентском у.*, графит найден в долине р. Чаткал (Чирчик?), между реками Ак-Булак и Майдан-Тал. По анализу, в нем до 89,5% углерода¹³.

¹ Габриэль, 1868, с. 457.

² Реутовский, 1905 (2), с. 172.

³ Вебер, 1917, с. 77.

⁴ «Горн. журн.», 1858, II с. 186; Р. Герман, 1858, с. 530; Татаринов, 1865, с. 473.

⁵ Полевой, 1913, с. 242; о развитии тут же графитистых сланцев, см. с. 214.

⁶ Степанов, 1919, с. 38.

⁷ Вебер, 1913, с. 185.

⁸ Тейх, 1897, с. 194.

⁹ Вебер, 1913, с. 137.

¹⁰ В. Обручев, 1889, с. 60 и сл. По указанию В. Вебера, другое месторождение землистого графита находится вблизи кишлака Кипаккуль, в 60 м от селения.

¹¹ Эйхвальд, 1844, с. 359: «в Бухарии, в горах Нурата». Есть указание Никольского (1866) на графит недалеко от Джизака (Северцов, 1873, с. 106). По указанию В. Вебера, это, вероятно, «Змеиные Ворота» в хр. Нура-Тау, где выходит девонский каменный уголь.

¹² И. Преображенский, 1911, с. 295, 321.

¹³ Тейх, 1897, с. 194.

В *Тургайской обл.*, в *Кустанайском у.*, южнее Владимирского поселка, в каменноугольных отложениях по р. Камышлы-Аяту (карта – Камысты-Аяту), есть графит, происшедший из каменного угля¹.

В *Ферганской обл.* признаки палеозойского угля, «скорее графита», известны около Чакмана, в ущелье Киргиштак, прослойки и линзы в глинистых сланцах². В *Маргеланском у.*, по р. Кичик-Алай около устья р. Талды-Кол, указаны «пласты графита». В 1,5–2 км от устья Топан-Сай (бассейн Испайрана) наблюдаются жилы графита на контакте гранита и мрамора³.

В *Кокандском у.*, в местности Арча-Курук, над долиной Арчады (бассейн р. Сыр-Дарыи), наблюдаются линзообразные жилы графита в графитовом сланце (?) на контакте гранита и мрамора. В верховьях Дугмана, вверх от конца ледника Райгородского, наблюдаются прослойки и гнезда графита в метаморфическом известняке⁴. В бассейне р. Джиптык (Киндык), над ледником Щуровского, наблюдаются небольшие прослойки в гнейсах и гранито-гнейсах. В горах Кара-Тау (27 км к югу от ст. Мельниково) имеются указания на нахождение графита⁵.

В *Бухаре*, по-видимому, есть месторождения графита, ближе не известные⁶.

308. В *Финляндии* графит встречается довольно часто, но нигде не образует значительных скоплений.

В *Або-Бьернеборгской губ.* графит давно известен в кристаллах на о-ве Олё, около Паргаса (§ 296). Другие месторождения графита лежат в окр. Кийкала, в гнейсе горы Иретеми⁷, Пераис в окр. Кимито⁸.

В *Вазаской губ.*, в приходе Сторкюро, в руднике Виттинге, графит находится в кварце с магнетитом⁹.

В *Выборгской губ.*, в *Сердобольском у.*, графит наблюдался в разных местах в окр. Импилакс, в окрестностях Питкаранты, например, плотными массами в роговообманковом сланце в руднике Шварца, в разрушенном пегматите с каолином, в тонко раздробленном состоянии в скальне (НуолиниEMI), в сланцах (Хауккасельга)¹⁰. Он найден и в других местах, например в гнейсах, иногда богатых роговой обманкой, около Сердоболя (близ Киймимегги и др.)¹¹. На о-ве Пузун-Сари сосредоточен в графитовом сланце, где когда-то разрабатывался; гексагональные пластинки графита наблюдались на западном берегу озера во включениях кристаллического известняка¹²; графитовый

¹ Д. Соколов, 1918, с. 28.

² «Изв. Геол. ком.», 30, 1911, с. 840–841.

³ Вебер, 1913, с. 112, 124, 125.

⁴ Вебер, 1917, с. 46.

⁵ Коллекция Академии Наук.

⁶ Бутенев, 1842, с. 147.

⁷ Д. Соколов, 1839, с. 110; Holmberg, 1857 (2), с. 33.

⁸ Коллекция Гельсингфорского университета. По указанию проф. Боргстрёма.

⁹ Планер, 1868 (рукопись, хранящаяся в библиотеке СПб. Минералогического общества).

¹⁰ Д. Соколов, 1838, с. 110; Trüstedt, 1907, с. 325. О Питкаранте см. Боданович, 1912, с. 272.

¹¹ Севергин, 1805, с. 61, 126; Фурман, 1812, с. 72; 1828, с. 25; Влангали, 1856, с. 153; Пузыревский, 1866, с. 168. Анализ в «Горн. журн.», 1856, IV, с. 143; Миклашевский, 1881, с. 351.

¹² Гадолин, 1858, с. 75.

сланец известен около Якимваары на западном берегу Ладожского озера¹; графит известен на п-ове Суванлак, около устья Суванйоки². Около Большой Сарги (Аласарги) графит встречен в кварцевых прожилках в зеленокаменной породе³. Кристаллики графита (гексагональные пластинки) наблюдаются в крупнозернистых известняках в Ихалайси, около Вильманстранда, может быть в связи с выходами гранитных пород.

В *Куопиоской губ.*⁴, около Карттулы⁵, в приходе Леппявирта, около Козоне, Люстерин и Парконэ. Прожилки графита в кварце указаны в 32 км от ст. Олкалы⁶.

В *Сен-Михельской губ.*, в окр. Мэнтихарью, около Карангамья⁷, в окр. Сееминки – около Нейшлота и на о-ве Тальвисаари, в окр. Керимьяки – на горе Ренкеваара, около Пихьялак, около Мустасаари⁸, около Йоакалак в окр. Ристиина. В коллекцию Академии Наук доставлены очень любопытные образцы графита, найденные около оз. Перувези. Графит перекристаллизован в связи с выходом гранита и пегматита. Есть графитовый сланец.

В *Нюландской губ.* графит указан в окр. Ментсела, в руднике Фругорд, в известняке в виде гексагональных пластинок⁹, в окр. Сиббо, в каменоломне Мортенсби – в розовом кварце в окрестностях Эрикнеса¹⁰, в окр. Киркслетт около Поркалы¹¹; около Гельсингфорса близ Тургольма.

В *Тавастгусской губ.* графит найден в окр. Хаухо, около дер. Куккола¹², в окр. Оривези, около дер. Ярвенпээ¹³, в окр. Кальвола – в кварцевом сланце¹⁴.

В *Улеборгской губ.* сплошной графит указан около оз. Пизаро¹⁵, в окр. Куусамо; около оз. Суинкярви (на п-ове Сомериньеми); куски выбрасываются водой¹⁶. Очень обычен графит в богатом слюдой и дистеном гранулите около Луттойоки, Ивало, Пальсиноя и т.д.¹⁷, в гранулитах около Толосьоки¹⁸. Мелкие листочки графита наблюдаются в кристаллических известняках на границе со Швецией (между приходами Вимпали и Алаярви) на восток от оз. Лаппаярви¹⁹.

309. Шунгит в России. Совершенно не обработаны и не отмечены месторождения *шунгита* в России. Несомненно, они очень многочисленны. Часть

¹ Пузыревский, 1866, с. 337.

² Holmberg, 1857 (2), с. 24.

³ Фурман, 1812, с. 79; 1828, с. 31 (в валунах); Соболевский, 1839.

⁴ Соболевский, 1839; Holmberg, 1857 (2), с. 24.

⁵ Коллекция Академии Наук. Доставлен Менетриэ. Некоторые месторождения были известны Планеру (1868). См. Миклашевский, 1881, с. 356; Скальковский, 1867, с. 23.

⁶ Планер, 1868.

⁷ Holmberg, 1857 (2), с. 50–51; Севергин, 1798 (2), с. 298; Скальковский, 1867, с. 21.

⁸ Wiik, 1888, с. 8.

⁹ Holmberg, 1857 (2), с. 20, 22.

¹⁰ Планер, 1868.

¹¹ Wiik, 1888, с. 8.

¹² Соболевский, 1839, с. 359; Holmberg, 1857 (2), с. 24.

¹³ Holmberg, 1857 (2), с. 39.

¹⁴ Wiik, 1888, с. 8.

¹⁵ Планер, 1868.

¹⁶ Holmberg, 1857 (2), с. 47.

¹⁷ Jernström, 1874, с. 45–64.

¹⁸ Fricks, 1906 (2), с. 16.

¹⁹ Mäkkinen, 1916, с. 19.

шунгита относят к антрацитам. Нахождение его в ничтожных количествах обычно описывается под названием углистых или битуминозных частиц или совершенно опускается. Поэтому указываемые здесь месторождения ничтожны по сравнению с действительным его распространением.

В *Европейской России* можно отметить месторождение шунгита в Шунге и Толвуе *Олонецкой губ.* (§ 292).

На *Кавказе* в *Эриванской губ.*, *Нахичеванском у.*, между дер. Куйнюк и Каган, включения лигнита в мергеле на границе с трахитом превратились в «коксообразную массу»¹.

В *Семипалатинской обл.*, в *Лепсинском у.*, каменные угли по Аягузу графитисты и иногда напоминают шунгит².

В *Сибири* он указан в виде *кокса*. Во время каменноугольных пожаров, происшедших ли по вине человека или под влиянием естественных причин, некоторые угли дали залежи естественного *кокса*. Такой кокс наблюдается в разных местностях России, но, к сожалению, обычно не указывается. Так, например, он известен на *Сахалине*, около Дуэ³ и в *Томской губ.*, в *Кузнецком окр.* в Кемеровском месторождении⁴, в *Мариинском окр.* по р. Поперешне⁵.

В *Южно-Уссурийском крае*, в Сучанском месторождении, каменный уголь на контакте с диабазами превращен в кокс (штольня № 1. Южно-Уссур. эксп.)⁶.

В *Финляндии*, в *Тавастгусской губ.*, около оз. Несиерви, в Куониemi, указаны включения «графитоида» в метаморфизованных породах⁷.

В *Выборгской губ.*, в ятульских аргиллитах, связанных с кварцитами, около оз. Суоярвы и Туламаярви шунгит дает местами слои до 2 м мощностью⁸.

310. Определение. Диагноз разностей природного углерода довольно затруднителен; в их различении много условного.

Алмаз бесцветен (иногда слегка окрашен), прозрачен, нередко встречается в кристаллах кубической системы (§ 277), с закругленными гранями. Сильный алмазный блеск, иногда жирный. Черта пепельно-серая. Совершенная спайность по {111}. Уд. вес 3,5. Хрупок. Твердость 10. Чертит корунд и им не чертится.

Отличие *борта* от алмаза основывается главным образом на *окраске*, которая временами становится черной, и *борт* тогда принимает почти металлический блеск. Он, по-видимому, часто тверже обычного алмаза. Удельный вес иногда меньше 3,5⁹.

¹ Цулукидзе, Халатов и Архипов, 1868, с. 14.

² Полевой, 1913, с. 242.

³ Лопатин, 1864, с. 158.

⁴ Коллекция Академии Наук. Доставлен В. Мамонтовым. Об этом месторождении В. Мамонтов дает следующие указания: «Кокс с 13-й сажени квершлага № 2 на Волковский пласт Кемеровского месторождения каменного угля на правом берегу реки Томи, Томской губернии, Кузнецкого уезда, Верхотомской волости. Квершлаг № 2 был задан с 70-й сажени от берега реки Томи из разведочной штольни на 21-й сажени от поверхности земля и здесь был обнаружен грандиозный пожар на мощном (5¹/₂ саж.) Волковском пласту угля, причем часть угля обратилась в кокс».

⁵ Яворовский, 1898, с. 50.

⁶ Малявкин, 1910, с. 436–437.

⁷ Sederholm, 1898.

⁸ По указанию Седергольма (Sederholm, 1911, карта 3, с. 8).

⁹ Может быть, характерны полосы поглощения, наблюдавшиеся Вальтером (B. Walter, 1891,

Карбонадо – непрозрачен, очень тверд (больше 10), черного цвета. Ясной спайности нет. Уд. вес 3,0–3,2. На краях перед паяльной трубкой оплавляется. В KNO_3 растворяется, подобно графиту. В отличие от алмаза, не флюоресцирует в лучах полония¹.

В кислороде алмаз и борт воспламеняются при 800–875°² (для карбонадо определений нет). Не плавятся и не изменяются перед паяльной трубкой. Кислоты на них не действуют. Порошок алмаза с $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ и H_2SO_4 при нагревании окисляется.

Графит, *графитит* и *шунгит* черного цвета, непрозрачны. Графитит никогда не дает заметных глазу кристаллов (§ 280). Кристаллы графита полуметаллического блеска. Черта черная, для графита блестящая, для графитита матовая. Кристаллы графита обладают совершенной спайностью по {0001}. Гибки. Твердость 1–2. Уд. вес графита 2,2–2,4. Уд. вес графитита ниже: 1,8–2,2.

*Шунгит*³ имеет твердость 3,5–4. Уд. вес 1,8–1,9 (сухой – 2). Полуметаллический блеск в сплошных массах. Цвет черты серый. Очень гигроскопичен (до 110° выделяет около 7–8,5% H_2O , в среднем около 7,8%).

Графит, *графитит* и *шунгит* неплавки, трудно сгорают перед паяльной трубкой, подобно *карбонадо*. При сплавлении с KNO_3 на платиновой пластинке все дают K_2CO_3 (отличие от алмаза), и сплав при действии кислот выделяет CO_2 . Графит и графитит при действии хромовой смеси ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4$) или других сильных окислителей (1 ч. $\text{HNO}_3 + 4$ ч. H_2SO_4 , $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{KClO}_3$) дают нерастворимый светло-желтый кристаллический осадок, так называемую графитовую кислоту, нерастворимую в воде. Графитовая кислота при нагревании дает вспышку и выделяет большое количество черного вещества («перекись графита»). Для получения графитовой кислоты графит нагревается с H_2SO_4 до 60° и в теплую смесь вносится небольшими порциями KClO_3 (соответственно – $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ или HNO_3)⁴. Иногда реакция не идет до конца, а образуется «графит Броди», способный при нагревании вспучиваться в червеобразные образования. Это вспучивание показывают все явно кристаллические (пластинчатые) графиты, смоченные на платиновой пластинке дымящейся азотной кислотой и быстро нагретые. Причина образования таких своеобразных форм распада кристаллических сростков графита не вполне выяснена, но, по-видимому, тесно связана с явлениями скольжения и спайности под влиянием поверхностного натяжения и, может быть, химического изменения графита⁵. Эта реакция никогда не наблюдается в графититах, но ее дают и не все графиты. Шунгит

с. 508). Наиболее характерные лежат около $\lambda = 415,5$ (между G и H), 471 и в фиолетовой и ультрафиолетовой части и свойственны только некоторым бортам (желтоокрашенным алмазам). Вопрос заслуживает исследования.

¹ *Rosenheim*, 1902, с. 247.

² *Moissan*, 1902, с. 928.

³ *Иностранцев*, 1879, с. 317 и сл. (указаны и другие физические свойства).

⁴ Реакция впервые дана Броди см. *Brodie*, 1860, с. 6; *Лусенко*, 1879 (1), с. 34; *Luzi*, 1891 (2) – здесь литература.

⁵ Об этих образованиях см. *Schäthaut*, 1840, с. 155; *Brodie*, 1860, с. 6; *Н. Федоров*, 1868, с. 79; *Luzi*, 1891 (2), с. 245, 257; *Weinschenck*, 1897 (2), с. 293; *Moissan*, 1895, с. 17; 1896 (1), с. 308; *Ячевский*, 1899 (1), с. 34.

никогда не дает этих образований и в то же время при действии хромовой смеси или сильных окислителей (см. выше) нацело растворяется в темнобурую жидкость, при охлаждении дает осадок, растворимый в кипящей воде¹. Резкой границы между графитом и графититом провести нельзя, но по всем своим реакциям графитит занимает промежуточное положение между графитом и шунгитом. В кислороде графит воспламеняется при 650–700°, а шунгит при 300–500°².

¹ *Иностранцев*, 1879, с. 317.

² *Moissan*, 1902, с. 928.

ГАЗООБРАЗНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

311. Общие замечания. Небольшая группа газообразных элементов играет в земной коре огромную роль. Благодаря своей подвижности газы являются в ней наиболее энергичными химическими деятелями.

Благодаря той же подвижности они собираются в единое целое, в атмосферу, в совершенстве смешиваются друг с другом. Этим они резко отличаются по морфологическим признакам своего нахождения от всех других минералов.

Может быть этим в значительной мере вызвано крайне неполное представление наше о газовом обмене земной коры, о ее газовом составе. Ибо в настоящее время трудно даже дать список всех газообразных продуктов земной коры и еще труднее представить себе их историю.

Изучение природных газов не вошло в рамки ни одной из научных дисциплин, на которые разбилось естествознание в XIX столетии. Казалось бы, скорее всего можно было ждать включения его в геологию, минералогию или геофизику. Достаточно, однако, взять любую, самую точную и подробную сводку наших знаний в этих отраслях естествознания, чтобы убедиться, что газы не являются объектом изучения ни одной из этих наук. Даже в метеорологии и климатологии, в учении об атмосфере мы напрасно стали бы искать полных и точных сводок о химических явлениях и даже о химическом составе газообразных продуктов земной коры. В минералогию они входили в первые десятилетия XIX столетия, но мало-помалу и в этой отрасли знания они перестали быть предметом изучения.

В настоящее время нет никакого сомнения, что они должны являться объектом изучения минералогии. Ибо они ничем не отличаются в своем происхождении от обычно изучаемых в ней природных жидких или твердых продуктов, являются компонентами тех же самых химических реакций, которые вызывают образование минералов и изучаются в минералогии. Больше того, нельзя научно изучать эти процессы, если оставить без внимания входящие в них газообразные минералы. Выключение природных газов из минералогии явилось случайным следствием исторического развития минералогии, того преобладающего внимания, какое уделяли минералоги первой половины XIX столетия кристаллографии и систематизации минералогических собраний. В увлечении этими сторонами научной работы были упущены из внимания не менее важные вопросы химии земной коры, и в том числе остались вне области научной работы тесно связанные с ней природные газы.

312. Однако, помимо такого исторически случайного явления, тесно связанного с развитием человеческой мысли, в самых свойствах газообразных элементов есть особенности, затрудняющие их изучение в природных условиях. Особенности эти тесно связаны с их физическими свойствами, ограничивающими их индивидуализацию в природе. В то самое время как твердые природные тела, особенно кристаллические, долгое время являвшиеся преимущественным объектом минералогии, могут быть чрезвычайно легко выделены и изучены в чистом виде, – это очень трудно сделать для газов. Правда, исторический ход развития минералогии привел нас и для твердых минералов к изучению оставленных было вначале коллоидальных продуктов или физических смесей, индивидуализация которых затруднительна или не всегда возможна. Но явление это выражено еще резче для газов.

В земной коре мы имеем дело всегда с *газовыми смесями*. Отделить изучаемый газ от его спутников нередко можно только в лаборатории. Между тем изучать природные газовые смеси как нечто индивидуализированное не является удобным, ибо свойства этих газовых смесей меняются в каждом частном случае.

Гораздо удобнее изучать отдельные, входящие в смесь газы как особые природные продукты, как отдельные минералы. Ибо по ним мы легко восстановим все свойства газовой смеси, так как свойства газов известны нам лучше свойств жидкостей и даже кристаллов. Природные смеси газов лучше, чем всякие лабораторные опыты, дают нам яркую иллюстрацию полноты объяснения газовых свойств кинетическими представлениями об их структуре. И в нашем изложении мы можем спокойно основываться на этих представлениях, не сталкиваясь с противоречиями или неясностями в природных явлениях.

313. Форма нахождения газов в земной коре. Газы наблюдаются в земной коре в разных формах местонахождения. Во-первых, они собираются в *атмосфере*, в газовой оболочке земной коры. Другая часть их образует *скопления* и *сгущения* в литосфере, причем иногда собирается в большей частью мелких замкнутых порах¹ или сгущается в твердых и жидких телах. В-третьих, газы выделяются под давлением в виде *струй* или *вихрей*. Благодаря существованию атмосферы некоторые газы не могут никогда скопляться или собираться в свободном состоянии, не дают ни струй, ни пор; они немедленно растворяются в окружающей газовой среде, образуя так называемые *газовые испарения*. Наконец, в-пятых, они растворены в природных, как жидких, так и твердых, минералах, образуя *жидкие* и *твердые растворы* газов².

Между всеми этими формами нахождения газов есть постоянный обмен. При соприкосновении с атмосферой газы газовых струй выделяются в нее и смешиваются с атмосферой; газы жидких растворов находятся в постоянном обмене с атмосферой в зависимости от парциального давления: они то поглощаются из нее природными жидкостями (водой, нефтью), то выделяются

¹ По Мартелю (*Martel*, 1908, с. 255), замкнутые газовые жеоды не встречены при спелеологических исследованиях.

² Вернадский, 1912 (1), с. 141.

в нее. Точно так же в постоянном обмене с атмосферой находятся и газовые скопления и сгущения; при истирании, разложении, растворении, расплавлении содержащих их пород они выделяются в атмосферу, попадают в воду или магму. То же самое имеет место и при испарении природных жидкостей, в которых растворены газы. При уменьшении давления слоев газы пород, богатых сгущениями и скоплениями, выходят в виде газовых струй в атмосферу. Связь с атмосферой газовых испарений очевидна.

314. Морфологически эти различные типы нахождения газов в природе отнюдь не идентичны. Нет надобности останавливаться на различии между свободными выделениями газов и их твердыми или жидкими растворами. Различие между ними резко бросается в глаза.

Можно было бы даже не рассматривать газовые растворы в группе газобразных минералов, если бы не особенности строения газов. Как известно, благодаря своей подвижности газы из газовых или твердых растворов будут выделяться в окружающее пространство в зависимости от отвечающего им парциального давления этого пространства. Поэтому каждый раствор газа – в жидкости или в твердом теле – является источником, выделяющим газ в свободном состоянии; он окружен – большей или меньшей – газовой оболочкой соответственного состава.

Однако здесь необходимо сделать некоторые ограничения, связанные с морфологическими особенностями нахождения газов в природе, с которыми нам придется считаться и дальше. Нельзя прилагать без больших поправок представления о свойствах, газов, касающиеся их больших объемов, к их микроскопически мелким скоплениям. Здесь еще больше, чем в химических реакциях, приходится считаться с молекулярными свойствами состояний материи.

В различии свойств газов, собирающихся в больших и малых объемах, сказываются как свойства самих газов (газовой оболочки), так и свойства жидкостей или твердых тел, в которых они находятся.

Оставляя пока без внимания свойства газовых оболочек мелких скоплений газов, по-видимому, не играющие крупной роли в природных газовых растворах, нельзя не остановиться на молекулярных свойствах включающих их жидкостей и твердых тел.

Выделение газов из газовых растворов зависит не только от парциального давления окружающей их газовой среды. Оно тесно связано с тем сопротивлением, какое оказывает жидкость или твердое тело их выходу. Это сопротивление зависит как от химической связи при образовании газового раствора, так и от давления, какое оказывает поверхностный слой жидкости или твердого тела на его внутренние части.

Не касаясь здесь чисто физических вопросов, связанных с влиянием поверхностного слоя на парциальное давление растворенных в жидкости или в твердом теле газов, необходимо лишь иметь в виду, что это влияние быстро растет при уменьшении массы жидкого или твердого раствора. Для мельчайших капель жидкости и для довольно больших крупинок твердого тела оно легко достигает таких размеров, что газовая оболочка вокруг таких растворов заметно не образуется. Поверхностная пленка жидкости или твердого тела как бы совсем уединяет газ от соприкосновения с атмосферой.

Однако при неизменно происходящем в природе механическом или химическом разрушении жидких и твердых растворов газов газы в конце концов все же неизбежно выделяются в свободном состоянии даже из мельчайших тел – хотя бы на некоторое время.

Поэтому форма нахождения в природе жидких и твердых растворов газов должна быть отнесена к газообразным минералам, так как она в конце концов всегда ведет к выделению в свободном состоянии включенных в нее газов.

315. Обращаясь к большим скоплениям газов – к земной атмосфере, мы встречаемся в ней с проявлениями физических свойств уже не твердой или жидкой, а газообразной материи, ставящей в минералогии любопытные, едва намеченные задачи.

Исходя из представления о газах как о собрании быстро движущихся частиц, можно ждать: 1) что газы будут постепенно уходить из атмосферы и 2) что скорость движения газовых частиц различной массы будет неодинакова.

Обращаясь к вопросу о постепенном исчезании газов из атмосферы, мы должны остановиться на двух следствиях из кинетической теории газов.

Во-первых, постепенное движение газов от Земли должно выражаться в *разрежении* атмосферы. По мере удаления от поверхности Земли атмосфера должна становиться все более редкой, просто вследствие быстрого увеличения объема, занятого газом. В данном объеме атмосферы будет находиться все меньше и меньше быстро движущихся материальных частиц. На основании кинетической теории газов можно вычислить, что при -50°C на 400 км от земной поверхности одна газовая молекула будет приходиться на 1 м^3 воздуха¹. Очевидно, при дальнейшем удалении, на некоторой высоте от земной поверхности мы должны встретиться с таким слоем газов, который потеряет для нас свойства материальной среды, будет формой лучистой материи, ибо движущиеся в нем газовые частицы не будут давать тех столкновений, остановок, изменений прямолинейного движения, которые составляют для нас «газ», выражаются во впечатлении обычного газа. Очень возможно, что некоторые явления, связанные с падающими звездами, как раз указывают нам на существование вокруг Земли такой оболочки лучистой материи (§ 60). Может быть, на то же указывают полярные сияния. Ибо эта лучистая материя должна представлять своеобразные явления в области магнитного поля Земли. Возможно, что в картине северных сияний играют роль не только космические лучи Солнца², но и разреженная лучистая материя Земли.

В тесной связи с этим должен стоять вопрос о *пределе* атмосферы. Для каждого газа, согласно законам диффузии, должно быть достигнуто при его распространении в безвоздушном пространстве такое состояние, в котором в единицу времени в данном месте пространства столько же входит частиц газа, сколько их выходит. Следовательно, в безвоздушном, очень большом, но замкнутом пространстве должно установиться равновесие и должен быть предел атмосферы, для каждой ее составной части различный. Но для земной атмосферы этот вопрос не может быть решен так просто, так как едва ли можно считать замкнутым то пространство, в котором она находится, и,

¹ Trabert, 1911, с. 305.

² Störmer, 1907, с. 5 и сл.; 1911, с. 117 и сл.

очевидно, ее пределы обуславливаются влиянием небесных светил. Очень возможно, что некоторые из ее составных частей будут постепенно притягиваться другими светилами и, следовательно, исчезать из состава Земли.

Исходя из основ механической теории теплоты, Риттер (*Ritter*, 1878) вычислил, что высота земной атмосферы должна быть около 350 км. Предел для атмосферы (газов, следующих за суточным движением Земли), принимая во внимание упругость газов, будет 30 000 км. Нейман, принимая только тяжесть и центробежную силу, вычислил ее равной 6,67 земного радиуса¹.

316. Эти явления регулируются влиянием тяготения. Как известно, скорость движения какого-нибудь предмета может достигнуть такой величины, при которой он может преодолеть силу тяготения и удалиться из области ее действия. Вычисления, произведенные Стонеем², показали, что на довольно умеренной высоте, при температуре около – 66°C, частицы газов атмосферы могут, согласно кинетической теории их строения, достигнуть такой скорости движения, что они должны уйти из области земного притяжения. Наиболее легко достигается это по отношению к легким газам, например, к водороду, гелию. Конечно, это может иметь место лишь по отношению к некоторым частицам этих газов, так как нам известно, что частицы даже химически чистого газа движутся с изменчивой скоростью (§ 318)³. В то самое время, как главная масса газов удерживается, наиболее быстро движущиеся частицы их отрываются и уходят от земного притяжения в небесное пространство.

Таким образом, атмосфера далеко не является простым собранием газов; она образует, благодаря своеобразным физическим свойствам газообразной материи, как бы особый механический аппарат, уводящий от Земли некоторые ее составные части, меняющий химический состав нашей планеты. Все эти выводы приобретают особое значение, если мы примем во внимание, что процесс этот должен совершаться в течение бесконечного течения веков.

Однако тот же самый процесс должен происходить и с другими планетными телами. По-видимому, идея о медленном газовом обмене между небесными телами имеет длинную историю еще до работ Стонее, обративших на себя внимание в конце XIX столетия. Указания на нее имеются уже у Грове в 1842 г.⁴ В небесном пространстве, в котором движется Земля, должны находиться отдельные газовые частички, ушедшие не только из земной атмосферы, но и из других небесных тел. Эти частички должны улавливаться, благодаря всемирному тяготению, отдельными планетами и могут быть захватываемы в земную атмосферу. Очевидно, это улавливание будет совершаться наиболее

¹ *F. Neumann*, 1883. Ср. *Клоссовский*, 1908, с. 115 и сл.

² *Stoney*, 1869, с. 13; 1898, с. 305 и сл.; *Рудзкий*, 1893, с. 71. Возражения, например, *Смолуховского* (*Smoluchowski*, 1901, с. 313), едва ли серьезно подрывают основные положения Стонее о допустимости таких явлений.

³ Для того, чтобы газ ушел из атмосферы планеты, достаточно, чтобы существовало неравен-

ство – $\sqrt{\frac{2grS}{1+0,00367t}} < 485$, где r – радиус планеты, g – тяготение на ней, S – удельный вес

газа, t – температура. Для Земли достаточно, чтобы скорость движения частицы достигла в секунду 10,5 км, для того чтобы она могла выйти из действия земного тяготения. Для водорода средняя скорость движения его частиц равна 1,6 км в секунду. Но для отдельных частиц она всегда может достичь предела влияния тяготения, т.е. 10,5–11 км (*Stoney*, 1898, с. 314).

⁴ *Hunt*, 1891, с. 41 и сл.

успешно планетными телами больших размеров, а уход газовых частиц будет наичаще происходить в атмосферах наиболее мелких небесных светил.

Таким образом ясно, что процесс такого улавливания и потери газов, должен находиться в зависимости: 1) от одновременного нахождения в одной области небесного пространства больших и малых планет, 2) от величины планетных тел, 3) от температуры. Как известно, этим путем объясняется потеря газообразных атмосфер мелкими астероидами или планетами (например Лунной) и, с другой стороны, рост атмосферы больших планетных тел. Согласно этим представлениям, атмосфера планет целиком или в большей своей части является новообразованием, собралась извне, из небесного пространства¹.

Мы увидим, что и в истории Земли приходится считаться с этими явлениями.

317. Но кинетическая структура газов сказывается не только на границе атмосферы и на явлениях, связанных с процессами, идущими в межпланетных пространствах. Она проявляется в строении атмосферы и в тех ее областях, которые подчинены суточному вращению Земли.

Дело в том, что средняя скорость движения частиц составляющих ее газов различна, ибо она зависит от удельного веса газа. Поэтому процентный состав атмосферы, если только пределы ее достаточно велики, не может быть одинаков во всех ее точках. Кверху в ее составе должны относительно увеличиваться легкие газы, которые будут диффундировать скорее.

На этом основании, исходя из закона Генри – Дальтона, можно вычислить процентный состав атмосферы на определенных высотах, зная состав ее на земной поверхности. Такие исчисления были сделаны уже давно², но лишь в последнее время они обратили на себя серьезное внимание³. Они показывают значительные изменения состава воздуха на больших высотах; так, например, для высоты в 100 км должен преобладать в атмосфере водород, а не азот, и т.д. Нет надобности приводить здесь эти исчисления, ибо они сделаны при допущении постоянной температуры и неподвижности атмосферы. Отсутствие этих условий изменит и наши выводы. В то же время ничтожные количества легких газов, наблюдаемые внизу, совершенно изменят вычисляемый состав атмосферы для высоких ее слоев при их принятии во внимание или при оставлении их в стороне.

В низких слоях атмосферы в наших широтах, до высоты 11 км (на полюсе 9 км, у экватора 18 км), лежит слой атмосферы, постоянно перемешиваемый вертикальными движениями. Это так называемая тропосфера, за пределами которой находится слой газов с постоянной температурой, не принимающий ясного участия в газовом обмене нашего воздуха (стратосфера). Очевидно, формулу о составе атмосферы, согласно закону Генри – Дальтона, нельзя проверять на тропосфере, ибо все ее слои находятся в обмене и тропосфера не может давать устойчивые расслоения по химическому составу.

¹ Это объяснение было выдвинуто уже Стонеем (*Stoney*, 1898). Ср. *Lowell*, 1910, с. 231; *J.H. Jeans*, 1910, с. 353 и сл.

² *Менделеев*, 1876, с. 47; *Ferrel*, 1886, с. 37.

³ *Hann*, 1901, с. 8; 1903, с. 123; *Hinrichs*, 1900, с. 442; *Dewar*, 1906, с. 223; *J.H. Jeans*, 1910, с. 350 и сл.; *Humphreys*, 1909, с. 66; *Trabert*, 1911, с. 305; *Wegener*, 1911, с. 170 и сл.

Однако общее заключение все же остается верным. Состав значительного скопления газов, различных по своему составу, подверженных действию тяготения, не может быть одинаков в своих верхних и нижних частях. Он неизбежно будет подвергаться расслоению и химическому разделению благодаря различному молекулярному весу составляющих его отдельных газов. Но это будет видно только на высотах, где газы не дают резких вертикальных движений, – в стратосфере. И действительно, научные наблюдения – разнообразные акустические и оптические явления атмосферы – указывают нам на существование на этих высотах какого-то резкого изменения в свойствах газов, которое проще всего может быть объяснено изменением состава атмосферы. Это изменение наблюдается на высоте около 70 км; можно думать, что здесь в атмосфере преобладает водород¹.

318. Однако сложность нашего представления о формах газовых выделений в земной коре на этом не может закончиться. Быстро движущиеся по разным направлениям частички газа не могут двигаться с одинаковой скоростью в одной и той же, даже небольшой, газовой массе. Эта идея неодинаковой скорости движущихся газообразных частиц, оказавшаяся столь плодотворной в кинетической теории материи, была введена в наши научные представления Кл. Максвеллом и Больцманом, и мы только что видели ее применение в вопросе об обмене между газообразными атмосферами небесных тел.

Но та же идея имеет место и в меньших пределах, так как во всяком однородном скоплении газа можно выделить частицы разной молекулярной массы или различной при данных физических условиях скорости движения. Недавние работы Томсона² указывают нам, что можно проанализировать с этой точки зрения состав однородного на вид газа и доказать существование в нем частиц разной массы и разных свойств. Однородное на вид скопление простых, элементарных газов, например, кислорода, азота, водорода, оказывается составленным из частиц различных свойств. Так, например, для кислорода можно доказать присутствие по крайней мере семи разных частиц. На ту же разнородность, на присутствие в каждом газе разных частиц, указывает и огромная область явлений, связанных с ионизацией.

Здесь мы находимся на пределах нашего современного знания. Но мы видим, как во всех этих случаях мы подходим к границам материальной среды. На краях больших газовых скоплений, исходящих от какого-нибудь выделяющего газ центра (например, планеты), мы сталкиваемся с разреженным газом, обладающим многими свойствами лучистой материи, может быть, согласно мнению некоторых исследователей, встречаемся с электронами. В то же время и внутри газовой массы, даже небольшого размера, можно доказать присутствие частиц разного характера и в том числе частиц, несущих электрические заряды. Очевидно, при разрежении этих газовых масс свойства таких частиц должны выступать еще более резко, и простое разрежение должно уже по одному этому резко изменять характер газа.

¹ *Wegener*, 1911, с. 171. Вегенер считает, что существует еще другой скачок в свойствах атмосферы на высоте 200 км, который он объясняет преобладанием в ней, начиная с этой высоты, другого газа – корония (геокорония). См. с. 218 и сл. [Гипотеза о геокоронии не подтвердилась]. См. еще *Альтберг*, 1915, с. 49 и сл. *Störmer*, 1921.

² *J.J. Thomson*, 1911 (1), с. 227 и сл.

Наконец, для целого ряда природных газов – для гелия, радона, ториевой и актиниевой эманаций – мы сталкиваемся во всяком их скоплении с атомными разложениями. Эти явления сопровождаются еще большим выделением энергии, чем простое расширение газов. А между тем такие эманации находятся всюду в земных газах (§ 406). Их огромная роль в истории земных явлений приводит нас прямо в тесную область зарождения материи на нашей планете и сейчас не может быть нами учитываема.

319. Классификация природных газов. Оставляя в стороне эти области научной мысли нашего времени, едва намечаемые и рисующие лишь пути будущего, обратимся к классификации природных газообразных элементов. Мы сталкиваемся при этом сразу с особыми затруднениями, вызываемыми все той же подвижностью газообразной материи.

Затруднения эти заключаются в том, что в земной атмосфере – в воздухе – должны находиться все газообразные тела земной поверхности, как элементарные, так и сложные. Смесь их, несомненно, закономерна; поэтому воздух мог бы рассматриваться целиком как отдельный минерал, подобно тому, как это приходится и удобно делать для таких природных смесей, какими являются природные воды или нефти.

Но всякая классификация сложных природных явлений всегда имеет служебный характер. Ее целью должно быть лишь удобное изучение сложного явления, а потому для разных случаев можно пользоваться разными признаками, можно их менять в зависимости от свойств изучаемого явления. Для газов неудобно пользоваться тем методом классификации, который оказался применимым по отношению к жидким минералам, ибо здесь он привел бы нас к большим неудобствам при соединении в одно минеральное тело постоянных и важных составных частей воздуха с его минимальными колеблющимися примесями. Последние исчезли бы этим путем с горизонта нашего научного видения. А между тем они, благодаря химической активности газов, играют огромную роль в истории земной коры.

Поэтому здесь надо отказаться соединять в один минерал закономерные смеси, и неудобно рассматривать воздух как один особый минерал. Удобнее идти другим путем: выделять каждую газообразную примесь воздуха как отдельное естественное тело. Согласно этому каждый элементарный газ, находящийся постоянно или временно в воздухе, будет в дальнейшем изложении рассматриваться как отдельный минерал.

320. Но на этом затруднения с газами не кончаются. Среди них мы имеем сейчас возможность различить отдельные сложные группы атомов, которые не всегда достаточно индивидуализированы. Так, например, для кислорода мы имеем O^2 , O^3 , O^6 , не говоря уже о кислородных частицах, несущих один или больше электрических зарядов. Считать ли эти тела за отдельные минералы, отдельные природные продукты, хотя бы мы их никогда не могли выделить в чистом виде? Несомненно, что мы иногда это вынуждены делать, например, по отношению к O^3 – к *озону*; но проводить этот принцип до конца мы не можем при современном состоянии наших знаний, с одной стороны – вследствие малой изученности этих образований, с другой – вследствие их быстрой изменчивости и недолговечности. Существование особого по своим свойствам *активного азота*, получающегося при искровом разряде, только что начинает выясняться и сейчас не может быть принято во

внимание, хотя, вероятно, такой деятельный азот играет известную роль в химии земной коры¹.

Очевидно, с еще большей несомненностью должны быть оставлены в стороне все те разнообразные индивиды в виде сложных ионов или крайне мелких электронов, которые находит в составе любого газа физик. Ибо эти тела, хотя и известные в природе, резко отличны от обычных материальных веществ и уже по одному этому не могут быть причисляемы к продуктам природных химических реакций – к минералам.

321. Для удобства изучения природных элементарных газов можно рассмотреть некоторые из них совместно, так как они обычно, или в главной своей части, находятся в природе вместе (как то: газы воздуха, радиоактивные эманации).

Принимая во внимание все выше сказанное, мы рассмотрим в дальнейшем изучении следующие группы природных газообразных элементов, оставив в стороне редкие или сомнительные тела, вроде корония и т.п. (§ 39).

1. Элементарные газы воздуха: кислород, азот, аргон, неон, криптон, ксенон.

2. Водород.

3. Гелий.

4. Озон.

5. Радиоактивные эманации: радон, торон, актинон.

6. Хлор.

7. Иод (?).

Элементарные газы воздуха

Кислород. Азот. Аргон. Неон. Криптон. Ксенон

322. Элементарные газы атмосферы. Наши сведения о составе земной атмосферы имеют долгую историю².

Существование в воздухе различных тел, в частности особого активного начала, по свойствам близкого к кислороду, подозревалось уже в далекие времена учеными Китая. Намеки на кислород мы находим еще у великих эллинов.

У отдельных исследователей точного знания в XVI и XVII веках мы видим более или менее ясные представления о сложном составе воздуха, о нахождении в нем активного начала – кислорода (Дюшен, Рей, Гук). Но только Майо в 1669 г. опубликовал свои работы, в которых он блестящими опытами и тонким анализом достиг глубокого понимания свойств и значения кислорода в экономии природы. Эти работы Майо не были поняты современниками и забыты потомками. Независимо от работ этих предшественников, в XVIII столетии отдельные ученые, например Ломоносов, подходили к

¹ *Strutt*, 1911, с. 219. О существовании активного азота см. еще *Koenig* и *Eloed*, 1913, с. 165. Возражения против его существования: *Tiede* и *Domcke*, 1913, с. 4095; *H. Bauera. R. Strutt*, 1914, с. 1049; *Comte*, 1913, с. 74; *Tiede*, 1913, с. 340. Другие работы подтверждают его нахождение.

² *H. Kopp*, 1845, с. 188; *Chevreul*, 1865, с. 497; *Смолетов*, 1879; *Kreusler*, 1885, с. 307; *Ramsay*, 1896; *Foster*, 1901, с. 131, 224 и сл.; *Benedict*, 1912, с. 4 и сл. (сводка анализов).

пониманию явлений горения, Гэльс имел в своих руках свободный кислород, но лишь к 1775–1777 гг. трудами Шееле, Пристли, Байена и Лавуазье было выяснено значение кислорода в жизни организмов и процессах природы, его нахождение и количество в атмосфере¹.

Нахождение в воздухе в большем количестве другого инертного газа, азота, уже признавалось в работах Гауксби в начале XVIII века; его выделил в свободном состоянии в 1770 г. Рёзерфорд и точно исследовал Кавендиш, который указал на постоянство его состава. Первым в России изучал состав воздуха Паррот (1800, 1802) в Риге. Точно так же уже в конце XVIII столетия (в оставшихся неопубликованными работах) Кавендиш нашел в азоте воздуха какой-то другой газ, как мы знаем теперь – аргон, вновь открытый только в 1895 г. Рамзаем².

Но в воздухе находятся и другие газообразные составные части.

Уже в XVIII столетии было доказано нахождение в нем CO₂. В XIX веке были найдены озон (§ 399), водород (§ 384), гелий (§ 394), хлор и т.д. Кроме того, в атмосфере мы наблюдаем и другие, большей частью временные и случайные, составные части, находящиеся почти всегда в ничтожных, едва уловимых количествах³.

Главную составную часть воздуха составляют все же самородные элементы, три из которых – азот, кислород и аргон – резко преобладают⁴.

323. Долгое время, до 1840-х годов, не было решено, является ли воздух газовой смесью, в которой преобладают элементарные газы, или химическим соединением, окислом азота, в котором растворены все другие газообразные тела.

Вопрос был окончательно решен в пользу смеси элементарных газов только в 1841 г. работами Дюма и Буссенго, изучившими воздух Парижа⁵. Их работа была сейчас же подтверждена определениями Стаса в Брюсселе⁶, Леви в Копенгагене⁷.

Но лишь в конце 1840-х – в начале 1850-х годов по инициативе Реньо было предпринято систематическое исследование воздуха земного шара. Числа, полученные Реньо и его помощниками Рейзе, Сорэ и Морицом, легли в основу всех наших сведений о составе воздуха и по своей точности не превышены новейшими исследователями⁸. Работы Реньо показали, с одной стороны, чрезвычайное постоянство главной части состава воздуха на различных высотах и в разных местах земного шара, указанное уже в 1781 г. Кавендишем, с другой, неопровержимо доказали, что господствующие в нем

¹ Вопрос об открытии кислорода имеет большую литературу и вызвал большие споры. Одно время относили открытие кислорода к работам Пристли в 1774 г., но это явно неверно. См. литературу и обзор вопроса в основательных работах Йёргенсена и Шпетера – *Jörgensen*, 1909; *Speter*, 1910.

² *Muir-Pattison*, 1909, с. 181.

³ Наиболее полное их перечисление см. *Renk*, 1886, с. 55. и сл.; *F. Russel*, 1896, с. 44; *Henriet*, 1897, с. 152 и сл.; *J. Koenig*, 1904, с. 1431 и сл. Список пахучих веществ растений см. *G. Cohn*, 1904, с. 29 и сл., 200.

⁴ Сводку – все-таки неполную – об анализах воздуха и относящуюся сюда литературу см. *Prandtl*, 1907, с. 50 и сл.

⁵ *Dumas et Boussingault*, 1841, с. 263 и сл.

⁶ *Stas*, 1842, с. 570.

⁷ *Lewy*, 1843 (2), с. 235.

⁸ *Regnault et Reiset*, 1848, с. 11; *Regnault*, 1848, с. 155; 1852, с. 385.

тела образуют смесь двух элементарных газов – азота и кислорода, а не их соединение. Работы Реньо были подтверждены независимо производившимися одновременно с ними исследованиями Леви¹ и Бунзена².

Одновременно, по инициативе Реньо, должно было быть произведено исследование воздуха России Купффером и Морицом, однако, к сожалению, эта работа не была закончена и полученные результаты никогда не были опубликованы³. Отдельные определения кислорода в воздухе в разных городах России, несомненно, не раз делались физиологами во время их работ над газовым обменом. Однако отдельных специальных анализов воздуха в пределах России почти не было. Известны анализы воздуха А. Купффера (1829, с. 423) для Казани, Гёбеля (1838) для степи около оз. Эльтона и других мест, Клауса (1839 (2)) – для Сергиевских минеральных вод, ряд анализов воздуха Москвы: Н. Ляковского (1847, с. 954 и 1849, с. 145), Сеченова и Шатупикова (1895, с. 563), Самойлова и Юдина (1901, с. 171), затем для Юрьева – Г. Хлопина (1899, с. 171 и 1900, с. 329) и для Харькова – Лидова (1902). Любопытно, что анализы Лидова дали значительные колебания (до 8%) для инертной части воздуха. Состав воздуха становится более постоянным только зимою, когда почва покрывается снегом и промерзает⁴.

Числа Реньо были позже подтверждены новыми работами Смита⁵, так что могли бы считаться окончательными. Однако в начале 1880-х годов работы Жоли в Мюнхене и некоторых других исследователей возбудило сомнение в числах Реньо и вызвали новую их проверку. Ошибка Жоли была указана Крейслером⁶, и в конце концов тщательные исследования Гемпеля⁷ окончательно подтвердили точность вывода Реньо.

В конце концов, на основании данных Реньо, следует, что количество кислорода *колеблется в незначительных пределах* – от 20,9 до 21% *по объему*. Из 203 определений в пяти местностях – своих, Крейслера и Морлея – Гемпель вывел для кислорода вероятное среднее равным 20,93%, а несколько позже, на основании всех данных, Ледюк⁸ дал 21,0% (по весу 23,2%). По Бенедикту⁹, среднее 212 анализов воздуха дает 20,952% по объему кислорода. Состав воздуха, по Ледюку, выражается (в %):

	По весу	По объему
N	75,5	78,06
O	23,2	21,0
Ar	1,3	0,93

¹ Lewy, 1852, с. 6 и сл.

² Bunsen, 1877, с. 78.

³ Regnault, 1852. Сбор воздуха в разных местах России был произведен в 1850-х годах, и образцы отсылались к Морицу в Тифлис, в метеорологическую обсерваторию. Но результаты анализов не были опубликованы. См. Рыкачев, 1899, с. 156–157. «Изв. Акад. Наук», 1912, с. 398.

⁴ Лидов, 1907, с. 151 и сл.

⁵ A. Smith, 1872, с. 7.

⁶ Kreusler, 1885, с. 305.

⁷ Hempel, 1885, с. 1800.

⁸ Leduc, 1896, с. 807. Старые данные см. Ebert, 1885, с. 455; Kreusler, 1885, с. 308.

⁹ Bededickt, 1912, с. 67. О постоянстве в количестве кислорода см. Guye, Kovacs et Wourtsel, 1912, с. 332; Tower, 1913, с. 249; Критику чисел см. Leduc, 1915, с. 711.

Работы Ледтока показали, что нормальные колебания в количестве кислорода в атмосфере достигают всего от 23,11 до 23,23% (по объему 21,0%), т.е., в общем, незначительны. Так как состав воздуха постоянен, то он отвечает формуле N_4O . Дури и Цунц¹ в высоких частях Альп наблюдали 20,86–20,96% кислорода, независимо от высоты. Они заключили, что количество кислорода постоянно до высоты 4600 м.

Количество азота в воздухе приблизительно 3800 биллионов тонн. Считая, что 1 кг магмы дает в среднем $15\text{ см}^3 N$ и 50 мг NH_4Cl , можно вычислить, что для этого она должна находиться до глубины 80–90 км в кристаллическом состоянии. Количество кислорода в атмосфере около, 1200 биллионов тонн².

324. Совершенно так же незначительны колебания в количестве *аргона*. Определения, сделанные Шлэзингом³, Келласом⁴ и особенно Муассаном⁵ над воздухом различных широт и географических областей дали колебания от 0,949 до 0,932% по объему аргона в воздухе, причем над континентами до высоты 5,8 км эти числа колеблются от 0,932 до 0,935%; колебания несколько больше над океаном. В одном случае (в образце, взятом яхтой «Принцесса Алиса» князя Монако над Атлантическим океаном) получено 0,942%.

325. Помимо этих газов, в атмосфере находятся ничтожные количества *криптона, неона и ксенона*. Их свойства и их роль в природе совсем мало изучены и они находятся в очень незначительном количестве. По-видимому, и для этих газов мы имеем постоянные отношения по сравнению с аргоном (ср. § 341). По Рамзаю (1909) и др.⁶, в 100 частях воздуха находится:

	По весу	По объему
Ne	0,001247	0,00181
Kr	0,0000141	0,0000049
Xe	0,00000266	0,00000059

Всем этим числам можно придавать не абсолютное значение, но только порядковое.

Определения Клода дают 15 объемов неона в 1 млн. объемов воздуха. Найдены в количествах, отвечающих небольшой части Хе, новые тяжелые газы, может быть Kr_2 и Xe_2 . По атомному весу они попадают в ряд редких элементов, если там есть место элементарным телам. Атомный вес 163 и 260. Первого больше⁷.

326. Причины небольших местных колебаний в количестве кислорода, азота и аргона воздуха известны лишь в самых общих чертах. Среди них надо отметить (ср. § 327) в нижних слоях атмосферы процессы окисления, связанные с жизнью организмов и гниением, вызывающие ясное и заметное *уменьшение* кислорода; например, такое уменьшение было впервые замечено Леви⁸ для воздуха над Северным морем; он пытался объяснить его (22,6%

¹ Duri u. Zuatz, 1904, с. 421; 1906, с. ИЗ, 213; Watson, 1911, с. 1460.

² Linck, 1912, с. 28.

³ T. Schloesing, 1895, с. 604; 1896, с. 696.

⁴ Kellas, 1895, с. 66.

⁵ Moissan, 1903, с. 600, 604, 605. Муассан сделал определение аргона в воздухе России: Петербурга, Москвы, Одессы, Оренбурга. Колебания достигали 0,9323–0,9351%.

⁶ Ramsay, 1903, с. 426; 1905 (2), с. 116. Поправка Ramsay, 1908 (2), с. 599. См. Claude, 1909, с. 1454; H. Watson, 1910, с. 810; Moureu, 1913, с. 65; Krogh, 1919.

⁷ J.J. Thomson, 1922, с. 292 и сл.

⁸ Lewy, 1843 (1), с. 438.

кислорода по весу вместо 23,2) влиянием морских организмов. Вывод Леви был подтвержден Ренью главным образом для жарких стран, где такое уменьшение иной раз могло быть связано с гниющими органическими веществами, иногда далеко от моря – например, воздух над Гангом заключал 20,39% по объему кислорода вместо 21%¹. Кое-где такое уменьшение связано с ветрами, например при сирокко в Палермо количество кислорода падает до 20 по объему².

С другой стороны, Морлей заметил некоторые соотношения с барометрическим давлением, ибо отношение О : N на поверхности Земли колеблется в пределах до 1%, вследствие того, что воздух, спускающийся вниз с областей высокого давления, относительно более беден кислородом³.

Леви⁴ указал на другое явление, тоже связанное с общими физическими причинами: днем над океанами больше кислорода, чем ночью, ибо при нагревании (днем) морской воды и ее большем, вследствие этого, испарении кислород выделяется из нее в воздух в большем количестве, чем азот, так как в водных растворах его относительно больше, чем в воздухе (§ 331).

327. Все эти колебания ничтожны. Не удастся даже до сих пор видеть влияние растительности, хотя теоретически можно ждать, что ночью, кислорода в воздухе должно быть несколько меньше, чем днем. Но исследование лесного воздуха не дало заметной разницы в кислороде⁵.

Даже огромная работа, производимая человеком, например расчистка лесов в тропических странах в связи с пожарами, дает ничтожные колебания в составе кислорода и азота воздуха⁶.

Причина этого заключается в быстром обмене атмосферы, в ее движении. Только в замкнутых пространствах – в пещерах, рудниках и т.п. мы наблюдаем значительные колебания в составе атмосферы. В скоплениях человеческих жилищ, в зданиях состав воздуха меняется, но эти колебания не имеют никакого значения в общей экономии природы⁷. Для рудников, все же общающихся с атмосферой, Смит получил по объему в среднем 20,99%; в худших случаях здесь наблюдалось 18,2%⁸.

328. Движения атмосферы объясняют и отсутствие тех отклонений от состава атмосферы высоких слоев, какие мы должны были бы наблюдать, исходя из кинетической теории газов. Ибо те незначительные уменьшения в количестве кислорода, какие измерены, не имеют ничего общего с тем, что должно было бы наблюдаться. Так, например, Кальете и Ледюк⁹ получили для воздуха, взятого с высоты 15 км (в объемн. %):

О	20,79
N	78,27
Ar	0,94

¹ *Regnault*, 1852, с. 401–402.

² *Macagno*, 1880, с. 97.

³ *Morley*, 1881, с. 417.

⁴ *Lewy*, 1852, с. 28.

⁵ *Ebermayer*, 1885. О воздухе лесов см. *Ebermayer*, 1886, с. 265.

⁶ *Lewy*, 1852, с. 29 – для Новой Гренады.

⁷ Об этих колебаниях см. *Renk*, 1886.

⁸ *A. Smith*, 1872, с. 79, 106. О копях бурого угля см. *Bunsen*, 1904 (1), с. 191.

⁹ *Caillaetet et Leduc*, 1896, с. 696.

Неон найден непосредственно в воздухе с высоты 14 км¹.

А между тем в высоких слоях не только может меняться состав атмосферы, но и ее характер (§ 317). Помимо изменений в ее химическом составе, мыслимы изменения физического состояния газов; так, например, допустимо, что кислород и азот образуют в разреженных холодных участках атмосферы жидкие или твердые облака².

Отсутствие влияния высоты на химический состав атмосферы, может быть, объясняется тем, что образцы взяты с относительно небольших высот, из области тропосферы. Для более высоких, слоев – стратосферы и выше – единственные опытные указания на изменение состава верхних слоев атмосферы имеются в очень резком своеобразном спектре северных сияний, если не считать косвенных указаний, акустических и оптических, доказывающих резкий перерыв в свойствах атмосферы на высоте 70 и 200 км³. Спектр северных сияний указывает на нахождение в них или благородных газов неона⁴ и криптона⁵, или новых газов⁶. Один из спектров криптона одно время считался характерным для спектра северных сияний.

Нахождение на высотах криптона противоречит нашим воззрениям о распределении газов в зависимости от их атомного веса. Если только признать спектр полярных сияний за спектр криптона, приходится допустить существование каких-то агентов, заставляющих тяжелые частицы криптона собираться в областях полярных сияний в относительно большем количестве, чем в нижних слоях атмосферы⁷. Как было указано, Вегенер считает спектр северных сияний не отвечающим криптону, но это толкование очень сомнительное.

Нахождение неона в большем количестве в верхних слоях атмосферы не может быть безразличным в истории земной коры, так как этот газ отличается исключительной электропроводимостью.

Но здесь мы находимся сейчас только на границе нашего знания. Завеса едва перед нами открывается.

329. Точно нам не известна масса атмосферы, так как совершенно не известны ее пределы (§ 315). Однако, оставляя в стороне ничтожные по весу разреженные ее части, можно получить данные о весе заключенных в атмосфере свободных кислорода, азота, аргона. Вся атмосфера составляет ничтож-

¹ *Teisserenc de Bort*, 1908, с. 219.

² *Poincaré*, 1906, с. 120 и сл. Существование на некоторой высоте жидких кислорода и азота допускалось уже оригинальным исследователем Риттером (*Ritter*, 1879, с. 9).

³ Ср. § 317. Сводка у *Wegener*, 1911, с. 171, 216.

⁴ *Dewar*, 1903, с. 42.

⁵ *Runge*, 1903, с. 382; *Baly*, 1904, с. 187; *Ramsay*, 1908 (1), с. 217 и сл. О спектре криптона в северном сиянии см. *Page*, 1912, с. 138; *Сикора* и *Паульсен*, 1902. Наблюдения Сликера (*Slipher*, 1919, с. 266) показали, что это не криптон (K γ -557, зеленая линия сияний 557,8). Наблюдения Рэля подтвердили это (*Rayleigh*, 1922, с. 376); он наблюдал эту линию на небе в обычное время. Связь ее с северным сиянием не может считаться доказанной.

⁶ *Вегенер* (*Wegener*, 1911, с. 220) считает неправильным идентификацию спектра северных сияний со спектром криптона и относит главные линии к коронию (называемому им геокорони-ем). Однако, в пределах ошибок, он совпадает со спектром северных сияний.

⁷ *J.H. Jeans*, 1910, с. 352.

ную часть массы Земли¹, едва ли более $\frac{1}{10^6}$. Исходя из этой массы, Аррениус дает следующие числа²:

	Для всей атмосферы	На 1 м ² земной поверхности
Азота	391,2 · 10 ¹³ т	7671,3 кг
Кислорода	119,4 · 10 ¹³ »	2344 »
Аргона	6,7 · 10 ¹³ »	131,9 »

Цифры эти, вероятно, несколько велики для кислорода и аргона, так как за основание вычислений приняты их относительные количества, соответствующие нижним слоям атмосферы, тогда как кверху процентное их содержание уменьшается. Для азота, на том же основании, принятая цифра ниже действительной.

Если бы даже в конце концов оказалось, что состав верхних частей атмосферы совершенно отличен от нижних слоев ее, все же числа эти мало изменятся, так как количество вещества, сосредоточенного в высоких областях атмосферы, ничтожно.

330. В воздухе заключаются газы не только в свободном состоянии; они входят в жидкие и твердые растворы, находящиеся в атмосфере, т.е. растворяются в плавающих в атмосфере телах, главным образом в воде.

Всякие метеорные воды, например *дождь*, всегда содержат в растворе газы, причем каждый дождь извлекает значительные количества кислорода из воздуха, переводя его в раствор. Первые точные исследования дождевой воды с этой целью были сделаны в 1853 г. Баумертом³, который нашел, что она содержит 33,76% О и 64,47% N. Эти числа, однако, сильно колеблются и зависят от температуры, атмосферного давления, может быть состояния атмосферного электричества и т.д. К сожалению, дождевая вода исследована с этой точки зрения очень мало. Анализ газов дождя нашей страны делался для Харькова А. Лидовым (1907, с. 154). После грозы количество кислорода в воздухе сильно падает, может быть вследствие образования закиси азота. Для Средней Европы наблюдения Рейхардта⁴ указывают, например, что в январе при 4°C получается 32,4 см³ газов, причем они заключали до 31,77% О, а в июне при 15°C было всего 19,74 см³ газов в литре, заключавших 26,74% О. В общем, количество захватываемых дождем газов далеко не вполне отвечает теоретической формуле, выведенной на основании термодинамических параметров.

Приведем еще некоторые числа. Так Жерарден⁵ получил в литре дождевой воды всего 6,5–7,5 см³ кислорода, Кёниг⁶ — до 9 см³. Исследования метеорных осадков во время гроз и после гроз не дали заметных отличий в содержании кислорода по сравнению с обычным дождем (наблюдения Меринга в Бреславле)⁷.

¹ Emden, 1907, с. 353.

² Arrhenius, 1903, с. 475. Цифры уменьшены, по его указанию, на 1,8%.

³ Baumert, 1853, с. 17.

⁴ Reichardt, 1875, с. 210 и сл.

⁵ Gérardin, 1872, с. 1713; 1875, с. 989.

⁶ J. Koenig, 1904, с. 1378. Ср. еще Frankland, 1877, с. 851.

⁷ Mehring, 1907, с. 470, 476.

Аналогичным образом дождевая вода всегда содержит в растворе и аргон¹.

По Кёнигу² и Мерингу⁴, снег дает числа газов, аналогичные дождю,, но тоже не вполне совпадающие с теоретическими.

Несомненно, таким образом, что каждый метеорный осадок является энергическим деятелем химического характера, ибо он изменяет состав атмосферы. В то же время всякая природная вода более энергична как: окислитель, чем воздух, ибо сравнительно она богаче кислородом. Резкое химическое изменение, совершаемое дождем, видно из опытов Жерардена. Он нашел, что дождь, собранный на высокой террасе, более богат кислородом, чем дождь, упавший вниз и обогатившийся органическими остатками. При стоянии в замкнутых сосудах процент свободного кислорода в дождевой воде уменьшается; очевидно, кислород потребляется на химическую работу, на окисление пыли или на биохимические процессы.

331. Элементарные газы в гидросфере. Океан и моря, соприкасаясь с атмосферой, постоянно поглощают и выделяют газы воздуха. Количество газов, собранных океанами, огромно; оно сравнимо с количеством газов атмосферы, хотя, впрочем, кислорода, вероятно, больше в атмосфере³.

Бойль в 1670 г. доказывал необходимость воздуха для всех животных, в том числе и для морских⁴. По нахождению воздуха в растворе в воде доказал через несколько лет Бернулли.

Хотя нахождение газов в морской воде было известно давно, но обратило на себя внимание ученых лишь в конце XVIII столетия. В 1778 г. Пристли указал, что кислород в воде растворяется значительно сильнее, чем азот, и что газы, извлеченные из воды, богаче кислородом. В 1799 г. Дэви доказал, что рыбы пользуются этим растворенным кислородом, а не разлагают H_2O^5 . В начале XIX столетия Гей-Люссак и Гумбольдт выяснили, что газы воздуха различно растворяются в пресной и соленой воде. Наконец только в 1837 г. Фреми сделал первую попытку количественно, определить состав воздуха, растворенного в океане.

Однако еще позже, лишь в 1840-х годах, получены были первые точные цифры и точнее понят общий характер идущего при этом в природе химического процесса. Эти данные были получены талантливым французским ученым Эмэ, работы которого были совершенно забыты. О них вспомнили только после того, как те же выводы были получены другими, более полно и точно⁶. Эмэ первый указал, что количество элементарных газов (кисло-

¹ Rayleigh a. Ramsay, 1895 (2), с. 225 и сл.

² J. Koenig, 1904, с. 1378. Ср. Reichardt, 1875, с. 208.

³ Stevenson, 1900, с. 403.

⁴ Boyle, 1670, с. 2011, 2035.

⁵ Davy, 1799, с. 138; Jolyet et Regnard, 1877, с. 44.

⁶ Судьба работ талантливого французского исследователя Эмэ (Aimé, 1813– 1846 гг.), погибшего во время научной работы, молодым, была вообще печальна. Значение его работ в физической химии было впервые указано Дюхемом (Duhem, 1899, с. 6). На забытые работы его по океанографии случайно натолкнулся Туле (Thoulet, 1890, предисловие), называющий его даже основателем французской океанографии. Однако роль Эмэ в понимании явлений газового обмена океана исторически недостаточно оценена самим Туле (Thoulet, 1904, с. 75 и сл.). В то же время изящно и прекрасно написанные работы Эмэ по океанографии излагались, непонятным образом, совершенно неправильно. Ему приписывались как раз выводы, которые Эмэ разрушал (Jacobsen, 1873, с. 5).

рода и азота) в морской воде отвечает закону Генри и может быть вычислено, исходя только из температуры воды¹. При этом он выяснил, что глубина, с которой взят образец, не имеет значения, так как вода содержит столько $O + N$, сколько она может поглотить при данной температуре на поверхности². Другими словами, океаны постепенно поглощают O и N с поверхности, и глубокие слои океанов содержат столько этих газов, сколько их растворяется под обыкновенным давлением. Газы океана как будто находятся в постоянном сообщении с земной атмосферой. Давление газа на дне океана отвечает давлению атмосферного столба и не отражает на себе давления жидкости.

Этот вывод вновь независимо найден Якобсеном³ и подтвержден всеми последующими исследователями.

Морские экспедиции 1870-х годов положили начало нашему современному знанию химического состава газов морской воды – в работах Якобсена, Дитмара⁴, Торн⁵.

Этими исследованиями собран достаточный эмпирический материал, который показывает, что можно спокойно пользоваться экспериментальными данными о растворимости газов воздуха в морской воде для первоначальной общей картины природного явления. С этой целью были поставлены точные опыты над растворимостью в морской воде азота – Гамбергом, кислорода – Якобсеном, обоих этих газов и аргона – Фоксом⁶. В конце концов измерения Фокса дали числа, которые должны лечь в основу наших суждений о газовом обмене морской воды.

Из благородных газов данные были получены только для аргона, который был найден в морской воде, в соответствии с опытом, в относительно большем количестве, чем в воздухе⁷. Как известно, и аргон растворяется – подобно кислороду – в воде значительно (в $2\frac{1}{2}$ раза) больше, чем азот⁸.

332. Опыт показывает, что количество газов, растворимых в морской воде, резко меняется в зависимости от ее температуры и солёности. При изменении этих факторов на поверхности океана в ту или иную сторону будет происходить или выделение или поглощение газов. Океан является постоянным агентом, производящим этим путем огромную работу химического характера.

Измерив температуру и солёность моря, мы уже знаем вероятное количество отвечающих им газов. Так, например, при солёности 35‰ и температуре 15°C вода должна заключать в 1 л 5,84 см³ O и 11,12 см³ N , при 35‰ и 0° в ней должно быть 8,03 см³ O и 14,40 см³ N и т.д.⁹ Можно указать вообще, что количество растворенных газов увеличивается с понижением солёности и понижением температуры, так что максимальные числа их растворимости

¹ Это связано с тем, что молекулярный вес этих газов один и тот же в воде и в газообразном состоянии; следовательно, газы эти, растворяясь в воде, не вступают в химическое соединение. Ср. *Van't Hoff*, 1899, с. 23.

² *Aimé*, 1843, с. 502; 1845, с. 106.

³ *Jacobsen*, 1873, с. 1 и сл.

⁴ *Dittmar*, 1884.

⁵ *Tornö*, 1880.

⁶ *Fox*, 1907, 1909.

⁷ *Troost et Ouvrard*, 1895, с. 798.

⁸ Ср. еще *Rayleigh a. Ramsay*, 1895 (1), с. 51.

⁹ См. таблицу (на основании данных Фокса) у *Krümmel*, 1907, с. 296. Ср. еще *G. Whipple a. M. Whipple*, 1911, с. 362.

мы имеем для пресной воды при низкой температуре (при -2°C и солености 0 растворяется $10,88\text{ см}^3\text{ O}$ и $19,45\text{ см}^3\text{ N}$).

В то же самое время меняются и отношения кислорода к азоту. Так, в воздухе при 0° объемный процент кислорода равен 21, в пресной воде при той же температуре 34,6, в соленой 15‰ – 35,7, в соленой 30‰ уже 35,8.

Однако эти данные дают только основу для наших выводов. Помимо температуры и солености, есть целый ряд факторов, которые меняют ход явления в сложной лаборатории природы и заставляют вводить ряд изменений в числа нашего опыта.

Так, необходимо принять во внимание характер диффузии газов или растворов газов в глубину. Морская вода берет кислород и азот только на поверхности океана, но в конце концов она содержит газы в растворе во всем своем объеме. Газы так или иначе проникли до дна. Отчасти мы имеем здесь дело с постоянно идущим – хотя иногда и медленно – смешиванием морской воды, переходом ее слоев, бывших на поверхности, вниз, с так называемой конвекцией; но отчасти газ с поверхности постепенно проникает вглубь диффузией. Прямая диффузия газа в водном газовом растворе большого объема есть явление очень сложное¹. Она происходит очень медленно, и потребны многие тысячелетия, пока какая-нибудь частица газа путем одной диффузии с морской поверхности попадет на дно. Если бы обмен газов в водных бассейнах Земли, при их потреблении организмами и расходовании на химические реакции, обуславливался бы только диффузией, то давно все запасы кислорода в небольших глубинах были бы потреблены, а жизнь и химические реакции земной поверхности в наблюдаемом масштабе не могли бы идти². Надо думать, что проникновение газами всей толщи воды океана достигнуто не только диффузией газов. Среди причин перемешивания газов надо принять во внимание завлечение газов благодаря падению мути вниз, на дно, или образованию в жидкости подвижных центров конденсации³. В этом процессе играли огромную роль конвекционные токи. Наконец, и морские течения перемешивают и смешивают воду океанов.

Чрезвычайно резко сказывается изменение в составе газов в зависимости от морских течений, насколько это выяснили новые данные, давшие объяснение аномалиям, замеченным химиками экспедиции Челленджера. В зависимости от характера вертикальных движений морской воды, в центре наблюдаются пространства, заполненные морской водой, которая наименее часто соприкасается с поверхностью океана, т.е. с атмосферой. В Атлантическом океане, по обе стороны от экватора (20° с.ш. – 20° ю.ш.), на глубинах 200–600 м находится вода, бедная кислородом ($1\text{--}2\text{ см}^3$ на 1 л), тогда как на поверхности ($4\text{--}5\text{ см}^3$ на 1 л) и на дне ($3\text{--}4\text{ см}^3$) она значительно богаче кислородом⁴. Очевидно, это уменьшение кислорода в этих промежуточных слоях

¹ См. о сложности этих явлений у *Hüfner*, 1897, с. 115 и сл. *Krümmel*, 1907, с. 299; *Rudzki*, 1911, с. 274. Новые числа – *Carlson*, 1911, с. 1031.

² Медленность диффузии была уже замечена в 1809 г. Провансалем и Гумбольдтом (см. *Dunkan u. Hoppe-Seyler*, 1892, с. 148). На ее значение для понимания явлений жизни в водных бассейнах обратил внимание Гоппе-Зейлер. *Regnard*. 1892.

³ См. любопытные опыты Аднея (*Adeney*, 1905, с. 168).

⁴ *Brennerke*, 1909.

связано не только с окислением взмученных веществ, но и с жизнью промежуточных морских организмов.

Эти причины влияют на наблюдаемые отклонения состава газов морской воды от чисел, вычисленных согласно правилу Эмэ – Якобсена. Для небольших глубин отклонения относительно незначительны. По-видимому, однако, в среднем количество кислорода там все же менее, чем можно было ждать, исходя из таблиц.

Но для больших океанических глубин отклонения выступают более резко. Судя по исследованиям Диттмара и Буканана на основании материала, собранного экспедицией Челленджера, казалось бы даже, что количество кислорода в океанах совсем не следует теоретической формуле. Так, например, для экваториальных частей Атлантического океана получены следующие числа (в %):

На поверхности	33,7
На глубине 400 м	23,4
» 550 »	11,4
» 800 »	15,5
» 1600 »	22,6
Глубже 1600 м	23,4

Но числа английских химиков возбуждают сомнения с методологической точки зрения; необходимо подождать новых, более точных исследований для того, чтобы считать эти данные нормальными. К сожалению, пока других данных в том же масштабе для газов океанских глубин не имеется.

333. Имеющиеся другие исследования не дают уменьшения количества кислорода с глубиной во всех случаях, например для Северного моря или для Средиземного; оно наблюдается лишь местами, тогда как другие местности моря, даже до 3 км глубины, дают почти теоретические количества кислорода. Отклонения наиболее резки, когда берутся образцы воды с морского дна; они наблюдаются только в участках, богатых органической жизнью, мало проветриваемых¹.

Объяснением этого явления может служить расход кислорода для жизни организмов, для химических реакций, с нею связанных и для выветривания минералов.

Обычно органической жизни придают исключительное значение для объяснения уменьшения кислорода в таких замкнутых или уединенных участках моря. Однако это утверждение верно только по отношению к небольшим замкнутым участкам; оно не может иметь места по отношению к глубоким слоям больших бассейнов. Очень вероятно, что и здесь, по аналогии с атмосферой, при достаточно быстром обмене органическая жизнь также мало влияет на состав газов морской воды, как она мало влияет на состав газов свободной атмосферы (§ 327).

По опытам Пюттера, в Неаполитанском заливе водоросли в среднем (февраль и август) выделяли на 1 л воды на свету около 0,99 мг О (колебания 0,10–3,05; выбрасывая два крайних: 0,19–2,44). Любопытно, что кислород выделяется организмами и в темноте².

¹ Natterer, 1893, с. 70; 1894, с. 32–33.

² Pütter, 1909, с. 129–130. Ср. для Балтийского моря – Witting, 1912 (1), с. 45 и сл.; для Северного моря – Gehrke, 1916, с. 177.

Гораздо сильнее должны сказываться здесь влияния чисто химического характера. На земной поверхности идут реакции связывания кислорода в более значительном масштабе, чем это имеет место в организованных существах. Колоссальная работа процессов выветривания требует огромных количеств кислорода. Ее необходимо принимать во внимание, учитывая уход кислорода из морских глубин, не возобновляемый достаточно быстро диффузией или конвекцией верхних, богатых кислородом частей морской воды. Этот процесс не должен непременно происходить на дне океана; он может и должен идти со всей той взмученной массой вещества, которая держится этими водами, с проникающей в них пылью. Мы имеем здесь аналогию с уменьшением кислорода в источниках (§ 340), где роль явлений выветривания выступает очень резко в уменьшении кислорода.

Влияние органической жизни гораздо резче видно на местных колебаниях в количестве кислорода, иногда имеющих периодический характер. На них же сказываются и периодические изменения метеорологических факторов, главным образом температуры и барометрического давления.

Такие колебания в процентном составе кислорода были замечены сперва для Балтийского моря.

Уже один из первых точных исследователей газового обмена океанов, Якобсен, заметил резкие колебания в ту и другую сторону в количестве растворенных газов в слоях морской воды, близких к поверхности. Иногда количество кислорода *больше*, чем надо ждать по теории. Поверхность моря является *производителем* кислорода¹. Для Балтийского моря² такое пересыщение особенно резко весной; зимой и летом мы наблюдаем нормальную насыщенность, осенью кислорода в воде меньше. Эти колебания отчасти объясняются тем, что равновесие в насыщении не следует достаточно быстро за изменением температуры поверхности воды, но отчасти оно зависит от периодических колебаний в количестве богатого хлорофиллом растительного планктона. Пересыщение кислородом весной простирается местами до 50 м глубины, т.е. до глубины, которой достигает здесь свободный обмен с атмосферой. Глубже от поверхности наблюдается небольшое, но заметное уменьшение в количестве кислорода, что тоже можно отчасти объяснить жизнедеятельностью организмов, потреблением ими этого газа. Явление это, однако, очень сложное и зависит и от разных других причин, например от солености, морских течений и т.д.

Значительно труднее понять колебания в количестве азота. И для него иногда наблюдались в близких к поверхности частях моря резкие отклонения от нормы. Кнудсен наблюдал³ в Северном Атлантическом океане его количества, превышающие теоретические (21,03, 22,6 см³ в 1 л воды). Такое увеличение азота связано, может быть, иногда с местным источником азота, например с выделением газов, образующихся при гниении, или с местным выходом газовых струн, или оно зависит от причисления при анализе к азоту

¹ Об этом см. также для Средиземного моря *Natterer*, 1893, с. 70 и сл.

² См. интересные карты *Witting*, 1910, с. 42–44; *Gehrke*, 1910, с. 28; 1916, с. 177; *Pettersson*, 1894; *Лебединцев*, 1908 (2), с. 86; Определения кислорода в финских станциях с 1911 г. печатаются в ежегодниках – *Witting*, 1912 (2).

³ *Knudsen*, 1899, с. 147; 1903, с. 4 и сл.

другого инертного газа, т.е. зависит от несовершенства методов работы. Едва ли правильно объяснять его всегда нагреванием поверхностного слоя воды, дающего благодаря этому пересыщенный раствор азота.

Иногда такое явление действительно наблюдается. Наблюдаются в океанах слои воды, насыщенные азотом при более низкой температуре (или другой солености?), чем та, которая наблюдается в момент исследования. Только так можно объяснить богатство азотом придонных слоев воды Европейского Ледовитого океана, например вдоль берегов Мурмана. Здесь на дне находятся слои воды, которые, вероятно, насытились азотом на поверхности при более низкой температуре¹.

К. Дерюгин (1915, с. 83 и сл., 690 и сл.) приводит данные о газах – кислороде и азоте – в воде Кольского залива и Екатерининской гавани. В Кольском заливе не наблюдается заметного изменения в количестве кислорода, например, у о-ва Седловатого 29.VI.1909 г. на поверхности – 7,24 см³, на глубине 300 м – 7,11 см³ кислорода. В Екатерининской гавани резкое уменьшение: 27.XII.1905 г. – 6,97 см³ на поверхности и 1,89 см³ на глубине 42 м. Однако это уменьшение наблюдается, по-видимому, главным образом зимою.

334. Помимо таких небольших временных колебаний, наблюдаются, однако, несомненные и ясные отклонения от правила Эмэ–Якобсена в замкнутых морях или таких участках океанов, где не происходит быстрого обмена газов. В таких случаях под влиянием жизни организмов и других химических процессов идет энергичное уменьшение кислорода; в то же время здесь появляются другие газы, главным образом сероводород, иногда углеводороды. Такие отклонения были встречены уже Якобсеном². Они наблюдались и другими исследователями³. Но наиболее ясно были они доказаны и наилучше изучены А. Лебединцевым. Известно (ср. § 261) резкое изменение в характере газов в глубоких слоях Черного моря, где на первое место выступает сероводород. То же самое наблюдается и в уединенных участках океана. В Куяльницком лимане (1849 г.) на 100 объемов Н₂О – 1,9 объема газов; из них 0,62 Н₂С и 1,36 (N + O), причем газ был «беден кислородом»⁴. Наблюдения Лебединцева⁵ дали, например, для Мофьорда в Норвегии следующие числа:

На поверхности	7,9 см ³ кислорода в 1 л
На глубине 40 м	2,43 » » » 1 »
» 200 м	0,20 » » » 1 »

Одновременно с этим здесь развивается сероводород, препятствующий органической жизни.

В датских водах поверхностная вода всегда почти насыщена кислородом. В промежуточном слое в феврале и ноябре никогда не наблюдалось пере-

¹ См. Книпович, 1906, с. 1202 и сл. Анализы Н. Книповича, Н. Брейтфуса, А. Пальмквист. Ср. Брейтфус, 1903, с. 209.

² Jacobsen, 1873, с. 17–18; «Mitteil. d. Kom. Meeresforsch.» Hydrogr., 1, № 8 и 12.

³ См. данные у Krümmel, 1907, с. 300.

⁴ Гассгаген, 1852, с. 10.

⁵ Лебединцев, 1904, с. 129; 1908 (2), с. 61.

сыщенности кислородом, в мае и августе – часто. Пересыщенность 10% O₂; мощность слоя до 20 м. Бывала пересыщенность в 20%, что зависит от скопления планктона.

В других замкнутых, но больших бассейнах уменьшение кислорода и связанное с этим падение органической жизни не сопровождается выделением сероводорода. Это наблюдается, например, в Каспийском море¹, где резкое падение в количестве кислорода заметно уже на глубине 400 м. Еще ярче оно выступает в замкнутых своеобразных участках этого моря, например в Карабугазском заливе. В среднем здесь на 1 л приходится всего 1,33 см³ кислорода, а местами всего 0,54 см³. Эти отклонения не могут быть целиком отнесены на счет изменения солености и температуры морской воды, они вызываются химическими или биохимическими явлениями².

Аналогичные колебания происходят в узкой береговой полосе океанов, и они давно уже отмечены Морреном и Леви. По Лежандру³, для кислорода около берегов Конкарно существуют суточные колебания с максимумом (2–4 ч. дня) и минимумом (раннее утро). Эти колебания бывают сильнее в солнечные дни, на них не отражаются ни приливы и отливы, ни движения моря. По-видимому, эти максимумы и минимумы связаны с жизнедеятельностью хлорофиллоносных организмов. При максимуме наблюдается *избыток* растворенного кислорода против теоретического, выведенного на основании температуры воды и атмосферного давления. Количество растворенного кислорода достигает 12–14 мг на 1 л воды.

335. Элементарные газы в литосфере. Газы в литосфере находятся в разном состоянии: 1) они образуют газообразные скопления, т.е. находятся в газообразном состоянии, частью медленно выделяясь и рассеиваясь в атмосфере (газовые испарения), частью образуя газовые скопления и сгущения; особый тип сгущений представляют газы рыхлых продуктов литосферы (например, почвенный воздух); 2) они наблюдаются в твердых растворах и 3) находятся в жидких растворах, в разнообразных жидких продуктах Земли, главным образом в воде, нефти и магме.

Из всех этих форм нахождения газов, вероятно, наибольшее их количество сосредоточено в виде газовых сгущений и скоплений⁴.

Остановимся сперва на жидких водяных растворах газов в твердой литосфере, которые теснейшим образом связаны с газовыми телами гидросферы. Мы имеем здесь следующие случаи: 1) газы, растворенные в соленых и пресных озерах и прудах, 2) растворенные в реках; 3) в метеорных осадках и 4) в горячих и холодных источниках.

Для первых трех случаев сохраняются целиком общие условия поглощения газов из атмосферы, указанные раньше; для них главным источником газа является атмосфера. Деятельность организмов, в том числе и человека, может быть рассматриваема лишь как явление, возмущающее и несколько

¹ Книпович, 1905, с. 447; 1904, с. 126; Лебединцев, 1904, с. 124. Ср. еще Лебединцев, 1901, с. 284.

² Лебединцев, 1902, с. 105.

³ Legendre, 1909, с. 669.

⁴ Ср. Вернадский, 1912 (1), с. 145. Пропущен газ подземных и подпочвенных грунтовых вод, о которых упоминал еще Бишоф (Bischof, 1854). См. Lepsius, 1885. Ср. работу Гессельмана (1915, с. 707).

меняющее нормальный ход процесса. Лишь в очень исключительных случаях к ним притекают газы из глубоких слоев литосферы.

Гораздо сложнее газовый режим источников; здесь большая часть газов, несомненно, попадает из глубоких слоев земной коры или имеет чуждое атмосфере происхождение. Газы источников теснейшим образом связаны с газовыми струями.

336. Стоячие скопления воды – озера и пруды – охватывают небольшое количество воды земной поверхности. По Мёррею, общая масса воды озёр всего земного шара отвечает 3200 км^3 ; она меньше дебита рек в несколько раз, по крайней мере в 3 раза.

Очевидно, для соленых озёр имеют место все те данные, которые нами указаны для морей. Некоторые из больших озёр, например Каспийское море, можно даже причислить к морям по характеру идущих в них химических процессов. Можно ждать несколько особых явлений в озерах исключительного состава (например, содовых или борных) или в небольших, легко замерзающих водоемах холодного и умеренного климата. К сожалению, у нас имеется чрезвычайно мало данных для суждения об их газовом обмене.

В пресных озерах, в верхнем их слое, должны заключаться количества азота и кислорода, отвечающие насыщению воды этими газами; например, для химически чистой воды на уровне моря имеем следующие числа¹:

	O	N	Ar
См^3 в 1 л при 0°	10,26	18,32	0,54
» » 1 » » 30°	5,47	10,46	0,31
То же в % » 0°	34,6	61,8	1,8
» » » » 30°	33,3	63,6	1,9

Но колебания должны быть больше, чем даны в этой таблице, так как температура озёр и прудов колеблется в больших пределах, чем $0-30^\circ$. С другой стороны, влияет и давление; так, горные озера поглощают меньше газов, чем озера, лежащие в низинах, и т.д. Однако колебания в составе растворенных газов, зависящие от изменения давления, менее значительны, чем колебания от температуры.

В общем выводе по отношению к озерам и прудам мы можем применять эти вычисленные данные только для поверхности, где вода насыщена газами благодаря соприкосновению с атмосферой. Для некоторых из них, имеющих сток, определения газов не дали очень заметных отклонений от теории и для глубоких частей. Так, например, по Вальтеру, вода Женевского озера содержит кислород и азот, в общем, в одинаковом отношении как на поверхности,

¹ См. *Krümmel*, 1907, с. 293. Крюммель вычислил эту таблицу по таблицам Ландольта и Бернштейна. Ср. таблицу Винклера (*L. Winkler*, 1889, с. 1764). О кислороде: в оз. Червяном, Сунгуле и др. на восточном склоне Урала – *Присадский*, 1914, с. 267; в оз. Глубоком, Новгородской губ. – *Воронков*, 1913 (2); в Косинском озере Московской губ. – *Гальцов*, 1913; в Барабинских озерах – *Скорилов*, 1913; в Демско-Ильчиканских озерах Уфимской губ. – *Шаповал*, 1915, с. 74; в ильменях Волги – *Скорилов*, 1915, с. 11; в озерах Рижского побережья – *F. Ludwig*, 1908, с. 194; в озерах Лифляндской губ. – *Мюлен*, 1906, прилож., с. 6; в Сарпинских озерах Калмыцкой степи Астраханской губ. – *Суворов*, 1909, с. 443 и сл.; в водах Закаспийского края – *Меринг*, 1907; в оз. Ширы Енисейской губ., Минусинского у. – *Касторский*, 1904, с. 51; в озерах Псковском, Теплом и Чудском см. таблицы – *Лебединцев*, 1913. О трех типах кислорода в озерах – *Birge a. Juday*, 1911.

так и на глубинах, до глубины дна, т.е. 300 м. В общем, в Женевском озере колебания достигают 6,78–7,62 см³ О и 14,61–15,94 см³ N, причем никаких правильностей, по сравнению с глубиной, заметить не удастся. На поверхности наблюдаются иногда большие различия в количестве О и N, но неясно, не зависит ли это от недостатков анализов¹. Наблюдение Гоппе-Зейлера для аналогичного по своим условиям Боденского озера дали, однако, заметное уменьшение в количестве кислорода с глубиной².

Иное наблюдается во вполне замкнутых бассейнах. Здесь идут различные химические реакции, меняющие состав растворенных газов. Мы действительно знаем выделение углеводов, сероводорода, водорода (§ 380) из таких бассейнов. С другой стороны, здесь нередко сильно замедляется вертикальная циркуляция воды, переводящая в них верхние, насыщенные кислородом слои, благодаря чему резко меняется общий режим газов таких водовместилищ.

К сожалению, несмотря на большое развитие в последнее время лимнологии, состав газов в озерах долго не обращал на себя внимания исследователей и иногда сознательно даже до сих пор оставляется в стороне³. А между тем, именно здесь особенно важны точные наблюдения, так как режим газов в небольших замкнутых, нередко мелких бассейнах, не может зависеть от атмосферы в той мере, в какой он зависит от нее в открытом океане. Помимо атмосферы, озера получают значительное количество газов другим путем; так, несомненно обогащение их кислородом благодаря растительности⁴; СО₂ получается химическим путем из газовых испарений, идущих при процессах выветривания (окисление и разложение карбонатов и т.д.)⁵. Мы имеем озера, обогащенные сероводородом в нижних своих слоях. С другой стороны, кислород поглощается организмами и идет на химические реакции гязи⁶ и т.д. Процессы выветривания на дне и в окружающей местности играют важную роль в истории газов таких бассейнов.

В озерах Камчатки количество кислорода, вследствие развития органической жизни (сильного цветения планктона), местами значительно превышает теоретическую норму, например для оз. Нерпичье⁷.

Режим газов в озерах меняется еще в зависимости от их замерзания. Исследования А. Лебединцева для новгородских озер показали, что уменьшение кислорода начинается в ноябре и достигает зимнего минимума в марте, причем этот минимум особенно резок для мелких озер, с глубиной не больше 15 м (0,25–1,89 см³ кислорода на 1 л) и незначителен для глубоких

¹ Forel, 1895, с. 617 и сл.; Le Royer et Delebecque, 1895 (1) и (2).

² Hoppe-Seyler, 1895, с. 38. Для озер штата Висконсин см. интересную большую работу Birge a. Juday, 1911, с. 25 и сл., 96 и сл.

³ Эти наблюдения не делаются иногда, так как считаются неважными для характеристики озер. См. напр. Bourcart, 1906, с. 35.

⁴ Zuntz, 1900, с. 311 и сл.; Bourcart, 1906, с. 115 и сл.

⁵ Delebecque, 1898, с. 217 и сл.

⁶ Опыты А. Лебединцева (1908 (1), с. 100) над оз. Пестовом в Новгородской губ. показали, что 83% кислорода поглощается гязью дна (т.е. идет на чисто химические или биохимические реакции) и только 17% поглощается планктоном и рыбой.

⁷ В. Лебедев, 1911, с. 53; 1915 (приведены числа).

(6,29–7,55 см³)¹. Этот режим меняется и в зависимости от слабой конвекции теплоты, быстрого нагревания поверхностного слоя и т.д.²

Наблюдения в течение 10 лет над озерами Северо-Западного края показали, что режим газов в них не меняется³. Определение кислорода зимой (15.II–1.III.1912 г.) в р. Великой у Святогорского монастыря дало 6,49% О на поверхности (0,1°C) и 5,8% на дне (1°C). В Псковском озере кислорода больше: на поверхности – 11,09%, подо льдом 10,77–11,6%. Подо льдом избыток кислорода получается от зеленых водорослей (*Melosera*)⁴. «В Псковском озере зимой слой воды от поверхности до 2 с лишним метров вполне насыщен кислородом». Придонный слой очень беден кислородом; уменьшение кислорода начинается с глубины 2 м.

337. В прудах мелкая органическая жизнь еще быстрее поглощает кислород, который не всегда возобновляется достаточно быстро диффузией из атмосферы. Имеющиеся наблюдения указывают на большие колебания и на значительное уменьшение кислорода в небольших замкнутых прудах, в которых идет гниение, или в затененных, очень богатых растительностью. О малом количестве кислорода в прудах, хотя кислород растворим в воде больше азота, обратил внимание уже Клаус (1839 (1), с. 99), который для оз. Кабанного нашел 20,5% О.

Морран⁵ нашел, что в прудах количество N не меняется, а О меняется обратно пропорционально СО₂. Количество О доходит до 25–61%, причем оно увеличивается при развитии низших организмов (по Моррану, не только зеленых, но и красных). Кислород выделяется в воздух, который обогащается им около прудов в этих случаях. По опытам Маршана⁶, в затененных прудах (Франции) на 1 л выделяется около 22 см³ газов, но состав их аномальный – 20% О и 80% N. В то же время пруды, вода которых вся подвержена действию света, содержат на 1 л до 26 см³ газа с почти нормальным количеством кислорода (33,5%).

Влияние жизни организмов еще резче сказывается в прудах нашего более холодного климата. В окрестностях Петербурга вода прудов летом более богата кислородом, чем вода Невы. К осени количество кислорода уменьшается в связи с уменьшением жизнедеятельности зеленых растений⁷. Еще большие колебания наблюдал для прудов Германии Кнаутэ⁸. Безлунной ночью количество кислорода в пруде достигало 2 см³ на 1 л воды, а днем оно колебалось между 7 и 22 см³. Причиной этого являлось развитие растительной жизни при действии света, даже лунного. Микроскопические растительные организмы выделяют при этом такие количества кислорода, которые могут в несколько

¹ Лебединцев, 1905 (2), с. 228 и сл.; 1904, с. 122; 1905 (1), с. 36; 1913.

² Так, например, в оз. Постовом Новгородской губ. 30 июня 1902 г. разница температуры поверхностного слоя и глубинного достигала 10°; благодаря этому вертикальная циркуляция воды замедлилась, и внизу количество кислорода достигло 0,28 см³ на 1 л (на поверхности – 6,33 см³) и т.д. – Лебединцев, 1904, с. 118.

³ Лебединцев, 1913, с. 61 и сл.

⁴ Лебединцев, 1913, с. 62; Самсонов, 1912.

⁵ A. Morren, 1841, с. 456.

⁶ Marchand, 1853, с. 720–721. О влиянии организмов (планктона, рыб и т.д.) на режим газов (главным образом кислорода) в озерах см. Birge a. Juday, 1911.

⁷ Покровская, 1890, с. 9.

⁸ Knauthe, 1898, с. 804–805; Zuntz, 1900, с. 311. Ср. Kuhlmann, 1911, с. 36–37.

раз – втрое – превысить его нормальные количества, связанные с поглощением кислорода из воздуха. Уже в течение нескольких часов они восстанавливают нарушенное ночью или в темноте равновесие и очищают воду пруда. Достаточно 5–6 часов темноты, чтобы накопленный ими кислород и кислород, поглощенный водой из воздуха, был нацело истрачен организмами.

Более новые работы Меринга¹, подтверждая наблюдения Маршана, указывают на существование для воды прудов более сложной зависимости и от атмосферных условий. Влияет не только температура и свет или органическая жизнь, но и состояние атмосферного электричества. Поэтому отклонения от теоретически вычисленной величины (зависящей только от температуры и барометрического давления) достигают огромных величин (например, 25,5 см³ вместо 7,71!), указывая на резкое влияние факторов, не играющих роли в опытах лаборатории.

Гораздо меньше, чем органическая жизнь с ее сложным циклом химических реакций или атмосферные влияния, отражается на составе газов загрязняющая деятельность человека. Однако вблизи больших городов это загрязнение чувствуется, раз оно постоянно возобновляется².

338. Газовый обмен в текучих водах, в реках, изучен очень мало, хотя он несомненно имеет большое значение в общей истории земной коры, так как реки представляют одну из форм циркуляции газов на земной поверхности: в своих истоках они обладают нередко иной температурой и давлением, чем в дальнейшем течении, приходят из более холодных мест и *переносят таким образом кислород*, ибо холодная вода поглощает больше кислорода, чем теплая. Аналогично метеорным осадкам, речная вода в общем является сильным окислителем.

С точки зрения газового режима надо выделить реки и ручьи высоких горных местностей, так как они поглощают газы под низким давлением. К сожалению, как раз эти воды мало изучены. Однако, по-видимому несомненно, что эти воды, например в Альпах, значительно беднее газами, чем воды низин³. Спускаясь вниз, они поглощают газы воздуха.

В водопадах и горных ручьях нередко наблюдается пересыщение кислородом; например, до 10,47 см³ на 1 л при 7° для Фюльбекке Шпере⁴.

Немного лучше изучен газовый обмен рек наших высот. В реках, кажется, первые наблюдения были сделаны для Сены в начале XIX столетия Гей-Люссаком и Гумбольдтом. Эти наблюдения были позже повторены и развиты Поджиале. Но долгое время данные в этом направлении для других рек собирались очень медленно и лишь за последние годы главные реки как Западной Европы⁵,

¹ *Mehring*, 1907, с. 468 и сл.

² См., например, наблюдения Г. Хлопина (1896, с. 181) для прудов и озер Москвы и окрестностей, Ольмюллера (*Ohlmüller*, 1904, с. 246) для озер около Шверина.

³ *A. u. H. Schlagintweit*, 1850, с. 19.

⁴ *Thienemann*, 1912, с. 6–7.

⁵ Более старые, немногочисленные литературные данные см. у *Lersch*, 1864, с. 43 и сл.; *Lefort*, 1873, с. 356 и сл. Сверх того см. *Boudet*, 1864, с. 238 (Сена); *Gérardin*, 1872, с. 1714 (Сена). Об аргоне в воде Сены см. *Troost et Ouvrard*, 1895, с. 798; *Reichardt*, 1875, с. 206 (Заале); «*Anuaire de l'Observ. de Montsouris*», Paris, 1888–1895 (Сена); *Mütschler*, 1899, с. 484 (Аар); *Heider*, 1893, с. 70 (Дунай); *Spitta*, 1900, с. 218 (Шпре. Гавель, Рейн); *Ohlmüller*, 1904, с. 288 (Рейн); *Ogier et Bonjean*, 1904, с. 288 (Рейн); *Ogier et Bonjean*, 1906, с. 356 (реки Франции); *Grosse-Bohle*, 1906, с. 172 (Рейн); *Grosse-Bohle u. Steuernagel*, 1907, с. 83; *Mehring*, 1907 (Одер); *Kolkwitz u. Ehrlich*, 1907, с. 78 (Эльба и Заале); *Tillmans*, 1909, с. 195 (Майн); *Tidy*, 1880, с. 274 (английские реки); *Parris a. Black*, 1915, с. 353 (р. Кем около Кембриджа).

так и России¹ стали в этом отношении изучаться более тщательно; к сожалению, и здесь определяется почти исключительно один кислород.

Несомненно, вода рек всегда содержит кислород, но его количество очень колеблется в связи с энергичными химическими процессами, местом которых является река. Как известно, реки, несмотря на то, что они захватывают огромные массы нечистот, всегда от них при своем дальнейшем течении – уже вблизи места загрязнения – освобождаются. Часть этих посторонних тел поглощается организованными существами, часть осаждается на дно; но главные продукты загрязнения, органические вещества, изменяются химически, переходят в газы – разлагаются, сгорают, уходят. Очевидно, в этой химической работе рек (см. § 369) растворенный в них кислород играет огромную роль и его количество должно сильно меняться в зависимости от различных условий загрязнения, в каких находится река. Однако большая река, быстро текущая и все время охватываемая атмосферой, является далеко не тем, чем является замкнутый морской бассейн или даже океан в своих глубоких частях. Она может легко возобновлять свои запасы кислорода, и этим объясняется, что воды многих рек в известное время года, например Рейна (по исследованию Спитта, Гросс-Боле и др.) и Майна (по исследованию Тильманса), не только почти достигают насыщения, отвечающего данной температуре, но нередко являются *пересыщенными кислородом*. Это последнее обстоятельство связано с тем, что при повышении температуры вода не так быстро отдает кислород, который она поглотила при температуре более низкой; поэтому вода пересыщена кислородом после долгого холодного времени. Отчасти в связи с этим при замерзании реки и около 0° наблюдаются чрезвычайно резкие аномалии в количестве кислорода (например, наблюдения Меринга для Одера). В то же время зимой река медленно поглощает недостающий ей кислород.

Однако такие явления наблюдаются далеко не для всех рек; они находятся в тесной связи с общими условиями режима рек, зависят от *физико-географических условий*. Большая река нередко протекает через несколько климатических поясов и несет воды, насыщенные газами, при условиях, не отвечающих той местности, где они в данный момент протекают. К тому же и общие условия режима рек отличны и, например, реки, замерзающие или долго находящиеся подо льдом, обладают существенно иным режимом газов. Этим, вероятно, объясняется, что в Средней России реки подо льдом медленно теряют кислород², хотя вообще зимой реки богаче кислородом в тех случаях, когда их сообщение с атмосферой свободно.

В своем течении реки только местами и ненадолго, в пределах больших поселений, сильно обедняются кислородом. Так, например, по Миллеру,

¹ Клаус, 1839 (1), с. 99 (реки Казанка и Волга); Доброславин, 1875 (Лиговка); Езерский, 1876 (Нева); Семенский, 1888 (Висла). Коцин, 1889, с. 138; 1888, с. 185 (Москва); Покровская, 1890, с. 9 (Нева); А. Соколов, 1892, с. 547 (Яуза); Г. Хлопин, 1896, с. 114–181 (Москва, Клязьма, Чанка, Сетунь); Раммуль, 1900, с. 1530; 1902, с. 224 (Эмба), Добровольский, 1906 (Нева); Киркор, 1907, с. 172 и сл. (Рось); Г. Хлопин, К. Добровольский, 1907, с. 1570 (Нева); Г. Хлопин, 1911 (Нева); В. Лебедев, 1911, с. 70–71 (реки Камчатка, Озерная); кислород выше нормы к осени, вследствие развития растительной жизни.

² См. Коцин, 1889, с. 140. Раммуль (1902, с. 235) объясняет этот вывод неточностью метода Коцина. Однако метод употреблялся одинаковый зимой и летом. Скорее, здесь влиял ледяной покров; ср. Киркор, 1907, с. 215. Ср. для озер § 336.

Темза в Кингстоне, выше Лондона, содержит $7,4 \text{ см}^3$ кислорода в 1 л воды, а в пределах города (Вулвич) это количество падает до $0,25 \text{ см}^3$, подымаясь вновь после выхода ее из Лондона.

Состав газов рек резко колеблется и в связи с метеорологическими осадками. Очевидно, реки в дождливых местах, постоянно получающие богатую кислородом дождевую воду, будут находиться в других условиях, чем реки пустынь, степей или бедных осадками областей. В мелких речонках или в стоячих участках больших рек наблюдаются все те явления, какие указаны для прудов и озер (§ 337). Очевидно, наконец, что вхождение подводных ключей, нередко не содержащих кислорода (§ 340), должно вносить местные изменения в газовый обмен рек.

Газы грунтовых вод озер Тегелл и Мюгельзее состоят главным образом из азота¹. В Тегелле в среднем в 1 л воды содержится от $19,52 \text{ см}^2 \text{ N}$, что отвечает годовому содержанию в $400 \ 000 \text{ м}^3$.

339. Резко отличается от рек и озер выделение *газов в источниках*, по крайней мере в тех из них, которые не связаны с поверхностными реакциями земной коры (§ 342), в источниках вулканического или тектонического характера². В них состав газов резко отличается от состава атмосферы и, несомненно, только отчасти генетически с ней связан. Значительная часть газов источников идет снизу или с боков их, связана со сложными химическими реакциями, идущими на земных глубинах. Мы имеем для газов здесь те же самые условия генезиса, как и для других составных частей источников: они тоже попадают частью сверху, с поверхности, частью снизу.

Газы содержатся в растворе во всех источниках; при этом мы впервые встречаемся здесь с типом природных газовых растворов, насыщенных при значительных давлениях. Такие источники, приходя в слои Земли с меньшим давлением, на земную поверхность, выделяют избыток газа в атмосферу, кипят. Холодные источники, насыщенные газом при температуре, более низкой, чем температура земной поверхности, точно так же, приходя в нее, неизбежно выделяют газы, ибо для более теплой температуры они являются пересыщенными газом³.

Газы выделяют на земной поверхности и такие источники, которые не насыщены под большим давлением, но обогащены каким-нибудь газом не в соответствии с его количеством в земной атмосфере. Очевидно, при выходе на земную поверхность они будут обладать для этого газа большим парциальным давлением, чем какое отвечает земной атмосфере, и неизбежно будут терять его. Не говоря уже о CO_2 , H_2S , He, углеводородах и т.д., это явление должно иметь место на земной поверхности для источников, богатых азотом (§ 340). Но источники не только выделяют газы в земную атмосферу. Они нередко являются их поглотителями. Источник, бедный кислородом, азотом или углекислотой, выходя на земную поверхность, вбирает их из земной атмосферы, так как вводит в соприкосновение с атмосферой воду, содержащую

¹ Naacke, 1913, с. 761.

² Вернадский, 1912 (1), с. 151.

³ Аналогичные явления должны наблюдаться и в океанах или реках, когда более холодные течения попадают в теплые края, или меняется температура воздуха, или река входит в более теплые местности. Динамика этих процессов очень сложна и мало изучена.

иные газы, при иных, чуждых атмосфере условиях. Эта вода более или менее быстро приходит в равновесие с атмосферой, выделяя одни и поглощая другие газы. Тектонические и вулканические источники обычно на земной поверхности жадно поглощают кислород.

Источники должны считаться в земной коре сотнями тысяч. Так, например, на территории Северо-Американских Соединенных Штатов зарегистрировано более 10 000 минеральных источников, не считая более обычных и распространенных пресных или слабо минерализованных. Очевидно, в общей экономике земной коры и, в частности, в обмене свойственных ей газов источники должны играть огромную, пока не поддающуюся учету роль.

Газы не являются их случайной примесью. Они вызывают химические процессы и регулируют их ход, являются механической силой, ибо только благодаря им источники переходят из одной термодинамической оболочки земной коры (§ 13) в другую.

Частным случаем химических процессов, связанных с кислородом рек, являются так называемые «заморы», или «ржавцы» рек Оби и Иртыша. Мелкие притоки этих рек богаты органическими соединениями и солями закиси железа; при соприкосновении с богатой кислородом водой большой реки эти соединения распадаются, кислород поглощается, и в тех случаях, когда процесс идет подо льдом, начинается гибель рыбы одновременно с выделением окисленных соединений железа. Явление это было впервые изучено Поляковым в 1877 г. для Оби¹.

340. Наибольшее значение в газовом обмене Земли имеют тектонические источники, идущие из более глубоких слоев литосферы. Для них характерным является *бедность их кислородом*. Огромное большинство таких минеральных источников даже совершенно не заключает кислорода.

Факт этот был открыт в 1784 г. Пирсоном для источника Бакстона² и был затем вновь подтвержден, уже в XIX столетии, для целого ряда других случаев, сперва Даубени³, а потом и другими исследователями. Можно сказать, что *отсутствие кислорода или нахождение его следов есть характерное явление для всех артезианских или глубинных источников*⁴. Оно может быть объяснено тем, что кислород, поглощенный метеорными водами, по мере углубления их внутрь земной коры расходуется на разнообразные химические процессы, идущие в коре выветривания, связанные с явлениями окисления; возможно, однако, что вообще газы, исходящие из земных недр, свободного кислорода не содержат.

Однако, выходя на поверхность, источники быстро (§ 342) поглощают кислород. Поэтому, исследуя воду, бывшую в соприкосновении с воздухом, мы всегда найдем в ней кислород. Точно так же найдем кислород в источниках, получающих хотя бы часть воды с земной поверхности (вадозную), с небольшой глубины. Такой кислород в источниках уже был найден в начале XIX столетия Дёберейнером⁵. Очевидно, количество такого кислорода

¹ См. Богачев, 1908, с. 279–281.

² Daubrée, 1887, с. 3–4; Pearson, 1784.

³ Daubeny, 1830; 1832, с. 65; 1834, с. 9.

⁴ Я не предпрешаю в этих обозначениях происхождения воды – может быть, она и не вполне ювенильная, а метеорная.

⁵ Döbereiner, 1821, с. 6.

по отношению к азоту должно подвергаться чрезвычайным изменениям. Так, анализы Рейхардта¹ для германских источников дают колебания в отношении О : N от 1 : 2 до 1 : 24; само собою разумеется, количество кислорода может быть еще меньше, если мы примем во внимание некоторые горячие источники или артезианские воды².

Ибо, несомненно, есть источники и глубокие искусственные колодцы, совершенно не содержащие кислорода. Так, например, вода артезианского колодца под Парижем, в Гренелле, не содержит кислорода уже на глубине 4 м³; не содержит кислорода и вода глубоких колодцев Сен-Дени (60–140 м)⁴, артезианского колодца около Гонессе (11 м) и т.д. Точно так же и естественные горячие источники Сардинии⁵ или источник Бордё, заключающий 96,22% N, 2,56% Ar, 1,22% CH₄⁶, совершенно не содержат кислорода и т.д.

Поэтому можно сказать, что *тектонические источники являются делителями азота в земной коре*⁷. В газах кавказских источников, судя по анализам Р. Германа, мы имеем два резко выраженных типа: 1) *более бедные азотом углекислые струи* (Пятигорские, Железноводские, Кисловодские, Екатерининские, Павловские, св. Петра)⁸ и 2) *азотные* (Кумагорские источники)⁴.

К первому типу относятся также углекислые термы, расположенные по р. Тереку, в которых азот составляет заметную часть от СО₂ (от 0,3 см³ N: 2 см³ СJ₂ до 0,6 см³ N: 1,7 см³ СJ₂). В газах Эльбрусского Нарзана (Нальчикский окр.) в углекислой струе находится 0,1% N⁹. Газы, выделяющиеся при кипении источника в Москве, представляют углекислую струю; в 100 объемах воды при 10° содержалось 66,75 объема газа, в том числе 2 азота и 0,15 кислорода¹⁰.

К азотному типу относятся газы Старогортовских источников (Терская обл.), состоящие главным образом из азота¹¹. Газы Михайловского источника (Терская обл.) содержат 40,397% N, 0,130% О и 46,144% CH₄¹². Газ

¹ Reichardt, 1875, с. 197 и сл.

² Есть немногие указания на то, что некоторые источники дают *избыток кислорода*, который мы не умеем сейчас объяснить и который указывает, может быть, на существование выделений свободного кислорода – при особых условиях – из земных глубин. Так, например, газ пресного источника в Нейбурге (департамент Эр во Франции) заключает, по Жакелену, 44,6% О и 55,4% N. Газ этот зажигает тлеющие тела (Lefort, 1873, с. 360). Эти указания требуют проверки и заслуживают внимания. Ср. § 360.

³ Peligot, 1857, с. 373; Gérardin, 1874, ср. 1704.

⁴ Gérardin, 1874, с. 636.

⁵ Bornemann, 1857, с. 181.

⁶ Moissan, 1906, с. 180.

⁷ Возможно даже, что весь кислород или значительная его часть в анализах тектонических и вулканических источников зависит только от недостаточной осмотрительности при взятии и хранении проб для анализов: кислород попал из воздуха. Список источников, выделяющих азот, см. Schlenck, 1907, с. 168; Д'Англада (D'Anglada, 1821, с. 113 и сл.) допускал разное происхождение азота в термах, склоняясь к происхождению его из воздуха или в связи с воздухом. В сернистых источниках кислород исчезает благодаря воздействию Н₂S.

⁸ Р. Герман, 1831, с. 363, 366, 369, 372, 377, 379, 380.

⁹ Коншин, 1899, с. 138.

¹⁰ Р. Герман, 1842, с. 183.

¹¹ Абух, 1865, с. 13.

¹² Абух, 1867, с. 400.

Богатырского источника № 3 из Абас-Туманских источников (Тифлисская губ.) включает по объему 79,8% N и 20,2% CO₂¹.

Источники около Торопца выделяют газ, состоящий из азота и небольшого количества CO₂².

Газы Сергиевских минеральных вод (Самарская губ.) изучал К. Клаус (1839 (2)).

В артезианских водах *Бердянского у. Таврической губ.* (в метановых струях), например около Атманы, совсем не указан азот и наблюдается по объему 1,10% O и «неопределенный остаток» – 0,61%, может быть, – азот³.

В *Елисаветпольской губ.*, в *Нухинском у.*, газы, выделяющиеся из Хновских минеральных вод, состоят, по-видимому, из смеси CO₂ и N⁴.

В газах тектонических источников азот обычно резко преобладает; так, например, горячие источники Яловы в Малой Азии выделяют 97% N и 3% O⁵, Градачаца в Боснии – 96,17% N и 0,3% O⁶. Олово, там же, – 84,8% N и 4,2% O¹⁴, Малой Киселицы, в Боснии же, – 96,8% N (без кислорода)⁷, Абано в Италии – 75,7% N⁸ и т.д. Все это источники тектонического характера, но не менее богаты азотом вулканические источники; так, азот всегда выделяется в гейзерах, например, газы гейзеров Исландии содержат до 99,5% N⁹.

Хотя количество выделяющихся в этих случаях газов колеблется в зависимости от атмосферного давления и общего богатства источников растворенными газами, несомненно, что этим путем даже отдельный источник может дать в атмосферу большие массы азота. Прямых измерений мы имеем мало, но, например по Генриху¹⁰, далеко не очень богатые газами Висбаденские источники выделяют: Шютценхофквелле в среднем в час 50 л азота, Хауптшпрудель – 64 л. Если бы мы могли подсчитать эти количества для всех многих сотен тысяч источников этого типа в земной коре, то получились бы колоссальные цифры, так как процесс идет неуклонно, без перерыва, столетия и тысячелетия для отдельного источника.

341. Наряду с азотом, в таких источниках чрезвычайно часто, а может быть всегда, наблюдаются *благородные газы*. Для них источники являются одной из главных форм нахождения в земной коре. К сожалению, генезис этих газов в источниках совершенно неясен. Несомненно, они не могут происходить из атмосферы; наоборот, часть благородных газов, содержащихся в атмосфере, происходит, вероятно, из источников. Надо думать, что газы эти попадают в источник снизу, являясь результатом происходящих там химических реакций или превращений, или представляют последние следы прежней космической стадии нашей планеты¹¹.

¹ Скоров, 1866, с. 106.

² Гесс, 1825, с. 34.

³ Константов, 1915(1), с. 15.

⁴ Абих, 1866, с. 82.

⁵ J.L. Smith, 1851, с. 368.

⁶ F. Ludwig, 1891, с. 114 и сл.

⁷ F. Ludwig, 1891, с. 114 и сл.

⁸ Nasinie Anderlini, 1895, с. 508; 1898, с. 100.

⁹ Bunsen, 1851 (1), с. 258; 1877, с. 79; Torkelson, 1910, с. 49.

¹⁰ Henrich, 1908, с. 4206.

¹¹ На основании наблюдений Мурё и Бикара, Вальтер (B. Walther, 1911, с. 178) считает возможным заключить, что аргон источников происходит из воздуха, так как отношение Ar : N колеблется от 0,90 до 1,83. Уменьшение отношения он связывает с образованием в нижних слоях атмосферы деятельного азота – N₂ (ср. § 320). Этому объяснению противоречит история гелия.

Уже вскоре после своего открытия *аргон* был найден Рэлеем и Рамзаем¹ в воде Батского источника в Валлисе в количестве, меньшем, чем сколько его содержится (по отношению к азоту) в воздухе. В том же году он был найден, в количествах по сравнению с воздухом бóльших, в гейзере Исландии².

Эти наблюдения были вскоре подтверждены и расширены. Особенно исследования Мурё и Бикара³ показали, что аргон открывается при внимательном исследовании во всех источниках; так, они нашли его во всех 43 изученных ими источниках Франции и Бельгии. Точно так же во всех изучавшихся с этой целью (22) источниках найден в ничтожных количествах и *неон*⁴. Обычно аргон находится в количествах меньших, чем в воздухе, однако известны источники, содержащие до 2,56% аргона, и нередко с содержанием 0,9–1,8%⁵. Количество аргона колеблется в пределах от 0,0027% для Виши до 1,643% для Пломбьер⁶.

Сравнение содержания аргона для струй (в объемн. %):

Углекислых	от 0,302 Виши (Целестин) до 0,0042 Виши (Шомель)
Углекисло-азотных	0,45 Бурбон л'Аршамбо
Азотных	от 0,72 Сантеней (Литиевый) до 1,643 Пломбьер (Вокелен)

Уменьшение аргона заметно в азотных, богатых гелием струях.

Некоторые источники дают огромные количества аргона (со следами криптона и ксенона) в год, считая их дебит. Надо иметь в виду, что это числа минимальные, так как не принимается во внимание аргон, растворенный в вытекающей воде.

Ла-Алисёда (Сан-Жозеф), Испания	75 477 л в год (1,015% по объему Ar) – азотная струя
Ла-Бурбуль (Шусси)	30 484 л в год (0,010 по объему Ar) – углекислая струя
Нерис, (Сезар)	30 830 л в год (0,88 по объему Ar) – азотная струя

В общем, количества аргона очень велики⁷. Так, годовой дебит аргона в 22 источниках, изученных Мурё, равен 162 190,3 л. Нахождение аргона в меньшем количестве является, по-видимому, признаком более глубоких вод; оно заслуживает внимания, так как аргон более растворим в воде, чем азот.

Позже были спектроскопически открыты в источниках и другие благородные газы, *криптон* и *ксенон*, сперва в газах, богатых гелием, выделяю-

¹ Rayleigh a. Ramsay, 1895 (3), с. 227; Rayleigh, 1896 (2) с. 206; 1896 (3), с. 56; Bouchard, 1895, с. 392; Kayser, 1895, с. 89; Moureu, 1913, с. 67 и сл.

² Kellas a. Ramsay, 1896, с. 69.

³ Moureu, 1906, с. 1155; 1913, с. 116, 122; Moureu et Biquard, 1906, с. 180.

⁴ О неоне в Висбаденских источниках см. Henrich, 1908, с. 4202. Заметные количества неона наблюдались в Батском источнике (0,24% всего азота) – Masson a. Ramsay, 1912, с. 1370.

⁵ Moissan, 1902, с. 1279. См. обзор аналогичных наблюдений у Prandtl, 1906, с. 159–160, 822.

⁶ Moureu, 1913, с. 122, 124.

⁷ Там же.

щихся в источнике Мезьер¹ (§ 391), позже во многих других. Наблюдения Мурё и Лепапа указали на нахождение их в 26 источниках Франции – во всех, в которых они их искали². Остроумными приемами удалось Мурё и его ученикам количественно измерить ничтожные количества благородных газов источников. При этом оказалось, что отношения различных благородных газов подвержены чрезвычайно малым колебаниям; так, отношение между количествами аргона и криптона в газах источников остается почти постоянным и наблюдаемые колебания в содержании криптона очень незначительны. При этом отношение криптона к аргону в газах источников почти совпадает с отношением этих газов друг к другу в воздухе. Оно, однако, немного выше³. Отношение Kr : Ar для воздуха = 1,1–1,8, а для разных струй:

	Kr : Ar		Количество анализов
	макс.	мин.	
Азотных	1,5	1,1	15
Азотно-углекислых		1,5	1
Углекислых	1,8	1,4	3

Как будто Kr больше в углекислых. Точно так же и для ксенона обычное отношение между ксеноном и аргоном для газов источников больше, чем для воздуха. В среднем их отношение в источниках равно 1,6, если принять за единицу их отношение в воздухе. Любопытно, что числа эти мало колеблются (1,2–2,5)⁴. Точно так же существует постоянство отношения Хе : Ar источников и Хе : Ar воздуха. Я располагаю их по струям:

	Хе : Ar		Число источников
	макс.	мин.	
Азотные	1,9	1,2	13
Азотно-углекислые		1,6	1
Углекислые	2,5	1,9	3

Здесь мы наблюдаем то же самое: увеличение ксенона в углекислых струях по отношению к аргону, аналогично тому, что наблюдается для криптона.

В сущности, мы наблюдаем это и для аргона по отношению к азоту:

	Ar : N		Число источников
	макс.	мин.	
Азотные струи	1,41	0,64	52
Азотно-углекислые	0,77	0,65	2
Углекислые	2,85(1,69)	0,97	10(9)

Величина 2,85 для Виши (Гранд-Гриль) требует проверки⁵. Постоянство этих величин и их незначительные колебания резко отличают благородные газы от гелия (§ 391). Постоянство это Мурё объясняет неизменной во все века

¹ *Moureu et Biquard*, 1906, с. 796.

² *Moureu et Lepape*, 1909, с. 1174. Ср. также *Massol*, 1910, с. 1125 (Юриаж в департаменте Изер).

³ *Moureu et Lepape*, 1911 (1), с. 934.

⁴ *Moureu et Lepape*, 1911 (2), с. 742; 1914 (1), с. 358.

⁵ Там же.

химической инертностью благородных газов; он пытается на этом основании строить космогонические предположения¹, выводящие нас из области научно изученного.

В общем, эти выводы Мурё и Лепапа были подтверждены независимо шедшей работой Торкельсона над газами источников другого типа – горячих источников Исландии. И здесь количество аргона оказалось несколько больше по отношению к азоту, чем в воздухе; везде найден неон и т.п.².

Количество благородных газов (вместе с гелием), выделяемое источниками, огромно. Для одних Висбаденских источников, по Генриху³, в час выделяется от 4 до 8,5 л благородных газов.

342. Кроме минеральных источников, вода собирается на земной поверхности в *источниках поверхностного происхождения*. Это чисто вадозная вода. Такие источники, являясь нередко очень мелкими вместилищами воды, иногда отличаются по своему составу от обычных вод, например тогда, когда они связаны с деятельностью человека. Так, вода около фабрик (например вблизи Москвы) иногда совершенно не заключает в растворе кислорода⁴, аналогично воде минеральных источников во время выхода их на земную поверхность.

В случаях обычных ключей мы имеем в их воде количество кислорода, аналогичное его содержанию в дождевой воде (§ 330). Обычно, однако, его несколько меньше⁵. Объясняется это тем, что эти источники находятся в постоянном общении с атмосферой, ею проветриваются на значительном протяжении.

Выйдя на земную поверхность, все эти источники, аналогично рекам, озерам, прудам, поглощают из воздуха кислород. Поглощение кислорода начинается в них немедленно, как только они войдут в соприкосновение с воздухом; через немного часов содержание кислорода становится нормальным, достигается насыщение⁶. Органическая жизнь играет в их газовом обмене ту же роль, какую она играет в прудах или в текущих реках. Может быть, только эта роль выражена менее ярко.

343. Помимо воды, наблюдаются в природе и другие *жидкие растворы газов*. Однако они не имеют значения в истории Земли, ибо большинство жидких минералов играет в земной коре ничтожную роль.

Только *магмы и нефти* должны быть приняты во внимание, ибо они, особенно магмы, заключают огромные количества газов, несомненно большие, чем те, какие содержатся в воздухе или в водных растворах.

Лишь малая доступность *магм* для непосредственного исследования не позволяет нам иметь ясное представление о значении в природе их газового режима. Нахождение элементарных газов воздуха в магмах, особенно азота и аргона, несомненно, так как мы знаем, что они выделяются в значительном количестве при вулканических извержениях и при застывании магмы (§ 354). Гораздо сомнительнее нахождение среди этих газов кислорода. Целый ряд

¹ Moureu, 1911, с. 65; 1913, с. 134–136, 139.

² Torkelson, 1910, с. 255.

³ Henrich, 1908, с. 4206.

⁴ Коцин, 1889, с. 156.

⁵ Lersch, 1864, с. 44.

⁶ Lefort, 1873, с. 365 и сл.

химических указаний противоречит его присутствию в свободном виде; даже если бы он выделялся в форме испарений, он должен был бы немедленно поглощаться магмой, входя в ее соединения.

Точно так же быстро входит в соединение кислород и в *нефтях*. Судя по составу выделяющихся и сопровождающих их газов (§ 357), азот находится в растворе в нефтях в заметных количествах.

Как генезис всех этих газов, так и связанные с ними химические реакции во многом для нас неясны и сейчас неизвестны даже в общих чертах.

344. Другие формы нахождения элементарных газов в литосфере – *твердые растворы и газообразные скопления и сгущения* – должны быть рассмотрены вместе, ибо в очень многих случаях мы не можем отличить газы, находящиеся в мелких порах или сгущенные на поверхности тел, от твердых газовых растворов. В частности, нельзя не отметить, что природные твердые газовые растворы известны очень мало; к ним, вероятно, должны быть, например, причислены некоторые случаи нахождения газов (главным образом благородных) в минералах (ср. §§ 352, 388 и сл.).

В огромном большинстве природных случаев нахождения газов в литосфере мы будем иметь дело не с твердыми их растворами, а с таким их нахождением, которое дает все переходы к заведомым газовым скоплениям или сгущениям. Однако все же во всех этих случаях, говоря о нахождении газов в мелких, микроскопических размерах порах, мы должны допускать, что, может быть, часть этих случаев будет в конце концов отнесена к твердым растворам.

Еще меньше можно отличить газовые скопления, т.е. заполнения газом замкнутых полостей в твердых телах, от газовых сгущений, т.е. от газов, удерживаемых поверхностными силами твердых тел, хотя бы газы эти находились в соприкосновении с газообразной средой, например с атмосферой (явления окклюзии).

Нельзя не отметить, что породы, богатые газами в той или иной форме их концентрации, собираются в особых участках земной коры, в *газовых областях*, которые могут дать выход накопленным газам в виде разного рода газовых струй¹ (§ 355).

Формы нахождения в природе газовых сгущений и газовых скоплений чрезвычайно разнообразны. Можно различить среди них чисто поверхностные образования, образования, связанные с высокой температурой (газы вулканических процессов) и, наконец, газовые выделения, связанные с явлениями изостазиса, механических и химических процессов в земной коре, вызванных изменением давления (тектонические струи).

345. Наиболее нам доступными – но далеко не наиболее изученными – являются *газовые скопления и газовые сгущения поверхностного образования*. Генетически они различны. С одной стороны, благодаря тому, что природные жидкости переполнены газами, при их застывании всегда образуются продукты, в порах которых заключается часть газов, бывших в жидкости. В природе эти явления резко проявляются в истории воды. С другой стороны, рыхлые твердые продукты, собираясь на Земле в заметном количестве, поглощают газы атмосферы под влиянием действия поверхностных сил (окклюзия газов). Поэтому процессы выветривания и механического распада горных пород

¹ Вернадский, 1912 (1), с. 145.

всегда сопровождаются газовыми сгущениями. Роль этих сгущенных газов в химической истории выветривания и в процессах биосферы едва ли может быть преувеличена.

346. Остановимся сперва на поверхностных газовых сгущениях первого типа. Всякое превращение воды в снег и в лед, их перемещение на земной поверхности, их таяние и испарение сопровождается разнообразными явлениями газовых изменений. При этом идет процесс частью химический, а частью механический; это резко видно по изменению состава газов, так, например, количество кислорода в газах снежных скоплений меньше, чем количество его в атмосферном воздухе.

Каждое скопление *снега* – в полярных странах, на вершинах гор, зимой в наших широтах – сопровождается газовыми сгущениями. Наблюдений, к сожалению, сделано мало. По Николе и Фохту, в 1 кг фирнового снега Альп находится 64 см³ газов воздуха¹. Воздух в порах снега отличается по составу от обычной атмосферы: в нем значительно меньше кислорода. Так, по Буссенго, воздух в снегу Чимборасо дал 16–17% кислорода, по Бишофу, в фирне Альп 10–11% кислорода. Это уменьшение, может быть, зависит от растворения кислорода в снежной воде².

Еще больше газов находится во *льду*. Лед всегда пузырист, т.е. заключает поры, заполненные газом. При застывании воды, содержащей газы в растворе, часть этих газов выделяется, насыщает остающийся маточный раствор и сосредоточивается в порах. Другая часть выделяется при застывании в свободном состоянии³. Очень возможно, что некоторая часть газов остается в твердом теле в растворе. К сожалению, у нас нет точных опытов, которые давали бы данные для определения этого процесса в том случае, когда в растворе в жидкости находятся газы, различно в ней растворимые. По-видимому, кислород и азот удаляются различно из воды при ее застывании. Состав газа в порах льда, судя, правда, по немногим определениям, отличен от состава воздуха или газов, растворенных в воде. Так, по Гамбергу⁴, газы в порах пловучей льдины заключали 24–26% кислорода. По исследованиям Фохта и Николе⁵, в 1 кг белого пузыристого фирнового льда Альп находится 15 см³ воздуха, в 1 кг синего ледникового льда 1 см³ воздуха. Анализы Шлагинтвейтов показали, что воздух пор ледникового льда Альп содержит всего по весу 18,3% О и 81,7% N, причем растаявшая вода (поглотившая часть воздуха пор) уже несет нормальные количества – 31,7% О и 68,3% N⁶. Точно так же анализ газов пор ледников Гренландии дал Христенсену⁷ 16,8% О и 83,2% N в воздухе, сосредоточенном в рыхлых твердых породах, например в почвенном воздухе. Нельзя, однако, не отметить, что как раз для воздуха, собирающегося во льду, отпадает одно из обычных объяснений исчезновения кислорода – влияние органической жизни. Для его объяснения или надо допустить энергичные химические реакции окисления той пыли, какая захвачена ледником, или возможность образования

¹ Agassiz, 1842, с. 89.

² Boussingault, 1841, с. 318.

³ Maw, 1886, с. 325; G. Karsten, 1896, с. 177.

⁴ См. Krümmel, 1907, с. 506.

⁵ См. Agassiz, 1842, с. 89.

⁶ A. u. H. Schlasjintweit, 1850, с. 20.

⁷ См. Steenstrup, 1883, с. 98.

богатого кислородом твердого раствора во льду, или уноса кислорода в маточном растворе, остающемся после кристаллизации льда в ледяной воде.

347. Помимо нахождения в снегу и льду, газы собираются и во всех других поверхностных частях литосферы. Очевидно, их много скопится в рыхлых продуктах: с одной стороны, в горных породах, с другой – в почвах и в аналогичных почвам глинах (осадках морского, речного, озерного дна). Несомненно, обе эти формы нахождения газов должны быть различны, так как почвы и глины являются местом своеобразных химических, главным образом биохимических, реакций, тогда как рыхлые породы (россыпи, пески и т.п.) представляют химически более инертную среду. К сожалению, нам известен, и то лишь в туманных, общих чертах, состав газов только почв и глин.

Состав и свойства *почвенного воздуха* резко отличаются от обычного воздуха атмосферы. Эти различия вызываются: 1) явлениями абсорбции, 2) химическими процессами, идущими в почвах при участии почвенных вод, и 3) жизнедеятельностью организмов, главным образом микроорганизмов.

Разделить влияние этих причин мы не умеем. Явления абсорбции газов, по-видимому, общие всем рыхлым продуктам, хотя не исключена возможность и здесь большого влияния некоторых химических веществ, собранных в почвах. В почвах, несомненно, идут разнообразные реакции поглощения газов химическим путем. Эти реакции отчасти должны подчиняться законам окклюзии газов, например, когда они вызываются коллоидальными свойствами входящих в состав почв веществ и когда поглощение кислорода и азота в почве происходит за счет гумусовых веществ или гидратов окиси железа (эти последние поглощают азот). Поглощение азота гидратами окиси железа может быть связано с тем, что азотобактерии особенно развиваются в присутствии коллоидальных гидратов окиси железа и гуматов натрия¹. С другой стороны, в некоторых почвах происходят чисто химические реакции обычного характера, связанные с поглощением газов, например окисление соединений закиси железа и марганца, лишь иногда зависящие от жизнедеятельности организмов. Наконец, все без исключения многочисленные биохимические реакции в почвах связаны с газовым обменом, т.е. с изменением почвенного воздуха.

Все эти разнообразные процессы в конце концов создают особую газовую среду почв, отличную от газов атмосферы, так называемый *почвенный воздух*.

Состав почвенного воздуха² был впервые точно установлен в 1824 г. Буссенго, который указал на значительные колебания, какие он испытывает в разных почвах. В почвенном воздухе, по наблюдениям Буссенго и Леви³, количество углекислоты колеблется от 0,74 до 9,74%, кислорода – от 10,35 до 20,03%, азота – от 78,8 до 80,24%. Из этих чисел ясно, что количество азота остается мало изменяющимся по сравнению с азотом атмосферы; главное изменение идет за счет кислорода, который замещается углекислотой. В общем, наблюдения Буссенго были подтверждены дальнейшими работами, которые собрали довольно много эмпирического материала⁴.

¹ Pražmovski, 1912, с. 924.

² Mitscherlich, 1905, с. 222 и сл. (литература случайная); Döbrich u. Reichardt, 1868, с. 181.

³ Boussingault et Lewy, 1853, с. 11 и сл.

⁴ T. Schloesing, 1891, с. 375 и сл.

К сожалению, этот материал научно мало ценен; им очень трудно пользоваться с точки зрения химической истории земной коры, так как анализы почвенного воздуха не приурочены к естественным видам почв. Почвенный воздух большинства естественных почв (например, чернозема) неизвестен. А между тем теоретически ясно, что почвенный воздух чернозема, латерита, подзола, болотистых почв не может быть одинаков, как неодинаковы идущие в этих почвах химические процессы. Здесь сейчас открывается перед нами огромная область, ожидающая исследователя.

Эти исследования нужны особенно потому, что в почвах мы имеем, по-видимому, своеобразные аппараты, задерживающие газы, поднимающиеся из глубин, и регулирующие их вхождение в атмосферу, причем весь процесс меняется в разных почвах и в разных климатических местностях земной поверхности.

Помимо таких изменений общего характера, в почвах несомненно происходят колебания в их газовой части и в зависимости от более частных причин. Так, несомненно, количество кислорода уменьшается при усиливающихся химических процессах в почве, вызываемых культурой, например при унавоживании. Немногие опыты Лидова и Фокина дали для почв под Харьковом резкое различие в газах парниковой почвы и «естественной», ближе не определенной почвы. Во второй количество CO_2 колебалось в апреле и мае от 0,1 до 2%, а кислорода – от 13,4 до 20,9%. Парниковая почва содержала 35% CO_2 и 1,4% O. Числа эти не совпадают с результатами Буссенго и Шлезинга; вопрос настоятельно требует исследования¹. Количество кислорода не может быть одинаковым в разные времена года или в сухие и влажные периоды. В Индии в сухое, жаркое время в почвах 16–18% O, во влажное, холодное 8–12%. В почве рисовых полей меньше 1% O и 84,2% N^2 .

В общем, почвенный воздух, дающий на 100 г почвы в среднем 20–50 см³ газа, всегда богат угольной кислотой и азотом и относительно беден кислородом, который постоянно поглощается во время идущих в почве процессов. На 100 объемов свободного воздуха почв содержится 0,25 CO_2 и 20,6 O_2 . Можно в почве различить две атмосферы: 1) заполняющую поры, богатую CO_2 , в которой отношение O : N равно отношению их в атмосфере, и 2) поглощенную, трудно выделяемую, бедную или лишенную кислорода, состоящую из $\text{CO}_2 + \text{N}$, в конечном результате из CO_2 . В ней до 99,3% CO_2 от 0 до 15,1% O и от 0,7 до 84,8% N^3 . Точно так же и количество аргона в почвенном воздухе меньше атмосферного⁴.

348. Не менее резко исчезновение кислорода в аналогичных почвам образованиях, покрывающих дно водных бассейнов, – в естественных глинах. Однако, как мы знаем, характер химических реакций здесь иной; здесь идут энергичные восстановительные реакции, возможные лишь в отсутствии свободного кислорода. Немногочисленные прямые определения газов глин вполне подтверждают этот вывод.

¹ Лидов, 1907, с. 215–216.

² Leather, 1915, с. 85.

³ F. Russell a. A. Appleyard, (1915) 1920, с. 1–44; Albert, 1910, с. 332.

⁴ T. Schloesing, 1895, с. 525.

В *грязях рек* газы собираются в большем количестве в иле вблизи берегов, может быть, в связи с движением водяной струи. Наблюдения Жерардена для ила Сены совсем не дали кислорода (главным образом наблюдались в нем углеводороды); Спитта¹ для Шпре наблюдал иногда в иле дна небольшие количества кислорода, доходившие до 3,29%, иногда его не было и следа. Эти газы богаты углеводородами, иногда СО.

В *озерных грязях* Боденского озера, по Гоппе-Зейлеру², содержится до 54,4% N и временами совсем нет кислорода.

Судя по указанным раньше колебаниям в составе газов морей у их дна (§ 334), состав газов *морских грязей* морей и океанов должен резко отличаться от состава газов морской воды. На это указывают и химические процессы, идущие на морском дне, например выделение самородной серы (§ 259), образование соединений закиси железа и т.д.

Своеобразный тип грязей представляют грязевые почвы, почвы, заливаемые водой, как, например, почвы рисовых полей. В этих почвах не только наблюдаются газы, в них собранные и растворенные в воде, но эти газы собираются и выделяются в атмосферу. Эти газы были изучены на полях Южной Индии и состоят они или из метановых испарений (15–75% CH_4), или из азотных (10–95% N); кроме того, они содержат O, CO_2 , H_2 . Замечено изменение газов в зависимости от употребления зеленого удобрения. В природных заливаемых почвах рисовых полей преобладает метан с меньшим количеством N и некоторым количеством CO_2 и H_2 . В удобренных почвах количество N увеличивается, CH_4 уменьшается, H_2 почти исчезает. Количество кислорода колеблется от 0 до 3,4% газовой смеси³.

На поверхности почвы состав газов иной, чем в самой почве. Благодаря топкому слою водорослей образуется слой, постоянно выделяющий *кислород*, и газы, испаряющиеся с поверхности почвы, состоят только из азота и кислорода. Этот тонкий слой, обогащенный кислородом, имеет большое значение для жизни растений. В тонкой поверхностной пленке мы имеем *кислородное испарение*, так как кислород является в ней главной составной частью. Кислород пленки окисляет CH_4 и H_2 почвы, превращая их в H_2O и CO_2 . Он растворяется в воде и, обтекая корни растений, эта вода, проникающая в почвы, играет крупную роль. (Любопытно, что мы имеем здесь слой, обогащенный кислородом, аналогично поверхности океанов, — см. § 332.) По Гаррисону и Субраманиа Айер: «Эти почвы покрыты тонким слоем воды, которая находится в постоянном движении, и, будучи в соприкосновении с воздухом, благодаря этому почти всегда насыщена кислородом такого же парциального давления, как воздух атмосферы. Этот слой воды служит переносчиком кислорода к поверхности почвы, и приток его к последней нисколько не уменьшается».

349. Процесс исчезновения кислорода, заметный уже в почвах, все более усиливается по мере перехода от почвы в *подпочву*. Здесь мы выходим уже из пределов прямого воздействия биохимических процессов, идущих в почвах или грязях, и переходим в область химических процессов рыхлых осадочных пород.

¹ Spitta, 1900, с. 279.

² Hoppe-Soyler, 1886, с. 209.

³ Harrison a. Subramania Aiyer, 1913, с. 65, 88; 1914, с. 14.

К сожалению, у нас нет прямых определений газов осадочных пород, взятых с значительных глубин и не бывших в соприкосновении с атмосферой. Для подпочвы с небольшой глубины заметно уменьшение кислорода; так, например, по опытам Флекка, на глубине 6 м подпочвенный воздух содержит всего 15% кислорода. Фодор на глубине 4 м наблюдал его всего 17,3%¹. Это уменьшение, очевидно, уже не связано прямо и непосредственно с жизнедеятельностью организмов; подобно тому, как мы наблюдали это для источников (§ 340), оно связано с химическими процессами, поглощающими кислород.

Очевидно, тот же процесс должен идти дальше, при углублении в осадочную оболочку земной коры. На известной глубине в *осадочных породах* воздух должен состоять только из *азота*; кислород должен совсем сойти на нет.

Существование такой нижней границы свободного кислорода – кислородной поверхности земной коры (§ 14) – было обнаружено давно; очень ярко высказал эту мысль Гоппе-Зейлер². Существование такой границы может быть доказано изучением химических и биохимических реакций земной коры, характером артезианских вод и вод источников; но, конечно, были бы желательны новые прямые определения газов осадочных пород³.

Мы имеем такие определения только для измененных осадочных пород. Более глубинные метаморфизованные осадочные и обломочные породы, кварциты, песчаники, сланцы, гнейсы были исследованы на газы Чемберленом; они давали обычно небольшие количества газов, в том числе и азот, который составляет иногда до 42% всех газов в кварцитах и песчаниках. Кислорода они никогда не заключают⁴.

Происхождение этого азота различное. С одной стороны, он должен находиться в обломочных и осадочных породах уже потому, что они образуются из пород массивных или магматических.

Но, помимо этого, азот может попадать в них и иным путем – при новообразовании минералов в осадочных породах в атмосферной среде. Такой азот находится, например, в видных глазу *пóрах* каменной соли. В газах каменной соли из Тис в окрестностях Мидлсбро в Англии находится 1,3% кислорода, 97,5% азота и 1,2% аргона⁵; но кислород мог попасть случайно, при взятии пробы, из воздуха. В каменной соли Румынии на 1 кг соли выделяется от 0,14 до 110,86 см³ газа. Этот газ иногда состоит почти целиком из азота (до 92,18%), иногда в нем преобладают углеводороды (причем количество азота колеблется от 5,05 до 29,9%). Кислород присутствует всегда (0,6–18,7%). Характерно отсутствие углекислоты и аргона. Такой химический состав заставляет отбросить предположение о происхождении этого газа из воздуха или газов воды и искать химического объяснения, например, образования этих газов разложением микроорганизмов⁶.

Но осадочные породы получают газы и чисто физическим путем. В рыхлой стадии своего существования они играют роль *поглотителей и собирателей*.

¹ См. *Soyka*, 1887, с. 69; *T. Schloesing*, 1891.

² *Hoppe-Seyler*, 1881, с. 25.

³ Старые определения для глин неизвестных местностей дают 13,3–17,1% O – см. *Döhrich u. Reichardt*, 1868, с. 196 и сл.

⁴ *R. Chamberlin*, 1908, с. 24–25.

⁵ *Bedson a. Shaw*, 1895, с. 48.

⁶ *Gostachescu*, 1906, с. 3 и сл.

Вокруг их отдельных зернышек и частиц образуется своя газовая атмосфера, по-видимому и по составу отличная от окружающего воздуха. Ни механика, ни закономерности этого процесса не являются для нас ясными, но он должен играть видную роль в земной коре¹. Собираемые осадочными породами газы – разного происхождения: они попадают из атмосферы, образуются при химических процессах, идут снизу, из земных глубин. При метаморфизации осадочных пород часть этих окклюдированных газов ими удерживается.

350. Гораздо большее значение в общем газовом обмене земной коры, чем газы льда, гидрометеоров или рыхлых и осадочных горных пород, имеют газовые скопления и сгущения, может быть, твердые растворы других, более распространенных и обычных пород литосферы – пород массивных и метаморфических.

Нахождение газов *в порах минералов и горных пород* было впервые указано в первой четверти XIX столетия Брюстером и Дэви, но обратило на себя внимание и получило значение только в конце XIX – начале XX века². Первые указания на химический состав этих газов были сделаны уже Дэви и позже Зиммлером (в 1858 г.), который определил нахождение в порах пород углекислоты. Кажется, указания на возможность нахождения в них простых газов воздуха, именно азота, уже данные Дэви, были вновь сделаны, однако только в 1881 г., Райтом³, который нашел 1,67% N в газах кварца из Бранчвилла, в Коннектикуте.

Все определения, какие с тех пор были сделаны, – а их много, так как изучение выделяемых газов получило большое значение в вопросах вулканизма и радиоактивности, – возбуждают большие сомнения с методологической точки зрения. Газы определяются путем извлечения их в безвоздушном пространстве при значительном *нагревании* порошков пород. Можно было думать поэтому, что газы, при этом выделяемые, являются следствием происходящих в породах при нагревании химических реакций, а не находятся, как таковые, в свободном состоянии (в растворе⁴ или в порах) в породе. Любопытные и разнообразные опыты в этом направлении, сделанные Готье⁵ и Чемберленом⁶, доказывают с несомненностью существование таких реакций. Более новые и важные опыты Брена отнюдь этому не противоречат. Поэтому должно считаться сейчас несомненным, что анализ таких газов не дает нам простого представления о тех газах, которые находятся в естественном состоянии в горной породе.

Однако было бы неправильно, с другой стороны, считать все газы, получаемые при таких исследованиях, за продукты химических реакций, вызываемых исследователем. Это не может иметь, например, места по отношению к благородным газам воздуха. Ибо мы не знаем ни одного химического соеди-

¹ Одна из немногих работ о влиянии песка на поглощение газов – *Spring*, 1903, с. 25 и сл. О газах (частично об азотных струях) в месторождениях калиевых солей см. *Scheerer*, 1911, с. 204 и сл.

² См. исторический очерк у *R. Chamberlin*, 1908, с. 3 и сл.; *Pamfil et Baume*, 1912, с. 497 и сл.

³ *A. Wright*, 1881, с. 215–216.

⁴ Темное явление «окклюзии» газов в данном случае может быть неотделимо от твердого раствора.

⁵ *Gautier*, 1906.

⁶ *R. Chamberlin*, 1908, с. 40–41, 60.

нения для аргона, неона, криптона, ксенона. Предполагать поэтому их выделение при помощи распада их неизвестных пока природных соединений, благодаря нагреванию содержащей их породы,— крайне рискованно; к тому же способность этих благородных газов давать химические соединения при каких бы то ни было условиях крайне сомнительна. А между тем выделение при нагревании пород и минералов некоторых других газов, например азота, ничем не отличается от условий выделения благородных газов. И как раз для азота не известны соединения в породах массивных и метаморфических; для объяснения его выделения из этих горных пород приходится принимать существование в них гипотетических азотистых тел¹, не открываемых в данных породах никакими нам доступными средствами и нередко не полученных искусственно². Поэтому для всех этих газов приходится допустить нахождение их в литосфере в виде каких-то твердых растворов, из которых они выделяются только при высокой температуре³.

351. Для элементарных газов воздуха, находимых этим путем в породах, наиболее характерным является полное отсутствие среди них кислорода и присутствие только небольших количеств азота. Можно думать, следовательно, что мы имеем здесь дело с источником азота, прямо не зависящим от атмосферы.

Этот азот найден в самых разнообразных породах и в разном количестве. Так, например, по Тилдену⁴, разнообразные породы выделяют при нагревании в безвоздушном пространстве от 1 до 18 объемов газа на 1 объем породы. В этом газе преобладает водород или углекислота, но он содержит некоторое количество азота, например:

Гранит из Скай	5,13%
Габбро из Лизарда	1,90 »
Гнейс из Серингпатама	0,56 »
Базальт из Антрима	1,61 »

В общем, другие определения подтверждают эти числа⁵.

Азот находится не только в массивных плутонических породах. Он чрезвычайно легко выделяется из пород вулканических⁶. При этом можно заметить, что в этих породах он собирается в различном количестве в разных минералах; так, например, в новейших третичных андезитовых туфах Красных гор в Аризоне он составляет 4% общей массы газов и 5,71% газов пироксенов, выделенных из тех же туфов⁷.

¹ *Gautier*, 1906, с. 363 и сл. Готье допускает нахождение и аргонистых тел в горных породах, что, с его точки зрения, логически правильно.

² Опыты Чемберлена (*R. Chamberlin*, 1908, с. 56) для азота, выделяемого из кварца, показывают, что полученное число сильно превышает то количество азота, которое выделилось бы разложением теоретически допустимых включений в кварце азотистых металлов (железа). Ср. *Вернадский*, 1912 (1), с. 159.

³ Неудачные опыты выделения газов из пород при низкой температуре см. *R. Chamberlin*, 1908, с. 40—41.

⁴ *Tilden*, 1897, с. 455.

⁵ *Ansdell a. Dewar*, 1886; *Gautier*, 1901 (2), с. 404 и сл.; 1906; *R. Chamberlin*, 1908; *Brun*, 1911.

⁶ *Brun*, 1911.

⁷ *Attwood*, 1906, с. 140. Анализ Т. Чемберлена.

352. К сожалению, мы имеем очень мало точных наблюдений о распространении в породах литосферы *благородных газов*. Определения, сделанные в газах каменной соли (§ 349), дают отношение *аргона* к азоту, которое находится в пределах отношения их в воздухе. Можно поэтому думать, что здесь они произошли из воздуха.

Однако в других случаях аргон не может быть сведен к воздуху. Так, благородные газы в минералах и породах глубин земной коры, например собирающиеся в пегматитовых жилах или в плутонических породах, должны быть иного происхождения.

Резко бросается в глаза, что аргона и благородных газов воздуха здесь мало. Нельзя не отметить при этом резкого отличия между гелием, с одной стороны, и аргоном (и другими благородными газами воздуха) – с другой стороны. Гелий скопляется в этих минералах очень часто, и нередко в значительных количествах (§ 388). Благородные же газы воздуха в них, по сравнению с гелием, редки. Так, в заметных измеримых количествах аргон до сих пор был констатирован только в малаконе из Гиттерё в Норвегии¹, в окиси циркония из Бразилии. Но и здесь более тщательные исследования указали, что его значительно менее гелия².

В других содержащих гелий минералах (§ 389) аргон был сперва пропущен и найден в ничтожных следах лишь при улучшенных методах исследования³. Аргон не мог быть найден в богатых гелием (содержащих также CO₂ и Н) циркелитах⁴.

Ничтожные следы *криптона* найдены в клевете⁵; но попытка найти его в фергюсоните оказалась неудачной⁶.

353. Газы, выделяющиеся при нагревании пород и особенно при их плавлении, иногда отвечают тем газам, какие выделяются из магм. Особенно породы по возрасту молодые, только что застывшие или не успевшие сильно измениться под влиянием окружающих их условий, легко при нагревании выделяют магматические газы. Можно объяснить это явление тем, что эти породы сохраняют еще неизменными те вещества, которые при температуре плавления породы переходят в газообразное состояние. Поэтому при расплавлении такой породы получается сплав, взрывающийся при определенной температуре, выделяющий газы под огромным давлением. Этот сплав отвечает *магмам*. Изучая его газы, мы можем выяснить, какие газы должны выделяться в магматических процессах Земли, и, поскольку можем проверить, мы действительно наблюдаем в вулканических извержениях именно эти газы⁷.

То, что мы воспроизводим в лаборатории, в огромных размерах совершается в природе. Образуемые этим путем газы выделяются во время или в связи с вулканическими извержениями – в виде вулканических газовых струй.

¹ Ramsay a. Travers, 1896, с. 444.

² Определения Антропова (1908, с. 5) для окиси циркония и для малакона. Kitchen a. Winterson (1906, с. 1570) дали больше аргона, чем гелия. Стрётт получил обратный результат. Проверка Хогли (Hogley, 1909, с. 674) подтвердила заключение Стрётта.

³ Ramsay, 1898 (2), с. 3113.

⁴ Blake a. Smith, 1913, с. 314.

⁵ Travers, Senter a. Jaquero, 1903, с. 174.

⁶ Hogley, 1909, с. 677.

⁷ Brun, 1911, с. 54 и сл., 137 и сл., Gautier, 1906, с. 332 и сл.

Их количество меняется во времени, и изменчиво их значение в истории земной коры. Сейчас нам известно их несколько сотен¹.

Как уже было указано, характерным их свойством является *отсутствие кислорода*. В них находится Н, СО₂, углеводороды, Cl и т.д., но обычно нет свободного кислорода. Тот кислород, который иногда указывается при анализах, по-видимому, является результатом вторичных реакций, идущих уже на земной поверхности, неизбежно происходящих в сложном явлении вулканических извержений².

Из газов воздуха постоянно наблюдаются в магматических газах *азот и благородные газы*.

Несомненно, выделение их во время вулканических извержений играет огромную роль в истории земной коры. Каждое вулканическое извержение доставляет в земную атмосферу из земных глубин большие количества азота и аргона. В сухих фумаролах Ривьер-Бланш во время извержения Мон-Пеле на о-ве Мартинике 30 августа 1902 г. выделялись газы, состоящие из 54,9% N и 0,7% Ar³. В фумаролах последнего извержения Везувия обычно было 35–40% N и около 0,5% благородных газов⁴. Азот обычен и в сольфатарах Исландии (0,5–1,8%)⁵. В фумаролах Папандаяна на Яве наблюдалось 31–51% N⁶. Благородные газы в вулканических извержениях могут быть или поверхностного происхождения или их отношение к азоту неизменно с космических времен, так как количество аргона в инертных газах то же, что и в атмосфере.

¹ Ср. Вернадский, 1912 (1), с. 146.

² Некоторые исследователи совершенно не признают выделения кислорода в вулканических процессах: Gautier, 1908, с. 333; Brun, 1911. Брэн, исходя из явно восстановительного характера магмы, склонен совершенно отрицать присутствие кислорода в газах вулканического извержения и объяснять его нахождение ошибками анализа или собирания материала для анализа. Однако едва ли это всегда так. Во время вулканических процессов должны быть случаи, когда может образоваться свободный кислород, например, во время подводных извержений, когда с лавой соприкасаются огромные количества воды. Так, во время санторинского извержения 1867 г. газ, собранный 7 марта этого года, дал Фуке при анализе:

СО ₂	0,22 %
О	21,11 »
N	21,90 »
H	56,70 »
CH ₄	0,07 »

Кислород в этом случае мог произойти разложением морской воды при высокой температуре. С другой стороны, во время вулканического извержения реакции могут идти в обе стороны. Несомненно, происходящие реакции окисления, поглощения кислорода (§ 366) могут заменяться обратными реакциями – восстановления, выделения кислорода. О кислороде в газе вулканов см. Fouquier, 1879, с. 226 и сл. Нельзя не отметить, что в некоторых газах, связанных с вулканическими процессами, кислорода наблюдается относительно больше, чем в воздухе. Так, например, газ пещеры в Руайа (во Франции), лежащей в пуццоланах, под базальтом, содержит 25,38–25,69% СО₂, 18,46–20,13% О и 54,18–56,16% N. Однако здесь содержание кислорода по отношению к азоту отвечает характеру этих газов в воде, а не в воздухе, т.е. газы получаются как бы из испарения водных растворов (E. Finot, 1876, с. 135). Это явление, очевидно, вторичное – кислород выделился при испарении воды, бывшей в соприкосновении с атмосферой.

³ Moissan, 1902, с. 1087.

⁴ Gautier, 1909 (2), с. 1713 и сл.

⁵ Bunsen, 1851 (1), с. 245; Reyer, 1888, с. 127.

⁶ Brun, 1911, с. 224.

Для фумарол Катмаи на Аляске отношение $\left(\frac{\text{Ar}}{\text{Ar} + \text{N}}\right)$ колеблется от 0,0109–0,0155, в среднем 0,0125. В атмосфере 0,0118. Надо думать, что эти тела попадают в вулканическую лаву не из водных растворов, но в газообразном состоянии.

Азот дает в условиях лавы соединения (поглощается) и в таком случае отношение $\text{Ar} : \text{N}$ должно быть в вулканических газах больше, чем в атмосфере. На это как будто указывают наблюдения Шеферда в Килауэа и Мауна-Лоа¹. В вулканах отношения $\text{Ar} : \text{N}$ сильно колеблются. Аргон определен в фумаролах Везувия², Гваделупы (0,6–0,8 объемн. % всех газов)³, Сольфатары⁴ и т.д. В газах борных соффиони Лардерелло (Тоскана) находятся гелий и аргон, но не найден Ne, Kr или Xe⁵.

354. Точно не известно, откуда выделяется азот магм, однако все указывает на то, что он непосредственно не связан с азотом воздуха, а так или иначе приходит из более глубоких слоев земной коры⁶. Он может там находиться или в свободном состоянии, или входить в состав различных соединений.

Как мы видели (§ 350), в порых или твердом растворе в массивных породах нет больших количеств свободного азота. Поэтому для объяснения выделения азота при вулканических извержениях были выдвинуты другие теории: согласно одной, азот образуется распадением при высокой температуре азотистых металлов⁷, может быть, азотистого железа, присутствие которых, однако, в породе ни разу не было доказано⁸. Согласно другой, азот является продуктом распада азотистого кремния⁹, существование которого в породах так же мало доказано, как и существование тяжелых азотистых металлов¹⁰. Однако эти две гипотезы не единственные. Возможно выделение азота при распадении алюмосиликатов, содержащих в своем составе аммоний, или проникновение газообразного азота, в свободном состоянии из земных недр, из частей нашей планеты, лежащих ниже земной коры¹¹.

Как бы то ни было, мы стоим здесь пока перед такой же загадкой, какая была уже указана (§ 340) по отношению к азоту глубоких источников.

Нельзя не обратить внимания еще на одно явление, связанное с вулканическими газами. Часть азота выделяется в виде летучего соединения— NH_3 . По мнению Брёна, свободный азот может являться вторичным продуктом

¹ Shepherd, 1919; 1920: Allen, 1922, с. 30; Allen a. Ziess, 1923, с. 128 и сл.

² Nasini, Anderlini e Salvadori, 1900, с. 189.

³ Moissan, 1904, с. 936.

⁴ Nasini, Anderlini e Salvadori, 1898 (1), с. 1371.

⁵ Porlezza e Norsi, 1913, с. 118.

⁶ Бунзен (Bunsen, 1847, с. 8) считал азот исландских вулканов и гейзеров связанным или с воздухом или с органическими веществами, падающими в магму при соприкосновении ее с верхними слоями земной коры. Атмосферное происхождение значительной части газов горячих источников Исландии допускает и Торкельсон (Torkelson, 1910, с. 72, 76).

⁷ Gautier, 1901 (2), с. 412.

⁸ Нахождение азотистого железа на Этне или в метеоритах, очевидно, никаким доказательством их нахождения в массивных или метаморфических породах служить не может.

⁹ Brun, 1905, с. 13; 1911, с. 156–157; Gautier, 1906, с. 350.

¹⁰ Брён назвал это тело мариньякитом. Однако доказательства существования такого соединения, им приводимые, очень недостаточны.

¹¹ Вернадский, 1912 (1), с. 158.

распадения этого первоначально образовавшегося соединения. Факты сейчас не дают никаких указаний для проверки этой гипотезы, так как количество свободного и связанного азота, выделяющегося при вулканических извержениях или при аналогичных им лабораторных опытах, не измерено¹.

355. Очевидно, выделение азота, связанное с магмами, происходит не только во время вулканических извержений, оно должно идти в земной коре непрерывно. Ибо такой азот должен постоянно проникать в земную атмосферу из нижних частей земной коры, где находятся расплавленные силикатовые магмы. Частью он будет при этом выходить в водных растворах (§ 340), но частью должен выделяться вверх в газообразном состоянии.

И действительно, мы имеем множество указаний на постоянное проникновение из земных глубин в земную атмосферу свободного азота в самых различных участках земной коры. В большом количестве он подымается из земных глубин на земную поверхность в виде газовых струй, выходящих нередко под большим давлением.

Иногда весьма ясна связь такого азота с вулканическими процессами. Например, это можно думать в отношении некоторых жильных месторождений, генетически связанных с изверженными породами. Так, в месторождениях теллуристого золота в Крипл-Крик в Колорадо, отчасти, по-видимому, связанных с диатремами, в рудниках выделялось много газа, состоявшего главным образом из азота, с 20% углекислоты и небольшим количеством кислорода. Газы выделялись на значительной площади и шли из глубины².

Точно так же почти несомненно в тесной связи с магматическими породами находятся выделения углекислоты в вулканических местностях. В этой угольной кислоте обычно содержится некоторое количество азота³. Углекислые газовые струи, сопровождающие горячие источники (соффиони) Тосканы, всегда содержат азот в количестве 1,9–2,9%⁴.

Помимо азота, в них находится до 0,03% аргона⁵. В знаменитой Собачьей пещере около Неаполя, в Перджине в Тоскане и в других аналогичных местах выхода углекислых струй в земной коре также найдены вместе с CO₂ следы аргона⁶.

356. В других случаях газовых струй связь азота с вулканическими или магматическими процессами неясна и, может быть, отсутствует. Таковы почти все случаи газовых струй, которые выходят среди осадочных или метаморфических пород.

¹ Возможность выделения азота распадением аммиака заслуживает серьезного внимания и, может быть, объясняет некоторые случаи его выделения, например, при нагревании мусковитов и т.п. Чистые мусковиты и рипидолиты, по опытам Брёна, дают газы, содержащие до 6–13% N (см. *Brun*, 1911, с. 283). Очевидно, здесь не может быть и речи об азотистых металлах. Очень вероятно, что аммоний вместе со щелочными металлами входит в состав алюмосиликатов. При их нагревании в безвоздушном пространстве он может улетать, как улетают из слюды Li, Cs, Rb, K, и давать или NH₃, или при его распадении N. При обычном анализе алюмосиликатов аммоний не должен открываться. О такой гипотезе происхождения аммония и азота см. *Вернадский*, 1912 (1), с. 159.

² *Lindgren a. Ransome*, 1905, с. 97–98.

³ *Fouqué*, 1879, с. 214.

⁴ *Fouqué et Gorceix*, 1869, с. 947.

⁵ *Nasini, Anderlini e Salvadori*, 4898 (2), с. 110.

⁶ *Nasini, Anderlini e Salvadori*, 1900, с. 190.

Очень возможно, что азот и таких струй целиком или в значительной части связан, в конце концов, с магматическими процессами, но доказать это мы не можем, ибо в осадочные и метаморфические породы легко может проникать и другой азот, образующийся на земной поверхности во время химических процессов, идущих при низкой температуре или при низком давлении. Мы увидим, что реакции такого рода очень обычны и очень разнообразны (§ 361).

По своему свойству газы, находящиеся в одной и той же местности, хотя бы и разного происхождения, будут собираться вместе. Поэтому в газовых областях всегда будут совместно находиться газы самого различного происхождения.

В тех случаях, когда они выходят наружу, образуются газовые струи, совершенно аналогичные тем струям, какие связаны с магмами.

Среди таких газовых струй, по их вероятной связи с глубинными процессами, на первое место должны быть поставлены газовые выделения *грязевых сопок*. Это характерный пример периодических газовых струй¹.

Газы сопки по своему химическому составу различны. В большинстве преобладают среди них углеводороды (метановые струи), но есть азотные, водородные и углекислые струи. К последним относятся, например, выделения так называемых *салинелль* около Патерно в Сицилии. В газах этих сопки количество кислорода колеблется от 0,1 до 2,8%, а азота от 3,0 до 17,5%². Макалубы Сицилии дают метановые струи и содержат 0,4–0,6% кислорода и 0,5–3,8% азота; количество азота доходит в них иногда до 46,5%³, но здесь весьма вероятна примесь атмосферного азота. Метановые струи обычны для сопки Кавказа, Крыма, Тамани. Для них работы Харичкова дают большие количества азота, который колеблется от 4 до 53% всех газовых выделений; количество кислорода доходит в них до 5,4%⁴. В газах сопки Румынии (метановых струях) количество азота колеблется от 3,51 до 26,61%, а кислорода – от 1,45 до 3,28%⁵ и т.д. Азотные струи наблюдаются в сопках реже и, по-видимому, существуют в них лишь временно; впервые они были указаны в 1801 г. Гумбольдтом⁶ в сопках Турбако. Уже в 1850 г. эти сопки давали горючий газ, богатый водородом (метановую или водородную струю) (§ 379).

Сопки не являются случайным явлением в истории земной коры. Они известны в настоящее время в числе нескольких сотен, выделяют газы непрерывно, служат одним из важнейших выходов газовых струй в земной коре. Поэтому их изучение имеет, с этой точки зрения, огромное значение. К сожалению, химия грязевых сопки остается нам очень неясной.

357. Тектонические газовые струи, не связанные с сопками, можно разбить на три типа, в зависимости от химических свойств главного выделяющегося газа, – мы имеем здесь азотные, углекислые и метановые струи. Все они тесно

¹ Вернадский, 1912 (1), с. 146.

² Silvestri, 1867, с. 283 (до 4,7% N); Sartorius v. Waltershausen u. Lasaulx, 1880, с. 535–536. Анализы Фуке, Сильвестри и Сент-Клер Девиля.

³ Silvestri, 1867, с. 288–289; Fouqué, 1865, с. 422.

⁴ Краснов, 1904, с. 42; Харичков, 1904, с. 56; 1911, с. 235. Старые определения Шмидта давали гораздо меньше азота – до 2,1%.

⁵ Costachescu, 1906, с. 47.

⁶ Humboldt, 1858, с. 259, 502. О возможности аналогичного случая в Тамани см. там же, с. 260.

связаны с тектоническими нарушениями земных пластов; они обычно сосредоточены около осей антиклиналей. К сожалению, газы земной коры изучены мало, и мы не можем сейчас иметь ясное представление о распространении каждого типа газовых струй, об их генезисе и их значении в истории земной коры. Однако о значении этого процесса¹ можно судить уже по тому, что есть отдельные газовые струи, дающие в день до 83 000 м³ газа (например, около Питсбурга). Метановые струи около Кишарамаш в Семиградье дают в день 36 000 м³ и даже больше, и т.д.². Тектонические струи идут под давлением, достигающим 50 и больше атмосфер, по крайней мере в буровых скважинах.

В первом типе, в *азотных струях*, азот является главной составной частью, в других он составляет небольшую примесь. Газы азотных струй очень похожи на газы глубоких источников (§ 340) и, может быть, генетически с ними связаны. Таковы, например, газовые струи Канзаса и прилежащих мест Миссури и Индейской территории, выходящие в палеозойских слоях. Газ в Декстере содержит 71,89% N, 15,02% метана, небольшие количества O, H, Ar и He (§ 393)³, не включает CO₂. Газ в Канзасе содержит гелий и неон. В нефтяных газах был указан неон⁴.

В Кубанской обл., в Псекупских минеральных водах, мы имеем дело с азотными струями:

№ 1, Александровский источник	781,35 см ³ N на 1000 см ³
№ 3, Мариинский источник	901,78 » N » 1000 »
Источник близ утеса	661,86 » N » 1000 »

Азот определялся по разности⁵.

Любопытна газовая струя в Британской Колумбии, на о-ве Пендер, в проливе Джорджиа, выходящая с глубины 335 м (2,83 м³ в минуту). По анализу Макинтоша и Джонса, она содержит 94% N, 6% CO₂ и следы O⁶.

Некоторые анализы дают для азота и метана числа, почти равные. Мы имеем как бы *азотно-метановые струи*. Таковы, например, недавно открытые газовые струи *Новоузенского у. Самарской губ.*⁷ Анализ этих газов делался К. Шнейдером дважды, в 1906 и 1908 гг., и дал в общем для азота неизменные результаты (40,45–40,83% N)⁸. По частному указанию проф. Досса, кислород, наблюдаемый при анализах, мог происходить от способа взятия пробы: она сохранялась над некипяченой водой. Другой анализ, сделанный в Харькове под руководством проф. Лидова инженером А. Крамаренко, совсем не дал кислорода и дал 43,5–43,6% азота⁹. Однако числа эти требуют проверки и, может быть, большое количество азота получено благодаря недостаточной осторожности при взятии проб для анализов¹⁰.

¹ Ср. Вернадский, 1912 (1), с. 147.

² С. Papp, 1910, с. 409; Böhm, 1911, с. 66 и сл.

³ Haworth a. Mac Farland, 1905, с. 191; Cady a. Mac Farland, 1908, с. 64.

⁴ Dewar, 1904, с. 5, 12.

⁵ Штокман, 1885, с. 41 и сл.

⁶ R. Johnston, 1915, с. 168.

⁷ Досс, 1908 (1), с. 214; 1911, с. 136; П. Мельников, 1910, с. 489. Досс считает эти струи связанными с жизнедеятельностью организмов.

⁸ Досс, 1911, с. 136.

⁹ Крамаренко, 1909, с. 4.

¹⁰ То же надо сказать и о богатых азотом газах сопок (§ 356).

В Астраханской губ., около оз. Сакрыл, в нижнем течении Большого Узенья, была встречена газовая струя, состоящая из метана и азота¹.

В Ставрополе газоносными являются пески нижнего сармата и верхних горизонтов спаниодонтового яруса². Струя газа–метано-азотная, содержащая 35,4% по весу метана в 33,6% азота, 1,4% O³. Газоносная область довольно обширная.

Другой тип представляют гораздо более обычные *метановые струи*, большей частью небогатые азотом. Кислорода в этих случаях мало, иногда, однако, его больше, чем азота. В среднем в метановых струях Северной Америки количество азота составляет 3,4–3,8%, а кислорода⁴ 0–0,4%⁵. В Биби-Эйбате и в Балаханах газовые струи этого типа более богаты азотом, количество которого доходит до 11,18–13,17%. Кислорода в них не более 0,5%⁶. Эти струи часто сопровождают нефть и, состоя в главной своей части из метана, по-видимому, генетически с ней связаны. При бурении они нередко являются первым проявлением нефти.

Несомненно, газы здесь проникают в осадочные породы. Они заключены в них под значительным давлением и при бурении или при естественных отдушниках выходят наружу, выделяясь струями нередко в течение десятков, должно быть сотен лет. Такие метановые струи чрезвычайно распространены в земной коре. Можно судить об их количестве, например, по тому, что в Северо-Американских Соединенных Штатах к 1908 г. действовало 18 674 газовых колодца, а в 1907 г. добыто около 11,3 млн м³ газа⁷.

Кроме Северной Америки и Кавказа, огромные скопления таких метановых струй известны в Сичуане в Китае⁸ и в целом ряде других мест⁹. Своеобразная область их распространения наблюдается в Апенниннах. Количество азота в этих струях колеблется от 0,3 до 10,16%¹⁰.

Однако связь с нефтью таких тектонических струй наблюдается далеко не всегда. Они встречаются вместе с нефтью только потому, что нефть собирается в земной коре в областях нарушенной тектоники. В этом случае законы передвижения в земной коре газов и жидкостей идентичны. Случаи тектонических газовых струй, не сопровождающихся нефтью, очень многочисленны. Таковы, например, метановые струи, может быть более чем обычно богатые CO₂, в Голландии, около Нортон; они содержат 6,3% N¹¹. В Юта, на дне бывшего Бонневильского озера, около Солт-Лейк-Сити, с глубины 120–200 м под

¹ «Изв. Геол. ком.», 31, 1912, с. 132. По указанию Н. Тихоновича.

² «Изв. Геол. ком.», 33, 1914 (2), с. 65 – по С. Чарноцкому; Прокопов, 1912.

³ Прокопов, 1914 (2), с. 336.

⁴ Кислород, по-видимому, не происходит от примеси атмосферы, так как образцы брали иногда очень аккуратно, имея в виду эту возможность. См., например, Wurtz, 1870, с. 339.

⁵ H. Ries, 1905, с. 43; Геффер (1908, с. 113) указывает случай с 27,87% N.

⁶ Харичков, 1902, с. 168–171; 1904, с. 54; Гепп, 1908 (1), с. 72; 1908 (2), с. 29. В анализах газов нефтяных буровых скважин количество азота достигает 50% и более. Значительная часть этого азота происходит из воздуха (при отсасывании), на что указывает я большое количество кислорода. Анализы см. Гепп, 1908.

⁷ Hill, 1908, с. 326–330.

⁸ Duclos, 1898, с. 306–307; Junghann, 1911, с. 9.

⁹ J. Roth, 1890, с. 316 и сл.

¹⁰ Fouqué et Gorceix, 1869, с. 946–947.

¹¹ Van Breukelveen, 1896, с. 280.

значительным давлением выходит метановая струя, дающая 19,7% N¹. В России богатая углеводородами газовая струя в Ставрополе содержит 0,8% O и 20% N² и т.д.

В общем метановые струи едва ли дают очень большие количества азота, ибо наиболее обычные струи, очень бедные азотом и кислородом. Так, например, метановые струи Семиградья содержат до 0,4% O и до 1,4% N³, в Вельсе в Австрии наблюдалось 0,6% O и 2,3–3,0% N и т.д. Не исключена возможность при этом, что в анализах с большим содержанием азота часть азота попала из воздуха.

Последний тип, бедных азотом струй, образуют *углекислые струи*. Как мы уже видели (§ 355), такие струи, связанные с вулканическими местностями, содержат, кроме углекислоты, азот и аргон. Но углекислые струи, не связанные явно с вулканическими процессами, тоже содержат азот и аргон, например газовая струя углекислоты, выходящая в каменноугольных копях Рошбель, содержит 1,14% азота и аргона⁴.

В углекислой струе в Нальчикском окр. *Терской обл.*, на склоне Эльбруса, в 100 объемах газа содержится 0,107 N⁵.

358. Во всех рассмотренных газовых струях, вероятно, значительная часть азота имела происхождение, связанное с химическими реакциями глубин земной коры.

Но мы находим многочисленные случаи выделения азота, образовавшегося в коре выветривания. Частью азот здесь является результатом химических реакций – распада азотистых тел, частью, так или иначе, в конце концов происходит из воздуха. К сожалению, мы де всегда можем точно выяснить его происхождение.

В газах, сопровождающих *медленное распадение органических остатков*, всегда находят азот. В частности, и азот и кислород находятся во взрывчатых *каменноугольных газах*. Эти каменноугольные газы представляют *метановые струи* и *метановые испарения*. В каменноугольных залежах эти газы состоят из CH₄ и CO₂, а в буроугольных в них находится еще до 3% CO⁶. Количество азота в них колеблется по объему от 0,3 до 30%, а количество кислорода – от 0 до 2,6%⁷. Азот этих газов всегда заключает примесь аргона, составляющего в них по объему 1,09–3,28%⁸. Азот испарений и струй в каменноугольных месторождениях происходит не из атмосферы и не из каменных углей, а попадает в них снизу и носит тот же характер, как азот источников, и т.д. Это видно по сопровождающим его элементам. В каменноугольных газах вместе

¹ Richardson, 1905, с. 481.

² Стопневич, 1911, оттиск, с. 3.

³ C. Papp, 1910, с. 403.

⁴ T. Schloesing, 1897, с. 32.

⁵ К. Шмидт, см. А б и х, 1865, с. 40; 1873–1874, с. 310.

⁶ Kolbe, 1873, с. 79. Опыты Цитовича. Анализ каменноугольных газов Донецкого бассейна см. Курнаков, 1893, с. 442.

⁷ T. Schloesing, 1897, с. 14, 25. Le Chatelier, Le grisou, с. 8 (литература). Очень вероятно, что в чистых газах, взятых без доступа воздуха, кислорода совсем нет – Moureu et Lepape, 1911 (2), с. 848. В таких газах и азота значительно меньше. Газы из каменных углей, выделенные в пустоте при нагревании до 100°, дали разным исследователям очень колеблющиеся цифры, может быть связанные с недостатками метода. Количество азота колеблется в пределах 1,1–62,8%, а кислорода 0–2,2%. См. данные и литературу у F. Clarke, 1911 (1), с. 724–725.

⁸ T. Schloesing, 1897, с. 35.

с азотом всегда находятся He, Ar, Ne, Kr и Xe, но их процентное соотношение не отвечает атмосферному азоту¹. N в каменноугольных газах гораздо менее He; им можно пренебречь; точно так же собирающиеся вместе с аргоном ксенон и криптон являются ничтожными долями по сравнению с аргоном². Любопытно, что отношение к аргону более тяжелых газов здесь меньше, чем для той же смеси газов источников. Может быть, эти более тяжелые редкие газы как-нибудь поглощаются угольными пластами³. К тому же и отношение N : Ar не отвечает их отношению в современной атмосфере⁴, но найти при этом какую-нибудь правильность не удалось.

Газы донецких углей (суффляры) содержат 0–1,80% O, 0,71–9,25% N (возд.), 0,23–4,95% N (избыточного)⁵. Кислород захвачен из воздуха.

Наблюдения Мурё и Лепепа над пятью образцами каменноугольных газов (три – естественные струи, два – получены буровыми скважинами) дали следующий состав (в. %):

	Естественные струи	Буровые
N	2,41–1,85	1,81–0,32
CO ₂	2,8–0,2	0–сл.
O	0–сл.	0
CH ₄ и другие горючие	95,1–97,9	98,2–99,6
He и сл. Ne	0,013–0,044	0,0003–0,050
Ar и сл. Kr, Xe	0,021–0,040	0,003–0,0367

Количество таким образом выделяемых газов колеблется в зависимости от характера выделения каменноугольных газов: очень интенсивного, но непродолжительного. В год две естественные струи дали аргона:

Анзен (деп. Нор)	2,190 м ³
Франкенгольд (Палатина)	2,555 »

Кислород, находимый в следах в каменноугольных газах, вероятно, происходит от случайного попадания воздуха во время взятия проб.

Для изученных пяти газов наблюдались следующие отношения⁶:

		Естественные струи		Буровые	
$\frac{Ar}{N}$	каменноуг. газ.:	$\frac{Ar}{N}$	возд.	0,85–1,38	0,82–1,72
$\frac{Kr}{Ar}$	»	$\frac{Kr}{Ar}$	»	1,0–1,4	0,5–1,3
$\frac{Xe}{Ar}$	»	$\frac{Xe}{Ar}$	»	1,1–1,2	0,3–2,1

¹ *Moureu et Lepape*, 1911 (2), с. 848; 1914 (2), с. 239 и сл.; *Moureu*, 1913, с. 145 и сл.

² *Moureu et Lepape*, 1914 (1), с. 406–413, 423, 429 и сл. Для газов Эльзас-Лотарингии см. *Moureu et Lepape*, 1920.

³ *Moureu et Lepape*, 1911 (2), с. 1044.

⁴ *T. Schloesing*, 1897, с. 36 и сл.; *Moureu et Lepape*, 1911 (2), с. 1044.

⁵ Черницын, 1914, с. 226.

⁶ *Moureu et Lepape*, 1914 (1), с. 423.

Здесь наблюдаются большие колебания, чем в отношениях этих же газов в источниках (см. § 341).

Аналогичные газы выделяются в *болотистых местностях*. Уже Берцелиус¹, анализируя такие газы в Парла, в Восточной Готландии, нашел, что они состоят главным образом из азота. В таких выделениях количество азота сильно колеблется. Так, газ, выделявшийся в пруду в Марбурге и образовавшийся благодаря гниению органических веществ на его дне, давал от 0,1 до 5,4% кислорода и 18–49,4% азота, причем эти колебания находились в связи с временем года. Этот газ состоял большей частью из углеводов². В газе, выделяющемся временами в дилювиальных слоях Эстляндской губ., например, в Риге, находилось всего 4,7% N (преобладали углеводороды)³. Генезис этих газов связан с гниением органических тел, но азот мог произойти и из воздуха, бывшего в тканях организмов, или из воздуха, бывшего в тех породах, в которых организмы разлагались.

В газах торфяников количество азота очень велико (53,7 %), кислорода нет⁴. Определений мало.

Лигниты выделяют на 1 г до 1,5 см³ газа. Азота в них мало, редко до 16,2%, кислорода или нет или до 0,3%⁵.

359. От этих струй, когда газы выходят под давлением, должны быть отделены такие, когда образующиеся газы не скопляются, а образовавшись, быстро растворяются в окружающей атмосфере, образуют *газовые испарения*.

Газовые испарения чрезвычайно характерны и для кислорода и для азота и являются главными механизмами тех равновесий, какие установились для этих газов на земной поверхности. По-видимому, количество их, находящееся в испарениях, будет превышать то, которое собирается в газовые струи.

Для *кислорода* мы должны различить два разных типа испарений: 1) испарения, связанные с органической жизнью, и 2) испарения, связанные с чисто химическими процессами земной коры.

Кислородные испарения хлорофиллоносной растительности, механизм которых был изучен в первой половине XIX века, играют огромную роль на земной поверхности. Количества кислорода, выделяемые растениями, регулируют органическую жизнь земной поверхности и обуславливают связанный с этим круговой процесс его истории (§ 368).

Кислород выделяется нередко в виде пузырей среди водорослей, развивающихся в водоемах – озерах, прудах и т.п. Мы имеем здесь своеобразную форму чистых газовых *кислородных пузырьков*. Водоросль *Enteromorpha* в Южной России в солонцеватых водах имеет вид кишки, которая плавает на поверхности, так как полость ее наполнена кислородом⁶.

В озерах и реках очень часто такие пузыри кислорода дают *Oscillatoria* и другие водоросли⁷.

¹ Berzelius, 1834 (2), с. 184.

² Bunsen, 1851 (2), с. 251.

³ Досс, 1908 (2), с. 51.

⁴ Websky, 1864, стр. 76.

⁵ J. Thomas, 1877, с. 146 и сл.

⁶ Талиев, 1917, с. 235.

⁷ Воронков, 1913 (1), с. 235.

Аналогично появление больших пузырей чистого кислорода, не исчезающих и ночью и особенно при солнечном освещении, под прозрачным льдом свежезамерзших водоемов¹.

Мы видели значение этого процесса и в других случаях, например, в составе газов замкнутых водных бассейнов, озер или прудов (§ 337).

360. Но не меньшее значение имеет *испарение кислорода*, идущее как следствие химических процессов.

К сожалению, имеющиеся у нас доказательства подобного рода явлений суть доказательства косвенного характера, и вопрос этот не обратил на себя достаточного внимания исследователей. Выделения кислорода, медленно идущие, неизбежно должны происходить во время *процессов метаморфизации*, когда минералы, находившиеся на земной поверхности, при геологических процессах, связанных с движениями земной коры, попадают в земные глубины.

Точно измерить его значение мы не можем; но мы можем получить о нем ясное представление, если обратим внимание на те химические элементы, которые неизбежно в области метаморфических или магматических пород дают более бедные кислородом соединения или не дают их вовсе в резком противоречии с их богатыми кислородом соединениями в коре выветривания.

Очевидно, в тех случаях, когда поверхностные соединения этих элементов попадают в более глубокие части земной коры, они разрушаются; при их распадении должен выделяться кислород. Может быть, этот кислород мы видим в тех небольших его количествах, какие дают нам анализы газовых источников или газовых струй (§ 353).

Таковыми элементами будут те же, соединения которых поглощают кислород на земной поверхности.

Таковы: As, Bi, Br, C, Cu, Cd, Fe, H, Hg, J, Mn, Mo, N, Ni, Pd, S, Se, Sb, Te, V, Zn.

Оставляя в стороне редкие и не играющие видной роли в процессах земной коры химические элементы (Bi, Br, Cd, Hg, J, Pd, Se, Te), мы среди остальных встречаем такие тела, как H, C, Fe, которые отнюдь не могут быть оставлены в стороне при балансе химических процессов земной коры.

Самый распространенный из них — железо — дает в метаморфических областях земной коры преимущественно соединения *закиси*, каковы карбонаты, силикаты, алюмосиликаты (хлориты, биотиты и т.п.), даже ферраты. Богатые окисью железа тела земной поверхности — лимониты, феррисиликаты различного характера и т.д. — исчезают почти во всех случаях метаморфизма.

Метаморфические процессы в земной коре могут идти различным путем; частью они являются следствием контакта (например, переход лимонита в магнетит), частью связаны с давлением, когда вследствие геологических перемещений минерал из одной термодинамической оболочки земной коры попадает в другую. И в том и в другом случае идет образование закисных соединений железа, а соединениях окисные распадаются.

Конечно, выделяемый при этом кислород часто быстро поглощается и идет на другие реакции, точно так же, впрочем, как поглощается кислород,

¹ Либих, 1870, с. 23.

выделяемый хлорофиллоносными растениями. В природе здесь мы имеем дело с явлением установившегося равновесия (§ 367).

Тем не менее в целом процесс метаморфизма несомненно связан с выделением кислорода, как процесс выветривания с его поглощением¹. Равновесно в обоих процессах может считаться достигнутым лишь в общих чертах для всей земной коры и может не существовать для отдельной местности. Некоторое время свободный кислород может всегда держаться в форме газового испарения или водного раствора.

361. Для азота явления газового испарения выражены не менее резко, чем для кислорода. И здесь мы имеем те же два процесса: 1) испарение, связанное с биохимическими процессами, и 2) испарение чисто химического характера.

Первую форму выделения азота представляет разложение его кислородных соединений деятельностью денитрифицирующих бактерий, впервые указанное в 1867 г. А. Смитом и независимо от него вновь найденное в 1868 г. Шлэзингом. Эти бактерии разлагают в конце концов до свободного азота азотнокислые и азотистокислые соли, находящиеся в почвах, глинах и других поверхностных частях литосферы. Химический процесс, при этом происходящий, очень сложен; он меняется для разных организмов (вызывающих его бактерий известно много видов) и находится в зависимости от условий среды², и сам процесс еще не ясен; неясно, является ли выделение азота результатом биохимического процесса или же результатом действия веществ, выделенных бактериями, на азотистые и азотные соли³. Но в конце концов, в результате его, в земной жизни образуется постоянное, хотя и медленное, испарение азота из поверхностной пленки земной коры. Мы уже давно привыкли и в других областях земных процессов придавать первенствующее значение суммированию мелких причин в течение долгих промежутков времени и большому количеству вызывающих их агентов. Так и здесь выделение азота бактериями является необходимым регулятором его круговорота в земной коре, связанного с его окислением жизнедеятельностью азотобактерии и других организмов, захватывающих свободный азот. Его нельзя оставлять без внимания, хотя в отдельных случаях количества азота, так получаемого, минимальны.

Денитрифицирующие бактерии живут не только в твердых или полужидких субстратах литосферы. Огромные количества их собираются на поверхности вод, как пресных, так и океанских, но роль денитрифицирующих бактерий в океанах не так велика, так как морская вода бедна исходными для них соединениями – нитратами и нитритами⁴.

В планктоне Немецкого моря, Атлантического океана и т.д. развиты денитрифицирующие бактерии, описанные впервые Бауром, – *Bacterium lobatum* и *Bacterium actinopelte*. Дальнейшие исследования прибавили к ним другие организмы и еще резче оттенили их значение. Денитрифицирующих бактерий больше в тропической части Атлантического океана, чем в умеренной:

¹ О кислороде в метаморфических слоях см. *Daubeny*. *Encycl. Metrop.*, pt. 40.

² *Beijerinck*, 1910, с. 30 и сл.

³ *А. Лебедев*, 1916.

⁴ *Murray a. Hjort*, 1912, с. 369–370.

в связи с этим там меньше планктона¹. В водах южнополярных частей океана (поверхностных и глубинных) очень мало денитрифицирующих бактерий². По-видимому, и здесь эти организмы находятся в равновесии с поглотителями азота (§ 364), хотя некоторые исследователи (например, Брандт) пытаются объяснить относительную бедность органической жизни тропических морей мощным развитием этих бактерий³.

Возможно, что и при гниении органических веществ, как на поверхности Земли, так и под водой, под влиянием тех же бактерий происходит медленное выделение свободного азота, но вопрос этот не может считаться выясненным⁴.

Очень возможно, что в морской воде не происходит образования газообразного азота под влиянием денитрифицирующих бактерий, так как азот выделяется лишь при затрудненном притоке кислорода⁵.

В последнее время начинает выясняться еще один процесс выделения свободного азота, связанный с жизнедеятельностью бактерий, рассеянных на поверхности земной коры, — бактерий, окисляющих свободный водород (§ 385).

362. Испарение азота в связи с идущими на земной поверхности химическими реакциями, не связанными с организмами, является совершенно неизученным.

Однако несомненно в природе должны происходить такие разложения аммиачных соединений азота. Так, аммиак, находящийся в воздухе, должен распадаться на азот и водород под влиянием тихого электрического разряда⁶. При чисто химических процессах нитрификации в почвах — при образовании в ней NH_4NO_2 или распадении селитры без участия организмов — тоже должен выделяться свободный азот⁷.

Очень возможно, что дальнейшие исследования раскроют нам картину гораздо большего значения этого рода явлений.

В областях магматической и, может быть, метаморфической выделяющийся оттуда азот, может быть, обязан своим происхождением тоже химическим, пока не известным реакциям.

¹ Drew, 1914.

² Gazert, 1909, с. 121.

³ E. Baur, 1902, с. 20 и сл.; Brandt, 1902, с. 46 и сл.; 1904, с. 388. Обзор более старой литературы у Lemmermann, 1900. Ср. Kruse, 1910, с. 606 и сл. О денитрифицирующих бактериях в придонной воде, на глубине 4358 м, см. Gräff, 1909, с. 66. Об их нахождении в Черном море — Исаченко, 1909, с. 161. См. также Исаченко и Ростовцев, 1911. Об их нахождении в Балтийском море — Парландт, 1911. Об их нахождении в морской воде см. сводку и критику у Исаченко, 1914, с. 104 и сл. Гипотеза Брандта о бедности ими около полярных стран неверна — Исаченко, 1914, с. 141 и сл. О денитрифицирующих бактериях в прибрежных морях и около берегов см. Gran, 1901; 1903.

⁴ Указывавшееся нередко выделение свободного азота при процессах гниения или гнилостного брожения, вероятно, объясняется ошибками наблюдения, а может быть, связано с деятельностью денитрифицирующих бактерий. См. Омелянский, 1909, с. 211; Kruse, 1910, с. 502, 560.

⁵ Исаченко, 1914, с. 141.

⁶ M. Berthelot 1877 (1), с. 70; A. Hofmann, 1890, с. 3318.

⁷ Вопрос о выделении свободного азота при обычных процессах нитрификации неясен. Но несомненно, в почве иногда азот выделяется при этом в свободном состоянии. См. P. Ehrenberg, 1907, с. 141. Эренберг как раз не придает этому процессу большого значения.

363. Изменение азота. Свободный азот, постоянно проникающий в земную кору из глубоких слоев литосферы, несомненно, количественно не увеличивается и не накапливается в земной коре. Вполне выяснить связанные с этим процессы мы не умеем, так как не знаем исходных соединений азота, однако очевидно – такое равновесие может происходить только тогда, когда азот на земной поверхности входит в соединения, изменяется¹. Возможно, однако, что он постепенно уходит в глубокие слои атмосферы, не изменяясь, что существует как бы циркуляция свободного азота в недрах и на поверхности нашей планеты.

На основании постоянства отношения редких газов к азоту в естественных источниках Мурё² предполагает, что большая часть азота всегда была в свободном состоянии. Другими словами, химические реакции синтеза и распада находятся в равновесии.

Оставляя в стороне эту возможность и обращаясь к точным фактам, мы видим, что для свободного азота в коре выветривания известны сейчас три типа химического изменения: 1) образование соединений аммиачного типа, 2) образование сложных соединений в организмах и 3) образование кислородных соединений.

Реакции первого типа очень мало изучены. Однако они должны идти в природе, хотя бы потому, что аммиак образуется при всяком окислении свободного азота в присутствии воды³. В природе эти условия существуют всегда. Следовательно, при всяком природном окислении свободного азота должен образовываться аммиак, и этим, может быть, отчасти объясняется нахождение следов аммиака в разнообразных продуктах коры выветривания.

Помимо этого, аммиачные тела должны образовываться из азота и другим путем. Так, азот может давать аммиак с водородом, находящимся в воздухе, при тихом электрическом разряде. Есть ряд низших организмов, живущих в почве, которые тоже переводят газообразный азот в аммиачные соединения⁴ (ср. § 366). Все эти переходы связаны с одновременным окислением азота – образуются азотнокислые или азотистокислые соли аммония.

364. Другое изменение азота – образование сложных органических соединений в клеточках организмов из свободного азота – долгое время отрицалось. Кажется впервые в 1800 г. Отто⁵ высказал мысль, что азот, проникающий растения и образующий в их органах как бы особую атмосферу, не является инертным телом, а служит одним из источников питания, идет на образование азотистых соединений организмов. Как известно, идея непосредственной утилизации растениями атмосферного азота долгое время не была принята в науке, несмотря на целый ряд косвенных указаний на ее правильность. Только после опытов Гельригеля и Вильфарта (1886–1888) было, наконец, доказано, что атмосферный азот поглощается некоторыми бактериями, находящимися в симбиозе с высшими, бобовыми, растениями⁶.

¹ Ср. Вернадский, 1912 (1), с. 157.

² Moureu, 1913, с. 144.

³ Hébert, 1904, с. 547 и сл.

⁴ Müntz et Coudon, 1893, с. 395.

⁵ См. Fraas, 1852, с. 211.

⁶ См. литературу и исторический очерк вопроса у Rossi, 1907, с. 289 и сл. О фиксации азота см. Омелянский, 1913.

Таким образом, иногда поглощенный растениями азот идет на строение живого вещества. Если даже в высших растительных организмах процесс этот приурочен только к бобовым, то и в таком случае он должен играть заметную роль в экономии земной атмосферы. Ибо бобовые являются одним из самых больших естественных семейств растений, включают свыше 7000 видов и распространены всюду на земном шаре¹; их представители входят во всякую флору.

Но тот же процесс усвоения атмосферного азота происходит еще в гораздо больших размерах благодаря жизнедеятельности других растений, бактерий и иных аналогичных организмов². Такой способностью обладают, по-видимому, очень разнообразные низшие организмы, довольно различного морфологического характера. Среди них мы имеем как анаэробные, так и аэробные организмы. Первый *анаэробный* фиксатор азота – бактерии *Clostridium Pasteurianum* – был найден в 1893 г. С. Виноградским³ в почвах Петербурга, а через восемь лет Бейеринк⁴ открыл аэробные бактерии – азотобактерии. Близкие к *Clostridium* или идентичные с ней формы были позже найдены в почвах и на листе в Западной Европе, позже в Америке и в других странах; по-видимому, они тоже являются чрезвычайно распространенными организмами⁵.

Аэробные бактерии – азотобактерии – широко распространены на поверхности суши, в богатых известью почвах Европы и Америки⁶. Есть указания на их увеличение в паровых землях, в нашем климате⁷. Торфяные земли бедны азотобактером⁸. Он найден на поверхности выветрелых известняков⁹.

По наблюдениям В. Омелянского и М. Солунсковой (1913, с. 433 и сл., 441, 448), азотобактер и клостридий чрезвычайно распространены в почвах Европейской и Азиатской России. Как исключение, не удавалось найти азотобактеров в песках Киргизской степи. Содержание азотобактеров понижается в летние месяцы сравнительно с весенними¹⁰.

Азотобактерии и клостридии не являются единственными организмами, связывающими азот. Имеются многочисленные указания на множество других бактерий, грибов и водорослей, обладающих той же способностью. Наибольшее значение из них имеют, по-видимому, плесневые грибы, особенно в болотных почвах, весной на черноземе и т.д.¹¹; для них впервые эта способность была доказана Пуриевичем. Многочисленные сапрофиты, например столь обычная *Bacterium megatherium*, тоже слабо связывают азот. Этот процесс, несмотря на его количественную незначительность, не может быть

¹ Taubert, 1891, с. 72. О клубеньках бобовых см. Макринов, 1915.

² См. сводку у J. Vogel, 1905, с. 33 и сл.; Heinze, 1906, с. 645 и сл.; Краинский, 1911.

³ С. Виноградский, 1893, с. 1385; 1895, с. 298 и сл.

⁴ Beijerinck, 1901, с. 561.

⁵ Hasselhoff u. Bredermann, 1906, с. 383, 392.

⁶ H. Christensen, 1907, с. 382; Stoklasa, 1908, с. 484 (литература); Краинский, 1911, с. 49 (литература), 107 (Южная Россия). О поглощении азота зелеными клетками водорослей см. еще: Jamieson, 1905–1911; Mamellie-Pollacci, 1911, с. 159; Moore, 1921, с. 101, 124.

⁷ Краинский, 1911, с. 149.

⁸ H. Christensen, 1907, с. 109; Feilitzen, 1910; Stoklasa, 1908, с. 484; Омелянский и Солунскова, 1913, с. 454.

⁹ Behrens, 1904.

¹⁰ Löhms, 1905. Об азотобактере в почвах Колорадо см. Sackett, 1912, с. 81.

¹¹ Краинский, 1911, с. 39, 131.

оставлен без внимания, так как производящие его организмы чрезвычайно распространены¹.

365. Все эти связывающие азот организмы развиты не только на суше. Они живут в морской² и пресной³ воде. Находятся азотобактерии в водах Северного Ледовитого океана⁴ – у берегов Мурмана, Новой Земли, на о-ве Кильдин. Они найдены в планктоне пресных вод умеренного климата и тропиков (Ява). Они живут в морской грязи; сильно развиты в морском планктоне; так, например, они найдены Кейтнером в планктоне Северного моря, Атлантического и Индийского океанов, причем преимущественно собираются в плавающих в море водорослях. Их широкое распространение в морях было подтверждено позднейшими работами.

Едва ли можно отрицать⁵ важную роль этих бактерий для обмена газов в морях и океанах. Этому не противоречит и сильное, одновременное с ними, развитие в той же среде денитрифицирующих бактерий. Между теми и другими организмами должно устанавливаться равновесие, регулирующее круговорот азота⁶.

По-видимому, на юге азотобактер заменяется другими организмами⁷.

366. Гораздо менее изучены процессы изменения азота, поставленные нами на третьем месте, – реакции *непосредственного окисления азота*, главным образом соединение его с кислородом воздуха.

Процессы этого рода очень многочисленны, разнообразны, причем они ведут к образованию азотнокислых и азотистокислых солей аммония. Так, по Шёнбейну⁸, эти соли постоянно образуются при всяком нагревании воды или водяных паров в присутствии азота. Азотистокислый аммоний образуется в присутствии воды, при действии на азот тихих электрических разрядов⁹. Целый ряд исследователей¹⁰ подтвердил наблюдение Бенс Джонса¹¹ об образовании в воздухе NH_4NO_2 из азота при окислении разнообразных органических веществ. По исчислению Вертело¹², при сгорании 1 млн т горючего образуется из азота воздуха около 100 т азотной кислоты и аммиачной селитры. Все это реакции, которые хотя и мало интенсивно, но постоянно должны происходить в природе.

Еще чаще, чем азотистая кислота, образуется в природных условиях *азотная кислота* из самородного азота. Уже Кавендиш в 1785 г. нашел, что

¹ Пуриевич, 1895, с. 342; Омелянский, 1909, с. 247; J. Vogel, 1905, с. 174 и сл.

² Benescke и. Keutner, 1903; Keutner, 1904, с. 27; Keding, 1905, с. 275. Нитрозо- и нитробактерии не найдены в южных полярных морях – Gazert, 1909.

³ Уже Бейоринк (Beijerinck, 1901) – для азотобактерий. Reincke, 1903, с. 481 – симбиоз азотобактерий с *Volvox globator*.

⁴ Исаченко. 1914, с. 71 и сл.

⁵ См. Reincke, 1903, с. 372, 482; 1904, с. 100. Возражения у Brandt, 1904, с. 401.

⁶ О равновесии между азотобактериями и денитрифицирующими бактериями в почве см. Fischer, 1906, с. 143.

⁷ Исаченко, 1914, с. 85. Ср. Kruyff, 1910, с. 54; Drew, 1911.

⁸ Schönbein, 1862, с. 7.

⁹ M. Bethelot, 1877 (2), с. 338. Бертелло первый доказал в 1885 г., что почва поглощает азот биохимически (G. Andrée, 1921, с. 125). См. Losanitsch u. Jovitschitsch, 1897, с. 135.

¹⁰ См. литературу у Schlenck, 1907, с. 266.

¹¹ Jones, 1851, с. 409.

¹² M. Bertherlot, 1900 (1), с. 1345.

азот всегда отчасти соединяется с кислородом в азотную кислоту при пропускании через воздух электрической искры¹. Как известно, аналогичным путем сейчас получают в большом количестве селитру из воздуха. По-видимому, и некоторые реакции окисления, идущие в природе, должны вызывать одновременно соединение азота и кислорода в окружающем их воздухе в азотную кислоту².

Все эти реакции, может быть, идут не непосредственно с кислородом и азотом, но связаны с физическим изменением этих газов. Ибо они идут в тех условиях, когда образуются химически деятельные состояния газов: *озон* – O_3 (§ 398) и *активный азот* – N_2 (§ 320).

В углях при обыкновенной температуре происходит переход азота в α - и β -моноцианы, которые дают океаны OCN ³.

Все такие реакции, неизменно идущие в тех или иных местах земной коры без перерыва, несмотря на свою незначительность в каждом отдельном случае, в общем, в течение долгих лет земной истории, должны выводить значительные количества азота из свободного состояния.

367. Итак, в земной коре идут реакции: двоякого рода: с одной стороны, выделение свободного азота и, во-вторых, переход его в новые соединения.

Происходит или нет в конце концов постепенное накопление или уменьшение этого газа в земной коре?

Определенно ответить на этот вопрос мы не можем, но нельзя не отметить, что в некоторых случаях мы имеем ясно выраженные реакции кругового характера: азота столько же выделяется, сколько и входит в соединения, причем регулирующие оба эти процесса явления явно находятся в равновесии.

Главным регулятором является органическая жизнь, ибо кислородные соединения азота служат одним из главнейших питательных веществ организмов. Поэтому при их увеличении в какой-нибудь среде увеличивается органическая жизнь, при их уменьшении – уменьшается. Впитывая азотнокислые соединения, организмы переводят их в сложные тела, которые в конце концов на земной поверхности разлагаются до свободного азота. Таков тот азот, который выделяется во многих поверхностных газовых струях, например, каменноугольных газах (§ 358). Свободный азот такого же происхождения выделяется нередко непосредственно в виде испарений – разложением нитратов и нитритов денитрифицирующих бактерий (§ 361).

Так или иначе азот, выделенный организмами или с их помощью, вступает вновь в кислородные или аммиачные соединения для того, чтобы затем опять выделиться в свободном состоянии.

На это указывает уже отсутствие в земной коре скоплений кислородных соединений азота, например нитратов, хотя они постоянно повсюду образуются. На всем земном шаре мы знаем только одно их значительное месторождение, в Южной Америке; в нем заключаются миллионы тонн азота; однако залежи этих нитратов новейшего возраста; они быстро исчезают, даже если бы человек и не участвовал в их разрушении⁴. Наконец, азот в свободном состоянии может уходить в земное ядро и из него выделяться (§ 350, 354).

¹ *Cavendish*, 1785, с. 372; 1788, с. 261.

² См. литературу таких окислений у *Schlenck*, 1907, с. 292.

³ *Лидов*, 1916.

⁴ О круговороте азота см. *A. Schloesing*, 1885 (литература); *Brandt*, 1904, с. 387; *Braun*, 1907, с. 265; *J. Johnstone*, 1908, с. 273 и сл.; *Вернадский*, 1912 (1), с. 157.

368. Изменение кислорода. Процессы изменения свободного кислорода, переходы его в соединения должны идти еще более энергично, чем аналогичные превращения химически более инертного газа – азота. Само нахождение в земной коре свободного кислорода может быть объяснено только чрезвычайно резким обилием этого элемента в валовом составе земной коры.

Кислород не только расходуется в огромных количествах на органическую жизнь; он обуславливает почти все химические процессы, идущие в коре выветривания. При этом подобно тому, что мы это видели для азота, мы можем различить реакции его изменения двоякого типа – чисто химические и биохимические.

Обращаясь к реакциям первого рода, можно отметить ряд элементов, соединения которых являются поглотителями кислорода, т.е. в коре выветривания они дают вторичные соединения, более богатые кислородом, чем их первичные минералы, выделившиеся в магмах или в глубоких участках земной коры. Это будут: Fe, V, C, As, Sb, Си, Hg, Zn, Br, Cd, Mn, Mo, S, Se, Ni, N, Go, Pd, Te, Bi, H, J.

Для учета значения этого процесса можно оставить в стороне из этих 22 элементов такие, кислородные соединения которых по своей редкости совершенно не играют роли в истории земной коры. Это будут Hg, Br, Cd, Se, Pd, Te, J, может быть Bi. Остается все же 14 химических элементов, которые будут поглощать заметные количества кислорода в той или иной форме, когда соединения их попадут на земную поверхность, в область свободного кислорода. Это поглощение кислорода часто не идет за счет атмосферного кислорода, но является следствием сложных химических реакций и связано главным образом с действием газовых водных растворов – воды, насыщенной кислородом (§ 330, 338). Этим вызывается отсутствие кислорода в газах глубоких источников (§ 340). Но есть реакции и прямого поглощения кислорода воздуха, например, колчеданами или каменными углями¹.

Масштаб происходящих при этом процессов огромен. Можно вычислить, например, что железо, переходя в окисные соединения, должно было бы поглотить не меньше 68% кислорода, находящегося ныне в атмосфере, ибо отношение $\text{FeO} : \text{Fe}_2\text{O}_3$ для пород массивных и кристаллических равно 1,34, а для осадочных оно равно всего 0,57².

На эти явления обратил внимание уже в 1845 г. Эбельмен³, который нашел, что если бы Fe_2O_3 осадочных пород получила свой кислород из атмосферы, то количество такого поглощенного кислорода было бы больше или равнялось количеству кислорода атмосферы. Едва ли меньшие количества кислорода идут на окисление углеводородов, углей и других соединений углерода, связанных и не связанных в своем происхождении с организмами⁴. Все сульфаты являются исключительно вторичными соединениями и образуются в связи с поглощением кислорода. Существует ряд других аналогичных, едва ли менее значительных процессов (например, изменение природных арсинов).

¹ Для углей см. *R. Chamberlin*, 1909, с. 61; *Медфферт*, 1910, с. 18.

² *C. Smyth*, 1905, с. 322–323. Эти числа могут иметь значение только иллюстрации, так как количество железа в этих породах неодинаково. Другие числа см. у *Van Hise*, 1904, с. 950 и сл.

³ *Ebelmen*, 1861 (2), с. 49.

⁴ *Van Hise*, 1904, с. 950.

Однако нельзя заключать из существования таких явлений связывания кислорода в коре выветривания о его постепенном уменьшении в атмосфере. Нельзя забывать о ходе в земной коре обратных процессов – выделения кислорода, природных реакций восстановления.

Достаточно сравнить список элементов поглотителей кислорода в земной атмосфере с теми, которые в более глубоких слоях земной коры – в метаморфической ее области – выделяют кислород (§ 360). Эти списки идентичны. Следовательно, мы имеем здесь дело с ясно выраженным круговым процессом.

Процессы выветривания могут идти в широких размерах только вследствие того, что в земной коре постоянно происходят перемещения термодинамических оболочек, что соединения, образовавшиеся в одних термодинамических условиях, попадают в новые условия, в которых они нестойки (§ 14). Ювенильные или выходящие из глубоких слоев источники, тектонические смещения земных слоев, перемещения магм внутри земной коры, испарения и струи газов, вулканические извержения и т.д. – постоянно приносят на земную поверхность огромные количества тел, жадно соединяющихся со свободным кислородом, образовавшихся в его отсутствие. Каждое вулканическое извержение является местом синтеза кислородных соединений серы, железа, углерода, водорода, кремния, алюминия и т.д. и связано с поглощением огромных количеств этого газа из земной атмосферы¹.

И все же количество кислорода в атмосфере не уменьшается, ибо с равной силой идут в земной коре обратные процессы, переводящие стойкие в богатой кислородом среде соединения вниз, в среду, кислородом бедную. В этих новых условиях богатые кислородом соединения распадаются, и это распадение сопровождается выделением кислорода; таковы, например, опускания участков земной коры, области геосинклиналей, уход воды в более глубокие части земной коры, проникновение туда газов. Всякое отложение осадков в более глубоких своих частях связано с восстановительными процессами, например с переходом соединений окиси железа в соединения закиси. Мы имеем дело в природе с не меньшим разнообразием таких восстановительных процессов, чем сколько известно процессов окислительных. В конце концов все эти явления выделения свободного кислорода находятся в равновесии с процессами его поглощения.

369. Изучение биохимических процессов изменения кислорода в земной коре, совершающихся с участием органического мира, приводит к заключению об аналогичном равновесии между процессами окисления и выделения кислорода. Жизнь организмов требует для своего существования постоянно-го притока кислорода. По характеру организации живой материи организмы добывают кислород, где только возможно; они совершают этот процесс с такой интенсивностью, что могли бы быстро исчерпать запас кислорода, если бы он постоянно не возобновлялся. Наблюдения над поглощением кислорода в замкнутых небольших бассейнах (озерах и прудах) доказывают это чрезвычайно ярко (§ 337): в течение ночи количество кислорода, растворенного

¹ Об этих реакциях и связанных с этим выделениях окисленных газов см., например, *Brun*, 1911, с. 142 и сл.

в 1 л воды, может в пруде уменьшиться до 2 см^3 вместо нормальных 22–23¹. Казалось бы, организмы сразу исчерпают весь кислород; но достаточно дня, солнечного света (или даже лунного), чтобы запас его был целиком возобновлен в течение немногих светлых часов. Причина этого была правильно указана еще в 1841 г. Дюма и Буссенго², положившими начало учению о круговороте кислорода, которое было затем развито Берцелиусом, Либихом и давно вошло в научную мысль. Растения днем выделяют избыток кислорода, который затем утилизируется ими или животными организмами. Количество растительных или животных организмов увеличивается или уменьшается в зависимости от его запасов. Таким путем – одновременным развитием растительных и животных органических форм и их количественным соотношением – общий запас кислорода, необходимый для органического мира, механически постоянно возобновляется. Едва ли можно сомневаться, что он в общем остается неизменным постольку, поскольку неизменно количество живой материи в земной коре.

Живое вещество оказывает огромное и разнообразное влияние на обмен кислорода в земной коре не только этим путем. Его влияние проявляется на каждом шагу. Одним из таких частных проявлений является, например, самоочищение рек от загрязнения, восстановление природными процессами нарушенного в них человеком химического равновесия (§ 338). Уже в 1869 г. А. Мюллер указал на то, что это очищение производится жизнедеятельностью организмов. После долгих попыток объяснить это явление иначе вернулись к мысли Мюллера. Низшие растительные организмы, вероятно водоросли, быстро развиваются в загрязненных средах, заключающих посторонние, не могущие существовать в земных условиях органические соединения, например продукты фабрик, заводов, городских поселений. Они быстро переводят эти чуждые земным условиям химические тела в обычные соединения организмов, выделяя свободный кислород, окисляя их, и восстанавливают таким путем нарушенное было равновесие газов³.

Процесс окисления, – по-видимому, очень сложный. Вначале нередко идет поглощение свободного кислорода; когда его не хватает, идет окисление за счет ранее образовавшихся менее стойких соединений, например, серной кислоты, затем CuSO_4 и т.д. (например, в железных шапках). Ср. § 347.

370. Кислород в геологической истории. Общим регулятором всех химических реакций кислорода является, как мы видели, атмосфера. По ее составу можно было бы искать различия между реакциями выделения и реакциями соединения кислорода, если бы между ними не существовало установившегося равновесия.

Атмосфера представляет постоянные отношения между кислородом и азотом только вследствие того, что одинаковые количества кислорода или азота в нее входят и из нее выходят. Эти количества не представляют результата одной какой-нибудь химической реакции, а являются следствием совокупности всех химических реакций земной коры. То или иное изменение в

¹ Zuntz, 1900, с. 312.

² Dumas et Boussingault, 1844.

³ Löw, 1891, с. 261, Pettenkofer, 1891, с. 269; Spitta, 1900, с. 253; Киркор, 1907, с. 79 и сл.; 1911, с. 151 и сл.

отношении О : N атмосферы означало бы нарушение всех веками установившихся циклов химических превращений в земном шаре.

Поэтому такое нарушение мало вероятно до тех пор, пока существует неизменность тех факторов, которые обуславливают комплекс этих реакций. Такими факторами являются: валовой состав земной коры, сколько мы знаем, неизменный, и энергия Солнца. Никаких указаний на их изменение в наблюдаемых процессах мы не видим, а следовательно, и изменение состава воздуха мало вероятно в доступные нашему непосредственному изучению периоды времени.

Существуют, однако, многочисленные предположения об изменчивости этих отношений в большие периоды времени; думают, что состав воздуха в прежние геологические периоды земной истории был иной, чем теперь. Такие теории были развиты главным образом по отношению к CO_2 , но делались попытки найти указания на аналогичные колебания для *кислорода* и даже для азота. Уже в 1831 г. р. Герман указывал на вероятное уменьшение кислорода в атмосфере в истории Земли (1831, с. 387).

Все эти теории, в конце концов, связаны не только с геологическими, но и с космогоническими предположениями и большей частью могут существовать лишь при чрезвычайной схематизации природного процесса¹.

По отношению к кислороду делались оба возможных предположения. Одни полагали, что количество кислорода в геологическое время *уменьшается*. Это указывал, например, Эбельмен². Уже Берцелиус³ обратил внимание на отсутствие в земной коре выделения свободного кислорода помимо жизнедеятельности растений. Но Эбельмен считал такое выделение недостаточным для достижения равновесия. Мульдер, со своей стороны, полагал, что кислород постепенно поглощается благодаря непрерывному сгоранию соединений углерода. Однако все эти взгляды не имеют сейчас серьезного значения, так как нам известны разнообразные процессы выделения кислорода, не связанные с жизнью растений (§ 360), и процессы обратного восстановления углерода из его кислородных соединений (§ 293).

371. Гораздо большее значение приобрели в науке теории обратного характера, связанные с предположением об *увеличении* количества свободного кислорода⁴ в геологические периоды времени. По-видимому, первые теории об увеличении кислорода в геологические эпохи в связи с каменным углем принимал Ю. Либих (1870, с. 17).

С одной стороны, Кёне предположил, что количество углекислоты в земной коре раньше было больше и что первичная атмосфера состояла из углекислоты, азота и небольшого количества паров воды. Образование залежей каменного угля, известняков, разнообразная химическая деятельность организмов привели в конце концов к уменьшению количества углекислоты и к созданию в атмосфере свободного кислорода. Процесс этот продолжается и

¹ См. правильные замечания у F. Clarke, 1908, с. 49.

² Ebelmen, 1861 (2), с. 49 (работа вышла впервые в 1845 г.).

³ Berzelius, 1843, с. 368.

⁴ Koene, 1856. Об оригинальной личности проф. Кёне – см. Phipson, 1893, с. 51. Работы самого Фипсона – в «Chem. News», LXVII – LXX, L., 1893–1894. Они собраны в любопытной во многом его книжке: Phipson, 1901. Ср. далее Kelvin, 1897, с. 461; Stevenson, 1900, с. 312, 399; 1902, с. 435; Geikie, 1903, с. 35; Бекетов, 1908, с. 133 и сл.; Kuntze, 1884.

ныне. Аналогичные идеи позже развивал Фипсон, считавший, что кислород атмосферы создан деятельностью низших анаэробных организмов, причем, по его мнению, одновременно в земной коре увеличивались в геологические периоды нервная сила и кислород. Первичная атмосфера состояла, по Фипсону, из азота. И. Лемберг (1888, с. 630) считал, что первоначальная атмосфера Земли состояла из H_2 , N_2 , хлористых углеродистых соединений. Кислород был соединен с железом.

Другие, как Кельвин или Стевенсон, допускали преобладание в земной атмосфере первоначально водорода, тогда как кислород создан позднее – растительностью. Они исходили в своих построениях из космогонических идей о прошлом Земли и из переноса в историю Земли явлений, наблюдаемых в небесных светилах.

В последние годы, когда увеличилось значение космогонических теорий, связанных с метеоритами, эти теории вызвали к себе еще большее внимание. Стали допускать, что первоначальная атмосфера была аналогична газам, выделяемым из метеоритов, и состояла главным образом из H_2 , CO_2 и CO , в меньшей степени из N_2 и CH_4 ¹. Лишь позже, благодаря химическим реакциям неорганического характера (например, образованию карбидов), в атмосферу стал попадать кислород. Другим видоизменением той же гипотезы является теория о позднейшем образовании атмосферы вследствие потери газов мелкими астероидами и планетами и захвата их большими телами небесных систем, причем очевидно, что улавливались большими телами первоначально лишь легкие газы, которые и должны были играть тогда большую роль. С другой стороны, эти легкие газы, как гелий или водород, должны были особенно легко теряться и, благодаря этому, атмосферы планетных тел, не могущих увеличивать свою газообразную оболочку, должны были обогащаться относительно более тяжелыми газами (§ 316, 318).

Все эти гипотезы можно оставить в стороне при изучении современной химии земной коры. В лучшем случае они касаются космических периодов жизни Земли, когда Земля отнюдь не была похожа на тот земной шар, который служит объектом минералогического исследования.

В точных данных современной минералогии мы не имеем ни одного факта, который указывал бы на такие изменения в составе атмосферы в ее современном состоянии или в научно изученном прошлом – в геологических периодах. Поэтому мы можем считать, что в этих пределах, т.е. в пределах геологических эпох, состав воздуха был неизменен; он был в общих чертах тем, каким мы его наблюдаем ныне.

372. Деятельность человека. Трудно учесть и выразить в ясных образах роль человека по отношению к кислороду воздуха или поверхностных областей литосферы.

Несомненно, в общей экономии природы его работа в этом отношении не выражается какими-нибудь очень определенными, во всяком случае стойкими, результатами: многочисленные и разнообразные нарушения им установившегося равновесия быстро и неуклонно восстанавливаются в механизме природы; очень резко выражается это, например, в восстановлении нарушенного им равновесия в реках (§ 369). Точно так же ничтожны отклонения,

¹ См., например, *Schwarz*, 1910, с. 91 и сл.

вносимые в общий установившийся строй атмосферы изменением состава воздуха больших городов, местечек, рудников, сгоранием топлива. На общих числах состава атмосферы они не отражаются. Все человечество могло бы существовать на Земле сотни тысяч лет, если бы даже поглощаемый им кислород вновь не возобновлялся естественными процессами¹. Влияние его на элементарные газы атмосферы, особенно на кислород, могло бы быть замечено лишь через тысячи лет. Можно поэтому сказать, что изменения, какие человек вносит в состав атмосферы, весьма чувствительные, например для углекислоты, не отражаются заметным образом на кислороде.

373. Может быть, несколько большее значение имеет человек – как и вообще все живое вещество – в круговороте азота, так как количество усвояемых организмами форм азота крайне ограничено, а столь важные для организмов аммиачные и кислородные соединения азота находятся в атмосфере и в почвах в едва количественно измеримых следах.

Одним из характерных проявлений деятельности человека является резкое, все усиливающееся нарушение равновесия в количестве связанного азота, обмена азота между океаном и сушей. В этом отношении человек является одним из самых энергичных геологических агентов. Раньше равновесие это нарушалось только геологическими процессами, связанными с движениями моря и суши, например – скоплением органических остатков около берегов; при этом ветром и деятельностью морских птиц и прибрежных организмов некоторое количество связанного азота постоянно выносилось из морей и вновь поступало в сушу. В геологически новое время человек явился новым фактором в этих процессах. Рыбной ловлей и добычей других морских продуктов человек извлекает из океана огромные количества азота, больше, чем все другие природные агенты, вместе взятые. Можно видеть значение этого процесса на примере Северного моря. Сюда, по исчислению Джонстона², реки ежегодно вносят $390 \cdot 10^7$ кг азота; в виде рыбы и других продуктов человек ежегодно извлекает оттуда не менее десятой части поступающего из суши азота, – возвращая его вновь на сушу.

Конечно, человек берет не газообразный азот, но, изменяя количество связанного азота, он влияет определенным образом и на историю свободного азота в земной коре.

Не менее резкое влияние оказывает он, изменяя характер процессов на суше благодаря развитию и расширению культурного хозяйства, влияя на условия жизни микроорганизмов. Этим путем человек энергично изменяет круговорот азота. Достаточно отметить, например, что черный пар нашего климата является местом энергичного развития поглощающих азот организмов. Мы видели уже, с другой стороны, какое количество кислородных соединений азота получается при сгорании топлива (§ 366).

Однако, наряду с такими процессами связывания азота, человек производит работу и разрушения азотных соединений, выделения его в свободном состоянии. Вероятно, два процесса имеют в этом отношении наибольшее значение: сожжение трупов и топка дровами, соломой, углем. Едва ли можно сомневаться, что эти процессы погашаются с избытком той деятельностью

¹ *Dumas et Boussingault*, 1844, с. 18. До 800 тыс. лет.

² *J. Johnstone*, 1908, с. 291–293.

человека, которая химически связывает азот. При употреблении угля только небольшая часть связанного азота (в виде аммиачных соединений) захватывается человеком. По исчислению Парсонса, $\frac{5}{6}$ связанного азота в 1910 г. были потеряны в виде свободного азота¹.

По-видимому, и в деятельности человека устанавливается равновесие; изменения, им вносимые в историю азота, имеют только *местное*, быстро исчезающее значение,

374. Газы воздуха в струях в России. В *Архангельской губ., в Печорском у.*, на Ухте, в газе, сопровождающем нефть, 0,2% O; в другом анализе 3,8% O – может быть из воздуха².

Многочисленны на Кавказе.

В *Бакинской губ.*, в Сураханах, 0,39–1,41% O, 0,58–4,51% N в метановых струях. В очень многих случаях в газах Биби-Эйбата в связи с нефтью O и N гораздо больше (17–18,2% O, 68,7–80,7% N), что зависит от того, что берут неправильно пробы, попадает воздух.

В *Кубанской обл.*, в метановой струе при бурении содержится 17,55% N³. В метановой струе в Темрюке, на склоне горы Мыски, содержится 0,4% O, 1,5% N⁴.

Терская обл., Владикавказский окр., ключи около Ардонской станицы богаты выделениями газа, которому Штебер приписывает происхождение из гипотетического ледника, погребенного в этой местности. Совершенно фантастическое объяснение. *T* 12–14°C. Бьющие ключи около Ардона и Николаевки выделяют газы в районе 17–23 км². Криница Турчика дает до 10 л газа в сутки (она не из самых богатых газом). В газах спектроскопически найден аргон. В 1000 объемов: 849,1 N, 149,4 O, 1,5 CO₂⁵.

В метановых струях Грозного, связанных с нефтью, 1,2–11,49% N, 0,21–1,4% O¹.

375. Газы в реках и озерах России. Для *Волги* см. о кислороде Ю. Балталон (1913). Годовой минимум у Астрахани – март (4,8 см³ на 1 л). Июль – август – избыток против нормы. С глубиной нет заметных изменений. В разных частях реки – разное. Более богаты быстрые протоки.

376. Судьба благородных газов. Не принимая чисто химических реакций, они не остаются без изменений. Возможно, улетают.

Для неона была попытка объяснить его образование из водорода при низких давлениях⁶.

Водород

377. Водород в литосфере. Водород играет огромную роль в химических процессах земной коры. Однако роль его нам сразу не видна, так как в земной коре газообразный водород быстро исчезает. По-видимому, он принадлежит

¹ Parsons, 1912, с. 31. Ср. Pennock, 1912, с. 172.

² Стопневич, 1917, с. 30; 26; 28–29; 24.

³ Лидов, 1911.

⁴ Эргарт, 1916, с. 1.

⁵ Штебер, 1903, с. 58 и сл.

⁶ Collie a. Patterson, 1913 (1), с. 419; 1913 (2), с. 257; Masson, 1913, с. 233; Collie, Patterson a. Masson, 1914, с. 30; Collie, 1914, с. 554. Против: Strutt, 1914, с. 499; Merton, 1914, с. 549; Egirton, 1915, с. 180.

к числу тел, постоянно образующихся и столь же постоянно переходящих в новые формы соединений, так что количество его, одновременно присутствующее в данный момент в земной коре, относительно невелико.

Водород в земной коре находится: 1) в растворе в воде (в горячих источниках, например в гейзерах), может быть в нефти; 2) в газообразном состоянии (в газовых струях, в сгущениях и испарениях) и 3) может быть в каких-нибудь формах твердых растворов.

Несомненно, водород выделяется в газообразном состоянии при всяком вулканическом извержении. Нахождение свободного водорода было указано для Этны еще в XVIII столетии Доломье¹, но эти старинные указания, повторявшиеся многими исследователями, возбуждают сомнения, ибо обычно водород здесь смешивался с H_2S и с углеводородами. Ясные указания (правильные, но косвенные) дал на нахождение водорода в Везувии в 1833–1834 г. Пилла².

Впервые точно констатирован был водород в связи с вулканическими явлениями в сольфатарах Исландии Бунзеном в 1853 г.³ Затем во время извержения Везувия в 1861 г. он был найден в газах, выделявшихся из трещин старинных лав Везувия под влиянием проникновения в них новой лавы⁴.

Бунзен доказал, что водород выделяется сольфатарами постоянно в большом количестве, в течение столетий, в особых горячих углекислых струях. По его расчету только одна небольшая струя в сольфатаре Крисуик дает 12 м^3 водорода в сутки. Общее же его количество должно быть огромно, и в день одна эта сольфатара выделяла не меньше $12\,000\text{ м}^3$ водорода. Газ выходит под большим давлением. Процент водорода в общем составе газов колеблется от 0,8 до 8,4. На севере Исландии, в Рейкьялид, при пробурывании почвы в большой сольфатаре получился особый газ, заключавший почти одинаковые количества CO_2 , H_2S и H_2 . В нем было 25,14% водорода.

Открытие Бунзена было подтверждено дальнейшими исследованиями. Так, Фуке нашел водород в газах, выделявшихся из моря в подводных извержениях Санторино, причем иногда газы здесь совсем не содержали водорода, иногда же его количество доходило до 30,09%⁵. По мнению Фуке, количество водорода увеличивается по мере приближения к центру извержения. В 1867 г. в Санторино были встречены газы, заключавшие до 56,70% Н (богатого кислородом), может быть происходившие от диссоциации морской воды во время подводного извержения. Количество водорода доходило в газах Пеле на Мартинике до 22,3%⁶. Однако эти числа, должно быть, указывают на какие-нибудь особые условия. Ибо исследования газов извержения Везувия 1906 г., произведенные в этом отношении с особой тщательностью, дали его колебания в пределах от следов всего до 3% общего количества газов⁷. Водород выделяется и из таких газовых вулканов, каким является сольфатара около Поццуоли⁸.

¹ *Dolomieu*, 1788, с. 363. Ср. *Maravigna*, 1838, с. 112 и сл.

² *Pilla*, 1843; 1844.

³ *Bunsen*, 1904 (2), с. 135 и сл.

⁴ *H. Sainte-Claire Deville, F. Fouqué et F. Le Blanc*, 1862, с. 76.

⁵ *Fouqué*, 1879, с. 226–227, 232.

⁶ *Moissan*, 1902, с. 1085.

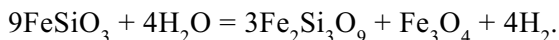
⁷ *Gautier*, 1909 (2), с. 1712 и сл.

⁸ *Nasini, Anderlini e Salvadori*, 1898 (1), с. 1371.

Необходимо обратить внимание на термические свойства водорода. При растворении его в воде 1 г водорода выделяет 800 калорий. Так как водород составляет значительную часть ювенильных газов, надо принимать во внимание, что его теплоемкость – максимальная из всех известных веществ, и потому поднимающийся горячий водород должен расплавлять встречаемые породы больше всех паров и газов, взятых вместе¹.

378. Происхождение водорода при вулканических извержениях не может считаться ясным.

Опыты Готье показали², что при относительно низкой температуре – уже при 300° – пары воды действуют на силикаты закиси железа и, окисляя их, выделяют водород. Реакция эта схематически может быть представлена, например, так:



Этот водород, однако, быстро вступает в реакцию с окружающими газами, давая с CO_2 – CO и H_2O , с CSO – CO и H_2S , и т.д. Очень возможно, что именно благодаря этому далеко не легко открыть свободный водород в газах вулканов.

Возможно, что часть этого водорода происходит и другим вторичным путем – разложением сложных газов. Так, по мнению Бунзена, водород горячих газовых струй Исландии мог происходить распадением при высокой температуре H_2S . На это указывает нередко наблюдаемое постоянство процента $\text{H}_2 + \text{H}_2\text{S}$ в смеси газов и обратная пропорциональность их объемов³.

Очень вероятно, что часть свободного водорода вулканических извержений является в конце концов продуктом этих или других аналогичных вторичных химических реакций.

Однако едва ли можно считать вторичное образование такого водорода общим правилом. Очевидно так нельзя объяснить образование водорода в совершенно безводных вулканических струях, являющихся первой причиной вулканического пароксизма. А между тем и в них, как показал Брэн⁴, всегда есть водород, который находится в магме в виде каких-то легко разлагающихся при нагревании соединений или так или иначе собран в ней в свободном или растворенном состоянии.

Нельзя затем отрицать возможность нахождения в массивных породах *растворенного* в них или, может быть, иногда находящегося в их порах свободного водорода. Этот водород должен выделяться при вулканических извержениях. Указания на нахождение свободного водорода в порах массивных пород и разнообразных минералов делались издавна. При нагревании порошков этих пород в безвоздушном пространстве водород нередко является одной из главных составных частей выделяющихся газов. Однако, как не раз уже указывалось (§ 350), происхождение этих газов неясно; часть их, несомненно, образуется во время опыта и не существует в свободном состоянии в минерале или в породе. Однако есть случаи такого выделения водорода, которые не могут быть объяснены воздействием наблюдателя. Так, например, по опытам Чемберлена, водород выделяется в значительном количестве

¹ *Daly*, 1914, с. 278.

² *Gautier*, 1901 (2), с. 232; 1903 (1), с. 17.

³ *Bunsen*, 1904 (2), с. 143 и сл.; *Torkelson*, 1910, с. 70.

⁴ *Brun*, 1911.

из кварцев и бериллов, причем тела эти не заключают тех количеств закиси железа, какие потребны для объяснения его происхождения согласно теории Готье¹. На то же самое указывают, мне кажется, и опыты Брёна² для газов, выделяющихся при нагревании мусковита или опала, содержащих водород (ср., впрочем, § 354).

В газах некоторых серпентинов Румынии (при нагревании) водород является преобладающим, составляя до 33,8% всех выделяющихся газов³.

В бериллах обнаружено 6,7 объема газа, и в нем преобладает водород. Это теперь имеет большое значение с современной точки зрения на водород.

Во всяком случае выделение того или иного водорода, – ранее в них находившегося или образующегося при высокой температуре распадением соединений, содержащих элементы воды, – всегда должно происходить при плавлении или сильном нагревании и давлении (т.е. сжатии) породы. Такой водород будет подыматься снизу из очагов плавления породы. Этим объясняется происхождение свободного водорода во время вулканических процессов, помимо тех вторичных реакций, которые указаны раньше⁴.

Хотя водород и выделяется в вулканических извержениях, но он чрезвычайно быстро здесь же сгорает (§ 385), и потому количество его обычно незначительно.

Водород растворяется в железе, а потому возможно его нахождение внутри Земли⁵.

379. Выделение водорода во время вулканических реакций и образование его при взаимодействии магм и воды ясно указывает, что водород должен постоянно выделяться в литосфере и так или иначе просачиваться на земную поверхность помимо вулканических струй и испарений.

И действительно, есть многочисленные случаи, указывающие на выделение водорода в газовых струях тектонического характера, аналогично тому, что известно для азота (§ 357). В отличие, однако, от азота, присутствие водорода в струях может быть доказано гораздо труднее, так как водород гораздо легче изменяется, чем азот.

Может быть поэтому его существование до сих пор не доказано, например, в водных растворах земной коры: он не встречен среди газов, находящихся в океанах или в реках. В газах источников он открыт в исключительных случаях.

В газовых струях тектонического характера он частью связан несомненно с вулканическими процессами, с реакциями земных глубин, частью образуется в верхней коре выветривания. К первому типу генезиса относится водород в газах, выделяемых горячими источниками, например в углекислых струях в соффиони в Тоскане, около Лардерелло и в окрестностях. Количество водорода в этих газах колеблется в пределах от 0,9 до 6,1% всех газов⁶. Таков же водород азотных и углекислых струй горячих источников Ислан-

¹ R. Chamberlin, 1908, с. 45.

² Brun, 1911, с. 263.

³ Pamfil et Baume, 1912, с. 509.

⁴ Gautier, 1903 (2), с. 561.

⁵ Linck, 1912, с. 26.

⁶ Fouqué et Gorceix, 1869, с. 947; Ch. Sainte Claire Deville et F. Le Blanc, 1858 (2), с. 317; Acchiardi, 1872; Nasini, Anderlini e Salvadori, 1898 (2), с. 110.

дии. Здесь иногда получают даже *водородно-углекислые струи*, например в Намафьялл, газы, по Торкельсону, содержат до 54% водорода. По-видимому, есть связь между H_2S , CO_2 и H_2 этих газовых струй – они находятся вместе и являются результатами одной и той же реакции¹ (ср. § 378).

Точно так же связаны с глубокими слоями земной коры газовые струи *грязевых сопок* (§ 356). Нахождение водорода в них было впервые указано в конце 1840-х годов И. Акоста², хотя значительно раньше предвиделось Гумбольдтом. Гумбольдт указывал, что сопки Турбако в Новой Гренаде, по его опытам 1801 г., состояли из азота с небольшим количеством водорода; по данным Пещека 1911 г., газы Турбако содержат главным образом метан и лишь в одном случае было найдено 0,4% водорода³. Нахождение водорода было проверено для разных типов сопочных газовых струй⁴ – для углекислых, для метановых и для водородных. В *углекислых струях* в салинелле около Патерно в Сицилии количество водорода достигает 0,5–1,0%⁵. Водород находится и в углекислых струях сопки Сан-Биаджо⁶. Гораздо больше его иногда в *метановых струях* сопки; здесь количество водорода для Сан-Венерино и макалуб (грязевых вулканов) Сицилии (около Кальтаниссетты и Джирдженти) достигает от следов до 8,97%. Точно также сильно колеблется количество водорода в метановых струях Бакинских сопки; в одних его может совсем не быть, в других его много; так, например, по Харичкову, сопка Боз (одна из Баладжарских сопки) на Апшеронском полуострове давала 15,4% водорода⁷.

Наконец, есть еще один тип сопочных струй, исключительно богатых водородом. Это *водородные струи*. Так, например, анализ газа в макалубе Джирдженти дал Сильвестри⁸:

H	85,74
$C_n H_m$	7,23
N	3,74
O	0,69
CO_2	1,69
	99,09%

Очень может быть, что водород является господствующим газом в других случаях грязевых сопки, этих до сих пор мало изученных явлений природы.

380. Аналогично азоту, водород входит в состав и других газовых струй. Так, он обычен в тех *метановых струях*, которые широко распространены в земной коре и дают колоссальные количества газа (§ 357). Количество водорода, выделяющегося в этих газах, не меньше, чем азота. Состав газа этих струй обычно чрезвычайно колеблется не только для разных местностей, но

¹ Bunsen, 1904, (2), с. 146; O. Christensen, 1889, с. 225; Torkelson, 1910, с. 49, 69.

² См. Boussingault, 1851, с. 766.

³ Humboldt, 1858, с. 259, 512. Ср. § 356. Petschek, 1911, с. 46.

⁴ Silvestri, 1867, с. 283 и сл.

⁵ Анализ Фуке и Сильвестри – Silvestri, 1867, с. 287. Фуке нашел всего 0,5% водорода (там же, с. 284).

⁶ Fouqué, 1865, с. 422; Silvestri, 1867, с. 287 и сл. Сперва анализ не дал водорода. См. Ch. Sainte Claire Deville et F. Le Blanc, 1858 (1), с. 61.

⁷ Абих, 1854, с. 366 (анализ К. Шмидта); Краснов, 1904, с. 12, 42 (анализ К. Харичкова); Харичков, 1911, с. 235.

⁸ Silvestri, 1867, с. 289.

и для одной и той же скважины в разное время. Пределы колебаний для водорода американских месторождений 1,64 (Финдли в Огайо) – 2,35% (Миксис в Индиане)¹; некоторые – более старые – анализы дают даже бóльшие его количества – до 22,5% и больше². Как указано, эти газы заключены в палеозойских песчаниках и выходят при бурении под огромным давлением – 7–14 кг на 1 см²; известны исключительные случаи давления в 52,7 кг³. Метановые струи другого происхождения тоже содержат водород, например газ в Вельсе в Австрии (§ 357) заключает 2–3,8% водорода⁴.

Может быть, в связи с такими выделениями метана находится содержание свободного водорода в нефти. Он наблюдается как в самой нефти (в растворе ?), так и в сопровождающих ее газах⁵. Некоторые скважины на нефть на Кавказе давали до 30% водорода⁶.

Водород найден в количестве до 2,3% (по анализам Гамбургского газового завода) в метановых струях около Нейенгамма близ Гамбурга⁷. Есть метановые струи в Америке, которые *не заключают* совсем водорода⁸.

Не меньшие количества водорода наблюдались в мало изученных *азотно-метановых* струях Новоузенского у. Самарской губ. (§ 357). Анализы дают в них 3,4–10,6% водорода⁹. Еще больше водорода дают анализы газа в Ставрополе¹⁰, но эти числа требуют проверки и, может быть, зависят от недостатков методов анализа.

Он встречен и в *чисто азотных струях*, например в газе, выделяющемся в Солт-Лейк-Сити в Юта (§ 357)¹¹.

381. Совершенно в стороне стоят во многом загадочные газовые выделения, чрезвычайно богатые водородом, – *водородные струи*, приносившие, кажется, исключительно к соляным копиям. Водород обычен в порых солей в Стасфурте¹². Здесь образование его объяснялось восстановлением воды при окислении в ее присутствии галоидных солей закиси железа. Наиболее вероятным агентом при этой реакции является железистый карналлит, изоморфно примешанный к обычному карналлиту, или близкий к нему дугласит. При их распадении образуется окись железа – гематит, – пластинки которой проникают часто карналлит и придают ему обычный для Стасфурта красный цвет¹³.

¹ H. Ries, 1905, с. 43.

² L. Smith, 1876, с. 570; Lesley a. Ashburner, 1886 (отд. оттиск, с. 23); Sorge, 1887, с. 96 и сл. Анализы Форда и Задтлера дают до 40% Н, но Лесли правильно указал, что в этих анализах водород является результатом перечислений, и что прямых определений свободного водорода сделано не было. Ср. § 382.

³ О геологии этих газовых отложений см. Ashburner, 1885.

⁴ Stephani, 1903, с. 29.

⁵ Харичков, 1911, с. 233.

⁶ Харичков, 1902, с. 171 (Грозное – до 33,1%); его же, 1911, с. 236 (до 10% – Баку). Герр (1904) находил только его следы (Сураханы). Любопытно было бы сделать вновь тщательное научное определение водорода в этих газах.

⁷ Voller u. Walter, 1910. Чако в них водорода не нашел (Czakó, 1913 (1), с. 41).

⁸ См. сводки анализов у Czakó, 1913 (1), с. 69 и сл.; Hviid, Höfer u. Engler, 1913, с. 725 и сл.

⁹ П. Мельников, 1910, с. 489; Досс, 1911, с. 136.

¹⁰ Стопневич, 1911, оттиск, с. 3.

¹¹ G. Richardson, 1905, с. 481.

¹² H. Rose, 1856, с. 353; Reichardt, 1860, с. 639; Precht, 1879, с. 559; 1880, с. 2326. В порых каменной соли Румынии водород не найден – Costăchescu, 1906.

¹³ Rinne, 1910, с. 12.

Однако есть случаи, где это объяснение не подходит к условиям выделения водорода; так, например, в Ней-Стасфурте газы, выделявшиеся с декабря 1878 г. до конца февраля 1879 г., содержали неизменно 93,1% водорода¹, тогда как солей закиси железа в этих залежах очень мало. Газ в бассейне источника Л'Эвек в 1900 г. содержал до 7% Н; его связывали со сферосидеритами². В Леопольдсгалле, около Гюстена, в течение нескольких лет выделяется в карналлитовом слое газ, содержащий 83,6% по объему водорода. Этот газ содержит гелий, и Эрдман³ выдвинул в последнее время новую гипотезу образования водорода – разложением воды под влиянием когда-то бывших здесь солей радия. Несомненно, это вполне возможно, так как радий дает в воде перекись водорода и свободный водород (§ 382).

382. Не менее обычны и *газовые испарения* водорода, сосредоточенные в самой поверхностной пленке земной коры.

Здесь водород постоянно и непрерывно выделяется аналогично ранее рассмотренным случаям (§ 359, 361), как путем чисто химических процессов, так и под влиянием жизнедеятельности организмов. Ни в каком случае мы не можем оставлять эти выделения без внимания, так как, несмотря на свою незначительность, они играют, складываясь, ясную и определенную роль в истории земной коры.

Чисто химические процессы такого выделения водорода мало обращали на себя внимания. Однако они должны всюду идти на земной поверхности, например, при действии ультрафиолетовых лучей или солей радия на воду. При этом идет образование перекиси водорода, связанное с выделением свободного водорода⁴. Такой водород едва ли когда собирается в значительных количествах в форме испарений или водных растворов. Но процесс этот идет беспрерывно и, очевидно, в конце концов, имеет большое значение.

Изредка кое-где газовые испарения водорода дают даже начало небольшим поверхностным газовым струям. По-видимому, однако, водород их связан с биохимическими процессами.

Так, водород указывается в газовых струях в каменноугольных копях. В *гремучем газе* каменноугольных копей, происходящем благодаря медленным процессам распада их органического вещества, нередко указывается и водород. Эти указания в значительной мере основаны на неправильном толковании результатов анализов газовых смесей; при правильном толковании этих анализов возможное количество водорода в смеси оказывается в пределах погрешностей опыта. Обычно водород органических соединений каменного угля переходит в CH_4 и лишь в исключительных случаях выделяется в свободном состоянии⁵.

¹ *Precht*, 1879, с. 558.

² *Oesh*, 1908.

³ *E. Erdmann*, 1910, с. 777. Сводку и многочисленные данные о водороде в калиевых месторождениях см. *Scheerer*, 1911, с. 221 и сл.; *Gropp*, 1918, с. 238.

⁴ *Kernbaum*, 1909 (1), с. 227; *Хлопин*, 1911, с. 561. Ср. § 412.

⁵ *Курнаков*, 1903, с. 95. Брунсвиг (*Brunswig*, 1910, с. 18) считает нахождение водорода в рудничном газе вообще недоказанным. Новый анализ Чемберлена дал для газа из антрацитовых копей Люцерна (около Уилксбарра в Пенсильвании) 0,82% водорода (*R. Chamberlin*, 1909, стр. 31). Более старые (1885), произведенные по поручению прусского правительства наблюдения Шондорфа, дающие 5,8% водорода, возбуждают большие сомнения. См. *Le Chatelier*, *Le grisou*, с. 11 и сл.

При биохимических процессах распада органического вещества постоянно выделяется на земной поверхности водород. Количества его, образующиеся этим путем, должны быть очень значительны¹. Так, он выделяется при гниении углеводов под влиянием разнообразных бактерий, найденных не только в организмах животных, но и вне их – в прудах, канавах и т. п.² Еще резче, по-видимому, может идти выделение водорода при брожении клетчатки, обычно в природе одновременном с метановым брожением³. Водород выделяется и при разложении белковых тел; биохимический механизм этого выделения далеко не вполне изучен⁴.

Все эти процессы постоянно происходят в почвах и, может быть, сказываются не только в образовании медленных и ничтожных испарений водорода из почв, грязей и вод, но проявляются и в газовых струях, например для каменноугольных газов, так как весьма вероятно, что рудничный газ является результатом метанового брожения⁵.

В рисовых полях Индии среди газов почв заключается 8,8% Н⁶. Количество водорода в почвенном воздухе рисовых полей Южной Индии колеблется в естественных и удобренных почвах, доходя до 11,5% всех газов (преобладает метан). В почвах удобренных его нет. По-видимому, он окисляется биохимическими процессами в самой почве. На поверхности почвы в газовых испарениях его уже совсем нет. См. § 347.

Небольшие количества водорода могли быть доказаны в отдельных случаях, где происходили подобные брожения и иного характера, например, он найден (в количествах до 2,55%) в газах, выделяемых илом рек, например Шпре⁷.

383. До сих пор не является окончательно выясненным, может ли водород выделяться другими, более высокими организмами в нормальных условиях их существования или наблюдаемое его выделение ими всегда является результатом жизнедеятельности бактерий, их населяющих. Еще в 1793 г. Гумбольдт констатировал выделение водорода некоторыми грибами при сохранении их под водой. Позже не раз то же явление описывалось для различных растительных организмов. Однако оно не может считаться доказанным; наоборот, новые опыты, например С. Костычева, указывают, что, по всей вероятности, все случаи такого выделения связаны с биохимическими процессами гниения, вызваны жизнедеятельностью бактерий⁸, а не являются результатом нормальной жизни грибов или других высших растений.

Еще меньше можно принимать во внимание ничтожные следы водорода, находившиеся не раз при изучении газового обмена высших позвоночных животных. Водород в большом количестве выделяется из кишечных газов травоядных животных (вместе с метаном)⁹. Его происхождение, вероятно, такое же.

¹ А. Лебедев, 1910 (1), с. 5.

² Kruse, 1910, с. 321 и сл.

³ Омелянский, 1909, с. 280, 283; Kruse, 1910, с. 374 и сл.

⁴ Омелянский, 1909; Kruse, 1910, с. 560.

⁵ Состояние вопроса см. Kruse, 1910, с. 383.

⁶ Leather, 1915, с. 85.

⁷ Spitta, 1900, с. 253.

⁸ См. литературу и состояние вопроса у Фаминцына, 1883, с. 618; Czapek, 1905, с. 424; Костычев, 1910, с. 138 и сл.

⁹ Марков, 1913, с. 1.

384. Водород в атмосфере. Таким образом, свободный водород постоянно проникает в земную атмосферу, частью выделяясь разложением воды или из более глубоких слоев земной коры, частью производится неустанной работой бактерий на земной поверхности. Не исключена возможность и приноса его из небесных пространств в высшие пределы атмосферы, откуда он диффузией может проникать и в более низкие ее горизонты¹ (§ 316). Очевидно, следовательно, что он должен в заметном количестве находиться в атмосфере. И действительно, можно различить в ней две области, резко отличные по количеству водорода.

Во-первых, мы имеем верхнюю *водородную оболочку*, о которой упоминалось раньше (§ 317)². По-видимому, выше 70 км от земной поверхности водород является главным газом атмосферы. Нельзя, однако, не отметить, что все же все доказательства количественного его преобладания в этих участках земного шара – косвенные.

С другой стороны, водород несомненно доказан и в более низких слоях атмосферы, правда, в ее нормальном составе – в ничтожных количествах.

Спектральные линии водорода были видны в спектре молнии³. Есть указания на конденсацию H_2 в H_3 под влиянием электрических разрядов⁴.

Под влиянием радиевой эманации аммиак распадается на *водород* и *азот*; этот процесс, очевидно, должен идти в природе⁵.

Готье⁶, позже Рэлей измерили эти количества и получили числа, которые дают колебания в пределе 3–20 объемов водорода на 100 000 объемов воздуха⁷. Более новые опыты Котса и Клода дают еще меньшие числа. По их опытам, один объем водорода приходится больше чем на 1 000 000–1 500 000 объемов воздуха⁸. Эти числа сравнимы с числами самых редких благородных газов воздуха и даже меньше их (§ 325).

385. Изменение водорода. Очевидно, водород, постоянно образующийся в земной коре, попадая в атмосферу, или в ней изменяется и переходит в другие соединения, или быстро уходит из ее нижних слоев в более высокие ее области⁹.

¹ Нельзя не отметить еще одной возможной формы выделения водорода в атмосферу в связи с явлениями распада химических элементов. Как известно, такое образование водорода допускает Томсон, связывающий водород с положительными электрическими частицами и распадением атомов (*J. Thomson*, 1911 (2), с. 892).

² Идея о нахождении водорода в верхних слоях атмосферы тесно связана с интересом к этому газу в конце XVIII века, когда Кавендиш нашел его воспламеняемость и легкость. Гей-Люссак в 1804 г. неудачно искал его, исходя из этих идей, в воздухе, добытом с высоты 6,6 км (см. *Gautier*, 1901 (1), с. 8). Существование водородной атмосферы Земли выше азотной указывалось натурфилософами, например Биттнером (1853, с. 370), много раньше современных физиков. Современную литературу – см. § 317. О теоретической возможности существования в верхних слоях атмосферы H_3 см. *Levine*, 1923, с. 705.

³ *Pickering*, 1901, с. 368.

⁴ *Wendt u. Landauer*, 1922, с. 78D.

⁵ *Wourtel*, 1914, с. 571. Ср. *Gautier*, 1903 (3), с. 108.

⁶ Первые определения Готье, впервые нашедшего водород, дали, очевидно ошибочно, слишком большие числа. *Gautier*, 1900, с. 1684; 1901 (1), с. 29 и сл.: 1903 (1), с. 21.

⁷ *Rayleigh*, 1902, с. 416. Ср. *Leduc*, 1902, с. 860, 1332. Ср. также *Liveing et Dewar*, 1901, с. 482.

⁸ *Coates*, 1907, с. 479; *Claude*, 1909, с. 1456; 1910, с. 1312.

⁹ *Gautier*, 1901 (1), с. 110.

Эти две возможности определяют всю судьбу водорода в земной коре. Скапливаясь на верхних границах земной атмосферы, водород может теряться для Земли, уходить в небесное пространство, чуждое влиянию земного притяжения. Можно было бы думать, таким образом, что Земля постоянно теряет водород, уменьшается в своей массе. Однако этот процесс имеет и обратную сторону. С тем же основанием приходится допустить одновременно происходящее улавливание Землей водорода более мелких небесных светил, приход его частиц в земную атмосферу из небесного пространства. В конце концов, мы едва ли видим уменьшение водорода земной атмосферы, но, наоборот, количество его в земной оболочке или должно увеличиваться или находиться в равновесии.

Но для водорода существует процесс изменения другого рода. Нахождение его ничтожных следов вблизи земной поверхности, где идут постоянные процессы его выделения, указывает или на то, что темп этого выделения вполне совпадает с процессом его диффузии в верхние области атмосферы или что он должен меняться на земной поверхности или вблизи ее.

И действительно, нам известны разнообразные химические изменения водорода вблизи литосферы. Эти процессы имеют огромное значение, ибо только благодаря им водород сохраняется в земной коре и около земной поверхности, а не теряется нацело нашей планетой.

Известны сейчас три реакции, связывающие свободный водород.

Во-первых, под влиянием тихих электрических разрядов водород соединяется с азотом и дает *аммиак*¹. Реакция эта должна постоянно идти в земной атмосфере.

Во-вторых, всюду в соприкосновении с воздухом должно идти окисление водорода, *синтез воды*. Так, в вулканических местностях во время вулканических извержений водород быстро окисляется кислородом воздуха, сгорая, в воду. Вероятно, то же самое должно происходить во время извержения грязевых сопков, не раз дававших пламя. Но, помимо этого, в обычное время в атмосфере должны идти реакции окисления водорода при соприкосновении с кислородом под влиянием электрических разрядов² или озона³.

Наконец, водород может входить сразу в более сложные кислородные тела под влиянием бактерий, живущих во влажных почвах и способных им питаться. Эта биохимическая реакция была открыта еще в 1838 г. Т. Соссюром. Иммендорф указал на то, что она происходит в почвах, где существуют все нужные для нее условия, но сами соответствующие организмы были впервые выделены Казерером в 1905 г., и затем явления эти, ввиду их биологического интереса, обратили на себя большое внимание⁴. При этом процессе не только окисляется водород, но одновременно выделяется и свободный азот⁵. Под влиянием только этих бактерий (по Никлевскому – два вида *Hydrogenomonas*, по Лебедеву – *Bacillus hydrogenes*), сильно распространенных в почвах, водород может удерживаться в земной коре и не подыматься

¹ Литературу см. *Schlenck*, 1907, с. 199.

² *M. Berthelot*, 1900 (2), с. 779.

³ *Pickel*, 1904, с. 307.

⁴ *Kruse*, 1910, с. 116; *Niklewski*, 1910, с. 113 и сл. (литература); *А. Лебедев*, 1910 (1) (литература).

⁵ *А. Лебедев*, 1910 (2), с. 20.

в верхние слои, не уходить от действия земного тяготения. Этим путем происходит в земной коре, к сожалению, ближе не изученный круговой процесс газового обмена, аналогичный действию организмов в круговороте азота¹.

Необходимо обратить внимание на вероятные реакции, производимые H_2 : восстановление сульфатов, например, при прохождении горячих паров во время вулканических подводных извержений или аналогичных реакций в связи с углеводородами при генезисе H_2S (из гипсов и т.д.).

386. Деятельность человека. Нельзя не отметить, что водород постоянно образуется и жизнедеятельностью человека. И здесь, как и во всех других случаях самородных элементов, количество получаемого водорода увеличивается по мере роста культуры. С одной стороны, водород получается человеком сознательно (с конца XVIII века для целей воздухоплавания и химических производств), с другой – выделяется в случайных скоплениях. Так, например, в грязях сточных вод в городах количество водорода составляет до 9,6% всех газов; он быстро входит в атмосферу и обычным образом теряется².

387. Водород в России. Из предыдущего ясно, что выделение водорода на территории России должно происходить постоянно.

Очевидно, учету может подлежать только выделение его в газовых струях. К сожалению, у нас очень мало наблюдений над нахождением в них водорода. Водородные струи (§ 381) для России не указаны, хотя, надо думать, должны были бы наблюдаться в залежах соли³. Нахождение водорода в углекислых струях в пределах России также не наблюдалось. Главная масса наблюдений касается метановых, немногие – азотных газовых струй.

В *Европейской России*, в *Самарской губ.*, в *Новоузенском у.* (§ 380), в газе, выделяющемся в имении Мельниковых, содержится 4,22–10,65% водорода⁴.

В *Таврической губ.* в составе природного газа указано 1,9% водорода⁵. В *Бердянском у.* в газовых струях (метановых) артезианских колодцев находится водород; так, в газе в имении Филибера 1,08% Н по объему⁶.

В *Эстляндской губ.* в метановой струе на о. Кокскер заключается 20,8% Н⁷.

На *Кавказе* и в *Закавказье* наблюдаются многочисленные выделения водорода в связи с выходами газов при бурении нефти или при извержениях газовых вулканов. Очевидно, ниже перечисленные указания являются немногочисленными и случайными данными, отнюдь не дающими понятия о силе и мощности процесса его выделения. В действительности, в этом участие земной коры идет значительное выделение водорода, пока наблюдениями не учтенное.

В *Кубанской обл.* в Мариинском источнике в Псекупсе в азотной струе 2,77 см³ H_2 на 1000 см³ газов⁸. В *Майкопском районе* в газе источников на Хокодзи у хутора Калганова в азотной струе содержится 4,60% H_2 ⁹.

¹ Ср. Вернадский, 1912 (1), с. 161.

² Cavel, 1912, с. 1811.

³ Ввиду указанных в § 381 неясностей в генезисе этих струй, было бы желательно, чтобы они обратили на себя внимание.

⁴ Анализ К. Шнейдера. См. Досс, 1908 (1), с. 214; 1911, с. 136.

⁵ Лидов, 1911, с. 20.

⁶ Константов, 1915, оттиск, с. 15.

⁷ Н. Winckler, 1905, с. 670.

⁸ Штокман, 1885, с. 49.

⁹ Будик и Савельев, 1916, с. 55.

В *Ставропольской губ.*, Ставрополе (см. азот), находится 3,4% по весу (27,25% по объему) водорода¹ (см. также § 380).

В *Бакинской губ.*, на *Апишеронском полуострове*, констатирована в горючих газах примесь 0,30–0,98% Н (§ 379, 380²). В Сураханах, в буровой № 2, в газе, взятом 5 декабря 1902 г., найдено 10% водорода³. В Баладжарских сопках наблюдалось до 15,4% Н (§ 379). В *Шемахинском у.*, в сопке около Маразов, найдено 0,8 Н.

В *Терской обл.*, в буровой Щиис около Грозного, в газе, взятом 8 мая 1902 г., найдено 1,7% водорода.

Гелий

388. Гелий в литосфере. Гелий – легкий, постоянно образующийся на Земле и, может быть, постоянно из нее уходящий газ, представляет для нас загадку, которая далеко не разрешается дальнейшими исследованиями, но становится только более сложной и значительной.

Он широко распространен в земной коре, но мы точно не знаем, в каком состоянии он здесь находится. Определенные соединения его не известны⁴. Возможно, что газ этот не способен давать устойчивые определенные химические соединения.

Нередко он встречается на Земле в свободном *газообразном состоянии*, но наряду с этим мы имеем в природе его *растворы* и притом, по-видимому, в пересыщенном состоянии⁵. Мы можем говорить о твердом растворе, так как условия его выделения из таких минералов говорят против предположения о его нахождении в порах или в форме окклюзии. Некоторые минералы, например монацит, ториянит, фергюсонит, выделяют часть гелия при простом истирании их в тонкий порошок⁶. Но нацело можно выделить гелий только или при химическом разрушении минерала⁷, или при его накаливании в безвоздушном пространстве⁸.

Гелий растворяется, хотя и очень слабо, в воде⁹, поэтому несомненно, что он находится в земной коре и в другом виде – в *жидких*, главным образом в *водных растворах*, например в источниках, выделяющих газы, содержащие гелий.

¹ Прокопов, 1914 (2), с. 336.

² Другие числа у Лидова, 1911, с. 20.

³ Харичков, 1911, с. 235, 233.

⁴ Tilden, 1896, с. 218; Rutherford, 1907 (1), с. 499.

⁵ Travers, 1905, с. 249; E. Adams, 1905, с. 322; Kohlschütter u. Vogdt, 1905, с. 1419. По Фогду и Кольшюттеру, такие растворы гелия наблюдаются в минералах, содержащих одновременно U и H₂O.

⁶ Процесс истирания тоже представляет очень сложное явление. Опыты Грея (Gray, 1909, с. 301) показали, что при истирании ториянита до величины зерен в 3 μ выделяется 28% заключающегося в минерале гелия; дальнейшее растирание (до 1 μ) не увеличивает его количества.

⁷ Strutt, 1909 (1), с. 1.

⁸ Опыты Жакеро и Перро (Jacquerod et Perrot, 1904, с. 789; 1907, с. 135) показали, что гелий легко проходит через нагретую даже до 220° кварцевую трубку. Этим Траверс объясняет выделение гелия при нагревании минералов, заключающих в своем составе кремнезем.

⁹ Estreicher, 1899, с. 176; А. Антонов, 1910, с. 474.

389. Нахождение гелия в своеобразных твердых растворах обуславливается совершенно особыми явлениями его образования в земной коре и особым, резко выраженным его свойством задерживаться в самых разнообразных телах.

Гелий образуется на Земле благодаря постоянному, медленному, но непрерывно идущему распадению атомов урана, радия (или иония?)¹, актиния², тория³, радона, может быть калия и ряда других элементов⁴. При этом распадаются атомы элементов, находящиеся в соединениях.

Следующие числа дают представления о количестве могущего образоваться этим путем гелия⁵ (в год на 1 г вещества):

Уран	$2,75 \cdot 10^{-5}$	мм ³
Торий	$3,1 \cdot 10^{-5}$	»
Урановые минералы, находящиеся в равновесии	$11,0 \cdot 10^{-5}$	»
Радий, находящийся в равновесии	158	»

По Дьюару⁶, 1 г радия в день дает не более 0,499 мм³ гелия, т.е. в год около 182,5 мм³. Измерения Болтвуда и Рёзерфорда дают всего в сутки 0,107 мм³, т.е. в год 156 мм³ на 1 г радия⁷.

При распадении этих элементарных атомов *гелий остается в том минерале, в каком шел процесс атомного разрушения*, образуя особый своеобразный тип твердого раствора⁸. Поэтому *гелий находится во всех радиоактивных минералах*. Его будет тем больше в этих минералах, чем дольше идет процесс образования гелия и чем больше в данном минерале того химического элемента, который является родоначальником гелия. Таким образом, по количеству гелия на одну и ту же массу исходного для гелия элемента можно вычислить древность данного минерала, число лет, протекших со времени начала накопления гелия, т.е. с начала образования радиоактивного минерала. Эти годы исчисляются сотнями тысяч.

По-видимому, при этом гелий не уходит из минерала, если только этот минерал нацело не уничтожается. Впрочем, некоторые опыты над нахождением гелия в микроскопически мелких (долях микрона) радиоактивных минералах массивных пород как будто указывают, что гелий выходит из их пределов и собирается в окружающих их частях породы⁹. На то же самое указывают некоторые явления, связанные с нахождением гелия во фторсодержащих минералах Гренландии. Они заставляют даже считать, что гелий *может растворяться в веществах, выделяющихся одновременно с телами, его*

¹ Rutherford a. Soddy, 1902, с. 581; Ramsay a. Soddy, 1903 (1), с. 246; 1903 (2), с. 204; 1904, с. 346; Boltwood a. Rutherford, 1911, с. 586.

² Debierne, 1905, с. 383.

³ Strutt, 1908 (2), с. 56.

⁴ Strutt, 1908 (2), с. 594; 1909 (1), с. 279.

⁵ Geiger a. Rutherford, 1910, с. 697.

⁶ Dewar, 1910, с. 404.

⁷ Boltwood a. Rutherford, 1911, с. 603.

⁸ Траверс (Travers, 1905, с. 248) считает неправильным приравнивать эти явления к растворам.

⁹ Это может быть связано с легким прохождением гелия через соединения кремнезема. См. также § 388.

образующими (ср. § 391), может уходить из соединений, атомы которых дали ему начало. К этому заставляет склоняться нахождение гелия во флюорите из Ивигтута в Гренландии. Здесь Томсен¹ наблюдал выделение 0,024–0,027 см³ гелия на 1 г вещества. Позднейшие исследования Ланге показали нахождение во флюорите урана и тория, причем флюорит, по-видимому, растворял гелий и в участках, где нет этих элементов². Вероятно, так должно объясняться нахождение гелия в криолитионите из Гренландии³ и в минералах, не содержащих атомов, могущих дать ему начало, но содержащих его следы.

Уже при простом истирании (ср. § 388) минерала выделяется в некоторых случаях, например в настуране⁴, гелий. Следовательно, он этим путем должен выделяться и в природе, например в детритовых породах, в частности в россыпях. Современные россыпи, богатые ториянитом или монацитом, должны являться областями его усиленного *испарения* в земную атмосферу.

390. Количество гелия, находящееся в данном минерале, зависит, таким образом: 1) от его состава, 2) от его возраста и 3) от способности гелия удерживаться в данном теле. Максимальные его количества наблюдались до сих пор в настуранах⁵ и ториянитах.

Гелий находится во всех минералах, содержащих уран и торий. До сих пор это правило оправдывалось для всех изученных случаев⁶.

В связи с условиями нахождения тория и урана в минералах можно разделить минералы на такие, в которых уран и торий входят в химический состав данного тела, и на такие, в которых они являются результатом посторонних в нем примесей⁷.

Наиболее богатыми гелием являются, например, следующие минералы, заключающие больше 1 см³ гелия на 1 г вещества:

Уранинит (?) ⁸	13,5
Ториянит ⁹	8,9
Клевеит из Норвегии ⁸	6,1
Монацит из Норвегии ⁹	2,4
Бреггерит ⁹	1,8
Эвксенит из Сетерсдала ¹⁰	1,63

¹ J. Thomsen, 1898 (1), с. 69; 1904, с. 53.

² Lange, 1910, с. 20 и сл. К сожалению, описание Ланге (стр. 23–24) неясно. Нельзя видеть, имеем ли мы здесь дело с раствором или с посторонними, содержащими уран включениями.

³ Lange, 1910, с. 24.

⁴ Moss, 1904, с. 154.

⁵ Я отличаю коллоидальные разности урановой смоляной руды от ее кристаллических под именем настурана – Вернадский, 1911, с. 21.

⁶ О нахождении гелия в минералах см. еще Ramsay, 1895 (1), с. 151; Crookes, 1895; Ramsay a. Travers, 1895, с. 684; 1896, с. 442; Lockyer, 1895 (2), с. 283; 1895 (1), с. 1103; Ramsay, 1898 (1), с. 437; Cleve, 1895, с. 834; H. Wilde, 1895, с. 466; J. Thomsen, 1898 (2), с. 112; Moissan et Deslandres, 1898, с. 1689; Черник, 1897, с. 291; Strutt, 1905, с. 95; 1908 (2), с. 572; 1909 (1), с. 278; 1909 (2), с. 166; 1910 (2), ста. 96, 298; Lange, 1910; Piulli, 1909, с. 211; 1910 (1), с. 31; 1910 (2), с. 454, 466.

⁷ Вернадский, 1911, с. 16 и сл., 33 и сл.

⁸ Ramsay, 1898 (1), с. 445.

⁹ Strutt, 1905, с. 95.

¹⁰ Lange, 1910, с. 13.

Монацит	}	1,5
Фергюсонит до		
Самарскит		
Эшинит из Норвегии		1,0–1,1
Колумбит ¹		1,3
Эшинит из Ильменских гор		1,0
Циртолит из Льяно в Техасе		1,1

Минералы, менее богатые ураном или его не содержащие, дают гораздо меньшие числа, причем законности, указанные раньше, здесь менее ясны. Так, например, на 1 кг вещества выделяют гелия²:

Галенит	2	см ³
Кварц	2	»
Берилл	3300	»

Нахождение гелия в столь относительно значительном количестве в берилле является загадкой. Также загадкой является аналогичное нахождение не менее значительных количеств гелия в сильвине. Или надо допустить образование гелия разложением калия (в сильвине) и неизвестного элемента в берилле, или возможностью для гелия выделяться из минералов, в которых он образовался, и собираться позже в других³.

391. Гелий не найден ни в морях, ни в реках (искали его в водах Сены). Но он найден в большом количестве в водах минеральных источников. Есть источники, например Бурбон-Ланси (источник Лимб) в департаменте Сена и Луара во Франции, выделяющие в год более 10 000 л гелия⁴. Пробы Бикара и Мурё показали, что годовой дебит гелия в различных горячих источниках Франции колеблется от 9,7 до 10074 л. Источник в Юриаж в департаменте Изер выделяет в день 20 л гелия⁵. Очевидно, количество гелия, выделяемого ежегодно в источниках всей земной коры, огромно; к сожалению, мы не можем еще сейчас выразить этот процесс цифрами. А между тем его точный количественный учет представляет огромный интерес ввиду указанной выше роли гелия в разложении химических элементов Земли.

В общем можно в настоящее время утверждать, что гелий является обычной составной частью газов минеральных источников – может быть даже постоянной их составной частью⁶. В газе источников Франции объемный процент его колеблется от 0,00063 (Шато-Гюйон) до 10,16% (Сантеней)⁷. Этот последний источник (в департаменте Кот-д'Ор) является пока наиболее богатым известным месторождением гелия⁸.

¹ Ramsay a. Travers, 1896, с. 447.

² Strutt, 1908 (1), с. 207.

³ На эту возможность указывает, может быть, еще и то, что гелий способен при давлении вновь поглощаться порошками некоторых минералов, например клеветом – Tilden, 1896, с. 222. О гелии в торияните из Цейлона см. Büchner, 1906, с. 385. О гелии в бериллиевых минералах см. Piutti, 1913, с. 140; в сфенах (только в радиоактивных) – см. Magli, 1914, с. 420. В американских карнотитах гелий не мог быть открыт. См. E. Adams, 1905, с. 321.

⁴ Moureu et Biquard, 1908, с. 436. В Сене сомнительные следы – см. Troost et Ouvrard, 1895. Впервые гелий в источниках наблюдали в 1895 г. – Рэлей, Бушар, Кайзер, Мурё.

⁵ Massol, 1910, с. 1126.

⁶ Moureu, 1904, с. 854; Moureu et Biquard, 1906, с. 182.

⁷ Moureu et Lepape, 1912, с. 198.

⁸ Moissan, 1902, с. 1337; Moureu et Biquard, 1908, с. 436; Moureu et Lepape, 1912, с. 198.

Не менее обычен гелий в источниках и в других местах земной коры, например, он указан в Батских источниках Англии¹, в Вильдбаде в Шварцвальде², в Вадене³, в Карловых Варах в Чехии⁴ и пр.

Количество гелия, наблюдавшееся в газах, свободно выделяющихся из минеральных источников, по Мурё, было⁵ (в объемн: %):

Азотные струи	0,0028–10,16	53	источника
Азотно-углекислые струи	0,58–0,224	2	»
Углекислые струи	0,328–0,00063	9	»

Наиболее богаты (в %) гелием:

Грязи (источник д'Из)	2,18
Мезьер (источник Римский)	5,77
Сантеней (источник Карно)	9,97
» (источник Фонтен-Сале)	8,40
» (источник Литиевый)	10,16

Странно все-таки относительно малое количество гелия в углекислых струях.

Считая дебит источников, мы имеем следующие максимальные числа годового выделения газа (в л):

Нерис (источник Сезар)	33 900
Сантеней (источник Карно)	17 845
Бурбон-Ланси (источник Лимб)	10 020
Сантеней (источник Литиевый)	5 182
Бурбуль (источник Шусси)	3 048
Коломбьер на Орбе	2 428
Мезьер (источник Римский)	1 053

Здесь два источника, Коломбьер и Бурбуль, дают углекислые струи, остальные – азотные.

22 источника, изученные Мурё, дают в год 75 162 л гелия с минимумом 0,3 л и максимумом 33 900 л.

Нет никакого параллелизма между количеством гелия и радиоактивностью источников. Как будто бы даже сильно радиоактивные источники бедны гелием⁶.

Очевидно, значительная часть гелия ископаемая, так как для ее получения необходимы такие количества радия, которые немислимы.

Любопытна связь, наблюдаемая между источниками, богатыми гелием; например, в узкой полосе, ориентированной с юго-востока на северо-запад, расположены следующие источники: Сантеней – Мезьер – Гризи – Бурбон-Ланси – Нерис, т.е. все источники, богатые гелием (годовое количество). Вероятна связь с тектоникой.

Количество гелия, колеблющееся в разных источниках, объясняется разным содержанием его в тех слоях земной коры, которые омываются водами

¹ Rayleigh, 1895, с. 223; 1896 (1), с. 247.

² Kayser, 1895, с. 89.

³ Sieveking u. Lauterschläger, 1912, с. 1043.

⁴ Pesendorfer, 1905, с. 359.

⁵ Moureu, 1913, с. 118–119, 124, 126–127, 133.

⁶ Moureu, 1913, с. 126–127.

источников¹. Стрётт видит в гелии источников проявление медленного векового разложения элементов в земных глубинах². Но несомненно, часть гелия источников приносится вадозными водами, т.е. идет с земной поверхности.

Нельзя не отметить, что гелий растворяется не только в воде, он растворяется и в *нефти*, в газах которой он найден.

392. Помимо нахождения в твердых и жидких частях литосферы, которая, очевидно, включает наибольшие количества гелия, гелий собирается в *газовых струях* земной коры, аналогично тому, что мы наблюдали для азота и благородных газов (§ 357) или для водорода (§ 379).

Гелий наблюдается при этом в газовых струях самого различного генезиса — вулканических, тектонических и поверхностных.

Так, он очень обычен в газах, связанных с магматическими явлениями. В фумаролах Везувия гелий был указан еще в 1881 г. Пальмьери³, и это было первое указание на его земное нахождение, сделанное еще раньше знаменитой работы Рамзая. Однако Пальмьери нашел его спектроскопически в твердых продуктах фумарол, притом при условиях получения спектральных линий гелия, очень неясных и едва ли возможных. Работы Готье подтвердили его нахождение в газообразных продуктах извержения Везувия 1906 г., где он находится совместно со столь отличным от него по условиям земного нахождения аргоном⁴.

В углекислых струях соффиони Лардерелло, связь которых с явлениями глубокой части земной коры едва ли может возбуждать сомнение, найдено до 0,015% гелия⁵. Он найден в газах горячих источников Исландии, как в тех, в которых преобладает азот, так и в тех, где преобладает CO₂. Количество гелия доходит до 0,01%⁶.

Для гелия горячих источников Исландии нельзя было заметить параллелизма с их радиоактивностью⁷.

393. В тектонических и поверхностных струях гелий найден во всех их типах — в водородных, метановых и азотных.

В *водородных струях* гелий наблюдался в соляных копиях, богатых калием. В Леопольдсгалле, около Гюстена, выделяется этим путем в год около 300 м³ гелия (с небольшим количеством *неона*). Его связывают с радием⁸, может быть с радиоактивностью калия (§ 381).

¹ Moureu et Biquard, 1906, с. 797.

² Strutt, 1910 (2), с. 234. Ср. Piutti, 1910 (2), с. 486–487; Moureu et Lepape, 1912.

³ Palmieri, 1881, с. 233; 1895. Позже (1904) Назини и Андерлини не могли найти гелия в инкрустациях и минералах Везувия. Пиутти (Piutti, 1909, с. 203) нашел его в цирконах из санидинитов Везувия (блоки Соммы) и в твердых продуктах фумарол. (Ср. также Piutti, 1910 (2), с. 441). Назини и Андерлини (Nasini e Anderlini, 1904, с. 371) указывают, что в условиях работы Пальмьери спектроскопически нельзя было открыть гелий. Ср. Piutti, 1910 (2), с. 439. Есть специальная работа Флореса (Flores, 1909 или 1910 г.), доказывающая правильность открытия гелия Пальмьери. О гелии в газовых выделениях в земной коре см. Czako, 1913 (1), с. 42 и сл., 69 и сл. (сводка анализов). Об общности нахождения гелия в газовых выделениях (в частности, в источниках в земной коре) см. Czako, 1913 (1), с. 53. О гелии в Италии см. Porlezza, 1920, с. 638. О гелии в Лардерелло см. еще Porlezza e Norzi, 1913, с. 118.

⁴ Gautier, 1909, (1), с. 977.

⁵ Nasini, Anderlini e Salvadori, 1898 (2), с. 10; Nasini, 1904, с. 217, 368; Porlezza e Norzi, 1911 (1), с. 932; (2), с. 338.

⁶ Prytz u. Torkelson, 1905, с. 340 и сл.; Torkelson, 1910, с. 49.

⁷ Torkelson, 1910, с. 78.

⁸ E. Erdmann, 1910, с. 777.

Гелий оказывается очень обычным в газовых струях, особенно в *азотных*. По-видимому, он идет из земных глубин. В газе из Нейенгамма (близ Гамбурга) 0,0141% He, и ежедневно он дает 70 м³ He в атмосферу¹.

Самое большое количество, ныне известное, – 25 550 м³ годовых².

Своеобразные азотные струи из Декстера в Канзасе (§ 357) оказались чрезвычайно богаты *гелием*, количество которого в этом газе доходит до 1,84%. Исследование многочисленных, более 40, других газовых струй Канзаса и окрестных мест на гелий (главным образом *метановые струи*) указало, что гелий находится в них во всех, причем его больше в азотных и меньше в метановых струях. В метановой струе из Нейенгамма (ср. § 380) найдено He раз в 100 больше, чем его находится в воздухе³. В Техасе есть струи с 1–2% He.

Английским правительством в 1915–1918 гг. произведен учет содержания гелия в тектонических метановых струях, – нигде не найдено больше 0,5% He. Всего в Британской империи из этого источника может быть получено в год больше 336 000 м³ гелия⁴.

Содержание гелия в метановых струях (в %)⁵:

В системе Блэкхис, Гамильтон, Онтарио	0,34
Альберта	0,33–0,36
Нью-Брунсвик	0,064
Новая Зеландия	0,077

Самое большое количество гелия встречено в Европе в газе из терм Вильдбада в Шварцвальде. Здесь выделяется 0,71% He, в 1400 раз больше, чем его находится в воздухе⁶.

Однако и *азотно-метановые струи* (ср. § 357) содержат много гелия, например газ из Эвреки состоял из 51,40% CH₄, 46,40% N и 1,5% He⁷.

Чрезвычайно любопытно нахождение его в *метановых струях поверхностного типа* – в каменноугольных копях. Здесь находится, например в Монсе в Бельгии, 13% гелия по отношению к азоту⁸.

Гелий всегда находится в газах каменных углей (метане) в таких количествах, которые необъяснимы ничтожными количествами радия и мезотория, находящимися в углях. В них больше гелия, чем в самых богатых им источниках. Так, например, в газовой струе угля в Анзене в год выделяется 4380 м³ He, в газовой струе Франкенгольца 3650 м³ He⁹. Для этого гелия приходится, так же как для азота и благородных газов газовых каменноугольных струй, искать происхождения в космическом его образовании в других стадиях Земли.

По наблюдению Мурё и Лепапа⁹, в естественных каменноугольных струях 0,13–0,44% He, а в искусственных буровых 0,0003–0,050% He. Количество гелия, которое выделяется в каменноугольных газах, колоссально – оно

¹ Czako, 1913 (2), с. 249. О гелии в термах и газах см. Sieveking u. Lauterschläger, 1912, с. 1043.

² Moureu et Lepape, 1914 (1), с. 420.

³ Voller u. Walter, 1910.

⁴ Mac Lennan, 1920, с. 748 и сл., 778.

⁵ Ср. Mac Lennan, 1919.

⁶ Czako u. Lauterschläger, 1913, с. 16.

⁷ Cady a. Mac Farland, 1907 (1), с. 1523; 1907 (2), с. 80.

⁸ Moureu et Lepape, 1911 (2), с. 849.

⁹ Moureu et Lepape, 1914 (3), с. 599; 1914 (1), с. 406–407.

превосходит во много раз максимальные количества источников. Так, максимальное количество гелия источника (в Нерис) – 34 м^3 в год, а здесь 3650 м^3 или 4380 м^3 . Правда, обычно эти струи через несколько лет прекращаются¹, однако настоящего объяснения этому нет. Очевидно, при горении угля выпускается значительное количество He в воздух. Гелий каменноугольных газов – ископаемый, и лишь часть его происходит из вещества угля.

Самое богатое количество He по отношению к N – в каменноугольном газе Монса (13% на N)¹.

В 1918 г. В форте Уэрт в Техасе добывалось ежедневно 140 м^3 газа, содержащего 93% гелия после очищения.

Главная гелиевая площадь – Среднеконтинентальный нефтяной бассейн: 1) северный Техас и 2) северная Оклахома и южный Канзас. Газ здесь содержит 0,5% гелия, иногда 2%. Отношение N : He = 114 : 20. Слабое содержание N дает слабое содержание He. Наибольшее количество гелия – из неглубоких скважин в пенсильванских слоях. С углублением, количество не уменьшается. Он связан с радиоактивностью².

Нельзя не отметить, что мы сейчас никоим образом не можем ясно представить себе химические процессы, вызывающие колебания содержания гелия в газовых струях. Здесь необходимо прежде всего тщательное собирание фактов; к сожалению, их еще очень мало.

394. Гелий в атмосфере. Очевидно, все время выделяясь и образуясь в земной коре, гелий должен быть найден и в атмосфере.

Однако здесь его немного – в 5 раз больше водорода, но в 3 раза меньше неона. Гелий был открыт раньше всего Кайзером³ в воздухе Бонна. Впервые в 1904 г. Дьюар, несомненно, спектроскопически доказал присутствие гелия всюду в окружающем нас воздухе⁴. Рамзай определил его количественно; по его измерениям, 1,23 объема гелия приходится на 100 000 объемов воздуха (т. е. он составляет 0,000056% атмосферы по весу)⁵. Более новые определения Клода⁶ дают меньшие числа: 5 объемов гелия на 1000 000 объемов воздуха. Если мы перечислим эти ничтожные числа на всю атмосферу, получим огромные количества гелия, существующие в данный момент в атмосфере – не менее $3 \cdot 10^9$ т.

Однако эти исчисления связаны с предположением об одинаковом распределении гелия во всех слоях атмосферы. Доказательств этому нет. Гелий мог быть констатирован в воздухе на высотах лишь до 10 км; между 10 и 14 км его найти не удалось⁷. В верхних слоях атмосферы – между 110–200 км – преобладает гелий⁸. В тропосфере – есть указания на криптон (§ 328), неон и водород (§ 384).

¹ Moureu et Lepape, 1914 (1), с. 416–425. В 1920 г. авторы указывали для Эльзас-Лотарингии 23,8% He по отношению к N.

² «Nature», 1922, с. 113.

³ Kayser, 1895, с. 89. Данные Кайзера подтверждены Фридлендером – Friedländer, 1896, с. 657; Baly, 1898, с. 198; Liveing a. Dewar, 1900, с. 467.

⁴ Dewar, 1904, с. 17.

⁵ Ramsay, 1905 (1), с. 203; 1905 (2). Поправка бывшей ошибки см. его же, 1908 (2), с. 599.

⁶ Claude, 1909, с. 1456.

⁷ Teisserenc de Bort, 1908, с. 220.

⁸ Störmer, 1921, с. 173.

395. Судьба гелия. Постоянно выделяющийся на земную поверхность гелий, однако, не накапливается в земной атмосфере. Надо думать, что он постепенно уходит за ее пределы¹, так как вследствие легкости его атомов они должны достигать временами предельной скорости, уравнивающей тяготение. В то же время неспособность гелия давать соединения исключает возможность существования на земной поверхности какого-нибудь задерживающего аппарата, который в виде живой материи существует для азота и водорода (§ 361, 385).

Если на эти соображения не повлияют какие-нибудь особые изменения гелия в исключительных условиях разреженных пространств и особых электромагнитных полей, окружающих земной шар, — гелий окажется тем элементом, при помощи которого наша планета понемногу теряет в небесное пространство свое вещество².

396. Гелий и человек. Гелий начали было использовать для аэростатов. Мак Леннан советует относиться осторожно к современному использованию гелия ввиду его возможного будущего значения³.

397. Гелий в России. Несомненно, гелий должен находиться и выделяться и в том участке земной коры, на котором мы находимся.

Однако почти нет наблюдений над его нахождением в пределах России.

Мне не известны указания на нахождение его в газах источников или в газовых струях в России.

На *Урале* гелий указан в эшинитах из *Ильменских гор*. По Стрётту, в 1 г вещества находится 0,98 см³ гелия⁴.

В *Самарской губ.*, в *Новоузенском у.*, в газовой струе на хуторе Мельникова спектроскопически открыт гелий⁵.

На *Кавказе* гелий спектроскопически определен Г. Черником (1897, с. 298) в золе каменного угля, по-видимому, из Тквибульского месторождения.

Озон

398. Образование в земной коре. Особое значение в земной атмосфере имеют мало изученные, быстро разлагающиеся сложные молекулы элементов, среди которых наиболее важен O_3 — озон. Как известно, работы Томсона⁶ указали на сложность состава самых обычных газов, подвергаемых действию электрического разряда. Для составных частей воздуха при этом условии получают сложные агрегаты для азота, для кислорода, для водорода. Так, например, для кислорода наблюдается не менее семи разных по свойствам и

¹ См. § 316. Кроме литературы, там указанной, ср. еще *S. Cook*, 1905, с. 509; *Stoney*, 1905, с. 510. По мнению Аррениуса, вычисления противоречат утверждению Стонея. Процесс мог бы идти при более высокой температуре и большем атмосферном давлении, чем это теперь наблюдается. *Аррениус*, 1914, с. 162.

² Не исключена возможность поглощения гелия при давлении твердыми и жидкими телами (ср. § 390). Прямые опыты Пиутти показали, что некоторые вещества (например, Sb_2S_3 , бура и т.д.), расплавленные в атмосфере гелия, поглощают его (*Piutti*, 1911, с. 13–14). О поглощении гелия при электрических разрядах см. *Strutt*, 1912, с. 381.

³ *Mac Lennan*, 1920, с. 779. Об использовании гелия см. *Porlezza*, 1920, с. 687.

⁴ *Strutt*, 1905, с. 98.

⁵ Н. Тихонович у *Стопневича*, 1917, с. 11.

⁶ *J.J. Thomson*, 1911 (1), с. 227 и сл.

составу видоизменений, в том числе озон — O_3 и еще более сложная частица — O_6 ; для азота имеется не менее пяти разных по свойствам частиц и т.д. (см. § 318, 320).

Несомненно, что этот процесс идет в широких размерах в природе, в земной атмосфере. С распадением и концентрацией обычных молекул данного газообразного элемента связаны явления ионизации воздуха или атмосферного электричества. Всякий электрический разряд, гроза и т.п., сопровождается выделением этих модификаций. Однако из них пока несколько выяснена только роль озона, но нельзя отрицать, что, может быть, некоторые из свойств, ему приписываемых, принадлежат не ему, а другим модификациям, всегда с ним образующимся, например O_6 .

Совершенно не исключено нахождение озона в глубоких слоях земной коры, как очень эндотермического соединения. Опыты Уоррена показали, что при высокой температуре и высоком давлении водяной пар отчасти переходит в озон и перекись водорода¹.

Количество других окислителей (поправки на перекись азота или H_2O_2) ничтожно по сравнению с озоном².

399. Лишь недавно Ладенбургу и позже Гольдштейну³ удалось получить чистый озон из искусственно полученного кислорода; вместе с озоном находился еще O_n , с большим n , вероятно O_6 . Само собою разумеется, мы нигде не имеем ничего подобного в земных условиях. Здесь озон находится только в атмосфере⁴. Однако здесь количество его исчисляется ничтожными долями процента. И для них возможны сомнения — не входят ли в эти числа небольшие количества других веществ, обладающих энергичными химическими свойствами, аналогичными озону. Существование в атмосфере озона принимается на основании того, что: 1) в природе происходят многочисленные физические и химические процессы в воздушной среде, во время которых — судя по опытам лабораторий — неизбежно должно выделяться некоторое количество озона; 2) его присутствие доказывается качественными реакциями, которыми, однако, кроме озона, открываются и другие вещества; лишь недавно найдены качественные реакции, открывающие только озон⁵; 3) изучение спектра поглощения атмосферы показывает в ней существование линий поглощения, которые свойственны только озону⁶. Наблюдения Ангстрёма указали присутствие значительных количеств озона в земной атмосфере (очевидно в верхних ее частях)⁷.

¹ H. Warren, 1898, с. 192.

² Pring, 1915, с. 448.

³ Ladenburg, 1907, с. 505; 1898, с. 2508; Goldstein, 1903, с. 3042.

⁴ Озон указывался и в водном растворе — в воде источников. Проверка его содержания в источнике Фиуджи около Антиколи в Кампанье, где он указывался, дала при применении новых методов отрицательные результаты (Nasini e Levi, 1908 (2), с. 192). Если он и образуется в водных растворах, то быстро разлагается благодаря свойствам этих вод, или лишенных кислорода или богатых живой материей. Новые работы Назини и Порлецца (Nasini e Porlezza, 1912, с. 740, 803) доказали нахождение озона в воде источников в окрестностях Монте-Амиата в Италии (в Санта-Фиоре — $0,15 \text{ см}^3$ в 1 л). Вода источников не обладает радиоактивностью, так что озон является продуктом каких-то химических реакций.

⁵ Gmelin-Kraut, 1905, с. 30.

⁶ Kayser, 1905, с. 361 и сл. (литература). О спектре озона атмосферы см. Humphreys, 1910, с. 97 (литература).

⁷ Angström, 1904, с. 395. Его нахождение раньше отрицалось, например Илосваем (см. Ilosvay de Ilosva, 1889, с. 377). Об озоне в верхних слоях атмосферы см. J. Pring, 1914, с. 204; 1915.

Связь образования озона с ультрафиолетовым светом вызывает связь его количества с состоянием Солнца. При максимуме солнечных пятен уменьшается количество ультрафиолетовых лучей, достигающих Земли, а вместе с тем и количество озона. Однако с максимумом пятен связано увеличение северных сияний, а вызывающие их электрические разряды способствуют увеличению озона, особенно в верхних частях атмосферы¹.

Ф. Львов (1859, с. 15–16; 1864, с. 94) пытался доказать присутствие озона в газах некоторых сибирских минеральных источников (Туркинских, Кыру-Былыринских).

400. Количественные определения (иодометрическим и другими путями) дают нам предельные максимальные цифры, ибо вместе с озоном ими могут захватываться перекись водорода и какие-нибудь ближе не известные соединения – энергические окислители². Эти числа малы – так, например, по Зенг-ру³, пропуская 100 л воздуха через иодистый водород всегда можно открыть присутствие в них 0,01–0,002 мг озона и т.д. Едва ли ошибочно предполагать максимум озона по весу в атмосфере равным $2 \cdot 10^{-4} \%$ ⁴.

Верхние слои атмосферы всегда им богаче, чем нижние⁵. Гайгерст и Принг⁶ не могли количественно определить озон в нижних слоях атмосферы, но в верхних (выше 16 км) количество его увеличивается; в среднем здесь находится 0,04 мг озона в 0,1–0,3 м³ воздуха. Исследования Анриэ и Бонисси указывают, что озон главным образом попадает в нижние слои атмосферы из верхних ее областей, приносится оттуда ветрами, а там образуется действием ультрафиолетовых лучей Солнца на кислород⁷. Максимальное количество озона, которое удастся получить в воздухе при действии ультрафиолетовых лучей, 0,15%⁸. По исследованиям Принга⁸ озон находится выше 3 км в количестве $5 \cdot 10^{-4} \%$ по объему. Между 4 и 20 км нет его заметного увеличения. В среднем на высоте от 5 до 20 км его $2,5 \cdot 10^{-6} \%$; в Альпах на высоте 3,5 км его $4,7 \cdot 10^{-6} \%$. По данным Линдемана и Добсона⁹, он значительно преобладает выше 60 км, так как образуется действием коротких волн (1600–1500 Å) на O₂. Этим объясняется повышение температуры слоя 60–160 км, которая равна 280–300°.

На Монблане не удастся найти озон после интенсивной инсоляции. Он здесь (4360 м) не образуется инсоляцией¹⁰. «Очевидно, поглощающий слой озона находится высоко и его мало или совсем нет внизу, близ поверхности Земли». Этот слой поглощает ультрафиолетовые лучи Солнца¹¹. В нижних слоях атмосферы он разрушается благодаря окисляющимся веществам¹²

¹ *Humphreys*, 1910, с. 110.

² *Arnold u. Mentzel*, 1902, с. 1324, 2902.

³ *Zenger*, 1857, с. 78.

⁴ *Salet*, «*Diction. de chimie*», II, 1, p. 720.

⁵ *Thierry*, 1897, с. 460.

⁶ *W. Hayhurst a. J. Pring*, 1910, с. 868.

⁷ *Henriet et Bonyssy*, 1908, с. 977–978; *Fischer u. Braehmer*, 1905; *Lenard*, 1900, стр. 503; 1906, с. 29–30; *Regener*, 1906, с. 1033.

⁸ *J. Pring*, 1914.

⁹ *Lindeman a. Dobson*, 1923, с. 434.

¹⁰ *Bayeux*, 1919.

¹¹ *Rayleigh*, 1920, с. 588.

¹² *Gräfenberg*, 1903, с. 369 и сл.

(ср. § 401). Возможно, что синевя неба связана с увеличением количества озона в верхних областях атмосферы¹.

Количество озона сильно колеблется в зависимости от атмосферных условий; так, например, в наших широтах утром его меньше в нижних слоях атмосферы, чем вечером, максимум озона в наших широтах (Москва) достигается в феврале и марте, минимум в июле². Наблюдения Холмса³ в Америке также подтвердили, что озона больше внизу зимой, чем летом; он образуется главным образом в верхних слоях атмосферы; грозы дают его мало. Его больше в морском воздухе⁴, он почти отсутствует в воздухе больших поселений; и вообще в деревнях его больше, чем в городах⁵.

Он неизбежно образуется в природе во время различных процессов, в ней совершающихся, – во время гроз и тихих разрядов электричества, сильных вулканических извержений⁶, некоторых реакций окисления, например окисления органических веществ. Образование его более или менее точно констатируется в воздухе соляных градиен, возле водопадов и т.д. Однако здесь, может быть, мы имеем дело с явлениями ионизации воздуха, не зависящими от озона и раньше с ним смешиваемыми.

Помимо этого, озон образуется в связи с явлениями радиоактивности. Назини и Леви наблюдали это явление и в природе – в обогащении озоном воздуха вблизи сильно радиоактивных пород или источников, богатых эманацией. Их опыты подтвердили это наблюдение⁷.

До сих пор не может считаться доказанным ни одно из объяснений его образования из кислорода. Очень вероятно, что для его образования неизбежно присутствие гидроксильных ионов, как думает Грефенберг; в таком случае все природные реакции образования озона так или иначе связаны не только с присутствием свободного кислорода, но и с процессами, сопровождающимися выделением $\text{ОН}'$, т.е. так или иначе связаны с разложением воды. Однако этому противоречит его выделение в верхних частях атмосферы, бедных H_2O . Точно так же опыты Бертелло и Годшона показали, что озон образуется под влиянием ультрафиолетовых лучей и в тщательно высушенном кислороде⁸. Правда, во влажном кислороде он образуется быстрее⁹.

401. Изменение озона. Таким образом, несомненно, что это тело постоянно образуется исключительно на земной поверхности. Но здесь оно быстро исчезает. Едва ли можно сомневаться, что озон играет здесь огромную роль в процессах выветривания, хотя до сих пор природные реакции, идущие при его посредстве (кроме влияния на организмы), не изучены путем непосредственного наблюдения. Однако все, что мы знаем о его свойствах, и быст-

¹ *Humphreys*, 1909, с. 14.

² *Шене*, 1884, с. 250; 1894, с. 2–3.

³ *Holmes*, 1912, с. 497.

⁴ Не всегда, см. *Schelenz*, 1889, с. 224.

⁵ *Houzeau*, 1865, с. 788; 1866, с. 426.

⁶ Обзор методов образования озона см. *Gräfenberg*, 1903, с. 356 и сл. О его образовании при тихих разрядах см. *Krüger*, 1912, с. 240. О его образовании при высокой температуре см. *Sabatier*, 1907, с. 666. О его содержании в верхних слоях см. *Fabry et Buisson*, 1921. Об озоне в пустынях см. *J. Walther*, 1891, с. 386.

⁷ *Nasini e Levi*, 1908 (1), с. 48; *Lind*, 1912, с. 295.

⁸ *D. Berthelot et H. Gaudchon*, 1910, с. 1172.

⁹ *Г. Хлопин*, 1911, с. 561.

рое его исчезание на земной поверхности заставляет допустить, что озон служит одним из агентов, усиливающих реакции окисления на земной поверхности, играющих первостепенную роль в процессах выветривания. Так, например, он окисляет As в As_2O_3 , окисляет азот (§ 366) PbS (дает англезит), органические вещества и т.д. В воздухе городов и городских поселений озон исчезает благодаря присутствию в нем восстанавливающих веществ, например муравьиного альдегида. Прямые опыты над воздухом Парижа показали его присутствие наверху и исчезание книзу; так, по исследованию Де Тьерри, на высоте 3020 м воздух содержит на 100 см^3 9,4 мг озона, а внизу, в Монсури, всего $1,9 \text{ мг}^1$ и т.д. Несомненно, роль его станет все более яркой по мере более научного изучения процессов выветривания в поле.

402. Озон в России. Как составная часть атмосферы озон несомненно присутствует всегда и в атмосфере наших мест.

Здесь явления, связанные с влиянием на него метеорологических условий, изучены для Петровского-Разумовского многолетними наблюдениями проф. Э. Шене. К сожалению, эти наблюдения далеко не всегда позволяют отличить его действие от действия других аналогичных веществ².

Более поздние наблюдения Э. Шене³ над спектрами поглощения воздуха в Москве доказали присутствие озона в атмосфере спектроскопическими измерениями.

К сожалению, отсутствуют наблюдения над изменением количества озона с высотой в воздухе наших местностей и в наших климатических условиях (например, в воздухе степей) и изменение его свойств в областях, богатых радиоактивными веществами (например, в местах выхода радиоактивных минералов или сильно радиоактивных источников).

Хлор

403. Нахождение в земной коре. Свободный хлор наблюдается в земной коре временами как быстро исчезающий газ. Возможно, что он иногда находится и в водных растворах, но более несомненно его нахождение в газообразном состоянии. Его роль только начинает выясняться, и характер связанных с его образованием и изменением химических процессов не может считаться доказанным.

В водных растворах он был указан несколько раз, но все эти указания носили очень гипотетичный характер и можно на них не останавливаться. Возможно его нахождение в воде во время вулканических извержений, но здесь он быстро исчезает, давая разнообразные хлористые соли. Само собой разумеется, от растворов газообразного хлора в воде мы должны отличить слабые водные растворы хлористых солей, заключающие, по распространенной теории растворов, ионы хлора. Такие растворы играют крупную роль в коре выветривания.

¹ *Henriet*, 1907, с. 189.

² См. замечания о более старых определениях у *Шене*, 1877, с. 43 и сл.; 1880, с. 14.

³ *Шене*, 1884, с. 251; 1894, с. 2–3. Ср. *И. Егоров*, 1882, с. 34.

Гораздо более несомненно нахождение в земной коре газообразного хлора. В газообразном состоянии он находится в двух видах: 1) в виде испарений хлора и 2) в газовых струях.

Испарения хлора наблюдаются при особых исключительных условиях, в зависимости от совместного нахождения в природе богатых кислородом соединений, способных окислять галоидные соединения, выделяя из них свободный хлор. Сильный запах хлора отмечался около оз. Эльтон¹. В морском воздухе отличали присутствие Cl и NaCl². Такого рода реакции идут всюду в присутствии соединений двуокиси марганца. Хлор выделяется этим путем в верхних частях жил и играет в них важную химическую роль³.

404. Гораздо более ясную роль играют *хлорные газовые струи* – выделение хлора в свободном состоянии во время вулканических процессов. Работы Брёна⁴ показали, что выделение свободного хлора играет огромную роль в вулканическом пароксизме, во время того взрыва, который сопровождает вулканическое извержение. Хлор составляет при этом значительную часть газовых струн вулканов в первичных стадиях их образования, и мы можем говорить здесь о хлорных струях. По анализам Брёна, хлор должен даже давать заметную часть, по весу, всех газов, выделяющихся при извержении вулканов. В вулканах самых разнообразных мест земного шара мы наблюдаем одно и то же явление, так что, по-видимому, выделение свободного хлора является характерной чертой всякого вулканического извержения. Очевидно, что количества его, таким путем выделяемые, временами огромны, и для всего земного шара процесс этот идет без перерыва.

Многие мало измененные вулканические породы – например стекла, обсидианы и т.п. – при нагревании, при определенной температуре пароксизма, выделяют свободный хлор. Хлор находят поэтому в газах, выделяемых при нагревании в природе некоторыми, преимущественно молодыми, вулканическими породами (см. § 350).

Очевидно, надо думать, что такое выделение хлора должно происходить и теперь всюду, где эти породы попадают под действие высокой температуры. Поэтому можно было бы ждать выделения хлора не только в вулканических, но и в тектонических газовых струях.

Однако хлор в газовых струях – помимо вулканов – не констатирован. Причиной, может быть, является исключительно легкая изменяемость хлора, хотя такое объяснение все же представляется мало достаточным. Он быстро переходит в соединения, давая HCl или хлористые металлы, и представляет крайне нестойкую, быстро уходящую составную часть земных газовых выделений.

В исключительных случаях хлор является побочным продуктом культурной жизни, например находится в воздухе ситцевых фабрик и т.п. Очевидно, никакого значения эти ничтожные следы не имеют, и такой хлор быстро исчезает.

¹ Гёбель, 1838, с. 2.

² Эйхвальд, 1860, с. 178, 224. См. также Seegen, 1862, с. 188.

³ Don, 1898, с. 599; Rickard, 1902, с. 207.

⁴ Brun, 1909 (2), с. 54; 1911. Раньше Брёна нахождение свободного хлора указывал для Котопах Вольф (T. Wolf, 1878, с. 164).

Иод

405. Нахождение иода в природе. В свободном состоянии иод впервые был обнаружен в источнике Пагуа в Новой Зеландии¹. Он был найден также в источнике Вудхолл-Спа в Линкольне². Соединения иода в природе почти неизвестны (иод-аргирит, иодобромит, изоморфная примесь в галоидных соединениях серебра и ртути и в фосфоритах, лаутарит и несколько других минералов), а между тем количество иода в земной коре не так незначительно (см. § 15). Из галоидных соединений свободный иод выделяется под действием света. Природные водные растворы, вероятно, тоже разлагают иодистые соединения, так как ионы иода наблюдаются в ряде источников и в морях. Из воды иод улавливается чрезвычайно легко организмами. Водоросли издавна служат источником для добывания иода. Иод очень распространен в организмах³ и в свободном состоянии может выделяться при их распаде в фосфоритах, гуано, селитряных залежах.

Юстус⁴ указал на нахождение иода в ядре всякой клетки и определил его содержание в различных органах живого организма, где оно колеблется от следов до 9,7 мг на 100 г вещества.

Жуки *Paussidae*, водящиеся в Африке, Азии, Австралии, в муравейниках, выделяют из заднепроходных желез летучую жидкость, содержащую свободный иод⁵.

Роль свободного иода в природе еще почти не изучена⁶.

Радиоактивные эманации

Радон. Торон. Актинон

406. Общие замечания. Необходимо еще свести вкратце те данные, какие мы сейчас имеем о нахождении в земной коре радиоактивных эманаций — этих мало изученных, по видимому тяжелых газов⁷. Из них только радиевая эманация — радон⁸, хотя и полученный в ничтожных количествах, мог быть изучен в своих свойствах. Остальные могут быть только констатированы. Актиниевая эманация (актинон) совсем мало изучена.

А между тем их постоянное образование в земной коре, повсеместное распространение и связанные с ними изменения в характере энергии, остатки их превращений, повсюду рассеянные на земной поверхности, заставляют внимательно присматриваться к этой вновь открывающейся нам области знания.

¹ Skey, 1877, с. 445.

² Wanklyn, 1886, с. 300.

³ Gautier, 1899, с. 648; Bourset, 1900, с. 47 и сл. О распространении иода см. также Вернадский, 1899, с. 48–49; Bourset, 1900, с. 23 и сл. (есть литература); Vogt, 1898, с. 324 и сл.; Jacquot et Willm, 1894, с. 45; Autenrieth, 1897, с. 508; Dieseldorf, 1899, с. 321.

⁴ Justus, 1902, с. 501 и сл.; 1904, с. 1.

⁵ Холодковский, 1912, с. 162.

⁶ [См. добавления о иоде в природе в кн.: В.И. Вернадский. Очерки геохимии, 1934, с. 35 (Избр. соч., т. I, 1954, с. 45) и статью А.П. Виноградова в журнале «Природа», 1927, № 9, с. 670.]

⁷ Сводку о свойствах эманации см. Hevesy, 1913, с. 198 и сл.; о растворимости радона — с. 200, торона и актинона — с. 205, о захватывании эманаций коллоидами и металлами — с. 207 и сл.

⁸ [Радиевая эманация в старой литературе называлась нитоном.]

407. Эманации находятся в земной коре в трех видах: 1) в газообразном состоянии – в виде характерных испарений, входя в ничтожных количествах в состав газов атмосферы и литосферы, 2) в виде водных растворов, обуславливая своим нахождением в водах их радиоактивность, и 3) в виде какого-нибудь раствора или окклюзии (?) в твердых минералах и горных породах земной коры.

Растворимость эманаций в воде для радона изучал Гевеши¹. При повышении температуры растворимость очень уменьшается и при 70° едва $\frac{1}{4}$ захватывается водою по сравнению с тем количеством радона, которое растворяется при 0°.

Характерна способность эманаций захватываться коллоидальными телами и даже кристаллическими (металлы).

По-видимому, мы имеем здесь дело с явлением, вполне аналогичным условиям нахождения гелия (§ 388). Образующийся газ удерживается твердым телом, в котором происходило распадение атомов. В отличие, однако, от гелия, способность задерживаться для эманаций выражена менее резко, может быть в связи с тем, что эманации сами постоянно разлагаются (§ 413). Ториевая эманация легко задерживается и не пропускается силикатовыми телами; так, она задерживается тончайшими листочками слюды.

408. Радон и торон в литосфере. Мы находим эти тела в литосфере частью в виде исходящих из нее газообразных выделений, частью в водных (и в углеводородных) растворах. Вероятно, относительно большие их количества сосредоточены внутри твердых продуктов литосферы. Однако причины такого скопления нам совершенно неясны.

Подобно тому, что наблюдалось и для других газов, например для водорода (§ 379), гелия (§ 392), аргона (§ 353), эманации связаны как с процессами глубоких слоев литосферы, идущими в метаморфической и магматической термодинамических ее областях, так и с процессами земной поверхности.

Так, с глубинными процессами связано, например, нахождение радона в газах, выделяющихся из горячих соффиони в Лардерелло в Тоскане², около Трекванды в Сиене или в углекислых струях, например, в газах Собачьей пещеры около Неаполя³. В Лардерелло на 1 м³ газа приходится $4,813 \cdot 10^{-6}$ мм³ эманации, отвечающей $8,02 \cdot 10^{-6}$ г радия в радиоактивном равновесии⁴.

Эманации наблюдаются обычно в метановых газовых струях; в общем их радиоактивность очень мала. По-видимому, они захватывают эманации из окружающих пород⁵. С другой стороны, нахождение радона в метановых испарениях, вызванных гниением, очевидно, связано с поверхностными процессами⁶.

409. Вероятно, глубинного происхождения большинство *горячих терм*, в которых констатированы радиоактивные эманации⁷. В источниках радиоактивные эманации находятся как в газах, из них выделяющихся, так и в

¹ См. сноску 5 на с. 474.

² Nasini, Anderlini e Salvadori, 1897, с. 388; Nasini e Anderlini, 1905, с. 70 и сл.

³ Nasini e Levi, 1908 (1), с. 551.

⁴ Porlezza e Norzi, 1913, с. 118.

⁵ Czako, 1913, с. 59, 61.

⁶ Satterly, 1911, с. 356.

⁷ Литературу см. Lucas, 1908, с. 49, 1080; Бертенсон, 1914, с. 27 и сл.

растворе, причем в огромном большинстве случаев их больше (в процентном отношении) в газах, чем в воде источников¹. Впервые радиоактивные газы были найдены в природных водах Томсоном².

В источниках найдены радон и торон, причем количество их колеблется, но обычно обе эти эманации находятся вместе, например, в источниках Наугейма, Гомбурга, Крейцнаха. Есть, впрочем, указания на единичные находения, например в Содене наблюдался только радон³. Однако отрицательным результатам нельзя придавать решающего значения. По-видимому, все же не будет ошибочным считать, что в огромном большинстве случаев причиной радиоактивности источников является радон, а торон играет второстепенную роль⁴.

Очевидно, все наблюдаемые различия связаны с теми породами, которые развиты по пути источников, откуда источники получают свою эманацию.

Количество радона и торона в источниках ничтожно. Врачи пытаются разделять источники по степени их радиоактивности; по классификации Нордена – 1) сильно радиоактивные (>100 М. Е.), 2) умеренно радиоактивные (50–100 М. Е.) и 3) слабо радиоактивные (20–50 М. Е.). Меньше 20 М. Е. едва ли следует называть радиоактивными⁵.

Есть поверхностные источники, богатые эманацией, например, вода одного колодца около Модума в Норвегии, по Поульсену, – до 164 М. Е.⁶. Наиболее богаты источники Брамбах в саксонском Фохтланде (2000–2270 М. Е.), главным образом они содержат радон⁶, затем идут термы Искии (372 М. Е.)⁷, Георгсвелле в Ландеке (206 М. Е.), Гаштейн⁸ (149 М. Е.) и т.д. Обычные воды Яхимова обладают радиоактивностью в 600 М. Е. Огромное большинство источников, однако, стоит по содержанию эманаций в выделяемых ими газах далеко позади от указанных.

К сожалению, мы имеем чрезвычайно мало данных, позволяющих выразить эти количества в более рациональных единицах, чем маховские. Несомненно, количества эти ничтожны и могут иметь значение только благодаря своей распространенности. Так, определения радона в английских источниках дают числа, отвечающие от 1,73 мг до 1,19 мг радия на 1 млн л воды. В 1 млн л газа Кингс-Уэлла наблюдались количества радона, отвечающие 33,65 мг радия⁹.

¹ *Henrich*, 1907, с. 395. Однако наблюдения Массоля (*Massol*, 1908, с. 844) показали обратное явление для источника Юриаж в департаменте Изер во Франции (о нем ср. § 391). Актинон констатирован, по-видимому, для источников р. Лерез в Северной Испании – *Muñoz del Castillo*, 1908, с. 349.

² *J.J. Thomson*, 1904, с. 172.

³ *Aschoff*, 1908, с. 2–3.

⁴ *Himstedt*, 1904 (1), с. 181, 188. Наблюдения Торкельсона над горячими источниками Исландии указали, что далеко не вся их эманация идет из глубоких слоев – часть ее доставляется поверхностными водами. *Torkelson*, 1910, с. 82 и сл.

⁵ *Бертенсон*, 1914, с. 31, 34.

⁶ *Weidig*, 1911, с. 221; *Fresenius u. Czapski*, 1911, с. 722. Для Ингушлинского источника на Кавказе было первоначально получено по одному определению – 1300 М. Е. (*Карстенс*, 1910, с. 16). Однако, по проверке Э. Карстенса, он оказался слабо радиоактивным (*А. Герасимов*, 1915, с. 92).

⁷ *Engler u. Sieveking*, 1907, с. 12. Радиоактивность окружающих пород не представляет ничего необычного (*Nasinie Levi*, 1908 (1), с. 432).

⁸ *P. Curie et L. Laborde*, 1904, с. 1150; *Engler u. Sieveking*, 1907, с. 9.

⁹ *Ramsay*, 1912, с. 134. Другие числа см. у *Brochet*, 1910, с. 145.

В некоторых случаях эти количества больше; они бывают столь велики и постоянны, что источник может являться рудой на эманацию. Так, например, углекислый источник в Коломбьер на Орбе (Эро во Франции) выделяет в сутки непрерывно 43 000 л газа, в том числе 860 мг/мин эманаций¹.

Радон найден Мурё² во всех источниках, в которых он его искал.

Лучше всего выражать количество эманации в «кюри». *Кюри* – это количество эманации, находящееся в равновесии с 1 г металлического радия (0,6 мм³ радона); миллимикрокюри = 10⁻⁹ кюри.

По наблюдениям Мурё, мы имеем на 1 л при выходе газов источников (в миллимикрокюри на 1 л):

	Минимум	Максимум	Источники
Азотные струи	0,57	508,80	42
Азотно-углекислые струи	1,17	4,25	2
Углекислые струи	0,14	141,50	12

Наибольшие количества наблюдались в источниках:

Бад-Гаштейн	508,80	Азотные струи
Баньер-Люшон (источник Бордё)	118,05	То же
Бурбуль	141,50	Углекислые струи

Принимая во внимание дебит, мы имеем возможность вычислить количество радона, отвечающее данному источнику. Ввиду разрушения радона его нельзя вычислять обычным путем. Можно получить понятие о количестве радона, измеряя количество его в течение месяца: это максимум, ибо по истечении месяца количество радона не увеличивается, его столько же образуется, сколько разрушается. Его выражают в микрокюри (10⁻⁶ кюри), отвечающих микрограммам (10⁻⁶ г) металлического радия, дающим то же количество радона, какое дает источник. В таком случае мы имеем максимальные числа.

Бурбуль	65 650	микрокюри
Коломбьер на Орбе	1 656	»
Нерис (Сезар)	365,05	»

Очень характерно, что оба максимальных источника дают *углекислую струю*.

Для всех 20 источников, изученных Мурё, мы имеем 67 998,9 микрокюри, из которых один Бурбуль дает 65 650, а 19 источников всего 2348,9. В каменноугольных газах Мурё и Лепапу³ не удалось доказать присутствие радона, т.е. если он есть, его меньше 0,02 миллимикрокюри на 1 л.

В исследованных источниках (пресных и артезианских) Швеции (394 источника) преобладает радон, так что торон не мог быть количественно определен. В сильно радиоактивной воде из Винтервикен (164 М. Е.) 10% эманации относятся к ториевой⁴.

¹ Danne et Crémieu, 1911, с. 870.

² Moureu, 1913, с. 117 и сл., 123–124.

³ Moureu et Lepape, 1914 (1), с. 408.

⁴ Sahlbom, 1915, с. 18.

Количество эманаций в озерах ничтожно (максимум в оз. Шунет – 0,24 М. Е.), в колодцах в тех же местностях и других – гораздо больше (несколько М. Е., максимум на руднике «Юлия» – 18,1 М. Е.)¹.

В воде Баньоль-де-л'Онъ старые определения давали:

0,0113	микрокюри	(Кюри и Лаборд)
0,0024	»	(Мурё)
0,0002–0,0015	»	(Луазель)

Причина колебаний неясна². Интересны изменения в количестве эманаций в воде источников, объяснения которым нет. Так, например, в газах минеральных источников, выходящих из архейского массива Кару (Коломбьер, в деп. Эро), среднее годовое содержание эманации постоянно; но количество ее неуклонно увеличивается с 1912 г.³.

1912 – 8	миллимикрокюри	на	1	л	газа
1923 – 18	»	»	1	»	»

В источниках Пиренеев нет торона. Следы торона находятся в источниках Центрального плато⁴.

Радон и торон не найдены в водах рек⁵. Однако они должны в них быть, так как всюду находятся в атмосфере и легко растворяются в воде. Они обычны во всех поверхностных пресных источниках⁶.

Помимо нахождения в водных растворах, радон констатирован в нефти⁷.

Эманации наблюдаются в газах, сосредоточенных в порах пород, главным образом рыхлых.

В почвах Миннесоты содержится всегда радон в количестве на 1 см³ почвы от 13 до 80·10⁻¹⁴ г Ra. В более плодородных почвах его больше. Там же – торон, отвечающий 25–71·10⁻⁷ г Th⁸. В частности, они являются одной из составных частей *почвенного воздуха*. Он обычно богат эманациями, главным образом радоном, причем количество эманаций сильно колеблется в зависимости от свойств почвы⁹. Однако это количество все же во много раз превышает их содержание в атмосферном воздухе, например в Кембридже в 2000 раз – равно 200·10⁻² кюри¹⁰.

В снежных осадках или ледниковых водах эманации не удерживаются и быстро исчезают после нахождения их в соприкосновении с обычным воздухом¹¹.

¹ П. Орлов, 1921, с. 30–32.

² Loisel, 1919.

³ Crémieu, 1923, с. 826.

⁴ Lepape, 1924, с. 933.

⁵ Ср. некоторые указания на эманации в прудах у Himstedt, 1904 (1), с. 184.

⁶ J.J. Thomson, 1904, с. 172; Himstedt, 1904 (1), с. 182; Blanc, 1910, с. 525 (литература).

⁷ Первые наблюдения сделаны Д.Д. Томсоном в 1902 г. См. Himstedt, 1904 (1), с. 183; Burton, 1904, с. 511.

⁸ Sanderson, 1915, с. 391.

⁹ Литературу см. Lucas, 1908, с. 48. Ср. Elster, 1903, с. 522. Мысль о радоне, как причине активности почвенного воздуха, была высказана впервые Эбертом и Эверсом (Ebert u. Ewers, 1902, с. 165). Ср. еще Sanderson, 1912, с. 142 и сл.

¹⁰ Satterly, 1911, с. 355, 532.

¹¹ Gockel u. Wulf, 1908, с. 909.

Газы, выделенные из массивных и метаморфических пород (§ 350 и сл.), на эманации, кажется, не испытаны.

410. Радон в гидросфере. Содержание радиоактивных эманаций в океанах одно время не принималось во внимание. Однако более тщательные исследования констатировали нахождение в них радона, по-видимому, в связи с растворенными в морской воде, медленно разлагающимися солями радия или с их скоплениями в морской грязи.

Содержание радона в морской воде колеблется. Так, например, в то время как средняя радиоактивность в Атлантическом океане, связанная с радоном, выражается 0,1 М. Е., около о-ва Фернандо-Норонья она равна 0,3 М. Е., кое-где сходит на нет¹. Эти числа раз в 20 меньше радиоактивности слабо радиоактивных терм. Надо думать, что эманации в морской воде происходят от радиоактивности морской грязи дна, которая различна в разных местах².

Для Атлантического океана определения Ива³ дают в 1 г морской воды ничтожные количества радона, так как в ней находится едва ли больше $9 \cdot 10^{-16}$ г радия на 1 г воды. В общем, однако, здесь до сих пор получаются разными исследователями различные цифры⁴.

Радиоактивность морской воды Атлантического и Тихого океанов на 1 г морской соли равна $147,7 \cdot 10^{-14}$ г Ra (т.е. $1877,8 \cdot 10^{-17}$ г на 1 см³ воды)⁵.

Определения Ra (эманации) в воде Мексиканского залива дали $1,7 \cdot 10^{-12}$ г Ra на 1 л. Среднее из определений Ллойда, Ива, Саттерли и Джоли дает $1,2 \cdot 10^{-12}$ г Ra на 1 л⁶.

Эманации (радон) растворяются в соленой воде слабее, чем в пресной. На это указывают и опыты и наблюдения. По Кофлеру⁷, коэффициент η для насыщенного раствора NaCl при 18° = 0,042, для H₂O при 18° он равен 0,28. По наблюдениям над морями (для Адриатического моря), при 18° η = 0,165.

411. Эманации в атмосфере. Эманации неизбежно должны постоянно попадать в атмосферу⁸. С одной стороны, радиоактивные элементы, с ними связанные, хотя и в ничтожных количествах, рассеяны всюду на земной поверхности. Очевидно, они должны всюду непрерывно выделять эманацию в атмосферу и этим пополнять ее запас при постоянном ее распаде⁹. С другой стороны, радон выделяется при действии высокой температуры на содержащие его твердые тела. Поэтому он должен уходить из глубоких слоев литосферы, где в магматической области вещество или расплавлено или находится в сильно накаленном состоянии.

Уже эти обстоятельства вполне объясняют нахождение радона и его аналогов в источниках, их выделение в газовых струях, выходящих из земных глубин.

¹ Knoche, 1909, с. 157.

² Knoche, 1912, с. 114.

³ Eve, 1909, с. 107.

⁴ Числа Ива (Eve, 1907, с. 289; 1909, с. 102) не сходятся с данными Джоли (Joly, 1908 (2), с. 385; 1909 (2)). Ср. данные у Knoche, 1912, с. 112, 152, 322.

⁵ Mialock, 1915, с. 267. По Джоли (Joly, 1909 (1), с. 764), в морской воде находится меньше 10^{-8} г тория на 1 г воды.

⁶ Lloyd, 1915, с. 580.

⁷ Kofler, 1908, с. 6.

⁸ См. сводку у Blanc, 1910, с. 502 и сл.

⁹ Вернадский, 1911, с. 31, 39.

Из газовых струй и источников и в виде испарений при разложении поверхностных радиоактивных элементов радон и его аналоги постоянно входят в земную атмосферу. Очевидно, таким образом, содержание их в атмосфере должно соответствовать их количеству в подстилающих ее твердых участках земли. Поэтому в воздухе над океанами их будет относительно меньше, чем над сушей.

Однако, в частности, далеко не все понятно в характере их распространения в земной атмосфере. Так, например, в воздухе над океанами¹ наблюдается больше активных радиаций, чем сколько их можно было бы ждать на основании их количеств, могущих исходить из морской воды, или приносимых реками из суши. По определению Рунге, индуцированная активность воздуха, зависящая от разложения радона, в середине Атлантического океана не меньше, чем вблизи его берегов². Работы Кнохе³ для Тихого океана, между 70–110° з.д. и 20–40° ю.ш., дают над ним ионизацию воздуха, не меньшую, чем над сушей. Мы не знаем, откуда получается наблюдаемый избыток⁴, но, по-видимому, мы имеем здесь дело не с эманациями, а с особой ионизацией воздуха, обладающей менее подвижными ионами, чем ионы, вызываемые эманациями. Очень вероятно, что это связано с газовым обменом океанов⁵.

412. В воздухе атмосферы и в воздухе почв и рыхлых пород эманации были констатированы впервые Эльстером и Гейтелем и одновременно Селла и Поккеттино⁶. Оказалось, что в них находятся все три эманации⁷. Эльстер и Гейтель (1902) доказали нахождение в воздухе *радо*на. Существование в атмосфере *торона* впервые установил Бумстед в 1904 г. Количество ее по отношению к радону колеблется от 15 % (Нью-Йорк, по Бумстеду) до 70% (Рим, по Блану), может быть, в связи с количеством тория и урана в почве. По Блану, например, в почвенном воздухе количество ториевой эманации отвечает содержанию 0,0000145 г тория в 1 г почвы. Но, помимо этого, существуют и другие условия, влияющие на отношения радона к торону, ибо на высоких горах радон возрастает быстрее, чем торон. В общей массе этих тел торон преобладает на низинах⁸.

Актиниевая (актинон) эманация наблюдается в значительно меньшем количестве; иногда она совсем не могла быть найдена. Впервые ее нашел в воздухе Дадурриан (1905), а нахождение актиния в почве констатировал Гизель⁹.

¹ Eve, 1907, с. 286; Knoche, 1912. См. еще G. Simpson a. C. Wright, 1911, с. 183 и сл. (любопытна связь с широтой места).

² Runge, 1911, с. 109.

³ Knoche, 1912, с. 332.

⁴ Джоли (Joly, 1908) считает возможным, что конвекционные токи в воде океанов позволяют быстро утилизировать более глубокие слои морской воды. Это противоречит всему, что мы знаем о свойствах газов океанов. Ср. § 332. См. возможные причины у Knoche, 1912, с. 330 и сл.

⁵ Blanc, 1910, с. 503 и сл.

⁶ Rutherford, 1907 (1), с. 536; Lucas, 1908, с. 46 и сл., 1068 и сл.; Sella e Pocchettino, 1902.

⁷ Bumstead, 1904, с. 1 и сл.; Budanek, 1905, с. 436; Elster u. Geitel, 1905, с. 67; Dadourian, 1905, с. 16; 1908, с. 335; Blanc, 1910, с. 527 и сл.

⁸ Gockel, 1909, с. 248 (Ротгорн–Фрейбург); Gockel u. Wulf, 1908, с. 907 (Церматт); Pacini, 1910, с. 227. (По, Апеннины.)

⁹ См. Blanc, 1910, с. 530.

Количество радона и его аналогов связано с метеорологическими факторами, но связь эта очень сложная и не вполне ясная¹. На нашем континенте ветер с моря уменьшает их количество. При низких температурах количество их в воздухе увеличивается.

Как уже указано (§ 411), в воздухе над океанами их относительно меньше, чем над сушей, причем количество их все же превышает то, которое можно было бы ожидать на основании радиоактивности морской воды. И для морского воздуха указана ториевая эманация².

Количество эманаций в воздухе почти в 1500 раз меньше в 1 л, чем то их количество, которое заключается в самых слабых минеральных водах³.

Количество эманаций уменьшается с высотой; так, например, в среднем радона на высоте 5 м от земной поверхности содержится $82,5 \cdot 10^{-12}$ кюри, на 2400 м (гора Паней)⁴ – $19,2 \cdot 10^{-12}$.

В свободной атмосфере, вдали от земной поверхности, эманации могли быть констатированы еще на высоте 3 км, причем их количество подвержено сильным колебаниям⁵.

Есть попытки их количественного определения в воздухе. Около земной поверхности в среднем в 1 см³ воздуха находится количество радона, отвечающее $60 \cdot 10^{-12}$ г радия, однако максимальная и минимальная величины сильно разнятся, относятся друг к другу как 7 : 1⁶.

Эманации в воздухе могут быть доказаны не только электрическим путем: линии радона (559,5) видны в спектре молнии⁷.

Они находятся в воздухе и в *водных растворах*. В снеге и дожде всегда находится торон⁸. Снег во время грозы (на высоких горных вершинах) или град большей частью более богат эманацией, чем обычные осадки⁹.

413. Изменение эманаций. Существование эманации преходяще. Радон в среднем существует 3,86 дня, торон – 54 сек, а актинон еще меньше – всего 3,9 сек. В эти промежутки разлагается половина образовавшихся эманаций. Затем в равные этим следующие периоды времени исчезает половина оставшихся и т.д. В короткие промежутки времени своего бытия эманации выделяют значительные количества энергии, ионизируют воздух, разнообразным образом изменяют характер процессов земной коры, главным образом на ее поверхности.

Энергия, ими выделяемая и вносимая в химические процессы земной коры, отлична от энергии Солнца. Она является первым точным указанием на участие в химических реакциях Земли источника энергии, не связанного ясным образом с Солнцем – с обычным двигателем земных процессов.

¹ Там же, с. 516 и сл.

² Runge, 1911, с. 109.

³ Laborde, 1913.

⁴ J. Wright u. O. Smith, 1914, с. 31. Ср. Köhler, 1914, с. 27.

⁵ Flemming, 1908, с. 801.

⁶ Eve, 1905, с. 99 и сл.; 1908, с. 622 (поправка данного раньше несколько высокого определения).

⁷ Pickering, 1901, с. 368.

⁸ Wilson, 1902, с. 428; 1903, с. 17.

⁹ Gockel. u. Wulf, 1908, с. 909.

Все эманации дают при своем разложении *гелий* и являются, таким образом, постоянным источником его образования (§ 389). Несомненно точно это доказано для радона¹.

Но, помимо гелия, они постоянно дают неизученные *твердые продукты, муть*, ту индукционную радиоактивность, по выражению Кюри, которая еще ждет своего исследователя. Мы знаем только, что она годами носится в газовой атмосфере Земли, где были эманации², и должна в конце концов оседать на земной поверхности после их исчезновения. Из чего она состоит – мы не знаем. Нигде мы не видим ее значительных скоплений.

Возможно, что эманации так или иначе влияют и на изменение химических элементов, как это допускал Рамзай для лития или меди. Но оставляя в стороне эту область, пока еще не охваченную точным опытом, отметим, что химическое влияние эманаций сказывается на многих реакциях, например, на разложении воды с выделением водорода и перекиси водорода (см. § 382)³, образовании озона (§ 400) и т.д.

По-видимому, в количестве разрушающихся и образующихся эманаций установилось равновесие. Если это так, то оно показывает, что разрушение атомов на нашей планете, рождающее эманации, является не только постоянным свойством материи, но и количественно связано с ее массой.

Для эманаций, однако, не исключена еще одна возможность – возможность их приноса в нашу планету из небесных пространств. На допустимость такого процесса указывает нахождение в воздухе каких-то очень проникающих радиаций. Дело будущего выяснить это явление, все значение которого сейчас от нас закрыто еле приподымающейся завесой⁴.

414. Эманации в России. Исследования эманаций в России только что начинаются; до сих пор главным образом изучены только некоторые минеральные источники. Очевидно, случайные и немногочисленные наблюдения, какие мы пока имеем, не дают нам даже отдаленного представления о значении этого процесса в принадлежащей нам части земной поверхности. Как известно, почвы, горные породы (особенно кислые массивные) всегда являются более или менее радиоактивными. Следовательно, это должно наблюдаться и для горных пород и почв России⁵. Радиоактивность их зависит от нахождения в них радиоактивных минералов, т.е. минералов, содержащих уран и торий, может быть, калий и, может быть, отдельно выделенные соединения радия⁶. Понятно поэтому, что эманации должны выделяться всюду в месторождениях урановых и ториевых минералов⁷.

¹ Ramsay a. Soddy, 1903, (2), с. 204; 1903 (1), с. 246; Himstedt u. Meyer, 1904, с. 222 и сл. Ср. § 389.

² M. Curie, 1910, с. 341, 380.

³ Кроме литературы, указанной в § 382, см. еще Kernbaum, 1909 (2), с. 706; 1909 (3), с. 116. О влиянии эманаций на аммиак см. § 384.

⁴ Gockel, 1912, с. 14.

⁵ Наблюдения для разных почв, грязей, пород России см. А. Соколов, 1905, с. 101; Боргман, 1904, с. 182 и сл.; 1905, с. 166; 1910, с. 257; Драверт, 1910 (2), с. 22; Bekier i Bruner, 1911, с. 753; Gockel, 1910, с. 507 (гранит из Екатеринбурга). Для минералов литературу см. Вернадский, 1911, с. 43. Общую сводку см. Бертенсон, 1914.

⁶ Вернадский, 1911, с. 40.

⁷ Список этих месторождений см. Вернадский, 1911, с. 44.

Надо иметь в виду эти общие замечания при обзоре сделанных до сих пор следующих указаний на выделение эманаций:

В *Европейской России*, в *Бессарабской губ.*, в *Аккерманском у.*, присутствие радона констатировано в газах, выделенных из грязи¹.

В *Гродненской губ.* радиоактивны некоторые источники Друскеник².

В *Курляндской губ.*, в *Бауском у.*, радиоактивна вода источника Большон³.

В *Лифляндской губ.* радиоактивны грязи около Аренсбурга, Кеммерна, Пернова⁴, вода Риги и т.д.

В *Московской губ.* слабо радиоактивна вода водопровода Москвы⁵.

В *Новгородской губ.* радиоактивны воды Старой Руссы (Муравьевский источник – до 0,8 М. Е.) и др. Слабая радиоактивность в *Боровичском у.*, углекислый источник у с. Пестунова, около с. Кончакского⁶.

В *Псковской губ.*, в *Порховском у.*, радиоактивны источники Хилово.

В *Самарской губ.* есть наблюдения над радиоактивностью грязи Сергиевских и Столыпинских минеральных вод⁷.

Для *Таврической губ.* есть наблюдения над радиоактивностью целебных грязей (Саки, Мойнакское оз. и т.д.). Радиоактивна грязь из Бердянска⁸, грязь Ак-Мечетского лимана и майкопская⁹; также грязи Булганакских сопот¹⁰.

В *Тамбовской губ.*, в *Липецком у.*, по Боргману (1910, с. 257), радиоактивен торф.

В *Харьковской губ.*, в *Славянском у.*, по Боргману (1910), радиоактивна грязь Славянских озер.

В *Херсонской губ.* многочисленные наблюдения над Хаджибейским и Куяльницким лиманами около Одессы, их водой и твердыми продуктами, указывают на их радиоактивность и выделение ими радона и торона¹¹. Вода одесского водопровода тоже слабо радиоактивна¹².

На *Кавказе* в последнее время сделано много определений радиоактивности вод, грязей и т.д. Здесь максимальная радиоактивность известна для Ингуштинского источника (*Терская обл.*).

В *Батумской обл.* радиоактивны (до 1,74 М. Е.) Махинджаурские сернистые источники, в сел. Махинджаури, в 5,5 км от Батума¹³.

В *Кубанской обл.*, на *Таманском полуострове*, оказалась радиоактивной грязь сопот Карабетовой, Пекла и т.д.¹⁴.

¹ Бурксер, 1911 (2), с. 44.

² Мезерницкий, 1911, с. 246.

³ Свинне, 1910.

⁴ Боргман, 1904, с. 195 и сл.; 1905, с. 67; Свинне, 1910.

⁵ А. Соколов, 1905, с. 134; Свинне, 1910; 1913.

⁶ Свинне, 1913.

⁷ А. Соколов, 1905, с. 138.

⁸ Боргман, 1905, с. 67; А. Соколов, 1905.

⁹ Гемилан, 1911, 1912.

¹⁰ А. Соколов, 1905.

¹¹ Боргман, 1904, с. 195; А. Соколов, 1905, с. 138; Бурксер, 1911, с. 40 и сл. (Здесь и предшествовавшие наблюдения).

¹² Бурксер, 1911 (1), с. 4.

¹³ Бурксер, 1912, 1913.

¹⁴ А. Соколов, 1905, с. 61. Измерения О. Лисицына.

В *Кутаисской губ.* и *уезде* радиоактивны источники около сел. Цхалтубо (14 км. от Кутаиса) – до 6,79 М. Е.¹. Радиоактивна грязь из долины р. Супса².

Ставропольская губ., Александровский у., вода Кумагорских источников (около горы Кум, или Кинжал), радиоактивность 2,5 по Карстену (1910).

*Терская обл.*³. Радиоактивность источников, по Карстену (1910– 1911; 1912–1913): Ессентукских – до 0,96 М. Е., Железноводских – до 20,9 (Кегамский источник в Северной группе), Калмыкаевского (Быкогорского) – до 17, Кисловодска – до 21,3 (буровая скважина; Нарзан – 4,7), Пятигорских – до 16,2; щелочной родник на з.-ю.-з. склоне Бештау – 21,5, Теплосерный № 2 – 55,3 М. Е.

Тифлисская губ. Ряд исследований был произведен для Боржомского источника⁴.

По Е. Бурксеру (1915), радиоактивность Боржомского источника до 2,5 М. Е., Абас-Туманского – до 0,9 (Бурксер, 1912), Двирского, *Ахалцыхский у.*, – до 0,8 (Бурксер, 1912), Бари-Цхаро, *Горийский у.*, – 0,8, Лабинского – до 1,3 (Бурксер, 1915), Цихис-Джавар – 1,2 (ср. Аверкиев, 1912), Цагверских – до 0,7 М. Е. В *Тифлиском у.* радиоактивна грязь Авлабарских озер, около 9 км от Тифлиса (Бурксер, 1912), Мцхетские источники около сел. Мцхета (до 1,3 М. Е. по Р. Д. Купцису)⁵. Сернистые источники в Тифлисе – до 0,5, по Бурксеру (1912).

В *Сибири* радиоактивность констатирована для ряда источников.

Енисейская губ., Минусинский у. Радиоактивны воды оз. Шунет (0,24 М. Е.) и Ши́ра (0,16 М. Е.)⁶.

Забайкальская обл. Изучены И. Багашовым (1910–1911). В *Нерчинском окр.* Солонечный (Уровский) источник – 1,8 М. Е. Ямкунские (Газимурские) воды и грязи в 3 км от с. Газимурского – 217,8 М. Е. В *Нерчинско-Заводском окр.* Богдатский ключ – 10,3 М. Е. В *Читинском у.* – Дарасунские воды – до 2,1 М. Е., Маковеевские источники – 7 М. Е., Молоновские источники – 275 М. Е.⁷.

Иркутская губ., Тункинский край, Ниловские воды, по Багашову – 5,8 М. Е.

Томская губ., Бийский у., источник около Новой Белокурихи. В нем есть радон, нет торона⁸.

Источники около оз. Синюхи (и колодцы) в окрестностях Колывани – 14 М. Е.⁹.

¹ Бертенсон, 1914, с. 45, 149.

² Боргман, 1910.

³ А. Соколов, 1903, 1905, с. 101 и сл.; Карстенс, 1910, с. 16, 88; А. Герасимов, 1911, с. 86; Мезерницкий, 1911, с. 248.

⁴ Мезерницкий, 1908, с. 17; 1911, с. 247; С. Залесский, 1910, с. 258; Бурксер, 1915.

⁵ См. Бертенсон, 1914, с. 135–136.

⁶ Предтеченский, 1912 (по определению П. Орлова).

⁷ Багашов, 1911 (1), (2).

⁸ Титов, 1910, с. 368; 1913.

⁹ П. Орлов, 1921, с. 18–19, 38.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА¹

- Абамелек-Лазарев С. Материалы геол. Кавказа, (2), 10, 1896, с. 293–316.
- [Абих Г.] *Abich H.* Melanges phys. chim. Acad. Sci., SPb., 2, 1854, p. 366.
- [Абих Г.] *Abich H.* Sur la structure et la géologie du Daghestan, Mém. Acad. Sci. SPb., 1862, 4, № 10, p. 25–27.
- [Абих Г.] *Abich H.* Beiträge z. geol. Kenntn. d. Thermalquellen in Kauk. Länd., 1865, S. 13–40.
- Абих Г. Медицинский сборник, I, 1866, № 2, с. 81–82.
- [Абих Г.] *Abich H.* Bull. Acad. Sci., SPb., 11, 1867, p. 400–408.
- Абих Г. Протоколы засед. Кавказского мед. общ., 1873–1874, с. 310.
- Абрамов. Зап. Геогр. общ., 12, 1857, с. 413.
- Абрамов. Вестн. Геогр. общ., 1858, № 6, с. 17.
- Абрамович М. Изв. Геол. ком., 32, 1913, с. 585–627.
- Авдеев (1), Горн. журн., 1839, II, с. 508–514.
- Авдеев (2), Горн. журн., 1839, IV, с. 337.
- Авдеев. Ann. Phys. u. Chem., 53, 1841, S. 159.
- Авдеев. Горн. журн., 1844, IV, с. 160–161; 1850, I, с. 83–89.
- Аверкиев. Горн. журн., 1912, № 4–5.
- Адрианов А. Путешествие на Алтай и за Саяны, Омск, 1888, с. 92.
- Азанчевский И. Вестн. золотопром., Томск, 1896, с. 166.
- Алексеев. Зап. Минер. общ., 3, 1868, с. 437.
- Алексеев В. Горн. журн., 1887, I, с. 117–119.
- Алибер. Вестн. Геогр. общ., 11, 1854. Смес., с. 11.
- [Алибер] *Alibert J.P.* La mine de graphite de Sibérie, decouverte en 1847, P., 1865.
- Альбов. Землеведение, М., 1899, с. 152.
- Альтберг В. Геофизич. сборник, II, СПб., 1915, с. 49.
- Андреев А. Каталог полезных ископаемых русского Туркестана, Т., 1912, с. 30–174.
- [Анджековский А.] *Andrzejowski A.* Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы), 1850, с. 195; 1853, с. 301–302.
- Андрусов Н. Ученые записки Юрьевского унив., 1897, № 1, с. 4.
- Анерт Э. Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири. Геол. карта Зейского района, лист III, 2–4, СПб., 1905–1907, с. 281.
- Анерт Э. Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Амурско-Приморский район, VI, СПб., 1906, с. 59.
- Анерт Э. Изв. Геол. ком., 26, 1907, с. 133.
- Анерт Э., Изв. Геогр. общ., 44, 1908, с. 517.
- Анерт Э. Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Амурско-Приморский район, XVI, СПб., 1912, с. 160.
- Анерт Э. Изв. Геол. ком., 34, Пг., 1915, с. 800.
- Анерт Э. Отчет Геол. ком. за 1916 г., 1917, с. 294–303.
- Анерт Э. и Полевой П. Ест.-произв. силы России, IV, вып. 7, 1917, с. 180.
- Аносов. Горн. журн., 1863, II, с. 353; 1864, II, с. 538–592.
- Аносов (1). Горн. журн., 1865, II, с. 62–71.
- Аносов (2), Изв. Русск. Геогр. общ., 1865, I.

¹[С указанием страниц, на которые ссылается автор в тексте.]

- Антипов*. Горн. журн., 1895, III, с. 98.
- Антипов А.* Горн. журн., 1849, I, с. 387; 1860, I, с. 270–290, 480–483.
- Антипов А. и Меглицкий Н.* Геогностическое описание южной части Уральского хребта, СПб., 1858, с. 108.
- Антипов И.* Горн. журн., 1892, I, с. 326–327.
- [*Антропов А.*] *Antropoff A.* Zschr. Electrochem., 14, 1908, S. 5.
- [*Антропов А.*] *Antropoff A.* Proc. Roy. Soc., A., 83, 1910, p. 474.
- Аныхтин*. Горн. журн., 1888, III, с. 179.
- Аргентов К.* Поездка на гору Изых. Томск, 1908, с. 21–35.
- Аргентов К.* Горн. журн., 1907, IV, с. 215.
- Аррениус С.* Представление о строении Вселенной в разные времена (перевод К. Покровского), М., 19–14, с. 162.
- Арсеньев К.* Тр. Минер. общ., 1, 1830, с. 295.
- Архипов*. Горн. журн. 1833, I, с. 326–329.
- Арируни А., Сера*, Тифлис, 1875, с. 17.
- [*Арируни А.*] *Arzruni A.* Zschr. Kryst., 8, 1884, S. 339.
- [*Арируни А.*] *Arzruni A.* Zschr. Deutschl. geol. Ges., 1885, S. 866.
- [*Арируни А.*] *Arzruni A.* Chemie der Kristalle, Br., 1893.
- Ауэрбах И.* Вестн. Геогр. общ., 1854, № 6, с. 131.
- Ауэрбах И.* Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт., природы), 29, 1856, с. 155.
- Африканов*. Изв. Вост.-Сиб. отд. Геогр. общ., 21, 1880, № 5, с. 45.
- Багашов И.*** Минеральные источники Забайкалья, М., 1905, с. 46–52.
- Багашов И.* Вестн. бальнеол., 1, Харьков, 1910, с. 469.
- Багашов И.* (1). Сибирская врачебная газета, 1911, № 22–23, с. 10.
- Багашов И.* (2). Тр. Физико-мед. общ., М., 1911.
- Базаров*. Журн. Русск. физ.-хим. общ., 1880.
- Баклунд О.* Изв. Акад.-Наук, 1909, с. 1021.
- Баклунд О. и Хлотин В.* Изв. Акад. Наук, 1915, с. 891.
- Балталон Ю.* Тр. Ихтиол. лабор., II, 2, 1913.
- Барбот де Марни Е.* Изв. Общ. горн. инж., 1903, № 4, с. 29.
- Барбот де Марни Е.* Горн. журн., 1912, I, с. 105–109.
- Барбот де Марни Н.* Горн. журн., 1854, I, с. 442; 1857, II, с. 517–526; 1860, III, с. 147; 1861, IV, с. 400–402.
- Барбот де Марни Н.* Зап. Минер. общ., 1868, с. 213.
- Барбот де Марни Н.* Материалы геол. Кавказа (2), 8, 1894, с. 385–395; (2), 10, 1896, с. 12–74.
- Бароци де Эльс*. Горн. журн., 1829, I, с. 131.
- Бартольд В.* Туркестан в эпоху монголов, II, СПб., 1900, с. 99–245.
- Баснин*. Горн. журн., 1863, III, с. 136.
- Басов М.* Горн. журн., 1861, II, с. 461.
- Бацевич Л.* Материалы геол. Кавказа, (2), 1, 1887, с. 117–158.
- Бацевич Л.* Материалы для изучения Амурского края, СПб., 1894, с. 43–78.
- Бацевич Л.* Геол. исслед. по линии Сибирской ж. д., IV, СПб., 1897, с. 10, VIII, СПб., 1898, с. 15.
- Бегер* (1). Горн. журн., 1826, № 7, с. 17.
- Бегер* (2). Горн. журн., 1826, № 8, с. 41.
- Бегер* (3). Горн. журн., 1826, № 9, с. 14.
- Бекетов Н.* Речи химика (1898), СПб., 1908, с. 133.
- Белозеров А.* Горн. журн., 1856, IV, с. 7.
- Белоусов М.* Горн. журн., 1884, III, с. 341.
- Белоусов М.* Вестн. золотопром., Томск, 1893, с. 103.
- Беляев Н.* Кристаллизация, структура и свойства стали, СПб., 1909, с. 26–88.
- Белянкин Д.* Изв. СПб. Политехн. инст., 13, 1910, с. 98.
- Бернер*. Горн. журн., 1871, II, с. 4.
- Бернштейн Б.* Докл. Яросл. губ. земск. собр., Ярославль, 1909, с. 38.
- Бертенсон Л.* Радиоактивность в лечебных водах и грязях, СПб., 1914, с. 27–149.
- Берх В.* Хронологическая история открытия Алеутских островов, СПб., 1823, с. 4.
- Берцелиус И.Б.* Горн. журн., 1829, I, с. 64.

- [*Büttner И.*] *Büttner J.*, Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы), 1853, с. 370.
- [*Блэде Г.*] *Bloede G.* Über Übyrgangs-Gebirgsformation in Kön. Polen, Br., 1830, S. 19–91.
- Блинов М.* Горн. журн., 1860, IV, с. 497.
- Бобр В.* Горн. журн., 1914, IV, с. 147.
- Бобр В.* Геол. вестн., 1, 1915, с. 218.
- Богачев В.* Изв. Геол. ком., 22, 1903, с. 150.
- Богачев В.* Изв. Геол. ком., 27, 1908, с. 279–281.
- Богданов Д.* Горн. журн., 1882, III, с. 106.
- Богданов Д.* Зап. Минер. общ., 18, 1883, с. 152–153.
- Богданович К.* Горн. журн., 1895, IV, с. 218.
- Богданович К.* Геол. исслед. по линии Сибирской ж. д., II, СПб., 1896, с. 102.
- [*Богданович К.*] *Bogdanovitch K.* Résultats des explorations et des recherches de l'or sur la côté NW de la mer d'Okhotsk, SPb., 1897.
- Богданович К.* Материалы геол. России, 20, 1900, с. 215.
- Богданович К.* (1). Очерки Номе, СПб., 1901, с. 37–83.
- Богданович К.* (2). Очерки Чукотского полуострова, СПб., 1901, с. 136–156.
- Богданович К.* Тр. Геол. ком., 19, № 1, 1902, с. 29.
- Богданович К.* Учение о рудных месторождениях, I, СПб., 1903, с. 84.
- Богданович К.* Геологическое исследование Кубанского нефт. района, Тр. Геол. ком., 57, 1910, с. 11.
- Богданович К.* Железные руды России, СПб., 1911, с. IX, 253.
- Богданович К.* Рудные месторождения, I, СПб., 1912, с. 272–438.
- Богданович К.* (1). Рудные месторождения, II, СПб., 1913, с. 163–216.
- Богданович К.* (2). Тр. II Съезда деятелей практ. геологии, I, СПб., 1913, с. 98–109.
- Богданович К.* Ест.-произв. силы России, IV, вып. 7, 1917, с. 34–128.
- Богданович К. Ренгартен В. и Нацкий А.*, Сера, Ест.-произв. силы России, IV, вып. 23, 1917, с. 11–21.
- Боголюбский И.* Горн. журн., 1869, III, с. 365.
- Боголюбский И.* Очерк Амурского края, СПб., 1876, с. 55.
- Боголюбский И.* Золото, СПб., 1877, с. 20–25.
- Боголюбский И.* Минусинский, Красноярский и Ачинский округа Енисейской губ., СПб., 1884, с. 16.
- Боголюбский И.* Описание золотоносной промышленности Амурско-Приморского края, СПб., 1897.
- Богословский.* Горн. журн., 1842, IV, с. 16–21.
- Большев.* Изв. Геогр. общ., 1872, 8, № 3–4, с. 188.
- Боргман И.* Журн. Русск. физ. общ., 36, 1904, с. 182–195; 37, 1905, с. 67–166.
- Боргман И.* Дневник XII Съезда русск. естествоисп., М., 1910, с. 257.
- Борисов П.* Очерк геологии и полезных ископаемых Олонецкой губ., СПб., 1940, с. 91–111.
- Бородин И.* Коллекторы и коллекции по флоре Сибири, 1908, с. 29.
- Бояршинов.* Горн. журн., 1845, I, с. 22; 1846, I, с. 112.
- Браунс.* Химическая минералогия (перевод Ф. Левинсон-Лессинга), СПб., 1903 (нем. 1898).
- Брейтгаупт А.* Горн. журн., 1833, IV, с. 297.
- Брейтерман.* Медная промышленность России и мировой рынок, I–II, Пг., 1922, с. 36–111.
- Брейтфус Л.* Экспедиция для научно-промышленных исследований у берегов Мурмана, СПб., 1903, с. 209.
- Бронников М.* Изв. Геол. ком., 27, 1908.
- Бростэд Д.* История Египта, I, М., 1915, с. 30.
- Брусницын Ф.* Горн. журн., 1864, II, с. 378; 1892, IV, с. 459–465.
- Будик А. и Савельев В.* Изв. Донского Политехн. инст., 5, 1916, с. 55.
- Будрик В.* Зап. Русск. бальнеол. общ., 16, 1914, с. 34.
- Булгаков А.* Тр. бакинского отд. Русск. техн. общ., 1893, № 11–12, с. 26.
- Бунге Н.* Зап. Киевского общ., естествоиспыт., 4 (2), 1875–1876, прот., с. 88; 6 (2), 1881, с. 88.
- Бурдаков В. и Гендриков И.* (1). Зап. Уральского общ. естествоиспыт., 14, 2, 1896.
- Бурдаков В. и Гендриков И.* (2). Зап. Уральского общ. естествоиспыт., 14, 5, 1896, с. 1–17.
- Бурксер Е.* (1). Зап. Одесского отд. Русск. техн. общ., Тр. хим. и радиол. лабор., 1911, № 1, с. 4.

- Бурксер Е.* (2), Там же, 1911, № 2, с. 40–44.
Бурксер Е. Там же, 1912, № 5.
Бурксер Е. Врачебная газета, 1913, № 15.
Бурксер Е. Журн. Русск. хим. общ., 1915, с. 21.
Бутенев К. Горн. журн., 1828, № 1, с. 142; 1834, I, с. 442; 1837, TV, с. 485–400; 1838, I, с. 332; 1842, IV, с. 138–147.
[Бэр К.] Baer К.Е. Historische Fragen mit Hilfe der Naturwissenschaft beantwortet, SPb., 1873, S. 12–340.
- Вагнер.* Горн. журн., 1840, IV, с. 34.
[Вагнер И.] Wagner J.F. Notizen tiber Mineraliensaminlung A. Crichton, M., 1818, S. 104.
Вансович. Горн. журн., 1827, № 8, с. 42.
Варвинский И. Нов. Магазин ест. ист., М., 1822, III, с. 262.
Варенцов. Горн. журн., 1887, IV, с. 403.
Васильевский. М., Изв. Геол. ком., 33, 1914, с. 1103.
Вебер В. Тр. Ком. по исслед. Ташк.-Сибирской ж. д., 2, СПб., 1909.
Вебер В. Изв. Геол. ком., 29, 1910, с. 664.
Вебер В. Полезные ископаемые Туркестана, СПб., 1913, с. 13–185.
Вебер В. Изв. Геол. ком., 34, 1915, с. 421–425.
Вебер В. Рудный вестник, 1, 1916, с. 80.
Вебер В. Полезные ископаемые Туркестана, Доб. 1, Пг., 1917, с. 43–77.
[Вейберг С.] Weyberg S. Cbl. Min., 1908, S. 523.
Вейнберг Б. Журн. Русск. физ.-хим. общ., 45, 1913, с. 84.
Вельяминов-Зернов В. Вестн. Русск. геогр. общ., 18, 1857, с. 124.
Вениаминов И. Записки об островах. Уналашского отд., I, СПб., 1840, с. 171.
Венюков. Зап. Русск. геогр., общ., 2, 1861, с. 152.
Вериго А. Зап. Одесского бальнеол. общ., 1883.
Вериго А Тр. I Съезда деят. по климатол., гидрол., I, Одесса, 1899, с. LIII.
Вернадский В.И. Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы), 10, 1896, № 2, с. 292.
Вернадский В.И. (1), Явления скопления кристаллического вещества, М., 1897, с. 81.
Вернадский В.И. (2), Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы), 11, 1897, № 4, 21–26.
Вернадский В.И. Лекции описательной минералогии, I, М., 1899, с. 5–105: то же, изд. 3, 1-й, М., 1910–1912.
[Вернадский В.И.] Vernadsky W., Zschr. Kryst., 34, 1901, S. 37.
Вернадский В.И. Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы), 16, 1902, № 4, с. 480–495.
Вернадский В.И. (1), Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы), 18, 1904, № 2–3, прот., с. 9–10.
Вернадский В.И. (2), Страница из истории почвоведения, «Научное слово», 1904, № 6, с. 8.
Вернадский В.И. Изв. Акад. Наук, (6), 1, 1907, с. 27–28; 3, 1909, с. 828–830; 4, 1910, с. 1139.
Вернадский В.И. О необходимости исследования радиоактивных минералов Российской империи, изд. 2, СПб., 1911, с. 16–44.
Вернадский В.И. (1), Изв. Акад. Наук, (6), 6, 1912, с. 141–161.
[Вернадский В.] (2). Vernadsky W., Cbl. Min., 1912, с. 758.
Вернадский В.И. Отчеты КЕПС (Ком. поизуч. ест.-пронзв. сил), Пг., 1916, № 5, с. 88.
Вернадский В. и Шкляревский А. Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. «Моск. общ. испыт. природы»), 14, 1900, № 3, с. 367.
Версиков Н. (1), Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы), 1857, 2, с. 524.
Версиков Н. (2), Зап. Зап.-Сибирск. отд. Геогр. общ., 19, 1857, с. 29.
Версиков Н. (3), Verhandl. Miner. Ges. (Тр. Минер. общ.), 1857–1858, с. 161.
Версиков Н. Горн. журн., 1858, I, с. 199.
(Веселовский Н.). Посольство к зюнггарскому хун-тайчи Цэван Рабтану капитана от артиллерии И. Унковского, СПб., 1887, с. 234.
Вилениус. Протоколы Казанского общ. естествоиспыт., 1885, приложение № 71.

- [Вильм Ф.] *Wilm F. Zur Chemie d. Platinmetalle*, SPb., 1882, S. 10.
 Вильм Ф. Журн.- Русск. физ.-хим. общ., 25, 1893, с. 506.
 Винер Б. О месторождениях серы в России, СПб., 1870, с. 8–72.
 Винер Н. Горн. журн., 1880, IV, с. 283–298.
 Виноградский А. Казанский вестн., 1, 1821, с. 191–197.
 [Виноградский С.] *Winogradsky S.*, Botan. Ztg., 46, 1888.
 [Виноградский С.] *Winogradsky S.*, C. R. Acad. Sci. Paris, 116, 1893, p. 1385.
 Виноградский С. Архив биол. наук, III, 1895, с. 298.
 Вислоух С.М. Русский врач, 1911, № 51.
 Виттенбург П. Изв. Акад. Наук, 1918, с. 1239–1241.
 [Вишняков Н.] *Vischniakoff N.* Allgemeine Beschreibung der Sammlung R. Hermann, M., 1900, II, S. 6.
 Влангали А. Горн. журн., 1853, II, с. 355; 1856, III, с. 153.
 Внуковский В. Отчет во статистико-экономическому исследованию северной части Енисейского окр., СПб., 1905, с. 344–429.
 Вознесенский В. Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Амурско-Приморский район, XIV, СПб., 1912, с. 144.
 Войнич-Сяноженский. Изв. Киевского Политехн. инст., 1910.
 Воробьев А. Зап. Уральского общ. естествоиспыт., 35, 1915, с. 3–4.
 Воронков Н. (1). Планктон пресных вод, М., 1913, с. 235.
 Воронков Н. (2). Тр. гидробиол. станции на оз. Глубоком, 5, 1913 (в Тр. отд. ихтиол. Общ. любит. естествозн., 9).
 Воскобойников Г. Горн. журн., 1826, № 11, с. 56–57; 1827, № 9, с. 20; 1830, I, с. 325–334.
 Воскобойников и Гурьев, Горн. журн., 1832, I, с. 24.
 Воскресенский А. Журн. Мин. нар. просв., 26, 1840, отд. II, с. 155.
 Врангель Ф. Путешествие к северным берегам Сибири, I, СПб., 1841, с. 216.
 Высоцкий Н.К. Геол. исслед. по линии Сибирской ж. д., 1, СПб., 1896, с. 10–11.
 Высоцкий Н.К. Месторождения золота Качкарской системы, Тр. Геол. ком., 13, 1900, № 3, с. 4–78.
 Высоцкий Н.К. Изв. Геол. ком., 22, 1903, с. 541–554.
 Высоцкий Н.К. Тр. Геол. ком., 62, 1913, с. 26–296.
 Высоцкий Н.К. Отчет Геол. ком. за 1914 г., 1915, с. 43.
 Высоцкий Н.К. Платина и районы ее добычи, сб. КЕПС, 4, 1923.
 Габриэль. Горн. журн., 1868, I, с. 457.
 Гагемейстер. Журн. Мин. внутр. дел, 42, 1853, с. 231–232.
 [Гадоллин А.] *Gadolin A.* Verhandl. Min. Ges. SPb. (Тр. Минер. общ.), 1858, с. 75.
 Гальцов П. Дневник Зоол. отд. Московского общ. любит. ест., 3, М., 1913, № 11.
 Гассгаген Х. Результаты хим. исслед. вод и грязей Новороссийского края, Одесса, 1852, с. 10.
 [Гёбель Ф.] *Goebel F.* Reise in die Steppen des südlichen Russlands, II, 1838, с. 2–10.
 Гедройц А. Геол. исслед. по линии Сибирской ж. д., СПб., 6, 1897, с. 101 – 133; 10, 1898, с. 164; 18, 1899, с. 142–143; 27, 1909, с. 38.
 Гелер А. Записки по вопросу о способе и времени происхождения месторождений золота, Чита, 1900, с. 43–47.
 [Гельм Ф.] *Helm F.* Allgem. Nordisch. Annal. Chem., 5, SPb., 1820, с. 4.
 Гельм Ф. Тр. Минер. общ., 2, 1842, с. 77.
 [Гельмерсен Г.] *Helmersen G.* Bull. Scient. Acad. Sci. SPb. (Изв. СПб. Акад. Наук), VI, 1839, p. 218.
 [Гельмерсен Г.] *Helmersen G.* (1). Beiträge z. wiss. Kenntnis Russ. Reiches, 6, SPb., 1843, S. 207–212.
 [Гельмерсен Г.] *Helmersen G.* (2). Reise nach Ural, II, SPb., 1843, S. 156–215.
 [Гельмерсен Г.] *Helmersen G.* (1). Beiträge z. wiss. Kenntnis Russ. Reiches, 14, SPb., 1848, S. 24.
 [Гельмерсен Г.] *Helmersen G.* (2). Reise nach Altai, SPb., 1848, S. 23.
 Гельмерсен Г. (1). Bull. Acad. Sci. SPb. (Изв. СПб. Акад. Наук), 1, 1860, с. 322.
 Гельмерсен Г. (2). Горн. журн., 1860, IV, с. 577.
 Гельмерсен Г. Mém. Acad. Sci. SPb. (Зап. СПб. Акад. Наук), (7), 3, 1861, № 6, с. 26.
 Гембицкий С. Южный инженер, 1916, май – июнь, с. 31.

- Гемилиан В. О составе и свойствах целебных средств Крымских лиманов, Евпатория, 1911, с. 4.
- Гемилиан В. Врачебная газета, 1912, № 25.
- Гендриков И. (1). Историко-статистический очерк Уральской платиновой промышленности, Томск, 1900.
- Гендриков И. (2). Вестн. золотопром., Томск, 1900, с. 6–75.
- Геннин Де. Горн. журн., 1828, № 10, с. 98.
- [Георги И.] *Georgi J.* Bemerkungen einer Reise im Russischen Reich im Jahre 1773–1774, I–II, SPb., 1775, S. 118–397.
- [Георги И.] *Georgi J.* (1). Geograph.-physikalische und naturhistorische Beschreibung Russischen Reichs, III, 1–3. Кн., 1798; III, 1. S. 64, 65–136.
- Георги И. (2). То же, III, 2, 1798, с. 338–344.
- Георги И. (3). То же, III, 3, 1798, с. 359–573.
- Георгиевский. Журн. Русск. физ.-хим. общ., 1904, (2), с. 4.
- Герасимов А. Геол. исслед. по линии Сибирской ж.д., 6, СПб., 1897, с. 65; 7, 1898, с. 65–74; 18, 1899, с. 83–89.
- Герасимов А. Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Ленский район, Описание листа II–6, СПб., 1904, с. 77–184.
- Герасимов А. (1). Сборник в память И.В. Мушкетова, СПб., 1905, с. 161.
- Герасимов А. (2). Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Ленский район, III, СПб., 1905, с. 38.
- Герасимов А. (1). То же, IV, 1907, с. 32.
- Герасимов А. (2). Геол. карта Ленского золотоносн. района. Описание листа III–6, СПб., 1907, с. 106–171.
- Герасимов А. Материалы геол. России, III, 1911, с. 86.
- Герасимов А. Отчет Геол. ком. за 1914 г., 1915, с. 92.
- Герасимов А. Ест.-произв. силы России, IV, вып. 7, 1917, с. 61.
- Герасимов М. Горн. журн., 1865, III, с. 115.
- Герасимов М. Очерк Нерчинского горного округа, СПб., 1896, с. 50–93.
- [Герман И. Ф.] (1), *Hermann J.* Versuch einer mineralogischen Beschreibung Uralischen Erzgebirges, I, B., 1789, S. 24–215.
- [Герман И. Ф.] (2), *Hermann J.* Versuch einer mineralogischen Beschreibung Uralischen Erzgebirges, II, B., 1789, S. 71–430.
- [Герман И. Ф.] (1), *Hermann J.* Naturgeschichte des Kupfers, I, SPb., 1790, S. 38.
- [Герман И. Ф.] (2), *Hermann J.* Statist. Schilderung Russlands, SPb., 1790, S. 211–214.
- [Герман И. Ф.] *Hermann J.* Chem. Ann., 1793, S. 350.
- [Герман И. Ф.] *Hermann J.* Miner. Reisen in Sibirien, I, SPb., 1797, S. 143–144.
- [Герман И. Ф.] *Hermann J.* Miner. Reisen in Sibirien, III, SPb., 1801, S. 129–276.
- [Герман И. Ф.] *Hermann J.* Nova Acta Acad. Petrop., 13, SPb., 1802, S. 223–288.
- [Герман И. Ф.] (1), *Hermann J.* Über die Eigenschaften des Kupfers, Lpz., 1807, S. 48.
- [Герман И. Ф.] (2), *Hermann J.* Magazine für neueste Erfindungen, I, B., 1807, S. 32.
- Герман Р. Горн. журн., 1829, III, с. 335, 339.
- [Герман Р.] *Hermann R.* Ann. Phys., 22, 1831, S. 363–387.
- Герман Р., Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы), 1836, с. 227–233.
- [Герман Р.] *Hermann R.* Journ. prakt. Sbem., 23, 1841, S. 276.
- Герман Р. Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы). 1842, с. 183; 1844, с. 876; 1858, II, с. 530.
- Гернгросс. Горн. журн., 1837, IV, с. 422.
- Гернет. Золото и платина, 1911, № 4, с. 92.
- Геродот. История, кн. VI, 47, перевод Ф. Мищенко, II, М., 1888, с. 84.
- Герр В. Тр. Бакинского отд. Технич. общ., 1904, № 4.
- Герр В. (1). Тр. Бакинского отд. Технич. общ., 1908, № 4, с. 72.
- Герр В. (2). Там же, № 5, с. 29.
- [Гесс Г.] *Hess H.* Nonnulla de fontibus medicatis, D., 1825, p. 34.
- [Гессельман]. Лесной журн., 1915, с. 707. (Сообщ. шведск. инст. опытного изучения леса).
- Гёффер Г. Нефть (перевод с немецкого), СПб., 1908, с. 113.
- Гилев. Горн. журн., 1860, I, с. 429; 1863, II, с. 69–73.

- Гильденштедт А. Акад. изв., V, 1780, с. 393.
- Гинзбург И. Изв. Политехн. инст., 1912, с. 285.
- Гинзбург И. Полезные ископаемые побережья Кандалакшского залива, Пг., 1921 (Тр. Сев. научно-пром. эксп., 13), с. 13–39.
- Гладкий П. Горн. журн., 1888, I, с. 99.
- Гладкий П. (1). Вестн. золотопром., 2, Томск, 1892, с. 116.
- Гладкий П. (2). Горн. журн., 1892, I, с. 130.
- Глинка С. Зап. Минер, общ., 35, 1898, прот., с. 75.
- Глушков. Горн. журн., 1884, III, с. 175.
- [Гмелин И.] *Gmelin J.G. Reise durch Sibirien*, IV, Gött., 1752, S. 423.
- Голяховский Г. Горн. журн., 1826, № 8, с. 103.
- Голяховский Г. (1). Горн. журн., 1827, № 10, с. 35.
- Голяховский Г. (2). Горн. журн., 1827, № 11, с. 22.
- Головкинский Н. Материалы геол. России, 1, 1869, с. 252–253.
- Голубятников Д. Изв. Геол. ком., 25, 1906, с. 376.
- Голубятников Д. Тр. Геол. ком., новая серия, 28, 1908.
- Горбов А. Энциклопедический словарь изд. Брокгауза, «Сталь», Дополн. II, 1907, с. 687–692.
- Горянинов П. Руководство к преподаванию минералогии, СПб., 1835, с. 9.
- Гофман Э. (1). Горн. журн., 1844, I, с. 139.
- Гофман Э. (2). Горн. журн., 1844, IV, с. 231–401.
- [Гофман Э.] *Hofmann E. Reise nach d. Goldwäschen Ostsibiriens*, SPb., 1847, S. 193.
- Грамматчиков. Горн. журн., 1828, № 1, с. 25.
- [Гревингк К.] *Grewingk K. Arch. Naturk. Liv.-Est. u. Kurlandes*, IX, D., 1882, S. 150.
- [Гревингк К. и Шмидт К.] *Grewingk C. u. Schmidt C., N. Jb. Min.*, 1884, I, S. 29.
- Гривнак К. Горн. журн., 1873, II, с. 195–253; 1874, I, с. 276–278.
- Гриндлер Б. Изв. Общ. штейгеров, 1915, № 1.
- Гроддек А. Руководство к изучению рудных месторождений (перевод Ю. Эйхвальда), СПб., 1889, с. 119.
- Грум К. Полное описание минеральных вод Российской империи, I, СПб., 1855, с. 187–311.
- Грум-Гржимайло Г. Западная Монголия и Урянхайский край, I, СПб., 1914, с. 532.
- Губкин И. Тр. Геол. ком., 115, 1915, с. 66.
- Гудков П. Изв. Томск. Технол. инст., 20, 1910, № 4.
- Гудовицков М. Вестн. золотопром., Томск, 1895, с. 197.
- Гулишамбаров С. Платиновая мировая промышленности, СПб., 1905, с. 5–74.
- Гуров А. Тр. Общ. испыт. при Харьковском унив., 14, 1881, с. 63–64.
- Гурьев. Горн. журн., 1830, IV, с. 163–168; 1832, IV, с. 375; 1834, IV, с. 13; 1853, II, с. 120.
- Гурьев. Акты Кавказской археографической комиссии, VII, Тифлис, 1878, с. 116.
- Давыдов П. Очерки Крыма, Херсон, 1881.
- Двойченко П. Минералы Крыма, СПб., 1914, с. 45–48.
- Дейхман. Горн. журн., 1871, I, с. 559.
- Денисов-Уральский А. Урал и его богатства, СПб., 1902, с. 107–149.
- Державин Н. Русская Лапландия, А., 1877, II, с. 14.
- Державин А. Геол. исслед. по линии Сибирской ж. д., I, СПб., 1896, с. 83.
- Дерюгин К. Фауна Кольского залива, СПб., 1915, с. 83–690.
- Джисвилегов А. Торговля на Западе в средние века, СПб., 1904, с. 61.
- Динник Н. Изв. Кавк. отд. Геогр. общ., 6, 1880, с. 269.
- [Диодор]. *Diodorus, Bibliothèque historique*, III, 6 (Trad. F. Hoefer), I, P., 1846.
- Диттмарк К. Поездка и пребывание на Камчатке (перевод с немецкого), I, СПб., 1901, с. 385–644.
- Дмитриев (1). Горн. журн., 1831, I, с. 30–31.
- Дмитриев (2). Горн. журн., 1831, II, с. 131.
- Дмитриев. Пермская старина, I, Пермь, 1889.
- Добровольский К. Русский врач, 1906, № 28.
- Доброславин. Здоровье, 1875,
- Домбровский Б. Рудный вестн., 1, 1916, с. 181–182.
- Досс Б. (1), Ежегодн. минер. и геол. России, 10, 1908, с. 214.

- [Досс Б.]. (2). *Doss B. Korrespondenzblatt d. Naturf. Ges.*, Riga, 51, 1908, S. 51.
 Досс Б. Ежегодн. минер. и геол. России, 13, 1911, с. 136.
 [Досс Б.]. *Doss B. N. Jb. Min.*, ВВ. 33, 1912, S. 701–706.
 [Досс Б.]. *Doss B. Cbl. Min.*, 1913, S. 991.
 Драверт П.Л. Протоколы Казанского общ. естествоиспыт., 34, прил. № 214, Казань, 1904, с. 8.
 Драверт П.Л. (1). Список минералов Якутской обл. Протоколы Казанского общ. естествоиспыт., Казань, 1910, с. 5–6.
 Драверт П.Л. (2). Экспедиция в Сунтарский соленосный район, Якутск, 1910, с. 22–35.
 Драверт П.Л. (1). Сибирская природа, Омск, 1922, № 3, с. 12–15.
 Драверт П.Л. (2). Тр. Зап.-Сиб. Геогр. общ., 1922, вып. 3, с. 68.
 Дрозжилов. Горн. журн., 1828, № 12, с. 18.
 Дубянский В. Изв. Варшавского Политехн. инст., 1910, № 6, с. 7; 1913, 3, с. 6.
 Дубянский В. К петрографии Эльбруса, Варшава, 1914, с. 38–193.
 Дюпарк Л. и Сигг Г. Медные месторождения Сысертского округа на Урале, СПб., 1914, с. 6–32.
 [Дюпарк Л. и Тихонович Н.]. *Duparc L. et Tikhonovitch N. Le platine et les gîtes platinifères de l'Oural et du monde*, Gen., 1920, p. 38–254.
- Евреинов. Горн. журн., 1847, I, с. 364.
 Егоров К. Изв. Вост.-Сиб. отд. Геогр. общ., 45, 1916, с. 20.
 Егоров Н. Атмосферные линии солнечного спектра, Варшава, 1882, с. 34.
 Егунов М. Ежегодн. минер. и геол. России, 4, вып. 3, 1900, с. 61.
 Езерский. Наиболее употребительные способы оценки загрязнения вод, СПб., 1876..
 Еремеев П. Горн. журн., 1859, II, с. 599.
 Еремеев П. (1). Горн. журн., 1867, I, с. 340–491.
 Еремеев П. (2). Сборник Минер. общ., 1867, с. 460.
 Еремеев П. Горн. журн., 1868, I, с. 245–249.
 Еремеев П. (1). Горн. журн., 1871, IV, с. 449.
 Еремеев П. (2). Зап. Минер. общ., 7, 1871, с. 381.
 Еремеев П. Зап. Минер. общ., 9, 1874, с. 360; 12, 1877; 14, 1879, с. 155; 20, 1886, с. 366.
 Еремеев П. (1). Горн. журн., 1887, III, с. 263–272.
 Еремеев П. (2). Зап. Минер. общ., 23, 1887, с. 283–315.
 Еремеев П. Зап. Минер. общ., 26, 1890, с. 447–449; 1891, с. 399; 30, 1893, с. 445–472; 31, 1894, с. 363; 33, 1895, прот., с. 32–62; 34, 1896, прот., с. 59.
 Еремеев П. Изв. Акад. Наук, 9, 1898, с. XIII–XVIII.
 Еремеев П. Зап. Минер. общ., 36, 1899, прот., с. 34.
 Еремин С. Вестн. золотопром., Томск, 1895, с. 66.
 Ерин Ч. Вестн. золотопром., Томск, 1893, с. 150.
 Ерофеев. Горн. журн., 1878, II.
 Ефимов Н. Памятная книжка Келецкой губ., 1901.
- Жемчужный С. Изв. Инст. физ.-хим. анал., I, 2, 1921, с. 417.
 Жерве Ф. Горн. журн., 1902, III, с. 225.
 Жилинский А. Крайний Север Европейской России, Пг., 1919, с. 202.
 Журавко-Покорский. Горнозав. листок, X, 1895.
- Заварицкий А.Н. Зап. Горн. инст., 1, 1908, с. 295, 300; 2, 1909, с. 189; 3, 1911, с. 125.
 Заварицкий А.Н. Отчет Геол. ком. за 1915 г., 1916, с. 41–45.
 Заварицкий А.Н. (1). Изв. Геол. ком., 36, 1917, с. 142.
 Заварицкий А.Н. (2). Отчет Геол. ком. за 1916 г., 1917.
 Зайцев А. Тр. Казанского общ. естествоиспыт., 13, 1884, с. 10–32.
 Зайцев А. Изв. Геол. ком., 5, 1886, с. 68–81.
 Зайцев А. Тр. Геол. ком., 4, 1887, № 1, с. 21–138.
 Зайцев А. (1). Вестн. золотопром., Томск, 1892.
 Зайцев А. (2). Геол. исслед. в Николае-Павдинском округе, СПб., 1892, с. 31–77.
 Зайцев А. (3). Вестн. золотопром., Томск, 1892, с. 14.

- Зайцев А. (4). К геологии горной золотоносной системы Северо-Енисейского округа, Томск, 1892, с. 9.
- Зайцев А. (5). К геологии южной золотой части Енисейского округа, Томск, 1892, с. 9.
- Зайцев А. (1). Вестн. золотопром., Томск, 1893, с. 148–227.
- Зайцев А. (2). Горн. журн., 1893, I, с. 456–466.
- Зайцев А. О золотоносных россыпях Маринского округа Томской губ., Томск, 1894, с. 7–20.
- Зайцев А. Вестн. золотопром., Томск, 1895, с. 139–395.
- Зайцев А. Геол. исслед. по линии Сибирской ж. д., V, СПб., 1896, с. 103.
- Зайцев А. (1). Платиновые месторождения Урала, Томск, 1898, с. 15–51.
- Зайцев А. (2). Вестн. золотопром., Томск, 1898, № 4, с. 91.
- Зайцев А. (3). Уральск. горн. обзор., Екатеринбург, 1898, № 20–22.
- Зайцев А. (4). К вопросу о коренных россыпях Гороблагодатского округа, Екатеринбург, 1898, с. 13. Оттиск из «Урала».
- Зайцев А. Вестн. золотопром., Томск, 1901.
- Зайцев А. Сборник в память Салищева, Томск, 1903, с. 75.
- Зайцев А. (1). Вестн. золотопром., Томск, 1904, с. 4.
- Зайцев А. (2). Вестн. золотопром., Томск, 1904, с. 53–77.
- Зайцев А. Геол. исслед. по линии Сибирской ж. д., 30, СПб., 1910, с. 46–122.
- Залесский М. Тр. Геол., ком., 86, 1912. стр. 19.
- Залесский С. Врач, 19, 1848, с. 1466.
- Залесский С. Дневник XII Съезда русск. естествоиспыт., М., 1910, с. 258.
- Замысловский Е. Герберштейн и его историко-географические сведения о России, СПб., 1984, с. 315.
- Замятин А. Тр. Геол. ком., 84, 1913, с. 157.
- Зарудный Н. Изв. Геогр. общ., 49, (1913), 1915, с. 364–377.
- Захаров В. Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Ленский район, IX, СПб., 1913, с. 71–73.
- Зверев В. Изв. Геол. ком., 32, 1914, с. 401.
- Зверев В. Изв. Геол. ком., 34, 1915, с. 553.
- Земба И. Всемирн. технич. обзор., СПб., 1901, с. 171–172.
- Зембницкий А. О месторождениях алмаза в России, СПб., 1831, с. 4.
- Златарски. Рудите в България, С. 1882, с. 12 (из «Период. Списание»).
- Злобин А. (1). Сибирский вестн., 1823, № 6, с. 62.
- Злобин А. (2). Сибирский вестн., 1823, № 7, с. 81–87.
- Иваницкий.** Горн. журн., 1833, IV, с. 59–63; 1853, II, с. 119–120.
- Иванов А. Материалы для минералогических и геологических экскурсий под Москвой, М., 1907, с. 7–9.
- Иванов А. Изв. Акад. Наук, 1909, с. 182.
- Иванов А. Приамурье, М., 1909 (изд. Общеземск. орг.), с. 570.
- Иванов Г. Горн. журн., 1841, IV, с. 143; 1858, III, с. 554–555; 1859, IV, с. 115.
- Иванов Д. Зап. Минер., общ., 22, 1880, с. 269.
- Иванов Д. Горн. журн., 1905, IV, с. 114.
- Иванов Д. Геол. вестн., 1, 1915, с. 372.
- Иванов Л. Тр. Общ. исслед. Волыни, 6, Житомир, 1912, с. 232.
- Иванов Л. (1). Сборник в честь 25-летия научной деятельности В.И. Вернадского, М., 1914, с. 74.
- Иванов Л. (2). Тр. Общ. исслед. Волыни, 11, Житомир, 1914, с. 133.
- Иванов М. Геол. исслед. по линии Сибирской ж. д., IV, СПб., 1897, с. 31–42; VIII, 1898, с. 66.
- Иванов М. Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Амурско-Приморский район, II, СПб., 1901, с. 34–39; III, 1902, с. 159.
- Иванов М. (1). То же, IV, 1904, с. 111.
- Иванов М. (2). То же, V, 1904, с. 137.
- Иванов М. То же, VI, 1906, с. 99.
- Игнатъевский. Горн. журн., 1832, I, с. 181–184.
- Ижицкий Н. Геол. исслед. по линии Сибирской ж. д., III, СПб., 1896, с. 92; VII, 1898, с. 126–150; XII, 1899, с. 20–22.

- Ижицкий Н.* Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Енисейский район, II, СПб., 1901, с. 44–49; V, 1904, с. 24.
- Иностранцев А.* Геологический очерк Повенецкого у., 1877, с. 678–682.
- Иностранцев А.* Горн. журн., 1879, II, с. 315–317.
- [*Иностранцев А.*] *Inostranzeff A.* N. Jb. Min., 1880, I, S. 97.
- Иностранцев А.* Изучение Друскеникских минеральных источников, СПб., 1882, с. 50.
- Иностранцев А.* Геология, I, СПб., 1885, с. 309.
- Иностранцев А.* Тр. СПб. общ. естествоиспыт., Отд. геол. и минер., 22, 1893, с. 20–23.
- Иностранцев А.* (1). Там же, 23, 1895, с. 1.
- Иностранцев А.* (2). Тр. Геол. части Кабинета, I, СПб., 1895, с. 4; II, 3, 1898, с. 95.
- Иностранцев А.* Протоколы СПб. общ. естествоиспыт., 37, 1906, с. 291.
- Иностранцев А.* Тр. СПб. общ. естествоиспыт., Отд. геол. и минер., 35, 1907, с. 21–46.
- Иностранцев А.* Геол. вестн., 2, 1916, с. 74.
- Иностранцев А.* Изв. Акад. Наук, 1917, с. 893.
- Исаченко Б.* Изв. СПб. ботан. сада, 1909, с. 161.
- Исаченко Б.* Тр. Мурманской научно-пром. эксп., 1906 г., Пг., 1914, с. 71–141.
- Исаченко Б.* и *Ростовцев С.* Изв. СПб. ботан. сада, 1911.
- Калистов Н.* Изв. Общ. горн. инж., 1903, № 7.
- Калицкий К.* Изв. Геол. ком., 33, 1914, с. 216–786.
- Калицкий К.* Тр. Геол. ком., 133, 1915, с. 29.
- Кандаки В.* Горн. журн., 1896, IV, с. 323–324.
- Кандыкин Ф.* Зап. Уральского общ. естествоиспыт., 26, 1907, с. 73.
- [*Канкрин Е.*] *Cancrin de E.*, Bull. Soc. Géol. Paris, 4, 1833, с. 109.
- Карножский А.* Зап. Минер. общ., 34, 1896, с. 121–122.
- Карпинский А.* Сборник в память столетия горн., инст., СПб., 1873, с. 22.
- Карпинский А.* Горн. журн., 1870, I, с. 181.
- (*Карпинский А.*). В кн. «Очерк месторождений полезных ископаемых в Европейской России и на Урале», СПб., 1881, с. 1–14.
- Карпинский А.* Изв. Геол. ком., 2, 1883, с. 204; 4, 1885, с. 331.
- [*Карпинский А.*] *Karpinsky A.* Mélanges phys. chim. Acad. SPb., 12, 1887, p. 631–632.
- [*Карпинский А.*] *Karpinsky A.* N. Jb. Min., 1888, II, S. 76.
- Карпинский А.* Guide du VII Congrès Géol. SPb. (Путеводитель VII сессии Геол. конгресса в СПб.), 1897, № V, p. 30.
- Карпинский А.* Зап. Минер. общ., 40, 1902, прот., с. 20.
- Карпинский А.* Сб. «Очерк месторождений ископаемых углей России». Изд. Геол. ком., 1913, с. 304.
- Карпинский М.* Горн. журн., 1833, I, с. 183–188.
- Карпинский М.* (1). О золотоносных россыпях, СПб., 1840, с. 63–68.
- Карпинский М.* (2). Горн. журн., 1840, I, с. 200–232.
- Карпинский М.* (3). Горн. журн., 1840, IV, с. 217–219.
- Карпов Б.* Отчет Геол. ком. за 1915 г., Пг., 1916, с. 267.
- Карпов Г.* Горн. журн., 1831, II, с. 44.
- Карстенс Э.* Химический состав кавказских минеральных вод, Пятигорск. 1910, с. 16–88.
- Карстенс Э.* Зап. Русск. Бальнеол. общ., 14, 1912–1913.
- Касторский Н.* Протоколы Томского общ. естествоиспыт., 1901–1903. 1904, с. 51.
- Каттерфельд Г.* Зап. Уральского общ. естествоиспыт., 25, 1905, с. 6.
- Кеммерер А.* Горн. журн., 1826, № 1, с. 150.
- [*Кёппен*] *Koerppen A.* Ann. Min., 5, 1894, p. 201–203.
- Киркор Ф.* Материалы по вопросу о колебаниях состава речной воды. К., 1907, с. 79–215.
- Киркор Ф.* Тр. X Русск. водопр. съезда, 1, М., 1911, с. 151.
- Кишенский С.* Изв. Общ. горн. инж., 1898, № 5.
- Клаус К.* (1). Ученые записки Казанского унив., 1839, № 4, с. 99.
- Клаус К.* (2). Химическое разложение Сергиевских минеральных вод, Казань, 1839.
- Клаус К.* Ученые записки Казанского унив., 1844, с. 129–141,
- Клаус К.* Горн. журн., 1845, III, с. 163.
- [*Клаус К.*] *Glaus C.* Bull. phys. chim. Acad. Sci. SPb., 5, 1847, S. 262.

- [Клаус К.] *Glaus C.* Beiträge z. Kenntnis d. Platinmetalle, Dorp., 1854. S. 60.
- [Клаус К.] *Glaus C.* Bull. Acad. Sci. SPb., 2, 1860, p. 165.
- Клейменов. Горн. журн., 1832, I, с. 188.
- Клер М. Изв. Уральского общ. любителей естествознания, 36. 1–4. 1916. с. 8–20.
- Клоссовский А. Метеорология, I, Одесса, 1908, с. 114–115.
- Ключанский Г. Рудный вестн., 1, 1916, № 3, с. 117–118.
- Книпович Н. *Petermann's Geogr. Mitt.*, Gotha, 1904, p. 126.
- Книпович Н. Изв. Геогр. общ., 1905, с. 447.
- Книпович Н. Основы гидрологии Европ. Ледовитого океана (Зап. Геогр. общ.). СПб., 1906, с. 1202.
- Ковалевский Е. Горн. журн., 1835, III, с. 375; 1836, II, с. 196–205.
- Коварский. Зап. Минер. общ., 30, 1893, с. 488.
- Ковригин. Горн. журн., 1839, III, с. 414; 1860, I, с. 91.
- [Козицкий М.] *Kositzky M.* Verhandl. Miner. Ges. (Тр. Минер. общ.), 1844, S. 167–177.
- Кокшаров Н. Горн. журн., 1849, II, с. 337–344; 1850, I, с. 262.
- Кокшаров Н. Сборник Минер. общ., СПб., 1867, с. 199.
- Кокшаров Н. Материалы для минералогии России, IV, СПб., 1862, с. 499.
- Кокшаров Н. (1). То же, V, 1870, с. 361.
- Кокшаров Н. (2). То же, VI, 1870, с. 218–372.
- Кокшаров Н. Зап. Минер. общ., 7, 1872, с. 275.
- Кокшаров Н. Сборник в память столетия Горного института, СПб., 1873, с. 366.
- Коленко Б. Материалы геол. России, 12, 1885, с. 46–75.
- Колобов. Горн. журн., 1836, I, с. 219.
- Колтовской. Горн. журн., 1838, I, с. 421–431; 1846, III, с. 156–302.
- Кольчевский. Горн. журн., 1861; IV, с. 14; 1865, III, с. 326.
- Кондаков. Журн. СПб. физ.-хим. общ., 15, 1883, с. 89.
- Кондратьев. Горн. журн., 1892, III, с. 283.
- Кондыкин Ф. Зап. Уральского общ. естествоиспыт., 26, 1907, с. 73.
- Кондыкин Ф. Тр. I Съезда деят. практ. геологии, СПб., 1908, с. 93–94.
- Кондыкин Ф. Горн. журн., 1911, III, с. 328.
- Конлис С. Горные промыслы Киевской губ., Киев, 1905, с. 15.
- Конради С. В кн.: *Богданович*. Рудные месторождения, II, СПб., 1913, с. 163–165.
- Конради С. Изв. Геол. ком., 33, 1914, с. 13.
- Конради С. Геол. вестн., 1, 1915, с. 297.
- Константинов С. (1). Горн. журн., 1915, I, отпечаток, с. 15.
- Константинов С. (2). Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Амурско-Приморский район, XIX, Пг., 1915, с. 44–110.
- Конткевич. Горн. журн., 1878, III, с. 64–72.
- Конткевич. Зап. Минер. общ., 14, 1879, с. 193–203.
- Конткевич. Горн. журн., 1881, I, с. 294–382.
- Конткевич. Зап. Минер. общ., 23, 1887, с. 202–203.
- Коншин А. Изв. Геогр. общ., 19, 1883. стр. 325.
- Коншин А. Зап. Минер. общ., 24, 1888, с. 26–31.
- Коншин А. Горн. журн., 1889, III, с. 289.
- Коншин А. Материалы геол. Кавказа (2), 4, СПб., 1890, с. 150–151; (3), 2, Тифлис, 1899, с. 138–141.
- Корженевский Н. Туркест. ведом., 1904, № 159.
- [Корзухин И.] *Korsuchin J.* Zschr. prakt. Geol., 1906, с. 380.
- Корзухин И. Золото и платина, 1907, № 4, с. 67.
- Коровин. Журн. Общ. сибирск. инж., Томск, 1915.
- Костычев С. Физиологические исследования над дыханием растений, Юрьев, 1910, с. 138.
- Котульский В. Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Ленский район, IX, СПб., 1913, с. 25–34; XI, 1915, с. 41.
- Котульский В. Геол. вестн., 4, 1921.
- Кох М. Рудные месторождения Баталпашинского отд. Кубанской обл., СПб., 1911, с. 28–38.
- Коцин М. Сборник работ гигиенической лаборатории Моск. унив., II, 1888, с. 185.

- Коцин М. Опыт систематических наблюдений над колебанием состава воды Москвы, М., 1889, с. 138–156.
- Коцовский И. Вестн. золотопром., Томск, 1894, с. 7.
- Кошкуль. Горн. журн., 1879, III, с. 182.
- Краевский Д. Горн. журн., 1868, II, с. 309.
- Краинский А. Обогащение почв азотом, К., 1911, с. 39–149.
- Крамаренко А. Изв. Южнорусск. общ. техн., 13, Харьков, 1909, с. 4.
- Краснов А. Материалы для знакомства с грязевыми вулканами восточного Закавказья, 10, 1904, с. 12–42.
- Краснопольский А. Тр. Геол. ком., 11, 1889, № 1, с. 58–59.
- Краснопольский А. Изв. Геол. ком., 9, 1890, с. 187.
- Краснопольский А. Геол. исслед. по линии Сибирской ж. д., XIV, СПб., 1898, с. 87; XXI, 1900, с. 284.
- Краснопольский А. Геологическое описание Невьянского горного округа, СПб., 1906, с. 83–98.
- Краснопольский А. Восточная часть Нижне-Тагильского горного округа, СПб., 1908, с. 82.
- Красовский. Область сибирских киргизов, 1, СПб., 1868.
- Крат В. Зап. Минер. общ., 29, 1892, с. 173.
- Крашенинников С. Описание земли Камчатки, СПб., 1755, с. 189.
- Кронштедт. Опыт рудословия (перевод М. Курдымана), М., 1777, изд. 2, СПб., 1789.
- Кропоткин П. Отчет об Олекмо-Витимской эксп., СПб., 1873, с. 293.
- Кротов Б. Протоколы Казанского общ. естествоиспыт., 1911, прилож. № 261, с. 6–8.
- Кротов П. Геологические исследования на западном склоне Соликамского и Чердынского Урала, СПб., 1888, с. 278–522.
- Крыжановский В. Тр. Геол. музея Акад. Наук, 1, 1907, с. 69.
- Крым В. О химическом составе антрацитов Донецкого бассейна. К., 1915.
- Кузнецов С. Изв. Геол. ком., 25, 1906, с. 205–241.
- Кузнецов С. Изв. Акад. Наук, 1910, с. 715.
- (Кузнецов С.). Нерчинский округ, Кабинета, Хабаровск, 1913, с. 72–83.
- Кулибин А. Указатель открытий, IV, СПб., 1827, с. 363–495.
- Кулибин А. Горн. журн., 1830, I, с. 6; 1833, IV, с. 350.
- Кулибин В. Горн. журн., 1890, I, с. 552–559.
- Кулибин К. Горн. журн., 1865, IV, с. 35.
- Кулибин К. Горн. журн., 1887, IV, с. 196–201.
- Кулибин К. Вестн. золотопром., 12, Томск, 1903, с. 17–33.
- Кулибин Н. Зап. Минер. общ., 2, 1867, с. 419.
- Кулибин С. Горн. журн., 1883, с. 402.
- Кулибин С. Вестн. золотопром., Томск, 1900, с. 3–5.
- Кун. Горн. журн., 1829, II, с. 224.
- [Кунффер А.] *Kupffer A.* Ann. chim. et phvs., 41, 1829, p. 423.
- Кунфер А. Зап. Горн. инст., 1, 1908, с. 318.
- Кунфер А. Минер. музей Горн. инст., 1911, с. 149–526.
- [Курбатов] *Kurbatov.* Revue de métallurgie, Mémoires, II, 1905, p. 184–185.
- Курмаков Н. Изв. Мин. госуд. имущ., СПб., 1905, с. 309–310.
- Курнаков Н. Зап. Минер. общ., 30, 1893, с. 442.
- Курнаков Н. Горн. журн., 1903, II, с. 95.
- Курнаков Н. и Жемчужный С. Журн. Русск. физ.-хим. общ., химич. часть, 39, 1907, с. 224.
- [Курнаков Н. и Жемчужный С.] *Kurnakov N. u. Zemczužny S.* Zschr. anorg. Chem., 60, 1908, S. 16.
- Курнаков Н., Жемчужный С. и Заседателев М. Изв. СПб. Политехн. инст., 22, 1914, с. 486.
- [Куторга] *Kutorga.* Vorhandl. SPb. Miner. Ges. (Тр. Минер. общ.), 1857–1858, S. 158.
- Кушелевский Ю. Северный полюс и земля Ялмал, СПб., 1868, с. 38.
- Лавров. Зап. Минер. общ., 3, 1868, с. 111.
- Лавров П. Морской сборник, 96, 1865, с. 14–15.
- Лаговский А. Горн. журн., 1889, I, с. 424–431.
- [Лагорио А.] *Lagorio A.* Min. petr. Mitt., 8, 1887, S. 485.

- Лагофет Д. Бухарское ханство, I, СПб., 1911, с. 264.
- Ласкарев В. Изв. Геол. ком., 18, 1899, с. 191; 23, 1904, с. 102.
- Ласкарев В. Тр. Геол. ком., 1914, № 77, с. 292, Карта.
- Латкин Н. Энциклопедический словарь Брокгауза, 22, с. 649.
- Латкин Н. Горн. журн., 1867, I, с. 498–504.
- Латкин Н. Очерк северн. и южн. сист. золот. пром. Енисейской губ., СПб., 1869, с. 5–74.
- Латкин Н. Енисейская губ., СПб., 1892, с. 83–241.
- Лебедев А. (1). Исследование хемосинтеза у *Bacillus hydrog.*, Одесса, 1910, с. 5.
- Лебедев А. (2). Дневник XII Съезда естествоиспыт., М., 1910, № 3, с. 20.
- Лебедев А. Зап. Новороссийского общ. естествоиспыт., 39, 1916.
- Лебедев В. Изв. Геогр. общ., 47, 1911, с. 53–71.
- Лебедев В. Воды юго-восточной Камчатки, I, М., 1915.
- Лебедев Н. Материалы геол. Кавказа (3), 1, Тифлис, 1898, с. 10–117.
- Лебедев Н. Коллекции Кавказского музея, III, 1901, с. 86–211.
- Лебедев Н. Материалы геол. Кавказа (3), 3, Тифлис, 1902, с. 163.
- Лебединцев А. Зап. по гидрологии, 23, 1901, с. 284.
- Лебединцев А. Тр. Карабугазской эксп., II, СПб., 1902, с. 105.
- Лебединцев А. Из Никольск. рыбоводн. зав., СПб., 1904, № 9, с. 118–129.
- Лебединцев А. (1). Там же, 1905, № 10, с. 36.
- Лебединцев А. (2). Вестн. рыбопром., 1905, с. 228.
- Лебединцев А. (1). Из Никольск. рыбоводн. зав., СПб., 1908, № 11, с. 100.
- Лебединцев А. (2). Гидрологические и гидрохимические исследования в восточной части Балтийского моря, СПб., 1908, с. 61–86.
- Лебединцев А. Метеорологические и гидрологические исследования Псковского водоема, Псков, 1913 (Тр. Пром.-научн. эксп. псков. вод.), с. 61, 62.
- Левинсон-Лессинг Ф.Ю. Геологический очерк Южно-Заозерской дачи, Юрьев, 1900, с. 69–70.
- Левинсон-Лессинг Ф. Материалы геол. России, 21, 1901, с. 65–74.
- Левинсон-Лессинг Ф. Изв. СПб. Политехн., инст., II, 1909, с. 427.
- Левинсон-Лессинг Ф. Платина, Пг., 1921, с. 1–19.
- Левинсон-Лессинг Ф. Успехи петрографии в России, Пг., 1922, с. 126–127.
- Левшин А. Описание Киргиз-Кайсацкой орды, I, СПб., 1832, с. 174.
- [Лемберг И.] *Lemberg J.*, *Zschr. Deutsch. geol. Ges.*, 40, 1888, S. 630.
- Ленже. Вестн. Геогр. общ., 1853, ч. 7.
- Лепехин И. Дневные записки путешествия, СПб., 1771, с. 202–209.
- Лепехин И. Вторая часть дневных записок путешествия, СПб., 1772.
- Лепехин И. Продолжение дневных записок, 2 тисн., СПб., 1802, с. 96–222.
- [Ле Шателье и Володдин] *Le Chatelier H. et Wologdine S.*, *C. R. Acad. Sci. Paris*, 146, 1908, p. 58; 148, 1909, p. 1715.
- Либих Ю. Химия в приложении к земледелию, М., 1870, с. 17–23.
- Лидов А. Журн. физ.-хим. общ., 34, 1902, с. 445.
- Лидов А. Анализ газов, Харьков, 1907, с. 151–216.
- Лидов А. Краткий курс газов, произв., 10, 1911, с. 20.
- Лидов А. Изв. Харьковского технол. инст., 1916.
- Линденер Б. Изв. Акад. Наук, 1910, с. 1001.
- Липский В., Г.С. Карелин, СПб., 1905, с. 119.
- Лисенко. Горн. журн., 1837, II, с. 393–396.
- Лисенко К. (1). Горн. журн., 1879, II, с. 34.
- Лисенко К. (2). Горн. журн., 1879, III, с. 91–342.
- Литке Ф. Путешествие вокруг света, III, сост. А. Постельс, СПб., 1836, с. 25.
- Лобанов Д. Урал, Екатеринбург, 1897, № 5.
- Лодочников В. Ест.-произв. силы России, т. IV, вып. 17, Пг., 1923, с. 8.
- Ломоносов М.В. *De tinctura metallorum*, 1745.
- Ломоносов М.В. Слово о рождении металлов трясением Земли, СПб., 1759, с. 20.
- Лопатин И. Горн. журн., 1863, III, с. 173; 1864, II, с. 158.
- Лопатин И. Дневник Витимской экспедиции, обраб. Б. Поленовым, СПб., 1895, с. 61–269.
- Лопатин И. Зап. Геогр. общ. по общей географии, 28, 2, 1897, с. 161.
- Лопатинский Г. Горн. журн., 1826, № 2, с. 76–83.

- Лошкарев С. Вестн. Геогр. общ., 14, 1855, с. 51.
- Лукашевич И. Неорганическая жизнь земли, II, СПб., 1909, с. 146.
- Лури Б. Изв. Общ. горн. инж., 1904.
- Львов. Техн.-геол. описание линии Зап.-Амурской ж. д., СПб., 1913, с. 149–206.
- Львов Ф. Иркутские губернские ведомости, 1859, № 5, с. 15–16.
- Львов Ф. Зап. Сибирского отд. Геогр. общ., 7, 1864, с. 94.
- Любавин Н. Техническая химия, I, М., 1897, с. 167.
- Любарский В. Сибирский Вестник, 13, 1821, с. 58.
- Любарский В. Отеч. записки, 1823, 16, с. 20.
- Любарский В. Указатель открытий по физике, СПб., 1824, № 6, с. 855.
- Любарский В. Указатель открытий, II, СПб., 1825, с. 203.
- Любарский В. (1). Горн. журн., 1828, № 4, с. 129–130.
- Любарский В. (2). Горн. журн., 1828, № 8, с. 159.
- Любарский В. (3). Горн. журн., 1828, № 11, с. 127.
- Ляковский Н. Московские ведомости, 1847, № 124, с. 954.
- Ляковский Н. De cholerae epidem. nonnullis causis atmosph., М., 1849, с. 145. (Перепечатана в «Bull. Soc. Nat. Moscou», 1850).
- Маевский Ф. Полезные ископаемые Закаспийской обл., СПб., 1897, с. 75–82.
- Майер Г. Горн. журн., 1876, III; 1896, III, с. 6.
- [Майер Г.], Maier. Zschr. prakt. Geol., 1906, S. 103.
- Майер Г. Горн. журн., 1907, I, с. 277.
- Макаров Я. Геол. очерк золотоносн. местн. Амурского бассейна (Изв. Вост.-Сиб. Отд. Геогр. общ.), 1889, с. 6–26.
- Макаров Я. Тр. СПб. общ. естествоиспыт., 32, 1, 1906, с. 140.
- [Макаров] Изв. Геол. ком., 33, 1914, с. 145.
- Макаров Я. Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Амурско-Приморский район, 18, 1913, с. 441.
- Макаров Я. (1). Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Амурско-Приморский район, 20, 1915, с. 53, 55.
- Макаров Я. (2). Изв. Геол. ком., 34, 1915, с. 751.
- Макаровский. Горн. журн., 1844, II, с. 5–25; 1851, 1, с. 10.
- Макринов И. Бактер. землеудоб. препараты, Пг., 1915.
- Малаякин С. Изв., Геол. ком., 29, 1910, с. 436–437.
- Мамонтов В. Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы), 1902, № 3, с. 3–10.
- Мамонтов В. Анализы полезных ископаемых Алтая, Барнаул, 1907, с. 46.
- Мамонтов В. Список рудных месторождений Алтайского округа, Барнаул, 1908, с. 4–70, 454–457.
- Мамышев Н. Горн. журн., 1827, № 1, с. 24–34.
- Мамышев И. Артиллер. журн., 1888, № 7.
- Марголиус А. Материалы геол. Кавказа (3), 5, Тифлис, 1903, с. 78–149; (3), 8, Тифлис, 1909, с. 223.
- [Марков] Markov. Biochem. Zschr., 57, 1913, S. 1.
- Марков К. Ест.-произв. силы России, IV, вып. 9, 1917, с. 4.
- Марков К. Хим.-техн. справочник, 1, изд. 2, Пг., 1923, с. 163.
- Маркович В. В верховьях Ардона, СПб., 1906, с. 79.
- Марковский Г. Отчет осмотра казенного нефт. участка Ферганской обл., Баку, 1901, с. 45.
- Мартьянов Н. Минусинский публичный музей, Томск, 1881, с. 46–47.
- Маршалов Н. Горн. журн., 1922, с. 114.
- Матасов. К столетию с начала разработки золотоносных россыпей в России, Т., 1914.
- Мевуис А. Горн. журн., 1873, I, с. 260–261.
- Меглицкий. Горн. журн., 1855, II, с. 38–61.
- [Меглицкий] Meglitzky, Verhandl. SPb. Miner. Ges. (Тр. СПб. Минер. общ.), 1856, S. 150–154.
- Мезерницкий П. Русский врач, 1908, № 2, с. 17.
- Мезерницкий П. Журн. Физ.-хим. общ., 43, 1911, физ. часть, с. 246–248.
- Мейендорф А. Опыт прикладной геологии Сев. басс. Европ. России, СПб., 1849, с. 133–148.

- Мейстер А. Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Енисейский район, I, СПб., 1900, с. 74–75; II, 1901, с. 32.
- Мейстер А. (1). Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Енисейский район, IV, СПб. 1903, с. 19–24.
- Мейстер А. Геол. карта Енисейского золотоносного района, СПб., 1903–1908 листы К-7, К-8, Л-7, Л-8, Л-9, И-8.
- Мейстер А. (2). То же, лист К-8, 1903.
- Мейстер А. (1). Сборник в память И.В. Мушкетова, СПб., 1904, с. 101–108.
- Мейстер А. (2). Геол. карта Енисейского золотоносного района, СПб., Л-6, 1904, с. 31.
- Мейстер А. (3). То же, Л-8, 1904, с. 13–55.
- Мейстер А. То же, лист К-9 (описание), 1905, с. 32–36.
- Мейстер А. Описание маршрутов ю.-в. части Енисейского округа, СПб., 1907.
- Мейстер А. (1). Геол. карта Енисейского золотоносного района. Лист И-8, 1908, с. 55.
- Мейстер А. (2). Описание маршрутов ю.-з. части Енисейского округа, СПб., 1908.
- Мейстер А. Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Енисейский район, IX, СПб., 1910, с. 103–129.
- Мейстер А. Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Ленский район, VII, СПб., 1911, с. 35; X, 1914, с. 208–211.
- Меллер В. и Денисов М. Полезные ископаемые Кавказа, изд. 3, Тифлис, 1900, с. 35–154.
- Мельников М. Горн. журн., 1882, I, с. 88–135.
- Мельников М. (1). Зап. Минер. общ., 25, 1889, с. 377–378.
- Мельников М. (2). Материалы геол. России, 13, 1889, с. 252–273.
- Мельников М. Горн. журн., 1892, I, с. 447; 1893, I, с. 108.
- Мельников П. Дневник XII Съезда русск. естествоиспыт., М., 1910, с. 489.
- Менге. Труды Минер. общ., 1, 1830, с. 239–249.
- Менделеев Д. О барометрическом нивелировании, СПб., 1876, с. 47.
- Менделеев Д. Основы химии, изд. 8, СПб., 1906, с. 141.
- Меншуткин В. М.В. Ломоносов как физико-химик, СПб., 1904, с. 170.
- Меньшенин Д. Горн. журн., 1829, I, с. 156.
- Меринг Э. Химические исследования источников водоснабжения Закаспийской обл., СПб., 1907.
- Мефферт Б.Ф. Тр. Геол. ком., новая серия, 60, 1910, с. 18.
- Мефферт Б.Ф. Ест.-произв. силы России, IV, вып. 20, Пг., 1919, с. 275–285.
- Миклашевский. Горн. журн., 1861, IV, с. 122; 1871, II, с. 202.
- Миклашевский. Месторождения огнеупорных глин Европейской России, СПб., 1881, с. 334–356.
- Миклашевский А. Деньги. М., 1895, с. 133.
- Миткевич-Волчасский Е. Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Ленский район, IX, СПб., 1913, с. 89.
- Миткевич-Волчасский Е. Отчет Геол. ком. за 1915 г., Пг., 1916, с. 232.
- Михайлов. Горн. журн., 1895, III, с. 327.
- Михайлов Н. Горн. журн., 1862, I, с. 370.
- Михайлов П. Горн. журн., 1879, III, с. 12.
- Михайловский Г. К петрографии Северного Урала, Варшава, 1898, с. 28–34.
- Михайловский. Изв. Геол. ком., 19, 1900, с. 15; 20, 1901, с. 340.
- Михайловский С. Зап. Горного инст., 5, 1914, с. 107.
- Морозевич И. К петрографии Волыни, В., 1893, с. 32 (Ученые записки Варшавского унив.).
- Морозевич И. Изв. Геол. ком., 18, 1899, с. 380–381.
- Морозевич И. Тр. Геол. ком., новая серия, 3, 1903, с. 10–11.
- Морозевич И. и Конюшевский. Изв. Геол. ком., 23, 1904, с. 51.
- Морозов Н. Изв. СПб. Политехн. инст., 17, 1912, с. 120.
- Мошанский Л. Изв. Общ. изучения Олонецкого края, Пг., 1916, с. 153.
- Муравьев Н. Путешествие в Туркмению и Хиву, II, М., 1822, с. 19.
- Мухин И. Тр. Минер. общ., 2, 1842, с. 79–134.
- Мушкетов И. Горн. журн., 1873, I, с. 82–315.
- Мушкетов И. (1). Горн. журн., 1877, III, с. 262–326 (то же, в «Зап. Мин. общ.», 13, 1878).
- Мушкетов И. (2). Горн. журн., 1877, IV, с. 184.

- [Мушкетов И.] (1). *Mouchketoff J.* Les richesses minér, du Tourkestan. P., 1878, p. 7–8.
- Мушкетов И. (2). Зап. Минер. общ., 13, 1878, с. 136–160.
- Мушкетов И. Туркестан, I, СПб., 1886, с. 483–683.
- Мушкетов И. Зап. Минер. общ., 29, 1892, с. 229.
- Мушкетов И. Общая геол. карта, лист 95–96, Геол. исслед. Калмыцкой степи, СПб., 1895, с. 101.
- Мушкетов И. Физическая геология, изд. 2, I, СПб., 1899, с. 404–590.
- Мушкетов И. Туркестан, II, СПб., 1906, с. 76–359.
- Мышенков Д. (1), Зап. Геогр. общ. по общей географии, 4, 1871, с. 282–285.
- Мышенков Д. (2), Зап. Русск. техн. общ., 4, 1871, с. 16.
- Мышенков Д. Материалы для статистики Туркестана, Ежегодн., 1873, II, с. 138.
- Мюлен М. Протоколы Общ. естествоиспыт. при Юрьевском унив., 14, 1906, Прилож., с. 6.
- Надсон Г.** Микроорганизмы как геологические деятели, СПб., 1903. с. 32–80.
- Надсон Г. Изв. СПб. Ботан. сада, 13, 1913.
- Надсон Г. Журнал микробиологии, 1, 1914, с. 52.
- Нацкий А. (1). Ест.-произв. силы России, IV, вып. 23, Пг., 1917, с. 16–19.
- Нацкий А. (2). Материалы общ. и прикл. геологии, 4, Пг., 1917, с. 54–55.
- Ненадкевич К. Тр. Геол. музея Акад. Наук, 1, 1907, с. 82–83.
- Ненадкевич К. Изв. Акад. Наук, 1917, с. 447–452.
- Ненадкевич К. Очерк исследования висмутовых руд Забайкалья, Чита, 1922, с. 9.
- Нерчинский округ Кабинета, Хабаровск, 1913, с. 59–121.
- Нестеров М. Горн. журн., 1839, IV, с. 16.
- Нестеров М. Вестн., золотопром., Томск, 1904, с. 129.
- Нестеровский Н. Горн. журн., 1835, III, с. 453; 1837, I, с. 45.
- Нестеровский Н. Изв. Общ. горн. инж., 1892, № 3, с. 27.
- Нестеровский Н. Горн. журн., 1893, II, с. 228–229; 1896, III, с. 327.
- Неуструев С. и Прасолов Л. Самарский уезд, Материалы по оценке земель Самарской губ., ест.-ист. часть, 5, 1911, с. 59–60.
- Нефедьев В. Краткий каталог минералогического собрания Горного инст., СПб., 1871, с. 1–35.
- Нечаев А. По Горной Бухаре, СПб., 1914, с. 65.
- [Нечаев А.]. Изв. Геол. ком., 33, 1914, с. 107.
- Нечаев А. Изв. Геол. ком., 34, 1915, с. 483.
- Никитин В. (1). Геол. исслед. центральной группы дач Верх-Исетских заводов, I, СПб., 1907, с. 150–272.
- Никитин В. (2). Тр. Геол. ком., новая серия, 22, 1907, с. 42–44.
- Никитин С. Бассейн Оки, II, М., 1905, с. 28, 83 (Тр. эксп. по изучению рек Европейской России).
- Николаев А. Материалы геол. России, 23, 1908, с. 494–552.
- Николаев А. Тр. Геол. музея Акад. Наук, 1912, с. 182.
- Николаев В. Якутский край и его исследователи, Якутск, 1913, с. 73.
- Николаев Д. Геологические исследования в Кыштымской даче, СПб., 1902, с. 56–64.
- Николаев П. Горн. журн., 1879, I, с. 342–343.
- Новакович С., Годишница Н. Чупича, III, Белград, 1879, с. 275.
- Новаковский М. Горн. журн., 1887, IV, с. 118.
- Ноинский М. Самарская Лука, Казань, 1913, с. 86–667.
- Носовы, Горн. журн., 1869, I, с. 388.
- Ньюберри, Горн. журн., 1882, II, стр 338.
- Обручев В.А.** Зап. Минер. общ., 25, 1889, с. 60.
- Обручев В.А. Горн. журн., 1890, IV, с. 356–453.
- Обручев В.А. Изв. Вост.-Сиб. отд. Геогр. общ., 22, 1891, № 2–4.
- Обручев В.А. Геол. исслед. по линии Сибирской ж. д., 19, СПб., 1899, с. 122–126.
- Обручев В.А. Вестн. золотопром., Томск, 1903, с. 70.
- Обручев В.А. Геол. карта Ленского золотоносного района, Описание листов IV–I и 2, СПб., 1907, с. 238–267.
- Обручев В.А. Бассейн р. Накатами и его золотые прииски, Томск, 1909, с. 9–23.
- Обручев В.А. Геол. карта Ленского золотоносного района, V, 1–2, СПб., 1910, с. 156–159.

- Обручев В.А.* (1). Геол. обзор золотоносных районов Сибири, 1911–1915: I. Западная Сибирь, СПб., 1911; II. Средняя Сибирь, 1911–1915.
- Обручев В.А.* (2). Геол. обзор золотоносных районов Сибири, II, 1, Саянская обл., СПб., 1911, с. 15–136.
- Обручев В.А.* Геол. исслед. по линии Сибирской ж. д., XXII, I, Пг., 1914, с. 531–693, № 46а.
- Обручев В.А.* Геол. обзор золотоносных районов Сибири, II, 2, Енисейская обл., Пг., 1915, с. 7–92.
- Обручев В.А.* Олекмо-Витимский золотоносный район, Пг., 1923.
- Обручев С.* Рудный вестн., 1918, № 1–4, с. 6–20.
- Обручев.* Тунгусский угленосный бассейн, М., 1919, с. 3–29.
- Обручев С.* Горн. журн., 1922, с. 132.
- Общий обзор горной и горнозаводской промышленности, Пг., 1915, с. 2–85.
- Оводенко С.* Горн. и золотопром. изв., 10, Томск, 1913, с. 126–127.
- Ожегов П.* Протоколы Казанского общ. естествоиспыт., 34, 1904, Прилож. № 205, с. 12.
- Озерецковский.* Путешествие по озерам Ладожскому и Онежскому, СПб., 1792, с. 259.
- Озерецковский.* Nova Acta Acad. Petrop., 7, SPb., 1793, p. 346.
- [*Озерский А.*] (1). *Ozersky A.* Verhandl. Miner. Ges. (Тр. Минер. общ.), SPb., 1843, S. 74.
- Озерский А.* (2). Горн. журн., 1843, III, с. 234–236.
- Озерский А.* Горн. журн., 1844, II, с. 183–195.
- Озерский А.* (1). Очерк геологии, минеральных богатств и горных промыслов Забайкалья, СПб., 1867, с. 78–85.
- Озерский А.* (2). Сборник в память столетия Горного инст., СПб., 1867, с. 77.
- Озерский А.* (3). Сборник Минер. общ., СПб., 1867, I, с. 69–101.
- Окладных.* Горн. журн., 1862, IV, с. 253; 1868, II, с. 380.
- Омелянский В.Л.* Основы микробиологии, 1909, с. 247–319.
- Омелянский В.Л.* Архив биол. наук, 18, 1913.
- Омелянский В.Л.* и *Солунскова М.М.*, Арх. биол. наук, 18, 1913, с. 433–454.
- Орлов А.* Отчет Казан. стат. ком. за 1884 г., I, 1885, с. 111.
- Орлов Н.* Фармацевтический журн., 42, 1903, с. 783–813.
- Орлов Н.* Тр. II Съезда бальнеол., 2, СПб., 1906, с. 25.
- Орлов П.* Изв. Инст. исслед. Сибири, 3, Томск, 1921, с. 18–39.
- Орловский В.* Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы), 1898, прот.
- Осендовский А.* Горн. журн., 1905, III, с. 262.
- Ошанин.* Изв. Геогр. общ., 16, 1880.
- Ощепков И.* Зап. Уральского общ. естествоиспыт., 1883, с. 87.
- Павлинов.** Горн. журн., 1835, III, с. 78.
- Павлов Н.* Изв. Геол. ком., 34, 1915, с. 376.
- [*Паллас П.*] (1). *Pallas P.* Reise durch verschiedene Theile Russischen Reiches, II, 2, SPb., 1773.
- Паллас П.* (2). Путешествие по разным провинциям Российской империи, I, СПб. 1773, с. 57–287.
- Паллас П.* Академич. изв., 1780, V, с. 322–332.
- [*Паллас П.*] *Pallas P.* Neue Nordische Beiträge, 2, SPb., 1781, S. 306; 4, SPb., 1783, S. 244–245.
- Паллас П.* Путешествие по разным провинциям Российской империи, II, 1, СПб., 1786, с. 102–412.
- Паллас П.* То же (Путешествие), III, 1, СПб., 1788, с. 374–375.
- [*Паллас П.*] *Pallas P.* Neue Nordische Beiträge, 4, 1793, S. 274–306.
- Паллас П.* Наставления и письма студенту Кашкарову (опубл. Спасским), Сибирск. вестн., ч. 6, СПб., 1819, с. 89.
- [*Пандер*] *Pander C.* Verhandl. SPb. Mm. Ges. (Тр. Мин. общ.), 1863, S. 125.
- Парландт Д.* Изв. СПб. Ботан. сада, 1911.
- [*Паррот*] *Parrot G.* Ann. Phys., 10, 1802, p. 193.
- [*Паррот*] *Parrot G.* Magazine f. Naturkunde, 1800, II, S. 154.
- [*Паррот*] *Parrot G.* Mém. Acad. Sci. St.-Petersb., (6), Sci. phys. et mathém., I, 1838, p. 23.
- Пестерев.* Горн. журн., 1839, IV, с. 18.
- [*Петренко Г.*] *Petrenko G.J.* Zschr. anorg. Chem., 1906, S. 133.

- Петренко Г. Журн. Русск. хим. общ., 46, 2, 1914, с. 179.
- Петц Г. Тр. Геол. части Кабинета, III, 1, СПб., 1898, с. 108; VI, 1907, с. 247.
- [Пешке], Pieschke, Isis, L., 1837, p. 434.
- Пилипенко П. Сборник в честь 25-летия научной деятельности В.И. Вернадского, М., 1914, с. 187.
- Пилипенко П. Минералогия Западного Алтая, Изв. Томского унив., кн. 62, 1915, с. 318–346, 724.
- Планер Д. Топографическая минералогия России, 1868 (рукопись, хранящаяся в библиотеке СПб. Минер. общ.).
- Плиний Кай Секунд. Естественная история ископаемых тел, 1819 (перевод с примечаниями и дополнениями Севергина), с. 4–219.
- Плотников И. Изв. Акад. Наук, 1917, с. 883.
- Подгаецкий А. Горн. журн. 1891, I, с. 234; 1892, I, с. 347.
- Поклевский-Козелл. Изв. Туркестанского отд. Русск. Геогр. общ., 11, 2, 1915, с. 54.
- Покровская. М., Врач, 11, 1890, с. 9.
- Полевой. Изв. Геол. ком., 32, 1913, с. 242–292.
- Полевой Н. Анадырский край, I, 1915, с. 103–113.
- Полевой Н. Поверхность и недра, 7, 1916, с. 153.
- Полевой Н. Отчет Геол. ком. за 1916 г., Изв. Геол. ком., 1917, с. 283.
- Поленов Б. Тр. Геол. части Кабинета, II, 2, СПб., 1898, с. 143.
- Поленов Б. Массивные горные породы северной части Витимского плоскогорья, 1899.
- Поленов Б. Тр. Геол. части Кабинета, III, СПб., 1901, с. 300; VIII, 2, Пг., 1915, с. 348–571.
- Полетика И. Вестн. Геогр. общ., 28, 1860, отд. II, с. 15–16.
- Попов И. (ред.). Сборник статистических сведений о горнозаводской промышленности России за 1905 г., СПб., 1908, с. 1–223.
- [Попов Н.] Хозяйственное описание Пермской губ., I, СПб., 1804, с. 43; изд. 2, 1811, с. 19–283.
- Попов С.П. Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы), 1900, с. 481, 483; 1903.
- Попов С.П. Изв. Акад. Наук, 1913, с. 253.
- Порватов Б. Горн. и зол. известия, 12, Томск, 1915, с. 267–268.
- [Потт Г.] Pott H. Geschichte Miner. Ges. in St.-Petersb., 1842, S. CLII–CLIII. См. Седаков.
- Православлев П. К геологии окрестностей Баскунчакского озера, Варшава, 1903, с. 48–67.
- Пранг и Савицкий. Горн. журн., 1864, II, с. 93.
- Пранг и Ярославцев. Горн. журн., 1861, II, с. 316–336; 1864, II, с. 93–94.
- Предтеченский. Сибирская врачебная газета, 1912, № 12–14.
- Преображенский И. Изв. СПб. Политехн. инст., 15, 1911, с. 295–321.
- Преображенский П. Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Ленский район, IX, СПб., 1913, с. 112.
- Пригоровский. М., Изв. Геол. ком., 33, 1914, с. 925.
- Присадский. Изв. Геогр. общ., 50, 1914, с. 267.
- Прокопов К. Геологический очерк Ставропольских высот в связи с нахождением в Ставрополе горючих газов, Ставрополь, 1912, с. 336 (по С. Чарноцкому).
- Прокопов К. (1). Геол. исслед. Кубанского нефтеносного района, Листы Верхне-Боканский и Кесслерово-Варениковский, Пг., 1914, с. 75 (Тр. Геол. ком., 92).
- Прокопов К. (2). Изв. Геол. ком., 33, 1914, с. 336.
- Протасов П. Горн. журн., 1830, III, с. 93–111; 1831, IV, с. 204; 1833, IV, с. 332–340; 1842, I, с. 474.
- Прудков. Изв. Геогр. общ., 54, 1918.
- Пузыревский П. Verhandl. Miner. Ges. (Тр. Минер. общ.), 1857–1858, S. 159.
- Пузыревский П. Зап. Минер. общ., 1, 1866, с. 168–337.
- [Пуриевич К.] Puriewitsch K., Ber. Deutsch. botan. Ges., 13, Berlin, 1895, S. 342.
- Пфаффиус А. Изв. Общ. горн. инж., 1899, с. 41.
- Пыляев М. Драгоценные камни, изд. 3, СПб., 1896.
- Пятницкий П. Исследование кристаллических сланцев Южной России, 10, 1898, с. 169.
- Пятницкий П. Материалы геол. России, 22, 1905, с. 276–280.

- [Ракузин М.] *Rakusin M.*, Die Untersuchung d. Erdöls, Br. 1906, S. 180.
 Ракузин М. Зап. Минер. общ., 49, 1912, с. 125.
 Раммуль А. Вестн. Общ. гигиены, 1900, с. 1530.
 Раммуль А. Сборник работ гигиен. лабор. Юрьевского унив., I, Юрьев, 1902, с. 224–235.
 Редикорцев И. Горн. журн., 1832, II, с. 315; 1839, III, с. 457.
 Рейнке М. Гидрографическое описание северного берега России, I, СПб., 1850, с. 501.
 [Ренованц Г.] *Renowantz H.*, Neue Nordische Beiträge, I, SPb., 1781, S. 145.
 [Ренованц Г.] *Renowantz H.*, Nachrichten von Altaischen Gebürg. Rev., 1788, S. 20–211.
 Ресин А. Изв. Геогр. общ., 24, 1888, с. 129.
 Реутовский В. Вестн. золотопром., Томск, 1894, с. 29.
 Реутовский В. (1). Геол. карта золотоносного района среднего течения Большого Абакана, Томск, 1898.
 Реутовский В. (2). Вестн. золотопром., Томск, 1896, с. 125–163.
 Реутовский В. (1). Полезные ископаемые Сибири, I, СПб., 1905, с. 96–478.
 Реутовский В. (2). То же, II, 1905, с. 172–176.
 Риппас. Горн. журн., 1869, III, с. 399.
 Риппас П. Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Амурско-Приморский район, IV, СПб., 1904, с. 82.
 Рихтер П. Горн. журн., 1832, III, с. 145.
 Рогов Я. Зап. Уральского общ. любит. естествозн., 1, 1874, с. 45.
 Родевич. Очерк Урянхайского края, 1910, с. 152.
 Рожков В. Горн. журн., 1885, II, с. 277–298; 1888, I, с. 291–298.
 Романовский Г. Горн. журн., 1852, I, с. 141; 1856, II, с. 167; 1857, I, с. 195; 1868, II, с. 517.
 Романовский Г. Материалы геол. Туркестана, II, СПб., 1878, с. 37.
 Романовский Г. Горн. журн., 1882, III, с. 319.
 Романовский Г. Краткий очерк исследования восточной части Киргизской степи, СПб., 1903, с. 39.
 Рудаков. Горн. журн., 1835, IV, с. 226.
 Рудзкий Ф. Зап. мат. отд. Новороссийского общ. естествоиспыт., 15, Одесса. 1893, с. 71.
 Рыбалкин М. Вестн. золотопром., Томск, 1904, с. 97.
 Рыкачев М. Исторический очерк Главной физической обсерватории, I, СПб., 1899, с. 156–157.
 Рычков П. (1). Топография Оренбургская, I, 1762, с. 269.
 Рычков П. (2). То же, II, 1762, с. 114–228.
 Рябинин А. Тр. Геол. ком., новая серия, 93, 1913, с. 14–16.
 Рязанов В. Отчет по статист. исслед. золотоносного Амурско-Приморского района, I, СПб., 1902; II, 2, 1903, с. 140–928.
- Саблин. Горн. журн., 1846, II, с. 230–245.
 Савицкий и Шамарин. Горн. журн., 1883, IV, с. 497.
 Савченков Ф. Горн. журн., 1888, I, с. 457.
 [Самойлов и Юдин] *Samoilov et Joudine*, Le physiologiste russe, II, 1901, p. 171.
 Самойлов Я. Естествознание и география, М., 1899.
 Самойлов Я. Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы), 1902, с. 529.
 Самойлов Я. Зап. Минер. общ., 43, 1905, с. 237–239.
 Самойлов Я. Минералогия Нагольного края, СПб., 1906, с. 86–95.
 Самсонов Н. Тр. Пром.-научн. эксп. псков. вод., 1912, отд. 1, вып. 1.
 Сарсадских Н. Золото и платина, Томск, 1915, с. 163.
 Сборник статистических сведений о горнозаводской промышленности России за 1905 г., СПб., 1908. – См. Попов Н. (ред.).
 Сборовский А. Зап.-Сиб. отд. Геогр. общ., 19, Омск, 1896, с. 29–120.
 Свенске. Новая Земля, СПб., 1867, с. 19.
 [Свинне Р.] *Swinne R.* Chem. Ztg., 1910, № 134.
 Свинне Р. Журн. Физ.-хим. общ., 1913.
 Севастьянов. Горн. журн., 1862, I, с. 545–554.
 Севергин В. М. Царство ископаемых, II, СПб., 1791, с. 59.
 Севергин В. М. (1). Первые основания минералогии, II, СПб., 1798, с. 58–59.

- [Севергин В.М.] (2). *Severgin*. Nova Acta Acad. Petrop., 11, SPb., 1798, p. 298.
- Севергин В.М. Обозрение Российской Финляндии, СПб., 1805, с. 61–127.
- Севергин В.М. Технол. журн., 3, 1806, с. 99.
- Севергин В.М. Опыт минералогического описания Российского государства, II, СПб., 1809, с. 7–135.
- Севергин В.М. Технол. журн., 11, 1814, с. 44.
- Северцов Н. Путешествия по Туркестанскому краю, СПб., 1873, с. 73–106.
- [Седаков]. [Каталог иркутских минералов] в статье Потта, *Geschichte Miner. Ges.* SPb., *Scriften Miner. Ges.*, 1, SPb., 1842, S. CLII–CLIII.
- Селецкий и Ворздынский. Изв. Киевского унив., 1882, № 8, с. 245.
- Семенов П. Горн. журн., 1837, I, с. 246–253.
- Семенов П., Черский И. и Пету Г. Новейшие сведения о географии стран, входящих в Азиатскую Россию, I, в кн.: *Pumtner*, Землеведение, СПб., 1894, с. 257.
- Семенский. О гигиеническом значении растворенного в воде кислорода, Варшава, 1888.
- Семенченко А. Горно-разведочное дело Сибири, № 1, Томск, 1921, с. 49.
- Сергеев М. Зап. Читинского отд. Приамурского отд. Геогр. общ., 2, 1897, с. 77.
- Серебренников А.Г. Ежегодн. Ферганской обл., I, 1902, с. 136–192.
- [Сеченов и Шатуников] *Seichenov u. Schatupikov*, *Zschr. phys. Chem.*, 18, 1895, S. 563.
- [Сиверс] *Sievers*, *Neue Nordische Beiträge*, V, SPb., 1793, S. 228.
- Сивков. Горн. журн., 1836, III, с. 250–255.
- Сиволобов. Техник, 1883, № 35.
- Сидоренко М. Зап. Новороссийского общ. естествоиспыт., 21, 2, 1897, с. 127–130; 24, 1, 1901, с. 97–104; 25, 1903, с. 78.
- Сидоренко М. Описание некоторых минералов Хотинского у., Одесса, 1904, с. 20–32.
- Сидоренко М. Научные результаты Аральской экспедиции, Туркест. отд. Геогр. общ., 10, СПб., 1911.
- [Сикора и Паульсен] *Sykora et Paulsen*, *Mém. Acad. Sci.* SPb., 11, 1902.
- Симонович С. Материалы геол. Кавказа, 1877, с. 43; (2), VI, 1892, с. 369–370.
- Симонович С. (1). Вестн. горного дела на Кавказе, Тифлис, 1901, № 6, с. 9.
- Симонович С. (2). Там же, 1901, № 8.
- Скальковский К. Горн. журн., 1867, II, с. 18–23.
- Скориков А. Материалы к познанию русск. рыб., 2, 8, 1913; 4, 2, 1915, с. 11.
- Скоров М. Медицинский сборник, I, 1866, № 2, с. 106.
- Скрепинский К. Изв. Донского Политехн. инст., III, 1914, с. 148.
- Слюнин Н. Охотско-Камчатский край, I, СПб., 1900, с. 121–197.
- Смирнов Г. Материалы геол. Кавказа (3), 6, 1905, с. 198–280.
- Смирнов Н. Изв. Уральского общ. естествоиспыт., 30, 1910, с. 118.
- Соболевский П. (1). Об очищении и обработке сырой платины, СПб., 1827, с. 4.
- Соболевский П. (2). Горн. журн., 1827, № 4, с. 87–96.
- Соболевский П. Горн. журн., 1835, I, с. 525–528; 1839, II.
- Совинский С. Изв. Общ. горн. инж., 1892, № 3, с. 33.
- Соколов А. Врач, 1892, с. 547.
- Соколов А. Зап. Русск. бальнеол. общ., VI, 1903, № 6.
- Соколов А. Журн. Физ.-хим. общ., 37, 1905, с. 61, 101–138.
- Соколов В. Ест.-произв. силы России, IV, вып. 7, 1917, с. 49.
- Соколов Д. Отеч. записки, 13, 1823, с. 165–309.
- Соколов Д. Указатель открытий по физике, СПб., 1824, № 1, с. 61–65.
- Соколов Д. Горн. журн., 1825, № 3, с. 152; 1826, № 12, с. 3–24.
- Соколов Д. Руководство к минералогии, II, СПб., 1832, с. 617–816.
- Соколов Д. Добавление к минералогии, СПб., 1838, с. 110.
- Соколов Д. Изв. Геол. ком., 25, 1906, с. 511.
- Соколов Д. *Bull. Soc. Nat. Moscou* (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы), 1909, с. 44.
- Соколов Д. Отчет Геол. ком. за 1915 г., 1916, с. 174.
- Соколов Д. Очерк полезных ископаемых Тургайской обл., Омск, 1918, с. 13–28.
- Соколовский. Горн. журн., 1833, III, с. 127–128; 1834, IV, с. 207; 1837, I, с. 599; 1841, II, с. 497.
- Солодов Н. «Уральское Горн. обозр., 1904, № 1–2.
- Сопальский. Горн. журн., 1856, III, с. 107.

- Спасский*. Горн. журн., 1827, I.
- Спасский Г.* Сибирский вестн., 1822, № 4, с. 121.
- Стальнов Н.* Геол. карта Енисейского золотоносного района, Лист И-8, СПб., 1912, с. 26.
- Степанов П.* Вестн., золотопром., Томск, 1893, с. 184–225.
- Степанов П.* Ест.-произв. силы России, IV, вып. 21, Пг., 1919, с. 11–54.
- Столетов А.* Очерк развития наших сведений о газах, М., 1879 (речь и отчет Московского унив.).
- Стопневич А.* Тр. Ставропольского общ. изуч. Сев. Кавказа, I, СПб., 1911, оттиск, с. 3.
- Стопневич А.* Ест.-произв. силы России, IV, вып. 39, 1917, с. 11–30.
- Страбон.* География (перевод Мищенко), М., 1879, кн. V, гл. 1, с. 220; кн. XI, гл. 2, с. 509; кн. XVI, с. 775.
- Стражевский.* Горн. журн., 1838, III, с. 2; 1841, I, с. 3–5.
- Стрижов И.* Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы), 12, 1898, с. 39.
- Стрижов И.* Небольшие разведки золота на Кавказе, М., 1899, с. 7 (Из «Вестн. золотопром.», № 19, 1899).
- Стрижов И.* Изв. Кавказского отд. Геогр. общ., 14, 1901, с. 170–184.
- Стрижов И.* Горн. журн., 1902, III, с. 162.
- Струве Г.* Горн. журн., 1859, II, с. 104.
- Стуленко Г.* Горн. журн., 1829, II, с. 46.
- Суворов Е.* Изв., Геогр. общ., 45, 1909, с. 443.
- Суцинский П.* Материалы геол. России, 22, СПб., 1904, с. 231–254.
- Суцинский П.* Изв. Акад. Наук, 1917, с. 519. I
- Сырокомский В.* и *Яхонтов Н.* Хим.-техн. справочник, I, ч. 1, 1923, с. 41, 217.
- Сыромолотов Ф.* Рудный вестник, 1, 1916. стр. 65.
- Талиев В.* Основы ботаники, изд. 4, Харьков, 1917, с. 235.
- Таль Х.* Горн. журн., 1871, IV, с. 428–429.
- Таскин.* Горн. журн., 1850, I, с. 295; 1865, III, с. 236.
- Татаринов.* Горн. журн., 1826, № 6, с. 152; 1852, IV, с. 71; 1865, II, с. 461–473.
- Тебеньков.* Географ. замечания к атласу сев.-зап. Америки, СПб., 1852, с. 23.
- Тейх Н.* Сборник материалов для статистики Сыр-Дарьинской обл., VI, 1897, стр. 194.
- Теплоухов.* Пермский край, III, Пермь, 1895, с. 247.
- Тетяев М.* Сев.-Зап. Прибайкалье. Бассейн р. Тын, Пг., 1915, с. 45 (Тр. Геол. ком., 108).
- Тетяев М.* Материалы по общей и прикладной геологии, 32, Пг., 1918, с. 25–44.
- Титов В.* Горн., журн., 1855, II, с. 448–487.
- Титов В.* Дневник XII Съезда русск. естествоиспыт., М., 1910, с. 368.
- Титов В.* Изв. Томского Технол. инст., 1913, № 2.
- Тихомиров В.* Горн. журн., 1899, I, с. 489.
- Тихонович Н.* Изв. Геол. ком., 27, 1908, с. 329.
- Тихонович Н.* Тр. Геол. ком., 119, 1915, с. 21.
- Тихонович Н.* Материалы по орган. экспедиций (Отчет горнозав. эксп. по учету минеральных богатств, № 1), Оренбург, 1918.
- Тихонович Н.* и *Замятин А.* Изв. Геол. ком., 31, 1912, с. 583.
- Тихонович Н.* и *Полевой П.* Изв. Геол. ком., 29, 1910, с. 746.
- Тове Л.* и *Горбачев М.* Отчет по статист.-эконом. исследованию золотопромышленности южной части Енисейского округа, СПб., 1899, с. 53–397.
- Тове Л.* и *Иванов Д.* Отчет по статист. исследованию золотопромышленности Амурско-Приморского района, II, 1, СПб., 1905, с. 1–250.
- Тове Л.* и *Рязанов В.* Отчет по статист.-эконом. исследованию золотопромышленности Амурско-Приморского района, I, СПб., 1902, с. 304–321.
- Токарев И.* Серп и молот, Екатеринбург, 1920, № 17.
- Толмачев И.* Тр. геол. части Кабинета, 7, СПб., 1909, с. 716–723.
- Толмачев И.* Геол. описание и полезные ископаемые района Южно-Сибирской ж. д., СПб., 1913, с. 44–54.
- Томсон.* Горн. журн., 1832, III, с. 296; 1835, III, с. 190–195.
- [*Траутшольд Г.*], *Trautshold H.*, N. Jb. Min., 1876, S. 636.
- Тресковский В.* Золото и серебро на Кавказе, Тифлис, 1875, с. 5.

- Триниус К. Речь о предполагаемых Академиею ученых путешествиях для исследования естественных произведений России. – Собр. актов публичн. заседания СПб. Акад. Наук, 29 дек. 1827 г., СПб., 1828, с. 96.
- Трушков Н. Горн. журн., 1905, III, с. 78.
- Тульчинский. Изв. Геогр. общ., 36, 1906, с. 544.
- Тутковский П. Тр. Общ. исслед. Волыни, Прилож. к т. VII, К., 1913, с. 15.
- Тучемский Ю. Горн. журн., 1872, IV, с. 161.
- Ушейкин Н. Материалы по общей и прикладной геологии, № 1, 1916, с. 28.
- Фаас. Геол. вестн., 2, 1916, с. 135.
- [Фальк И.] Falk J. Beiträge zu topographischen Kenntnis des Russischen Reichs, I, SPb., 1785, S. 105; II, 1786, S. 55–57.
- Фаминцын А. Обмен веществ, СПб., 1883, с. 618.
- Федоров А. Тр. Общ. физико-хим. наук Харьковского унив., 39, 1912, с. 28.
- [Федоров Е.С.] Fedorov E. Min. Petr. Mitt., 14, 1894, S. 86–89.
- Федоров Е.С. Горн. журн., 1897, II, с. 97; 1904, II, с. 227.
- Федоров Е.С. Зап. Горн. инст., 2, 1909, с. 311.
- Федоров Е. и Никитин В. Ежегодн. минер. и геол. России, III, 1898–1899, с. 83–84.
- Федоров Е. и Никитин В. (1). Богословский горный округ, СПб., 1901, с. 17–23.
- Федоров Е. и Никитин В. (2). То же, II, 1901, с. 15.
- Федоров Е. и Никитин В. (3). То же, V, 1901, с. 90–98.
- Федоров Н. Тр. I Съезда естествоиспыт., СПб., 1868, отд. хим., с. 79.
- Федченко. Изв. Общ. любит. естествозн., антропол. и геогр., 10, 1872, 1, с. 83.
- Фелькнер. Горн., журн., 1857, I, с. 360.
- Ферреро Г. Величие и падение Рима (перевод А. Захарова), М., 1915, с. 44.
- Ферсман А. Изв. Акад. Наук, 1907, с. 218; 1912, с. 367.
- [Ферсман А. и Гольдшмидт В.], Fersmann A. u. Goldschmidt V., Der Diamant, Heidelberg, 1911, S. 6–54.
- Филев. Горн. журн., 1835, III, с. 237–264.
- Флеров А. Изв. Центр. военно-пром. ком., 1916, № 73.
- Флоринский В. Первобытные славяне, I, Т., 1894, с. 205–255.
- Фомин А. Сборник анализов воды источников Кавказских минеральных вод, Пятигорск, 1886, с. 125.
- Фризер Я. Золотопромышленность в Баргузинском окр., СПб., 1901.
- Фризер Я. Статистический очерк Королонских золотых промыслов, СПб., 1906.
- Фурман. Технол. журн., 9, 1812, с. 72–79.
- Фурман. Горн. журн., 1828, №11, с. 25–31.
- Харичков К. О составе и технических свойствах нефтей русских месторождений, Баку, 1902, с. 168–171.
- Харичков К. Современные газоаналитические методы, 10, 1904, с. 54–56.
- Харичков К. Минералогия углерода, Тифлис, 1911, с. 233–285.
- Харичков К. Горн. журн., 1913, IV, с. 229.
- Хвостов М. История восточной торговли греко-римск. Египта, Казань, 1907, с. 73–427.
- Хлапонин А. Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Амурско-Приморский район, I, СПб., 1900; V, СПб., 1904, с. 42–45.
- Хлапонин А. То же. Геол. карта Зейского района, лист 1–5. 1905.
- Хлапонин А. (1). То же, Амурско-Приморский район, VI, 1906, с. 9.
- Хлапонин А. (2). То же, р. Селемджа, Лист I, 1900, с. 61–62.
- Хлапонин А. (1). То же, Амурско-Приморский район, VII, 1907, с. 31.
- Хлапонин А. (2). То же, р. Селемджа, Лист II, 1907, с. 3–62.
- Хлапонин А. (1). То же, Амурско-Приморский район, IX, 1908, с. 63.
- Хлапонин А. (2). То же, Геол. карта Зейского района, 0–4, 1908, с. 31.
- Хлапонин А. То же, Амурско-Приморский район, XV, 1912, с. 103–160.
- Хлопин В. Журн. Русск физ.-хим. общ., хим. часть, 43, 1911, с. 561.
- Хлопин Г. К методике определения растворенного в воде кислорода, М., 1896, с. 114–181.

- [Хлопин Г.] *Chlopin G. Archiv f. Hygiene*, 34, 1899, S. 71; 37, 1900, S. 329.
Хлопин Г. Материалы и заключение подкомиссии относительного испытания приборов для озонирования воды, СПб., 1911.
Хлопин Г. и Добровольский К. Вестн. обществ. гигиены, СПб., 1907, с. 1570.
Хмыров. Минералы и металлы древней России, СПб., 1875, с. 291.
Холодковский Н. Курс энтомологии, II, изд. 3, Пг., 1912, с. 162.
- Циглер М.** Изв. Варшавского Политехн. инст. вып. 1, 1911, № 4.
Циккендрат Э. *Bull. Soc. Nat. Moscou* (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы), 1892, с. 445.
Цимбаленко Л. Естественные богатства Закаспийской обл., Астрахань, 1896, с. 15.
Цулукидзе Г. Материалы геол. Кавказа, (2), 1, 1887, с. 53.
Цулукидзе, Халатов и Архипов. Геол. описание части Нахичеванского у., Тифлис, 1868, с. 14–19.
Цулукидзе, Архипов и Халатов. Геол. описание северной части Нахичеваиского у., Тифлис, 1870, с. 21.
- Чайковский.** Горн. журн., 1830, II, с. 298–299; 1838, I, с. 131.
Чевкин К. Горн. журн., 1851, III, с. 378.
Чейкин М. Изв. Туркест. отд. Геогр. общ., 10, 1914, с. 183.
Чекановский А. Геол. исслед. Иркутской губ., Иркутск, 1874, с. 200–202.
Чекановский А. Дневники 1871–1873 гг., Записки по общей географии (изд. Геогр. общ.), 20, СПб., 1896, № 1, с. 108.
Чеклецов. Горн. журн., 1827, № 5, с. 102; 1832, IV, с. 34; I, с. 163; 1834, III, с. 478.
Черкасов. Горн. журн., 1858, IV, с. 27.
Черник Г. Журн. Русск. физ.-хим. общ., 27, 1895, с. 492–496; 28, 1896, стр. 346; 29, 1897, с. 291–298.
Черник Г. Зап. Минер. общ., 41, 1904, с. 116.
Черник Г. Тр. Геол. музея Акад. Наук, 6, 1912, с. 8–87.
Черницын Н. Горн. журн., 1914, IV, с. 226.
Чернов Д.К. Зап. Русск. Техн. общ., 1868, с. 399.
Чернышев Ф.Н. Изв. Геол. ком., 4, 1885, с. 412.
Чернышев Ф.Н. (1). Общая геол. карта России, лист 139, СПб., 1889, с. 305.
Чернышев Ф.Н. (2). Тр. Геол. ком., 3, 1889, № 4, с. 182–311.
Чернышев Ф.Н. (3). Зап. Минер. общ., 25, 1889, с. 347; 29, 1892, с. 225.
[Чернышев Ф.Н.] *Tschernyschew Th., Guide du VII Congrès Geol.*, SPb., 1897.
Чернышев Ф. и Романовский Г. Горн. журн., 1895, I, с. 230.
Черский И.Д. (1). Зап. Русск. Геогр. общ., 15, № 3, 1886, с. 12.
Черский И.Д. (2). Геол. карта Байкала, 1886.
Черский И.Д. Восточная Сибирь, в кн.: К. Риттер. Землеведение Азии (изд. Геогр. общ.), СПб., 1895, с. 160.
Чирвинский П.Н. Искусственное получение минералов, Киев, 1906.
Чирвинский П.Н. Геол. вестн., 4, 1921, с. 121.
[Чихачев П.] *Tschihatcheff P. Voyage scientifique dans l'Altai*, Paris, 1845, p. 263.
[Чихачев П.] *Tschihatcheff P. Bosphore et Constantinople*, Paris, 1864, p. 233–242.
Чупин Н. (1). Географический словарь Пермской губ., I, 1873, с. 99–198.
Чупин Н. (2). Горн. журн., 1873, II, с. 93.
Чупин П. Пермский край, I, Пермь, 1892, с. 112.
Чураков А. Тр. Геол. ком., 145, 1916, с. 20.
- Шамиссо**, в кн.: Коцебу. Путешествие в Южном океане и в Беринговом проливе, III, СПб., 1823, с. 350.
Шангин А. Описание Кольвано-Воскресенских рудников, М., 1808, с. 13–79.
Шаповал. Материалы к познанию русск. рыб., 4, 5, 1915, с. 74.
Шведов Ф. Журн. Физ.-хим. общ., 1880–1881.
Шеяков Л. Бюлл. научн. отд. при технич. отд. Промбюро, Харьков, 1920, № 1, с. 21–22.
Шенберг Г. Изв. Русск. астрон. общ., 12, 1906, с. 226.

- Шене Э. К вопросу о нахождении в атмосферном воздухе озона и перекиси водорода, М., 1877, с. 43.
- Шене Э. Журн. Физ.-хим. общ., 12, 1880, с. 14; 16, 1884, с. 250–251; 26, 2, 1894, с. 2–3.
- Широкиин. Горн. журн., 1835, I, с. 423.
- Широкиин и Гурьев. Горн. журн., 1831, III, с. 17–32.
- Шкляревский А. Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы), 1902, с. 477.
- [Шмальгаузен И.] *Schmalhausen J.*, Mém. Acad. Sci. SPb., 1869, p. 97.
- [Шмидт К.] *Schmidt C.* Bull. Acad. Sci. SPb., 1866, 9, p. 315.
- Шмидт П. Камчатская эксп. Рябушинского, зоол. отд., М., 1916, с. 213.
- Шмидт Ф. Вестн. Геогр. общ., 28, 1860, с. 216.
- Шмидт Ф. Тр. Сибирской эксп. Геогр. общ., физич. отд., I, СПб., 1868, с. 14–67.
- Шмидт Ф. Зап. СПб. Акад. Наук, 13, 1869, с. 120.
- [Шмидт Ф. Ф. и Полье] *Schmidt F. et Polliet*, Journ. de St.-Petersbourg, 1829.
- Шнейдер В. Платиновое дело в XIX веке, СПб., 1903, с. 5–9.
- Шобер Г. Ежемесячные сочинения, СПб., 1760, 11, с. 406.
- [Шобер Г.] *Schober H.* Sammlung Russisch. Geschlclite, VII, SPb., 1762, S. 30.
- Шостак М. Изв. Кавказского отд. Геогр. общ., 16, 1903, № 1, с. 43–49.
- Шостковский. Горн. журн., 1897, I, с. 98.
- Шперк Ф. Россия Дальнего Востока, СПб., 1885, с. 142–457.
- Штебер Э. Изв. Кавказского отд. Геогр. общ., 16, 1903, № 5, с. 58.
- Штокман А. Гидрохимические исследования Псекупских минеральных вод, СПб., 1885, с. 49.
- Штуkenберг А. Материалы геол. России, 13, 1889, с. 83.
- Штуkenберг А. Тр. Геол. ком., 4, 1890, № 2, с. 33.
- Штуkenберг А. Изв. Геол. ком., 1894, с. 56.
- Штуkenберг А. Каталог образцов руд Геол. музея Казанского унив., Казань, 1898, с. 5–53.
- Штуkenберг А. Зап. Минер. общ., 40, 1902, прот., с. 44.
- Штурм А. Главные основания минералогии, СПб., 1837, с. 47.
- Щеглов Н.** О драгоценных камнях, СПб., 1824, с. 57.
- Щеглов Н. Указатель открытий по физике, IV, СПб., 1827, с. 513–514; VI, 1829, с. 757.
- Щукин Н. Журн. Мин. внутр. дел, 28, 1858, отд. III, с. 2.
- Щуровский Г. Уральский хребет, М., 1841, с. 250–367.
- Щуровский Г. Путешествие по Алтаю, М., 1846, с. 156–358.
- Щуровский Г. Минералогический кабинет Московского университета, М., 1858, с. 143.
- Эдельштейн Я. Изв. Общ. горн. инж., 1900, № 4, с. 17.
- Эдельштейн Я. Геол. исследования в золотоносн. обл. Сибири. Енисейский район, VII, СПб., 1909, с. 25–87; XIII, 1915, с. 54–96.
- Эдельштейн Я. Отчет Геол. ком. за 1915 г., 1916, с. 154–157.
- Эдельштейн Я. (1). Отчет Геол. ком. за 19–16 г., 1917, с. 196–220.
- Эдельштейн Я. (2). Ест.-произв. силы России, IV, вып. 7, 1917, с. 133–155.
- Эдельштейн. Природа, 1922, с. 85.
- [Эйхвальд Э.] *Eichwald E.* Naturhistorische Skizze v. Lithauen, Wolhyn u. Podolien, Wilna, 1830, S. 7.
- [Эйхвальд Э.] *Eichwald E.* Alte Geographie d. Kaspischen Meeres, B., 1838, S. 264.
- Эйхвальд Э. Ориктогнозия, СПб., 1844, с. 104–359.
- Эйхвальд Э. Библиотека для чтения, 70, СПб., 1845, отд. III, с. 49–50.
- [Эйхвальд Э.] *Eichwald E.* Archiv wissenschaftlichen Kunde Russlands, V, B., 1847, S. 183–184.
- Эйхвальд Э. О чуждских коях, СПб., 1854, с. 20.
- Эйхвальд Э. Военно-медицинский журн., 77, 1860, с. 178–224.
- Эйхвальд Э. Горн. журн., 1864, III, с. 122.
- Эйхфельд. Горн. журн., 1827, № 7, с. 60.
- Энгельгардт М. О свойствах гор на берегах Берингова пролива, в кн.: *Коцебу*. Путешествие в Южный океан и Берингов пролив. СПб., 1823, с. 391–399.
- [Энгельгардт М.] *Engelhardt M.* Die Lagerstätte d. Goldes u. Platina im Uralgebirge, Riga 1828, S. 30–43 (русский перевод – Горн. журн., 1829, III, с. 70–71).

Энгельгардт М. (1). Горн. журн., 1829, II, с. 335–342.
 Энгельгардт М. (2). Горн. журн., 1829, III, с. 70–71.
 Энгельгардт М. Горн. журн., 1831, II, с. 368–380.
 Энгельман. Горн. журн., 1838, II, с. 384.
 Эргарт А. Естественный горючий газ в Темрюке, Ставрополь, 1916, с. 1.
 Эрдман Ф. Казанские известия, 1812, № 18.
 [Эрдман Ф.] *Erdmann J.F.* Beitrage z. Kenntnis Russischen Reiches, II, 2, 1826, S. 125.

Юшкин Е. Горные богатства Кубанской обл., Екатеринодар, 1909.

Яворовский П. Горн. журн., 1894, I, с. 145; 1896, I, с. 371–385.
 Яворовский П. Геол. исслед. по линии Сибирской ж. д., VII, СПб., 1898, с. 50.
 Яворовский П. (1). Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Амурско-Приморский район, I, СПб., 1900, с. 17–34.
 Яворовский П. (2). Зап. Минер. общ., 38, 1900, с. 288–387.
 Яворовский П. Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Амурско-Приморский район, II, СПб., 1901, с. 15–16; III, 1902, с. 87–116.
 Яворовский П. (1). То же, IV, 1904, с. 33–42.
 Яворовский П. (2). То же, V, 1904, с. 42–65.
 Яворовский П. и Анерт Э. Тр. II Всеросс. съезда деят. практ. геологии, I, СПб., 1913, с. 117–130.
 Яковлев С. Тр. Геол. части Кабинета, 8, 1908, с. 169.
 Янишевский М. Изв. Геол. ком., 32, 1913, с. 756.
 Янковский М. Изв. Вост.-Сиб. отд. Геогр. общ., 1881, 12, № 2–3, с. 83.
 Янчевский А. Поверхность и недра, I, 1916, с. 118.
 Ярков В. Уральский техник, 1912, № 7–8; 1913, № 9, с. 12.
 Ячевский Л. Зап. Минер. общ., 24, 1888.
 Ячевский Л. Материалы геол. России, 13, 1889, с. 210.
 Ячевский Л. Горн. журн., 1894, I, с. 137–141.
 Ячевский Л. Геол. исслед. по линии Сибирской ж. д., III, СПб., 1896, с. 12; VII, 1898, с. 23–28.
 Ячевский Л. (1). То же, XI, 1899, с. 19–46.
 Ячевский Л. (2). Зап. Минер. общ., 36, 1899, прот., с. 42.
 Ячевский Л. Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Енисейский район, I, СПб., 1900, с. 14–18; IV, 1903, с. 52–74; V, 1904, с. 42.
 Ячевский Л. О термическом режиме земной поверхности, СПб., 1905, с. 19–85.
 Ячевский Л. Зап. Минер. общ., 45, 1907, прот., с. 16.
 Ячевский. Геол. исслед. в золотон. обл. Сибири, Енисейский район, VIII, СПб., 1909, с. 14–70.

«A. R.» – *Revue Scient.*, (5), 7, 1907, p. 729.
 Abel F.A. *Journ. Chem. Soc.*, 1, 1863, p. 90.
 Acchiardi A. d', *Mineralogy Toscana*, I, Pisa, 1872.
 Ackroyd W. *Chem. News*, 86, 1902, p. 187.
 Adams E. P., *Amer. Journ. ScL*, (4), 19, 1905, p. 321–322.
 Adams F. *Journ. Geol.*, 20, 1912, p. 97.
 Adelsköld B. *Utalanden i malmfrågan*, St., 1907.
 Adeney W. *Scient. Transact. Roy. Dublin Soc.*, (2), 8, 1905, p. 168.
 Agassiz L. *Verhandl. Schweiz. Naturf. Ges. Altd.*, 1842, S. 89.
 Aguilera J. *Catalog sistem. de las esp. miner, de Rep. Mexic.*, M., 1898, p. 23.
 Aguilera J. *Transact. Amer. Inst. Min. Eng.*, 32, 1902, p. 517.
 Aguillon L. *Ann. Mines*, (9), 6, 1894, p. 585.
 Aguillon L. *Ann. Mines*, (9), 13, 1898, p. 317.
 Aguillon L. *Ann. Mines*, (10), 10, 1906, p. 399.
 Aimé G. *Ann. chim. et phys.*, (3), 7, 1843, p. 502.
 Aimé G. *Recherches de phys. gén. sur la Méditerranée*, P., 1845, p. 106 (*Exploration Scient. de l'Alger. Physique*).
 Albert. *Zschr. Forst- u. Yagdwesen*, 1910, S. 332.
 Allen E. T. *Amer. Journ. Sci.*, 4, 1897, p. 99.

Allen E. T. Journ. Frankl. Inst., 193, 1922, p. 30.
Allen E. a. Ziess E., Katmai series, 2, Nation. Geogr. Soc., W., 1923, p. 128.
Alsén N. u. Aminoff G. Geol. Föreningi Stokh. Förhand., 44, 1922, S. 124.
Andrée G. La chimie des sols, 2, P., 1921, p. 125.
Andrée R. Die Metalle bei Naturvölker, Lpz., 1884, S. 55–152.
Andrews M. Phys. Rev., (2), 18, 1921, p. 245.
Andrews T. (1). Rep. Brit. Assoc. advanc. Sci., 22, 1852; 1853, p. 34.
Andrews T. (2). Ann. Phys., 88, 1853, S. 325.
Andrimont De см. D'Andrimont.
Anglada de см. D'Anglada.
Angström K., Arkiv mat., astr. och fys., I, 1904, S. 395.
Ankermann B. Olshausen u. andere, Zschr. Ethnol., 1904, S. 75, 85.
Andsdell a. Dewar. Proc. Roy. Soc., 40, 1886, p. 555.
Arago F. Astronomie populate, IV, 1857, p. 208–212.
Argy et Villain, L'Institut, 1834, 46, p. 102.
Arnold C. u. Mentzel C. Ber. Deutsch. chern. Ges., 35, 1902, S. 1324, 2902.
Arnold R a. Anderson R. Journ. Geol., 15, 1907, p. 751.
Arrhenius S. Lehrbuch d. Kosmischen Physik, II, Lpz., 1903, S. 475.
Arrhenius S. Världarnas Utveckling, 5 Uppl., St., 1907, S. 88–177.
Arsem. Transact. Amer. Electrochem. Soc., 28, 1911, p. 105.
Aschan O. Zschr. prakt. Geol., 15, 1907, S. 56.
Aschoff K. Die Radiumaktivität d. Kreuznachquellen, Kreuznach, 1908, S. 2–3.
Ashburner A. Transact. Amer. Inst. Min. Eng., 14, 1885.
Assmann R. Intern. Wochenschr. f. Wiss., I, B., 1907, S. 557.
Atherton T.W. Ghem. News, 64, 1891, p. 278.
Atkinson T. Quart. Journ. Geol. Soc., 16, 1860, p. 241.
Attwood W. Journ. Geol., 14, 1906, p. 140.
Austen-Roberts W. a. Rose T. Proc. Roy. Soc., 67, 1901, p. 107–112, 71, 1903, p. 162.
Autenrieth W. Zschr. physiol. Ghem., 22, 1897, S. 508.

Babu. Ann. Mines. (9), 9, 1896, p. 329–436.
Baetz W. Zschr. prakt. Geol., 1911, S. 381.
Bahr (1), Journ. prakt. Chem., 54, 1851, S. 197, 202.
Bahr (2), Oefv. Sv. Vet. Akad. Forh., 1851, № 3.
Baldacci L. Boll. Com. Geol. Ital., 14, 1883, p. 15.
Baldacci L. Descrizione geol. d. Sicilia, R., 1866 (Memoire Com. Geol.).
Ball S. H. a. S h a l e r M.K. Econ. Geol., 9, 1914, p. 665.
Ball V. (1). A manual of the econom. geol. India, I ed., Calc., 1881, p. 175–213.
Ball V. (2). То же, III, Calc., 1881, p. 1–5.
Ball V. (3). The diamonds, coal a. gold of India, L., 1881, p. 1–41.
Baly E. Chem. News, 78, 1898, p. 198.
Baly E.C. Phil. Transact., 202, 1903, p. 188.
Baly E.C. Astrophys. Journ., 19, 1904, p. 187.
Bankroft. Transact. Amer. Inst. Min. Eng., 28, 1899, p. 91.
Barfoed C. Journ. prakt. Chem., (2), 38, 1888, S. 452–459.
Bargogli-Petrucchi G. Atti Accad. Lincei, 24, I, 1915, p. 631, 761.
Barrell J. Journ. Geol., 1914–1915, p. 22–23.
Barrell J. The evolution of the Earth, N. H., 1918, p. 41.
Barringer D.M. Proc. Nat. Sci. Philadelphia, 57, 1906, p. 861–863.
Bary C.R. Acad. Sci. Paris, 171, 1920, p. 433.
Bastin E.S. Miner. resources U.S., 1908, Wash., 1909, p. 729–736.
Bastin E.S. Econ. Geol., 7, 1912, p. 419.
Bauer H. u. Strutt R. Ber. Deutsch. chem. Ges., 47, 1914, S. 1049.
Bauer M. Edelsteinkunde, 1 Aufl., Lpz., 1896, S. 661; 2 Aufl., Lpz., 1909, S. 142–248.
Baerman H. Quart. Journ. Geol. Soc., 22, 1866, p. 451.
Baumert M. Ann. Chem. u. Pharm., 88, 1853, S. 17.
Baumhauer E.H. Ann. Phys., 65, 1845, S. 463.

- Baumhauer E.H.* C.R. Acad. Sci. Paris, 74, 1872, p. 678.
- Baumhauer E.H.* Arch. Neerland. Sci. Chim., 16, Haarl., 1881, p. 91.
- Baur E.* Wiss. Meeresuntersuch., N. F., 6, Kiel, 1902, S. 20.
- Baur E.* Chemische Kosmologie. M., 1903, S. 50.
- Baur L.* Zschr. prakt. Geol., 1905, S. 70.
- Baur E., Sicling K. u. Schenker E.* Zschr. anorg. Chem., 92, 1915, S. 313.
- Baux A.* Revue archeol., (3), 14, 1889, p. 279.
- Bayeux G.R.* Acad. Sci. Paris, 24.IX. 1919.
- Beaumont Elie de J.* см. *Elie de Beaumont J.*
- Beck Ber.* Sächs. Ges. Wiss., 59, 1917.
- Beck L.* Geschichte d. Eisens, 2 Aufl., I, Braunsch., 1890, S. 28–345.
- Beck L., Diergardt, Blanckenhorn u. andere,* Mitt. Ges. Gesch. Naturwiss. u. Med., 6, 1907, S. 362.
- Beck R.* Zschr. prakt. Geol., 1898, S. 163–164; 1899, S. 417; 1901, S. 391.
- Beck R.* Lehre v. d. Erziagerstätten, 2 Aufl., B., 1903, S. 18–638.
- Beck R.* Zschr. prakt. Geol., 1906, S. 209–332.
- Beck R., Ber. Phys.-Math. Klasse Sächs. Ges. Wiss.,* Lpz., 1907, S. 390–395.
- Beck R.* Lehre v. d. Erziagerstätten, 3 Aufl., I.B., 1909, S. 450.
- Beck R. u. Luzi W.* (1). Ber. Deutsch. chem. Ges., 1891, S. 1884.
- Beck R. u. Luzi W.* (2). N. Jb. Min., 2, 1891, S. 28.
- Beck W.* N. Jb. Mill., 1876, S. 163.
- Becke F.* Denkschr. Math.-Naturw. Klasse Akad. Wiss. Wien, 75, 1903.
- Becke F. G.R. de la IX sess. Congiès Géol. Intern.,* II, Vienne, 1904, p. 562.
- Beckenkampf J.* Sitzb. Phys.-med. Ges. Würzburg, 1903, S. 51.
- Becker G.* Geology of Gomslock Lode, Wash., 1882 (Monographs U. S. Geol. Surv., 111).
- Becker G.* Amer. Journ. Sci., 33, 1887, p. 200.
- Becker G.* Monographs U.S. Geol. Surv., 13, 1888, p. 25–437.
- Becker G.* XVI Rep. U.S. Geol. Surv., III, 1895, p. 250.
- Becker G.* XVIII Ann. Report U. S. Geol. Surv., III, 1897, p. 1.
- Becker G.* Amer. Journ. Sci., 5, 1898, p. 197.
- Becker G.* Bull. U. S. Geol. Surv., № 401, 1909.
- Becker L.* N. Jb. Min., 1857, S. 312–699.
- Beckman E.H.* см. *Beekman E.H.*
- Beckmann E.* Sitzb. Preuss. Akad., 1913. S. 886.
- Becquerel Edm.* Recherches sur les causes d'électricité atmosphérique et terrestre, P., 1859.
- Becquerel Edm.* C.R. Acad. Sci. Paris, 64, 1867, p. 923–1213.
- Becquerel Henri et Moissan H.,* C.R. Acad. Sci. Paris, 111, 1890, p. 669.
- Bedson P. u. Shaw S.* Chem. News, 72, 1895, p. 48.
- Beekman E.H.* Geschiedenis d. system, mineral., Haag, 1906, p. 39–148.
- Beetz W.* N. Jb. Mm., 47, 1923, S. 379.
- Behrens.* Mitt. landw. Ges., 1904.
- Beijerinck M.W.* Cbl. Bacteriol., II AMbt., 7, 1901, S. 561; II Abt., 21, 1910, S. 30–59.
- Beilby G.T.* Rep. Brit. Assoc. advanc. Sci. South Africa (1905), L., 1906, p. 354–355.
- Bekier E. i Bruner L.* Kosmos, 36, Lw., 1911, p. 753.
- Belck W.* Zschr. Ethnol., 39, 1907, S. 334; 40, 1908, S. 45, 61, 241.
- Belon du Mans P.* Observations d. plusieurs singularités. P., 1555, p. 45.
- Belt T.* Mineral veins, L., 1861, p. 10, 15.
- Belt T.* The naturalist in Nicaragua, 2 ed., L., 1888, p. 96.
- Benecke W.* Ber. Deutsch. botan. Ges., 25, 1907, S. 1.
- Benecke W. u. Keutner J.* Ber. Deutsch. botan. Ges., 11, 1903.
- Benedicks C.* (1). Arkiv f. matem., astron. och fys., 6, № 24, 1910, S. 7.
- Benedicks C.* (2). Jernkontorels Annaler, 65, 1910, S. 518.
- Benedicks C. C. R. de la XI sess. Congrès Géol. Intern. St.,* 1912, p. 885.
- Benedickt F. C.* The composition of atmosphere, Wash., 1912, p. 4, 67.
- Benndorf H.* Mitt. Geol. Ges., Wien, 1, 1908, S. 322.
- Bergeat A.* N. Jb. Min., BB. 28, 1909, S. 482.
- Bergt W.* в кн.: *Reiss u. Stübel.* Reisen in Südamerika. Geol. Stud. in Columbien, 1899, S. 117 (bearb. v. Bergt W. u. Küch R.).

- Berthelot D.* De l'allotropie des corps simples, P., 1894, p. 44, 78.
- Berthelot D.* et *Gaudchon H.* C.R. Acad. Sci. Paris, 60, 1910, p. 1172.
- Berthelot M.* Ann. chim. et phys., (4), 19, 1870, p. 392, 417.
- Berthelot M.* (1). Ann. chim. et phys., (5), 10, 1877, p. 70.
- Berthelot M.* (2). Bull. Soc. chim. Paris, 27, 1877, p. 338.
- Berthelot M.* C. R. Acad. Sci. Paris, 91, 1880, p. 871.
- Berthelot M.* Ann. Chim. et phys., (7), 13, 1898, p. 776.
- Berthelot M.* (1). C. R. Acad. Sci. Paris, 130, 1900, p. 1345.
- Berthelot M.* (2). C. R. Acad. Sci. Paris, 131, 1900, p. 772, 799.
- Berthelot M.* Ann. chim. et phys., (7), 22, 1901, p. 320.
- Berthelot M.* (1). Archéologie et histoire des sciences, P., 1906, p. 8–125.
- Berthelot M.* (2). C. R. Acad. Sci. Paris, 143, 1906, p. 477.
- Berhier P.* Ann. Mines., 11, 1825, p. 72.
- Berthollet C.* et *Pelletier.* Ann. chimie, 14, 1792, p. 20–26.
- Berzelius J.* Försök att genom användet af de electrochem, teorien... grundlägga ett rent vetenskapligt system f. Mineral., St., 1814.
- Berzelius J.* Neues System d. Mineralogy, übers. v. Gmelin u. Pfaff, Nürnberg., 1816.
- Berzelius J.* Ann. Phys., 13, 1828, S. 468–564.
- Berzelius J.* (1). Ann. Phys., 15, 1829, S. 209.
- Berzelius J.* (2). Jahresber. Fortschr. physik. Wiss. (übers. F. Wöhler), 8, 1829, S. 207.
- Berzelius J.* (1). Ann. Phys., (2), 2, 1834, S. 232–237.
- Berzelius J.* (2). Jahresber. f. Chem. (übers. F. Wöhler), 1834, S. 184.
- Berzelius J.* Jahresber. Fortschr. physik. Wiss. (übers. F. Wöhler), 14, 1835, S. 178; 15, 1836, S. 205–214.
- Berzelius J.* Lehrbuch d. Chemie, 5 Aufl., I, 1843, Dr. u. Lpz., S. 368; II, 1844, S. 421–550.
- Berzelius J.* Neues chem. Mineralsystem (her. v. Rammelsberg G.), Nürnberg., 1847, S. 167
- Bess G.* Kupfererzen in Fergan'schen Bezirk, SPb., 1907.
- Bibra.* Journ. prakt. Chem., 96, 1865, S. 205.
- Bichowsky F.R.* Journ. Wash. Acad. Sci., 9, 1919, p. 128–129.
- Biddle H.* Amer. Chem. Journ., 26, 1901, p. 378.
- Biedermann A.* Die Statistik d. Edelmetalle, 1904, S. 39.
- Billows E.* Rivista di miner., 38, Pad., 1909, p. 91.
- Biltz H.* Ber. Deutsch. chem. Ges., 35, 1902, S. 563.
- Birge E.A.* a. *Juday C.* The inland lakes of Wisconsin. The dissolved gases of the water, Wisconsin Geol. a. Nat. Hist. Surv., 22, Mad., 1911, p. 25–96.
- Bischof C.G.* Ann. Phys., 3, 1825, p. 195.
- Bischof C.G.* Lehrbuch d. chem. u. physikal. Geologie, Bonn, 1847–1855; II, 1854, S. 2072–2074.
- Bischof C.G.* Lehrbuch d. chem. u. physikal. Geologie, 2 Aufl., Bonn, 1863–1866; I, 1863, S. 183–847; III, 1866, S. 379–864.
- Blake G.* a. *Smith G.H.* Min. Mag., 16, 1913, p. 314.
- Blanc G.* A. Jb. Radioact., VI, 1910, S. 502–530.
- Blanckenhorn M.* Entstehung u. Geschichte d. Todten Meeres, Lpz., 1896, S. 47.
- Blanckenhorn M.* Zschr. Ethnol., 39, 1907, S. 366.
- Blau O.* Zschr. Morgenländ. Ges., 25, 1871, S. 332, Anm. 2.
- Bloch L.* Le Radium, 3, 1906, p. 337.
- Blum J.R.* Die Pseudomorphosen d. Mineralreichs. St.-Heid., 1843–1879.
- Blum J.R.* Die Pseudomorphosen d. Mineralreichs. Nachträge: II, Heid., 1852, S. 15; III, Erl., 1863, S. 19; IV, Heid., 1879, S. 170.
- Blümner H.* Technolog. u. Terminologie d. Gewerbe u. Künste bei alt. Griechen u. Römern, IV, Lpz., 1887, S. 12–31.
- Bodenbender G.* Bel. Acad. Nac. Cienc., 17, Buen.-Air., 1903, p. 375.
- Boecke H.* Cbl. Min., 1914, S. 324.
- Böggild O.* Mineralogia Grönlandica, Kj., 1905, S. 15–23.
- Böhm F.* Bericht über die Resultate d. bisher zur Erforsch. d. Erdgasvorkommen d. Siebenbürg. Beckens vorgenommen. Untersuch., I, Bud., 1911, S. 26–66.
- Boise C.* Min. Mag., 12, 1915.
- Bolton A.* Catalogue of scientific periodicals, Wash., 1885.

- Bolton H.* Transact. Geol. Soc. Manchester, 23, 1895, p. 126.
- Boltwood B. a. Rutherford E.* Phil. Mag., (6), 22, 1911, p. 586–603.
- Bombicci L.* Memorie Accad. Bologna, (5), 4, 1894.
- Bonifacy.* Bull. Soc. Antropol. Paris, (5), 8, 1907, p. 512.
- Bonnefoy.* Ann. Mines, (7), 5, 1879, p. 180.
- Bonney T.* Geol. Mag., 2, 1895, p. 496; 4, 1897, p. 497.
- Bonney T.* Proc. Roy. Soc., 65, 1899, p. 225; 67, 1901, p. 475.
- Bordas F. C. R. Acad.* Sci. Paris, 146, 1908, p. 898.
- Bordeaux A.* Ann. Mines, (9), 14, 1898, p. 98; (10), 2, 1902, p. 220–546.
- Borgström L.* Geol. Förening i Stockh. Forhandl., 38, 1916, S. 99.
- Borlase.* Phil. Transact., 56, 1766, p. 35–305; 59, 1769, p. 47.
- Bornemann J.G.* Ann. Phys., 88, 1853, S. 148–154.
- Bornemann J.G. C. R. Acad. Sci. Paris,* 45, 1857, p. 181.
- Bosset W.H.* Journ. Ind. a. Eng. Chem., 4, 1912, p. 164.
- Bouchard C. G. R. Acad. Sci. Paris,* 121, 1895, p. 392.
- Boudet F.* Ann. chim. et phys., (4), 2, 1864, p. 238.
- Bourcart F.E.* Les lacs alpins suisses. Etude physique et chimique, Gen., 1906, p. 35–115.
- Bourdariat.* Bull. Soc. Geol. Belge, Mémoires, 7, 1893, p. 39.
- Bournon De J.* Catalogue coll. miner., L., 1813, p. 199–460.
- Bourset P.* De l'iode dans l'organisme, P., 1900, 23–47.
- Boussingault J.* Ann. chim. et phys., 32, 1826, p. 211; 34, 1827, p. 408; 45, 1830, p. 440.
- Boussingault J.* Ann. chim., 52, 1833, p. 23.
- Boussingault J. C. R. Acad. Sci. Paris,* 12, 1841, p. 318; 38, 1851, p. 766; 42, 1856, p. 917.
- Boussingault J.* Mémoires, V, P., 1903, p. 4–15.
- Boussingault J. et Lewy B.* Ann. chim. et phys., (3), 37, 1853, p. 11.
- Bountan R.* Le diamant, P., 1886.
- Boutwell J.M.* Contributions to Econ. Geol., Wasch., 1903, p. 119.
- Bowles G.* Introduction à l'histoire naturelle de l'Espagne (trad. par Flavigny), P., 1776, p. 180.
- Boyle R.* Phil. Transact., 1670, p. 2011–2035.
- Bragg W. a. Bragg L.* Proc. Roy. Soc., A, 89, 1913, p. 277.
- Brand A.* Prometheus, 14, 1903, S. 453.
- Brandis J.* Das Münz-, Mass- u. Gewichtssystem in Vorderasien, B., 1866, S. 163.
- Brandt K.* Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, N. F., 6, Kiel, 1902, S. 46.
- Brandt K.* Beihefte z. Botan. Gbl., 16, Jena, 1904, S. 387–401.
- Branner J. C., Amer. Journ. Sci.,* (4), 31, 1911, p. 480.
- Branner J. C., Bull. Geol. Soc. Amer.,* 30, 1919, p. 332.
- Braun.* Bull. Soc. Géol. France, 12, 1841, p. 171.
- Braun J.* Handbuch d. anorg. Chem. (her. R. Abegg), III, 3, 1907, S. 265.
- Braune H.* Revue de métallurgie, Mém., II, 1905, p. 498.
- Brauns R.* Optische Anomalien, Lpz., 1891, S. 176.
- Brauns R. N. Jb. Min., BB.* 13, 1899, S. 82.
- Brauns R.* Das Mineralreich, Str., 1903, S. 71.
- Breidenbach.* Zschr. prakt. Geol., 1893.
- Breithaupt J.A.* Ann. Phys., 8, 1826, S. 502–503.
- Breithaupt J.A.* Journ. Chem. u. Phys., 52, 1828, S. 167.
- Breithaupt J.A. N. Jb. Cnem.,* 9, 1833, S. 1–6.
- Breithaupt J.A. N. Jb. Min.,* 1835, S. 526.
- Breithaupt J.A.* Handbuch d. Mineralogie, I, Lpz., 1836, S. 324–402.
- Breithaupt J.A.* Paragenesis d. Mineralien, Freib., 1849, S. 27–258.
- Breithaupt J.A.* Berg- u. Hüttenm. Ztg., 12, 1853, S. 371; 15, 1856, S. 114; 18, 1859; 25, 1866, S. 169, 368.
- Brennerke W.* Forschungsreise S. M. S. «Planet», Ozeanographie, B., 1909.
- Breukelveen Van M. см. Van Breukelveen M.*
- Bridgman.* Proc., Amer. Acad., 47, 1911, p. 347.
- Brioux C. et Guerbet M. C. R. Acad. Sci. Parts,* 156, 1913, p. 1479.
- Brochet A. C. R. Acad. Sci. Paris.,* 150, 1910, p. 145.
- Brodie B.G.* Ann. Chem. u. Pharm., 114, 1860, S. 6.
- Brokaw A.* Journ. Geol., 18, 1910, p. 321.

- Broniewski V. C. R. Acad. Sci. Paris*, 156, 1913, p. 699.
- Broniewski et Hackspill. C. R. Acad. Sci. Paris*, 153, 1911, p. 816.
- Brönsted J. u. Wesenberg Lund C.*, Intern. Revue f. Hydrob., 4, 1912, S. 444, 447.
- Brouwer H. C. R. Acad. Sci. Paris*, 171, 1920, p. 402–420.
- Brouwer H. Kg. Vet. Akad. te Amsterdam*, 29, 1921, p. 1005.
- Brown G. Amer. Journ. Sci.*, 42, 1916, p. 132.
- Brown P. u. Kellogg E. Cbl. Bacteriol.*, (2), 43, 1915, S. 552.
- Browne R. Eng. a. Min. Journ.*, 59, 1895, p. 100.
- Brownrigg W. Phil. Transact.*, 46, (1750), 1752.
- Brugsch-Bey H. Geschichte Egypt.*, I, Lpz., 1877, S. 22.
- Brugsch-Bey H. Die Aegyptologie*, Lpz., 1891, S. 400.
- Brun A. Arch. sci. phys.*, 1905, mai–juin, p. 13.
- Brun A. (1). Arch. sci. phys.*, 27, 1909, p. 113.
- Brun A. (2). Arch. sci. phys. (4)*, 28, 1909, p. 54.
- Brun A. Recherches sur l'exalaison volcanique*, Gen., 1911, p. 54–263.
- Bruni G. Feste Lösungen u. Isomorphismus*, Lpz., 1908, S. 79–124.
- Brunswig H. Fortschr. d. naturw. Forsch.*, I, B.–W., 1910., S. 18.
- Brzesina A. Jb. Geol. Reichsanst.*, 35, 1885, S. 20–203.
- Brzesina A. Aim. d. Hofmus.*, I, Wien, 1886, S. 137.
- Brzesina A. u. Cohen E. Die Structur u. Zusammensetzung d. Meteoreisens*, IV–V, St., 1905.
- Bubaneck J.E. Phys. Zschr.*, 6, 1905, S. 436.
- Buchanan J. Proc. Roy. Soc. Edinburg*, 18, 1891, p. 17–30.
- Büchner E. Proc. Roy. Soc.*, A, 78, 1906, p. 385.
- Buffon G. (1). Histoire naturelle de minéralogie*, IV, 1790, p. 218.
- Buffon G. (2). Histoire naturelle de minéralogie*, V, 1790, p. 170–235.
- Bumstead H.C. Amer. Journ. Sci.*, 18, 1904, p. 1.
- Bunsen R. Ann. Chem. u. Pharm.*, 62, 1847, S. 8.
- Bunsen R. (1). Ann. Phys.*, 83, 1851, S. 245–258.
- Bunsen R. (2). Ann. Phys.*, 84, 1851, S. 251.
- Bunsen R. Gasometr. Methoden*, 2. Aufl, Braunsch., 1877, S. 78–79.
- Bunsen R. (1). Gesamm. Abhandlungun*, I, Lpz., 1904, S. 191.
- Bunsen R. (2). Gesamm. Abhaudlungen*, II, Lpz., 1904, S. 135–146.
- Burgess G. a. Growe J. Bull. Bureau Stand.*, 10, 1913, p. 315.
- Burkart H.J. N. Jb. Min.*, 1866, S. 402–409.
- Burrows A.G. Guide book of XII Geol. Intern. Congr.*, № 7, Toronto, 1913, p. 126.
- Burton. Explorations of the Highlands of Brazil*, 1669.
- Burton E.F. Phys. Zschr.*, 5, 1904, S. 511.
- Bury J.B. Class cal Review*, 11, 1897, p. 277.
- Busz K. Zschr. Kryst.*, 15, 1888, S. 616.
- Butschli. Zschr. Kryst.*, 31, 1899, S. 279.
- Buttgenbach H. (1). Ann. Soc. Géol. Belge*, 32, 1904, Mém., p. 14.
- Buttgenbach H. (2). Bull. Soc. Géol. Belgo*, 18, 1904, p. 184.
- Buttgenbach H. Description des minéraux de Congo Beige*, Br., 1910, p. 11 (Ann. Mus. Congo).
- Butureanu V. Bui. Soc. Sci. fêr.*, 4, B., 1895, p. 15–158.
- Cady H.P. a. Mac Farland D.F. (1). Journ. Amer. Chem. Soc.*, 29, 1907, p. 1523.
- Cady H.P. a. Mac Farland D.F. (2). Transact. Kansas Acad. Sci.*, 20, 2, 1907, p. 80.
- Cady H.P. P. a. Mac Farland D.F. Transact. Kansas Acad. Sci.*, 21, 1908, p. 64.
- Cailletet et Leduc. C. R. Acad. Sci. Paris*, 123, 1896, p. 696.
- Calderon S. Bull. Soc. Géol. France*, (3), 17, 1889, p. 107.
- Calderon S. u. Tenne. Die Minerallagerstätten d. Iberischen Halbinsels*, B., 1902, S. 3–14.
- Camerlander. Jb. Geol. Reichsanst.*, 38, 1888, S. 294.
- Campbell N.R. Jb. Radioact. u. Elektronik*, 2, 1906, S. 434–459.
- Campbell W. Journ. Frankl. Inst.*, 154, 1902, p. 131.
- Campbell W. Die Metallurgie*, IV, Halle, 1907, S. 828.
- Campbell W. Pubic. Astron. Soc. Pacific*, Apr., 1920, p. 126.
- Campsell C. Econ. Geol.*, 6, 1911, p. 604.

Camsell C. Geolog. e g.s.ements minéraux du district de Tulameen, Ott., 1916, p. 154.
Card G.W. Records Geol. Surv. N. S. Wales, 4, 1895, p. 131; 7, 1902, p. 29.
Carlson T. Journ. Amer. Chem. Soc., 33, 1911, p. 1031.
Carnelley T. Journ. Chem. Soc., 30, 1876, p. 1.
Carnelley T. (1). Ber. Deutsch. Chem. Ges., 1884, S. 2289.
Carnelley T. (2). Phil. Mag., 18, 1884, p. 197.
Carnot A. (1), Ann. chim. et phys., (5), 3, 1874, p. 463.
Carnot A. (2), C. R. Acad. Sci. Paris, 129, 1874, p. 477.
Carnot A. (3), C. R. Acad. Sci. Paris, 128, 1874, p. 171.
Caron. Zschr. Berg-, Hutt. u. Sal., 28, 1880, S. 105.
Carosi J. Reisen durch verschiedene poln. Provinzen, I, L., 1781, S. 21.
Cartailhac E. Revue d'Antropol., 4, 1889, p. 272.
Cartinovich. Opusc. scelti di scienze, Mil., 1760.
Castelnau F. de. Expédition dans l'Amérique du Sud. Histoire du voyage, V. P., 1851, p. 436.
Cavel L. C. R. Acad. Sci. Paris, 154, 1912, p. 1811.
Caven R. Friend's textbook of inorganic chemistry, 5, L., 1917, p. 51–56.
Cavendish H. Phil. Transact., 75, 1785, p. 372; 78, 1788, p. 261.
Chamberlin R.T. Gases in rocks (Carnegie Inst.), W., 1908, p. 3–60.
Chamberlin R.T. Bull. U. S. Geol. Surv., № 383, 1909, p. 31–61.
Chamberlin T.C. Geology of Wisconsin Surv. (1873–1877), II, Mad., 1877, p. 210.
Chamberlin T. Yearbook Carnegie Inst., III, Wash., 1904, p. 198.
Chamberlin T.a. Salisbury R.D. Geology, I, N. Y., 1904, p. 364.
Chamberlin T., Reid H., Hagfoid T. a. Schlesinger F., Proc. Amer. Phil. Soc., 1915, 54, p. 279
 (Smiths. Rep., 1916, p. 225).
Chandra Ray P. cm. Ray Chandra P.
Chaper. Bull. Soc. Géol. France, 7, 1884, p. 47; 19, 1891, p. 79, 943.
Chapman. Mineralsystems, Lond., 1904.
Chevreul E. C. R. Acad. Sci. Paris., 60, 1865, p. 497.
Christensen H. Cbl. Bacteriol., II. Abt., 17, 1907, S. 109–382.
Christensen O. Tidskrift Fys., 10, 1889, p. 225.
Clarke E.D. Ann. phil., New. Ser., 2, 1821, p. 417.
Clarke F. Bull. Phil. Soc. Wash., 2, 1889, p. 131.
Clarke F. Bull. U. S. Geol. Surv., № 78, 1891, p. 34–35; № 148, 1897, p. 13; № 168, 1900, p. 15;
 № 228, 1904, p. 19.
Clarke F. Proc. Roy. Soc. Edniburgh, 27, 1907, p. 170.
Clarke F. Data of geochemistry, Wash., 1908, p. 49–573.
Clarke F. (1). Data of geochemistry, 2 ed., Wash., 1911, p. 21–725.
Clarke F. (2). Proc. Amer. Phil. Soc., 1911, p. 214.
Claude G. C. R. Acad. Sci. Paris, 148, 1909, p. 1454–1456; 150, 1910, p. 1312.
Clement-Mullet. Journ. Asiat., 11, 1868, p. 132–516.
Cleve P.F. C. R. Acad. Sci. Paris, 120, 1895, p. 834.
Coates J.E. Proc. Roy Soc., A, 78, 1907, p. 479.
Cobb Collier. Journ. E. Mitchell Soc., 11, 1894, p. 30.
Codazzi R.L. Mineraliz. y minerales metal, de Colombia, Bog., 1905, p. 33.
Cohen E. N. Jb. Min., 1872, S. 857.
Cohen E. Meteoritenkunde, I, St., 1894, S. 55–295; II, 1903, S. 68–256; III, 1905, S. 24–30.
Cohen E. u. Helderman W. Versl. Akad. Wettensch., 22, 1913, S. 1299.
Cohen E. u. Moesveld A. Chem. Weekblad., 10, 1913, S. 656.
Cohn F. Beiträge z. Biologie d. Pflanzen, I, Br., 1875.
Cohn G. Die Reichstoffe, Braunsch., 1904, S. 29–200.
Collie. Proc. Roy. Soc., A, 90, 1914, p. 554.
Collie. a. Patterson (1). Transact. Chem. Soc., 103, 1913, p. 419.
Collie. a. Patterson (2). Proc. Chem. Soc., 29, 1913, p. 257.
Collie, Patterson a. Masson, Proc. Roy. Soc., A, 91, 1914, p. 30.
Collier Cobb cm. Cobb Collier.
Collier P. Amer. Journ. Sci., 16, 1881, p. 124.
Colony R. Amer. Journ. Sci., (5), 5, 1923, p. 401.

- Comte F. Phys. Zschr., 14, 1913, S. 74.
- Cook. Ann. Rep. State Geol. Surv., N. Jersey, 1874, p. 56.
- Cook S.R. Phil. Mag., 9, 1905, p. 509.
- Coomaraswamy A. Quart. Journ. Geol. Soc., 56, 1900, p. 609.
- Corenvirder. Rep. chim. appl., P., 1861, p. 440.
- Cornu F. (1). Cbl. Min., 1907, S. 167–168.
- Cornu F. (2). Zschr. prakt. Geol., 15, 1907, S. 321.
- Cornu F. (1). Zschr. prakt. Geol., 1909, p. 82.
- Cornu F. (2). Zschr. Chem. u. Ind. Kolloide, 4, 1909, S. 187.
- Corstorphine G.S. Proc. Geol. Soc. South Africa, 10, 1907, p. LX.
- Corstorphine G.S. Transact. Geol. Soc. South Africa, 10, 1908, p. 65.
- Cosari. Ann. Sci. Regno Lombardo, 1834.
- Costăchescu N. Ann. Sci. Univ. Jassy, 4, 1906, p. 3–47.
- Cotta B. Gangstudien I–IV, Fr., 1850–1862; III, 1860, p. 106–123; IV, 1862.
- Cotta B. Berg- u. Hüttenm. Ztg., 29, 1870, S. 29.
- Cotta B. Der Altai, Lpz., 1871.
- Cotton A. et Mouton H. Les Ultramicroscopes, P., 1906, p. 70.
- Courtis W.M. Transact. Amer. Inst. Min. Eng., 18, 1890, p. 639.
- Couttolenc G. Bull. Soc. Nat. d. Autun, 5, 1892, p. 127–151.
- Credner H. N. Jb. Min., 1869, 1, S. 1.
- Crehore A. Phil. Mag., 30, 1915, p. 257.
- Crémieu V. C. R. Acad. Sci. Paris, 177, 1923, p. 826.
- Cretier H. Natuurk. Tijdschrift Nederl. Indlë, 43, 1884, p. 200.
- Cronstedt A. Mineralogie eller Mineral Rikets Upställning, St., 1758 (вышла без имени автора); 2 Aufl., 1781.
- Cronstedt A. Versuch einer Mineralogie, I, Lpz., 1780 (предисл. Werner A.).
- Crook A.R. Bull. Chicago Acad. Sci., 1902, № 5, p. 20.
- Crooke W. Rep. Brit. Assoc. advanc. Sci., 1911, p. 720.
- Crookes W. Chem. News, 54, 1886, p. 155; 71, 1895; 74, 1896, p. 39.
- Crookes W. Diamonds, Lond., 1909, p. 135.
- Cumenge E. et Robillaz F. L'or dans la nature, I, P., 1898, p. 17–40.
- Curie M. C. R. Acad. Sci. Paris, 145, 1907, p. 425.
- Curie M. Traité de radioactivité, I, P., 1910, p. 341–380.
- Curie M. et Labirde L., C. R. Acad. Sci. Paris, 138, 1904, p. 115.
- Czakó E. (1). Beiträge z. Kenntms d. natürlichen Gasausströmungen, Karlsr., 1913, S. 41–69.
- Czakó E. (2). Zschr. anorg. Chem., 82, 1913, S. 249.
- Czacó E. u. Lauterschläger L. Chem. News, 108, 1913, p. 16.
- Czapek. Biochemie d. Pflanzen, 1, Jena, 1905, S. 424.
- Dadourian H.M. Amer. Journ. Sci., 19, 1905, p. 16; 25, 1908, p. 335.
- Daintrée R. Quart. Journ. Geol. Soc., 1872, p. 315; 34, 1878, p. 431.
- Daly R. Proc. Amer. Acad. Sci., 45, 1910, p. 209.
- Daly R. Igneous rocks, N. Y., 1914, p. 278.
- Damour A. в кн.: Castelnau F. Expédition dans l'Amérique du Sud, Histoire du voyage, V, P., 1851, p. 436.
- Damour A. C. R. Acad. Sci. Pans, 52, 1861, p. 689; 84, 1877, p. 480–481.
- Dana E. Zschr. Kryst., 12, 1887, S. 224–226; 574–578.
- Dana E.S. System of mineralogy, 6 ed., N. Y., 1892; I–III, Append., N. Y., 1899–1914, p. 8–29.
- Dana J.D. System of mineralogy, N. Y., 1837.
- D'Andrimont. Bull. Soc. Géol. Beige, 40, 1912, p. 100.
- D'Anglada. Ann. chim. et phys., 18, 1821, p. 113.
- Danne J. et Crémieu V., C. R. Acad. Sci. Paris, 153, 1911, p. 870.
- Darton N.H. Bull. U. S. Geol. Surv., 1910, № 435, p. 72.
- Darwin G. Phil. Transact., 1888.
- Daubeny C. Bibliothèque Univers., Gen., 1830.
- Daubeny C. The Edinburgh New Philos. Journ., 12, 1832, p. 65.
- Daubeny C. Phil. Transact., 1834, p. 9; 1836.

- Daubeny C.* Encycl. Metrop., Pt. 40.
- Daubrée A.* Bull. Soc. Géol. France, (2), 3, 1846, p. 458–480.
- Daubrée A.* Mémoires présentés par divers savants à l'Acad. Sci. Paris, 17, 1862, p. 70.
- Daubrée A.* (1). Bull. Soc. Géol. France, (2), 23, 1866, p. 392–414.
- Daubrée A.* (2). C. R. Acad. Sci. Paris, 62, 1866, p. 673.
- Daubrée A.* Aperçu historique sur l'exploitation des métaux dans la Gaule, P., 1868 (Rev. Archéol.), p. 3.
- Daubrée A.* Journ. Savants, 1870, p. 47.
- Daubrée A.* C. R. Acad. Sci. Paris, 80, 1875, p. 527–528; 84, 1877, p. 483.
- Daubrée A.* Etudes synth. de géologie expérimentale, P., 1879, p. 517–575.
- Daubrée A.* Les eaux souterraines aux époques anciennes, P., 1887, p. 3–344.
- Daubrée A.* Les régions invisibles du globe, P., 1888, p. 189–190.
- Daubrée A.* (1). Bull. Soc. Géol. France, 19, 1891, p. 325.
- Daubrée A.* (2). C. R. Acad. Sci. Paris, 112, 1891, p. 131.
- Daubrée A.* Dictionnaire chimique Wurtz, II, 1, p. 723.
- Daubrée A. et Meunier St.* C. R. Acad. Sci. Paris, 113, 1891, p. 172–174.
- Davy H.* Contr. in phys. a. med. knowl. of bodies, 1799, p. 138.
- Dawson J.W.* Quart. Journ. Geol. Soc., 26, 1870, p. 113–115.
- Dawson G.M.* Rapp. Commiss. Geol. du Canada, 1878, p. 134.
- Day A. a. Shepherd E.* (1). Bull. Geol. Soc. Amer., 24, 1913, p. 576.
- Day A. a. Shepherd E.* (2). C. R. Acad. Sci. Paris, 157, 1913, p. 1028.
- Day D.* Miner. resources U. S., 1905, I, 1906, p. 359–360.
- Debierne A.* C. R. Acad. Sci. Paris, 141, 1905, p. 383.
- Debray H.* Dictionnaire chimique Wurtz, II, 1, p. 723.
- Déchalette J.* Manuel d'archéologie préhist., I, P., 1908, p. 2.
- De Girard J.* C. R. Acad. Sci. Paris, 56, 1863, p. 797–798.
- De Heen cm.* *Heen de.*
- De Launay L.* (De Launée), Ann. Mines, (9), 5, 1894, p. 533.
- De Launay L.* (1). L'argent, P., 1896, p. 38–39.
- De Launay L.* (2). Ann. Mines, (9), 9, 1896.
- De Launay L.* (1). Ann. Mines, 10, 1897, p. 224.
- De Launay L.* (2). Ann. Mines, 12, 1897, p. 148–223.
- De Launay L.* (3). C. R. Acad. Sci. Paris, 125, 1897, p. 336.
- De Launay L.* (4). Les diamants du Cap, P., 1897, p. 1–98.
- De Launay L.* Les richesses minérales de l'Afrique, P., 1902, p. 116.
- De Launay L.* Ann. Mines, (10), 1903, 3, p. 55–82.
- De Launay L.* La science géologique, P., 1905, p. 386–387; 621–653.
- De Launay L.* Revue génér. Sci., P., 1906, p. 506–552.
- De Launay L.* (1). Formation des gîtes métallifères, 2 ed., P., 1907, p. 69–128.
- De Launay L.* (2). C. R. Acad. Sci. Paris, 145, 1907, p. 1188.
- De Launay L.* (1). La conquête minérale, P., 1908, p. 70–370.
- De Launay L.* (2). Revue génér. Sci., 19, 1908, p. 454.
- De Launay L.* La géologie et les richesses minérales de l'Asie, P., 1911, p. 15–705.
- De Launay L.* Gîtes minérales et métallifères, I, P., 1913, p. 319–406.
- De Launay L.* Revue de deux Mondes, 15.1. 1923, p. 370, 381.
- Delebecque A.* Les lacs français, P., 1898, p. 217.
- Del Mar A.* History precious metals, 2 ed., N. Y., 1902, p. 10–202.
- Del Rio A. cm.* *Rio A. del.*
- Demarçay H.* Ann. chim. et phys., 55, 1833, p. 402.
- Demaret L.* Les gisements de cuivre de Syr-Darja, P., 1900.
- De Mely cm.* *Mely de.*
- Denny.* The Klerksdorp goldfields, L., 1897, p. 65–66.
- De Raunw.* Mém. Congrès Ing. El. Liège (1922), 1923.
- Derby O.* Amer. Journ. Sci., (3), 24, 1882, p. 40–42; (3), 28, 1884, p. 443.
- Derby O.* Revista do observatorio, III, Rio Jan., 1888, p. 6.
- Derby O.* Journ. Geol., 6, 1898, p. 125–131.
- Derby O.* Amer. Journ. Sci., (4), 13, 1902, p. 211.

- Derby O.* Transact. Amer. Inst. Min. Eng., 33, 1903, p. 282.
- Derby O.* Econ. Geol., I, 1905, p. 135.
- Derby O.* Amer. Journ. Sci., 32, 1911, p. 185.
- Des Cloiseaux A.* Ann. chim. et phys., 19, 1847, p. 444.
- Des Cloiseaux A.* Ann. Mines, (5), 8, 1855, p. 304.
- Des Cloiseaux A.* Manuel de minér., II, 1874, p. 17.
- Devereux W.* Transact. Amer. Inst. Min. Eng., 1882, p. 465.
- Devic Marcel.* Dictionnaire étymologique des mots français d'origine orientale, P., 1876, p. 70.
- Dewar J.* Rep. Brit. Assoc. advanc. Sci. (1902), 1903, p. 42.
- Dewar J.* Ann. chim. et phys., (8), 3, 1904, p. 5–17.
- Dewar J.* Proc. Roy. Inst. London, 17, (1902), 1906, p. 223.
- Dewar J.* Proc. Roy. Soc. A, 83, 1910, p. 404.
- Dewey F.* A preliminary catalogue Nation. Mus. Wash., 1891, p. 15.
- Dickson C.* Amer. Journ. Sci., (4), 15, 1903, p. 139.
- Dickson C.* Journ. Canad. Min. Inst., 8, 1905, p. 192.
- Diday.* Ann. Mines, 18, 1850, p. 539.
- Diergart P.* Journ. prakt. Chem., N. F., 66, 1902, S. 340.
- Diergart P.* (1). Mitt. Ges. f. Gesch. d. Naturwiss. u. Medic., 2, 1903, S. 156.
- Diergart P.* (2). Prometheus, 15, 1903.
- Diergart P.* (3). Journ. prakt. Chem., N. F., 67, 1903, S. 326–429.
- Diergart P.* Philologus, 64, 1905, S. 150–151.
- Diergart P.* u. *Neumann.* Zschr. angew. Chem., 14, 1901, S. 1297–1299; 15, 1902; 16, 1903.
- Diersche M.* Jb. geol. Reichsanst., 48, 1898, S. 274.
- Dieseldorf.* Zschr. prakt. Geol., 1899, S. 321.
- Dietrich.* Journ. phys., 18, 1781, p. 41.
- Dittmar W.* Challenger Rep. Physics a. Chemistry, L., 1884.
- Divers E. a. Shimidzu T.* Chem. News, 48, 1883, p. 284.
- Döbereiner J.W.* Über chemische Constitution d. Mineralwässer, Jena, 1821, S. 6.
- Döbrich G. u. Reichardt E.* Ann. d. Landwirtschaft, 52, 1888, S. 181–197.
- Doelter C.* Petrogenesis, Lpz., 1906, S. 6–207.
- Doelter C.* (1). Handbuch d. Mineralchemie, I, Dr. 1911. S. 31–40.
- Doelter C.* (2). Min. u. petr. Mitt., 30, 1911, S. 138.
- Dolomieu D. de.* Mémoires sur les îles Ponces, P., 1788, p. 363.
- Domeykol I.* Ann. Mines, (4), 9, 1846, p. 451.
- Domeykol I.* Mineralojia. Ed. 3, Santjago, 1879, I–III, p. 353–355.
- Domeykol I.* Mineralojia, Ed. of., II–III, Sant. da Chile, 1897, II, p. XVI–XVII, 196–361; IV, 1900, p. 68–363.
- Don J.* Transact. Amer. Inst. Min. Eng., 27, 1898, p. 596–653.
- Donath E.* Der Graphit, Lpz., 1904, S. 67–76.
- Dottin G.* Manuel pour servir à l'état de l'antiquité celtique, P., 1906, p. 132–157.
- Douglas J.* Transact. Amer. Inst. Min. Eng., 29, 1899, p. 518.
- Draper D.* Transact. Geol. Soc. South Africa, 23, 1921, p. 43.
- Drew G.H.* Journ. Mar. Biol. Assoc. Unit. Kingd., 9, 1911.
- Drew G.H.* Carnegie Inst. Publication, № 182, 1914.
- Dryander J.* Bibliotheca hislor. naturalis Banks, IV, L., 1799, p. 23.
- Dubois.* Ann. Mines, 6, 1854, p. 518.
- Dubois E.* Min. u. petr. Mitt., 22, 1903, p. 38.
- Dubois de Montpéreux F.* Voyage autour du Caucase, III, 1859, p. 331.
- Duclos P.* La mission lyonnaise d'exploration commerciale en Chine, II, L., 1898, p. 306–307.
- Duhem P.* La tension de dissociation avant H. Sainte Claire Deville, P., 1899, p. 6.
- Dulieux E.* Ann. Mines, (10), 17, 1910, p. 335.
- Dumas.* Bull. Soc. d'Encourag., (2), 11, 1864, p. 129.
- Dumas et Boussingault.* Ann. chim. et phys., (3), 3, 1841, p. 263.
- Dumas et Boussingault.* Essai de statique chim., des êtres organ., 3 ed., P., 1844, p. 18.
- Duncan C. u. Hoppe-Seyler F.* Zschr. physiol. Cbem., 17, 1892, S. 148.
- Duncker E.* Über die Wärme im Innern d. Erde, St., 1896.
- Dunn E.J.* Proc. Roy. Soc. Victoria, 17, Melb., 1905, p. 343.

- Duparc L.* Arch. Sci. phys. et natur., (4), 15, 1903, p. 292–387; 1910.
- Duparc L.* Le platine et les gîtes platin. de l'Oural, Arch. Sci. phys., 31, 1911, p. 5–68.
- Duparc L.* u. *Holtz H.C.* Min. u. petr. Mitt., 29, 1910, S. 498.
- Duri u. Zuntz.* Arch. Anat. u. Physiol., Suppl. Bd., Phys. Abt., 1904, S. 421.
- Duri u. Zuntz.* Arch. Ges. Physiol., 1906, S. 113–213.
- Du Toit A.L.* XI Ann. Report Geol. Com. Cape of Good Hope (1906), C.T., 1907, p. 135–169.
- Dybowski B.* Wysty Komandorskie, L., 1885, p. 8.
- Ebelmen J.* (1). Chimie, céramique, géologie, I, P., 1861, p. 320.
- Ebelmen J.* (2). Chimie, céramique, etc., II, P., 1861, p. 49.
- Ebermayer E.* Die Beschaffenheit d. Waldluft, St., 1885.
- Ebermayer E.* Forstwirtschaft. Cbl., 30, 1886, S. 265.
- Ebert H.* Kosmos, 16, 1885, S. 455.
- Ebert H.* u. *Ewers P.* Phys. Zschr., 4, 1902, S. 165.
- Eckert M.* Geogr. Zschr., 1913, S. 266.
- Eder J.M.* Photochemie, 3 Aufl., Halle, 1906, S. 149.
- Edgeworth David T.W.* Records Geol. Surv. N. S. Wales, 2, 1891, p. 104–107.
- Edgeworth David T.W.* (1). Chem. News, 96, 1907, p. 146.
- Edgeworth David T.W.* (2). Rep. Brit. Assoc. advanc. Sci., 1907, p. 562.
- [*Edwards*]. Прения по докладу Edwards – Randall – Macivor D. – Geogr. Journ., 27, 1906, p. 336–340.
- Egirtton.* Proc. Roy. Soc., A, 91, 1915, p. 180.
- Ehrenberg.* Abhandl. Preuss. Akad. Wiss. (1847), 1849, S. 282–437.
- Ehrenberg H.* Monatsber. Preuss. Akad. Wiss., 1858, S. 6.
- Ehrenberg.* Abhandl. Preuss. Akad. Wiss. (1871), 1872, S. 4–148.
- Ehrenberg P.* Die Bewegung d. Ammoniakstickstoff in d. Natur, B., 1907, S. 141.
- Einecke u. Köhler.* Die Eisenerze d. Deutschen Reichs, Arch. f. Erzlag., I, B., 1910.
- Elie de Beaumont J.* Bull. Soc. Géol. France, (2), 4, 1847, p. 1253–1326.
- Elster J.* Phys. Zschr., 4, 1903, S. 522.
- Elster J.* u. *Geitel.* Phys. Zschr., 6, 1905, S. 67.
- Elterlein A.* E. Suess u. seine Stellung z. Goldfeinheitsfrage, Erl., 1898, S. 10–39.
- Emden R.* Die Gaskugeln, Lpz., 1907, S. 353.
- Emmons S.F.* Contributions to Econ. Geol., (1904), Wash., 1905, p. 23.
- Emmons W.H.* Transact. Amer. Inst. Min. Eng., 41, 1910, p. 768.
- Engler C.* R. Acad. Sci. Paris, 112, 1891, p. 867.
- Engler C.* Das Erdöl, I, Lpz., 1903, S. 471.
- Engler C.* u. *Sieveling H.* Zschr. anorg. Chem., 53, 1907, S. 9–12.
- Engler C.* u. *Weissberg J.* Krit. Studien über die Vorgänge d. Autoxydation, Br., 1904, S. 58.
- Erdmann E.* Ber. Deutsch. chem. Ges., 43, 1910, S. 777.
- Erdmann H.* u. *Reppert R.* Ann. Chem., 361, 1908, p. 1.
- Erdmann O.* Journ. prakt. Chem., 97, 1866, S. 121.
- Erman A.* Reise um die Erde, I, B., 1833, S. 250–336; II, 1838, S. 139.
- Erman A.* Arch. wissen. Kunde Russlands, I, B., 1841, S. 314.
- Erman A.* Reise um die Erde, III, B., 1848, S. 376, 526–527.
- Eschwege W. L.*, Pluto Brasiliensis, 1833, S. 354–583.
- Estreicher T.* Zschr. phys. Chem., 31, 1899, S. 176.
- Etard.* Traité de chimie (publié par H. Moissan), V., P., 1906, p. 647.
- Evans N.N.* Amer. Journ. Sci., (4), 15, 1903, p. 92.
- Eve A.S.* Phil. Mag., (6), 10, 1905, p. 99.
- Eve A.S.* Phys. Zschr., 8, 1907, S. 286–289.
- Eve A.S.* Phil. Mag., (6), 16, 1908, p. 622; (6), 18, 1909, p. 102–107.
- Eve A.S.* a. *Mac Intosh D.* Phil. Mag., (6), 14, 1907, p. 231.
- Ewald P.* Silzb. Bayer. Akad., 1914, S. 325.
- Ewing A.* Proc. Roy. Soc., 100, 1922.
- Faber E.* Zschr. Voreins deutsch. Ingen., 37, 1893, S. 393.
- Fabry et Buisson.* Journ. phys., 1921, № 7.

- Fairbanks*. Amer. Geol., 7, 1891, p. 209.
- Fairchild H.L.* Bull. Geol. Soc. Amer., 18, 1907, p. 493.
- Farquharson T.* Transact. N. Zeal. Inst., 1910, 43, 1911, p. 451–471.
- Farrington O.* Publ. Field Columb. Museum, Geol. Ser., 3, Ch., 1907, p. 57–110.
- Farrington O.* The Meteorites, Ch., 1915.
- Faulhaber*. Die ehemal ge schlesische Goldproduktion, Br., 1896.
- Feilitzen*. Fühlings Landw. Ztg., 1910.
- Fellenberg E.* Cotta's Gangstudien, IV, 1860, S. 174–178.
- Ferber J.* Anmerkungen z. phys. Beschreibung v. Kurland, Riga, 1784, S. 298.
- Ferguson W.* Proc. Roy. Soc. Victoria, 12, 1900, p. 120.
- Fernekes G.* Econ. Geol., 2, 1907, p. 580.
- Ferrel W.* Recent advances in meteorology, Wash., 1886, p. 37.
- Field F.* Quart. Journ. Chem. Soc., 3, 1851, p. 29.
- Finot E.* Ann. chim. et phys., (5), 9, 1876, p. 135.
- Finot L.* Les lap daires indieas, P., 1896, p. XXV.
- Fiore de O.* Zschr. Vulcauol., 2, 1915, S. 33–35.
- Fireks C. (1).* On the occurence of gold in Fin. Lapl., Hels., 1906, p. 26.
- Fireks C. (2).* Bull. Com. Géol. Finlande, № 17, 1906, p. 13–16.
- Fischer H.* Verhandl. naturhist. Vereins Preuss. Rheinl., 62, 1906, S. 143.
- Fischer u. Brachmer*. Phys. Zschr., 6, 1905.
- Flanghaila T. o'.* For the tongue of the Gael, 2 ed., Dublin, 1907, p. 189.
- Flemming*. Phys. Zschr., 9, 1908, S. 801.
- Fletcher L.* Phil. Mag., 9, 1880, p. 180–185.
- Flink G.* Arkiv Kem. Miner., 3, 1908, S. 9.
- Flögel J.H.* Zschr. Österr. Ges. Meteorol, 16, 1881, S. 321.
- Flores E.* La Gioventu italiana. 1, 1909 или 1910, № 7.
- Flourens*. Histoire des travaux de Buffon. P., 1850, p. 55.
- Foote Rob. Bruce*. Records Geol. Sarv. India, 22, 1889, p. 44.
- Forchhammer J.* Overs Vidensk. Selsk. Förh., 1854, № 1.
- Forel F.A.* Le Léman, II, P., 1895, p. 617.
- Foster M.* Lectures on the history of physiol., L., 1901, p. 131–224.
- Foullon H.* Verhandl. Geol. Reichsanst., 1834, S. 270–275; 1885, S. 146–148; 1887; 1890, S. 318.
- Fouqué F. C. R.* Acad. Sal. Paris, 61, 1865, p. 422.
- Fouqué F.* Santorin et ses éruptions, P., 1879, p. 214–232.
- Fouqué F. et Gorceix H. C. R.* Acad. Sci. Paris, 69, 1839, p. 946–947.
- Fouqué F. et Michel-Lévy A.* Synthèse des minéraux et des roches, P., 1884.
- Fourcroy A.* Ana. Museum Hist. Nat., 3, 1804, p. 153–405.
- Fournet*. De l'influence du mineur sur la marche de la civilisatioa, Lyon, 1861, p. 89–361.
- Fox C.J.* Publications de circonstance du Conseil permanent international pour exploration de la mer, Kj., 1907, № 41.
- Fox C.J.* Erratum to publications de circonstance (Приложение к № 44 этих публикаций), Kj., 1909, № 41.
- Fraas*. Geschichte d. Laudwirtschaft, Prag, 1852, S. 211.
- Fraas E.* Aus d. Süden, 1886, S. 67.
- Francforter G.* Chem. News, 79, 1899, p. 45.
- Fränkel S.* Die aramaischen Fremdwörter im Arabischen, Leiden, 1886, S. 153.
- Fränkland F.E.* Experimental researches in chemistry, L., 1877, p. 851.
- Frech F.* Zschr. f. Socialwiss., 7, 1904, S. 487.
- Freise F.* Erzbergbau, I, 1906, S. 603.
- Freise F.* Zschr. prakt. Geol., 1907, S. 1–6.
- Freise F.* Geschichte d. Bergbau u. Hüttentechnik, I, Lpz., 1908.
- Freise F.* Arch. Gesch. Naturwiss., 2, 1910, S. 428–444.
- French A.* Chem. News, 104, 1911, p. 283.
- Frentzel*. Petroleum, B., 1913, S. 3.
- Frenzel A.* N. Jb. Min., 1874, S. 677.
- Frenzel A.* Min. petr. Mitt., 1877, S. 300; 1897, S. 529.
- Fresenius H. u. Czapski A.* Chem. Ztg., 35, 1911, S. 722.

- Freundlich H.* Zschr. phys. Chem. 44, 1903, S. 129.
- Friedel G. et Ribaud G.* C. R. Acad. Sci. Paris, 178, 1924, p. 1128.
- Friedländer J.* Zschr. phys. Chem., 19, 1896, S. 657.
- Friedländer J.* Sitzb. d. Ver. z. Beförd. d. Gewerbeleisses, B., 1898, S. 46.
- Fritsch K.* Über Mitwirkung elektr. Ströme bei d. Bildung d. Mineralien, Gött. 1862, S. 34–35.
- Fuchs E. et Cumenge E.* C. R. Acad. Sci. Paris, 88, 1879, p. 588–589.
- Fuchs E. et De Launay L.* (1). Traité des gîtes minér. et métallifères, I, P., 1893, p. 16–265.
- Fuchs E. et De Launay L.* (2). Traité des gîtes minér. et métallifères, II, 1893, p. 759–949.
- Fühner.* Lithotherapie, B., 1902, S. 76–77.
- Fukuchi N.* Beiträge z. Miner. Japans, 1907, № 3, S. 128–129.
- Futterer K.* Africa in seiner Bedeutung z. Goldproduktion, B., 1895, S. 5–164.
- Futterer K.* Zschr. prakt. Geol., 1897, S. 193.
- Garbe K.* Die indische Mineralien, ihre Namen, Lpz., 1882, S. 38.
- Gascuel L.* Ann. Mines, (9), 20, 1901, p. 5–15; (10), 10, 1906, p. 93.
- Gaubert P.* Bull. Soc. min. France, 28, 1905, p. 157.
- Gautier A.* C. R. Acad. Sci. Paris, 128, 1899, p. 648; 130, 1900, p. 1684.
- Gautier A.* (1). Ann. chim. et phys., (7), 22, 1901, p. 8–110.
- Gautier A.* (2). Bull. Soc. chim. Paris, (3), 25, 1901, p. 232–412.
- Gautier A.* (3). C. R. Acad. Sci. Paris. 132, 1901, p. 934.
- Gautier A.* (1). C. R. Acad. Sci. Paris, 136, 1903, p. 17–21.
- Gautier A.* (2). Procès verbaux Soc. Beige géol., 17, 1903, p. 561.
- Gautier A.* (3). Bull. Soc. chim. Paris, (3), 29, 1903, p. 108.
- Gautier A.* Ann. Mines, (10), 9, 1906, p. 332–363.
- Gautier A.* (1). Bull. Soc. chim. Paris, 1909, p. 977.
- Gautier A.* (2). C. R. Acad. Sci. Paris, 148, 1909, p. 1712–1713.
- Gazert H.* Deutsche Sudpolarexpedition, 7, 1909, S. 121.
- Geerts A.* Transact. Asiat. Soc. Japan, 4, 1876, p. 91.
- Gehrke J.* Publications de circonstance du Conseil permanent pour l'exploration de la mer, 1910, № 52, p. 28.
- Gehrke J.* Ann. Hydrogr., 1916, S. 177.
- Geiger J.* Miner. Collector, 11, 1905, p. 168.
- Geiger H. a. Rutherford E.* Phil. Mag., (6), 20, 1910, p. 697.
- Geiger L. u. Gutenberg B.* Nachr. Ges. Wiss. Göttingen, math.-phys. Klasse, 1912, S. 623.
- Geikie A.* Textbook of Geology, 4 ed., I, L., 1903, p. 35–93.
- Gélis A.* C. R. Acad. Sci. Paris, 56, 1863, p. 1015.
- Gélis A. et Fordos M.* Ann. chim. et phys., (3), 18, 1846, p. 95.
- Gemmellaro C.* N. Jb. Min., 1834, S. 324; 1835, S. 1.
- Genth F.* Amer. Journ. Sci., 28, 1859, p. 253–255.
- Genth F.* Proc. Amer. Philos. Soc., 11, 1871, p. 439–444.
- Genth F.A.* Miner. North Carolina, 1891, p. 13–21.
- Gérardin A.* C. R. Acad. Sci. Paris, 75, 1872, p. 1713; 78, 1874, p. 636–1704; 81, 1875, 989–1714.
- Gernez.* C. R. Acad. Sci. Paris, 98, 1884.
- Gesell A.* Jb. Ungar. geol. Anst., (1894), 1897, S. 140.
- Gibbs W.* Amer. Journ. Sci., (2), 31, 1861, p. 64.
- Giebe.* Übersicht d. Mineralien d. Fichtelgeb rges, Cass., 1895, S. 2.
- Giemse.* Arch. f. Schiffs u. Tropenhygiene, 10, S. 143.
- Gilbert G.* 14 Annual Rep. U. S. Geol. Surv., I, 1833, p. 187.
- Ginth.* Journ. Frankl. Inst., (3), 36, 1858, p. 261.
- Girard J.* De cm. De Girard J.
- Glaser G.* Skizze z. Geschichte d. Geographie Arabiens, II, Lpz., 1890, S. 347–351.
- Glednill T.* Univ. Toronto Studies, Geol. Ser., 1921, № 12.
- Glocker E.* Versuch einer Charakteristik d. schles. mineralog. Literatur bis z. Ende d. XVIII J., Br., 1827; 1800–1832, Br., 1832.
- Gmelin J.F.* Geschichte d. Chemie, I, Gölt., 1797, S. 87–215.
- Gmelin-Kraut.* Handbuch anorg. Chem., 7 Aufl., 1905, I, S. 30; 1907, III, S. 418.
- Gockel A.* Arch. sci. phys. et nat., Genève, (4), 27, 1909, p. 248.

- Gockel A.* Jb. Radioact., 6, 1910, S. 507; 9, 1912, S. 14.
Gockel A. u. Wulf T. Phys. Zschr., 9, 1908, S. 907–909.
Godon Saint Memin. Journ. phys., 60, 1805, p. 340.
Goldschmidt V. Index d. Krystallformen, Lpz., 1891.
Goldschmidt V. Kontaktmetamorphose in Kristianiagebiet, Kr., 1911, S. 232.
Goldstein E. Ber. Deutsch. chem. Ges., 36, 1903, S. 3042.
Goldstein E. Rep. Brit. Assoc. (1914), 1915, p. 252.
Gorceix H. C. R. Acad. Sci. Paris, 105, 1887, p. 1139.
Goutier A. C. R. Acad. Sci. Paris, 132, 1901, p. 934.
Gowland W. Chem. News, 68, 1893, p. 307.
Gowland W. Journ. Anthropol. Inst., 36, 1906, p. 11.
Gräbner F. Zschr. Ethnol., 1904, S. 52.
Gräf. Forschungsreise d. S. M. S. «Planet», 1906–1907, IV, B., 1909, S. 66.
Gräfenberg L. Zschr. anorg. Chem., 36, 1903, S. 356–369.
Graham R. Amer. Journ. Sci., 31, 1911, p. 45.
Graham T. Chem. a. phys. papers, Ed., 1876, p. 282–283.
Graichen W. Zschr. prakt. Geol., 1903, S. 448.
Graichen W. Zschr. Deutsch. geol. Ges., 59, 1907, S. 275.
Gran H. Bergens Mus. Aarbog, 1901, № 10.
Gran H. Havets bacterier og deres stofskifte, Bergen, 1903.
Gray J.A. Proc. Roy. Soc., A, 82, 1909, p. 301.
Gregory J. Econ. Geol., 4, 1909, p. 118.
Greiss. Ann. Phys., 98, 1856, S. 180.
Gripon E. C. R. Acad. Sci. Paris, 56, 1863, p. 1137.
Gropp. Zschr. Berg-, Hüttenm. u. Salinenwesen Preuss. St., 66, 1918, S. 238.
Grosse-Bohle H. Mitt. Kgl. Prüfungsanst. Wasserversorg., 7, 1906, S. 172.
Grosse-Bohle H. u. Steuernagel C. Mitt. Kgl. Prüfungsanst. Wasserversorg., 8, 1907, S. 83.
Groth P. Mineraliensammlung Univ. Strassburg, Str., 1878, S. 13.
Groth P. Tabellarische Übersicht d. Mineralien, 3 Aufl., Lpz., 1898, S. 1.
Groth P. Tableau des minéraux, Gen., 1904, p. 13.
Groth P. Chemische Krystallographie, I, Lpz., 1906, S. 4–35.
Groth P. Zschr. Kryst., 14, 1914, S. 70.
Grout F. Econ. Geol., 5, 1910, p. 471.
Gruithuisen P. Naturwiss. Astron. Jb., 8, 1845, S. 3.
Grünling F. Zschr. Kryst., 33, 1900, S. 227.
Gueymard E. Ann. Mines, (4), 16, 1849, p. 495; (5), 5, 1853, p. 163–176.
Guignet E. et Otorio de Almeida G. C. R. Acad. Sci. Paris, 83, 1876, p. 917.
Guillaume C.E. (1). Arch. Sci. phys., (4), 17, 1904, p. 23.
Guillaume C.E. (2). Les applications des aciers au nickel, P., 1904, p. 185.
Guillet L. (1). Bull. Soc. d'encourag. de l'industrie nation., 104, 1903, p. 658–668.
Guillet L. (2). Bull. Soc. d'encourag. de l'industrie nation., 105, 1903, p. 208.
Guiterman F. Proc. Color. Sci. Soc., 3, 1890, p. 266.
Gührich. Zschr. prakt. Geol., 1897, S. 146.
Günther S. Geophysik, 2 Aufl., Lpz., 1898.
Gurlt A. Bergbau u. Hüttenkunde, Essen, 1877, S. 168.
Gürtler W. Zschr. anorg. Chemie, 45, 1905, S. 205; 51, 1906, S. 427.
Gutberlet W.K. N. Jb. Min., 1857, S. 516–531.
Gutbier A. Gmelin-Kraut's Handbnch anorg. Chem., 7 Aufl., 1910, S. 477.
Gutenberg B. Nachr. Ges. Wiss. Göttingen, 1914, S. 125.
Guye, Kovacs et Wourtsel. Jour. chim. phys., 10, 1912, p. 332.
Guyton de Morveau. Ann. chim., 73, 1810, p. 334.

Haacke R. Journ. Gasbeleucht., 56, 1913, S. 761.
Haas. Aus d. Sturm- u. Drangper. d. Erde, III, B., 1902, S. 211–240.
Hadfield R. Nature, 89, 1912, p. 360.
Haidinger W. Sitzb. Wien. Akad., 1848, I, S. 624; 35, 1859, S. 345.
Haidinger W. u. Mohs. Mineralogie, II, 1825, S. 434.

- Hall. Zschr. prakt. Geol., 1904, S. 195.
- Hall R.N. The African Monthly, 1, Grahamst., 1907, p. 519–647.
- Hall R.N. Prehistoric Rhodesia, L., 1909.
- Hall A. a. Humphrey W. Transact. Geol. Soc. South Africa, (1908), 11, 1909, p. 76.
- Hallock. Amer. Journ. Sci., 37, 1889, p. 405.
- Hamburg. Zschr. Kryst., 17, 1888.
- Hann J. Handbuch d. Meteorologie, 1901, S. 8.
- Hann J. Meteorol. Zschr., 38, 1903, S. 123.
- Hansteen H. Arch. Math. og Naturvid., 22, Kr., 1900, № 2, S. 64.
- Harger H. Transact. Geol. Soc. South Africa, 8, 1906, p. 110–123; 12, (1909), 1910, p. 139–158; 13, 1911, p. XLIV; 24, 1921–1922.
- Harger a. Chamberlin, Journ. Geol., 23, 1915, p. 373.
- Harker A. Geol. Mag., (4), 6, 1899, p. 220.
- Harrison A. a. Subramania Aiyer P. Mem. Dep. Agric. India, Chem. Ser., 3, 1913, p. 15–88.
- Harrison A. a. Subramania Aiyer P. Mem. Dep. Agric. India, Chem. Ser., 4, 1914, p. 14.
- Hartley W.N. Proc. Roy. Soc., 68, 1901, p. 108.
- Hartmann. Ann. Phys., 55, 1842, S. 529.
- Hartog V. Econ. Geol., 4, 1909, p. 450.
- Hartt C.F. Geology a physical geography of Brazil, Bost., 1870, p. 448–542.
- Hassel a. Mark. Zschr. Plivs., 23, 1924, S. 269.
- Hasselhoff E. u. Bredermann G. Landwirt. Jb., 35, 1906, S. 383–392.
- Hasslinger R. Sitzb. Wien. Akad. Wiss., 111, IIb, 1902, S. 619.
- Hasslinger R. u. Wolf J. Sitzb. Wien. Akad., 112, Iib, 1903, S. 507.
- Hastings J.B. Transact. Amer. Inst. Min. Eng., 36, 1906, p. 647.
- Hatch F.H. Quart. Journ. Geol. Soc., 54, 1898, p. 81.
- Hatch F.H. The conglomerates of the Witwatersrand types of ore deposits, S. Fr., 1911, p. 202.
- Hatch a. Chalmers. The Gold Mines of the Range, L., 1895, p. 283.
- Hatch F.H. a. Corstorphine G.S. The geology of South Africa, L., 1905. p. 33–147; 2 ed., 1909, p. 270.
- Hatle E. Mineralien Steiermarks, Gr., 1885, S. 3.
- Hauchecorne. Verhandl. Silbercom. Deutsch. Reichstages, II, B., 1894, № 12. S. 5–49.
- Haug E. Traité de géologie, I, P., 1908, p. 329–341.
- Haupt T. В кн.: Humboldt. Asie centrale. I, P., 1843, p. 527.
- Hausmann J.F. Handbuch d. Mineralogie, I, Got., 1813, S. 97.
- Hautefeuille. C. R. Acad. Sci. Paris, 43, 1859, p. 106.
- Hauy R. Journ. Mines, An. V, 1797, p. 163.
- Hauy R. Traite de mineralogie, P., 1801, p. X.
- Hauv R. Tableau comparatif des résultats de la cristall. et de l'anal. cliim. relat. à la classif. des min., P., 1809.
- Hauv R., Traite de mineralogie, 2 ed., I–IV, P., 1822 (Atlas – 1823); III, 1822, p. 236–335.
- Hawes G.W. Amer. Journ. Sci., (3), 13, 1877, p. 33–35.
- Haworth E. a. Mac Farland D.F. Science, 21, 1905, p. 191.
- Hayes A.A. Amer. Journ. Sci., 21, 1856, p. 153.
- Hayes C.W. Bull. U. S. Geol. Surv., 394, irC9.
- Hayes C.W. a. Kennedy W. Oilfields of the Texas-Louisiana Gulf Costal Plain, Wash., 1903, p. 150 (Bull. U. S. Geol. Surv., 212), p. 23–71.
- Hayhurst W. a. Pring J.N. Journ. Chem. Soc. Lond., 97, 1910, p. 868.
- Hearne S. Voyage du Fort du Pr. de Galles à l'Océan Nord (перевод с англ.), Hamburg, 1799, p. 159–169.
- Heberdey. Sitzb. Wien. Akad., 104, 1895, S. 264.
- Hébert. Traité de chimie minér. (publ. par H. Moissan), I, P., 1904, p. 547.
- Heck Van см. Van Heck.
- Hector J. Rep. II. Meet. Austral. Assoc. advanc. Sci., Sydn., 1900, p. 274.
- Heddle M. Mineralogy of Scotland, I, Ed., 1901, p. 13.
- Heen P. De, La matiere, sa naissance, sa vie, sa fin, Brux., 1905.
- Heider A. Das österr. Sanitätswesen, 5, 1893, Beilage, S. 70.
- Heinisch W. Doelter's Handbuch d. Mineralchemie, I, Dr., 1911, S. 64.

- Heinze B.* Cbl. Bacteriol., 16, 1906, S. 645; (2), 28, 1910, S. 538.
- Helmbacker R.* Miner. Mitt., 1877, S. 1–10.
- Helmbacker R.* Berg-u. Hüttenm. Ztg., 1891, S. 160–467; 40, 1892, № 11, S. 96.
- Helmhacker R.* Zschr. prakt. Geol., 1893, S. 87.
- Helmhacker R.* (1). Berg- u. Hüttenm. Ztg., 1898, S. 470.
- Helmhacker R.* (2). Mining a. Scient. Press, San Franc., 1898.
- Hempel W.* Ber. Deutsch. chem. Ges., 1885, S. 1800.
- Hennwood W.* (1). Observations on metalliferous deposits, I, Penz., 1871, p. 176.
- Hennwood W.* (2). Metalliferous deposits, I, Penz., 1871, p. 214.
- Henrich F.* Zschr. Electroch., 13, 1907, S. 395.
- Henrich F.* Ber. Deutsch. chem. Ges., 1908, S. 4202–4206.
- Henriet H.* Les gaz de l'atmosphère, P., (s. a.), p. 152 (1897).
- Henriet H.* Revue génér. Sci., P., 1907, p. 187–189.
- Henriet H. et Bonyssy M.* C. R. Acad. Sci. Paris, 146, 1908, p. 977–978.
- Hergenreder J.* Zschr. prakt. Geol., 1909, S. 166.
- Herrera A.* Notions générales de biologie et plasmogénie (trad. Renaudet), B., 1906, p. 49.
- Hess F.* Miner. resources U. S., (1910), I, 1911, p. 729; (1912), I, 1913, p. 11; (1913), I, 1914, p. 285.
- Hevesy G.* Jb. Radioact., 10, 1913, S. 198–207.
- Heyn E.* Mitt. techn. Versuchsanst., 18, 1900, S. 328.
- Heyn E.*, Revue de metallurgie, 3, 1906, p. 543.
- Hill B.* Amer. Journ. Sci., (4), 16, 1903, p. 252.
- Hill B.* Miner. resources U.S., II, 1908, p. 326–330.
- Hillebrand W., Merwin H. a. Wright F.* Proc. Amer. Philos. Soc., 53, 1914, p. 35.
- Himstedt F.* (1). Ber. naturf. Ges. Freiberg in B., 14, 1904, S. 181–188.
- Himstedt F.* (2). Phys. Zschr., 5, 1904, S. 210.
- Himstedt F. u. Meyer G.* Ber. naturf. Ges. Freiberg in B., 14, 1904, S. 222.
- Hinrichs G.*, G. R. Acad. Sci. Paris, 131, 1900, p. 442.
- Hintze C.* Handbuch d. Mineralogie, I–II, 1898–1904.
- Hintze G.* Ber. Deutsch. botan. Ges., 21, 1903, S. 309.
- Hintze G.* Gbl. Bacteriol., (2), 28, 1910, S. 538.
- Hintze G.* Ber. Deutsch. botan. Ges., 31, 1913, S. 189.
- Hise Van* см. *Van Hise*.
- Hobbs W.H.* Journ. Geol., 7, 1899, p. 376.
- Hobbs W.H.* Ann. Report Smithsonian Inst., (1901), 1902, p. 359.
- Hobbs W.H.* Earth evolution a. its facial expression, N. Y., 1921.
- Hoernes R.* Mitt. naturw. Ver. Steiermark, Gr. 1900, S. 97.
- Höfer F.* Histoire de la chimie, I, P., 1842, p. 140; 2 ed., P., 1866, p. 132.
- Höfer H.* Jb. Geol. Reichsanst., 16, 1866, S. 18–19.
- Hoffmann G.H.C.* (1). Liste annotée des minéraux du Canada, Ott., 1890, p. 23.
- Hoffmann G.H.C.* (2). Proc. a. transact. Roy. Soc. Canada, 8, 1890, Sect. III, p. 39–40.
- Hoffmann G.H.C.* Rapport annuaire Commiss. géol. Canada, 5, 1893, p. 13; 6, 1896, p. 23–24.
- Hoffmann G.H.C.* Amer. Journ. Sci. (4), 19, 1905, p. 319.
- Hoffmann G.H.C.* Report sect. chem. a. miner. Geol. Surv. Canada, Ott., 1906, p. 13.
- Hofmann A.W.* Ber. Deutsch. chem. Ges., 23, 1890, S. 3318.
- Hogley C.F.* Phil. Mag., 18, 1909, p. 674–677.
- Holmberg H.* Verhandl. Miner. Ges. SPb., 1856, S. 61–62.
- Holmberg H.* (1). Bemerkungen auf eine Reise, Bull. Soc. Nat. Moscou, 1857, p. 45.
- Holmberg H.* (2). Miner. Wegweiser durch Finland, Hels., 1857, S. 20–61.
- Holmes H.N.* Amer. Chem. Journ., 1912, p. 497.
- Holtz H.* La composition des principaux minerais de platine de l'Oural, Gen., 1911.
- Holtz H.* Ann. chim. et phys., (8), 27, 1912, p. 559.
- Hommel W.* (1). Chem. Ztg., 1912, № 95, S. 905.
- Hommel W.* (2). Eng. a. Min. Journ., 1912, June, p. 1185.
- Hommel W.* (3). Zschr. angew. Chem., 1912, S. 97.
- Hoover.* Transact. Amer. Inst. Min. Eng., 28, 1899, p. 762.
- Hoppe-Seyler F.* Ober die Einwirkung d. Sauerstoffs auf Gährungen, Str., 1881, S. 25.

- Hoppe-Seyler F.* Zschr. phys. Chem., 10, 1886, S. 209.
- Hoppe-Seyler F.* Schrift. d. Vereins f. Geschichte Bodensees, 24, 1895, S. 38.
- Horner* Verhandl. Batav. Genootsch. Kunst en Wetensch., 17, 1839 (ref. Ann. Phys., 55, 1842, p. 527).
- Hornstein F.* Gbl. Min., 1907, S. 276.
- Horwood G.B.* Transact. Geol. Soc. South Africa, 13, 1910, p. 65.
- Hostmaan C.* Ober Gebrauch d. Eisens in Alt-America, в кн.: Beck. Geschichte d. Eisens, 1890, S. 343.
- Houllevigue L.* C. R. Acad. Sci. Paris, 135, 1902, p. 626.
- Houllevigue L.* Du laboratoire a l'usine, P., 1904, p. 262.
- Houzeau A. G.* R. Acad. Sci. Paris, 60, 1865, p. 788; 62, 1866, p. 426.
- Hrabák J.* Hornictví a hutnictví v Kráí. Českem, Pr., 1902, p. 5.
- Hüfner G.* Arch. Physiol. u. Anat., Abt. Physiol., L., 1897, p. 115.
- Hull.* Phys. Review, 17, 1921, p. 549.
- Humboldt A.* Essai politique sur la Nouvelle Espagne, 2 ed., Ill, P., 1827, p. 114–448.
- Humboldt A.* Deutsche Vierteljahrhundert, 1838, H. 4, S. 26.
- Humboldt A.* Asie centrale, I, P., 1843, p. 389–528.
- Humboldt A.* Kosmos, V, St. u. Augsb., 1858, S. 259–512.
- Humphreys W.J.* Bull. Mount. Weather Observ., 2, 1909, p. 14–66.
- Humphreys W.* Astrophys. Journ., 32, 1910, p. 97–110.
- Hundeshagen L.* Chem. News, 90, 1904, p. 77.
- Hunt T.S.* см. *Sterry Hunt*.
- Hussak E.* Zschr. prakt. Geol., 1898, S. 348–349.
- Hussak E.* Sitzb. Wien. Akad., 113, 1904, S. 384–467.
- Hussak E.* (1). Zschr. prakt. Geol., 14, 1906, S. 285–329.
- Hussak E.* (2). Cbl. Min., 1906, S. 334.
- Hutton F.W.* Transact. N. Zealand Inst., 3, 1870, p. 252.
- Hutton J.* Theory of the Earth, I, Ed., 1795, p. 98–311.
- Hviid N., Höfer F. u. Engler C.,* Das Erdöl, I, Lpz., 1913, S. 725.
- Ilosvay de Ilosva.* Bull. Soc. chim. Paris, (3), 2, 1889, p. 377.
- Irving J.D.* (1). Contribution to Econ. Geol., Wash., 1904, p. 132–137.
- Irving J.D.* (2). Écon. resources Northern Black Hills (Prof. Papers Geol. Surv. U. S. A.), Wash., 1904, p. 98–111.
- Irving R.D.* Geology of Wisconsin Survey, 1873–1877, II, Mad., 1877, p. 619.
- Irving R.D.* Monographs U. S. Geol. Surv., 5, 1883.
- Isaak E. u. Tammann G.H.* Zschr. anorg. Chem., 55, 1907, S. 64–71.
- Jack R. a. Etheridge.* Geology a. paleontol. Queensland, Br., 1892, p. 100–598.
- Jacob W.* Über Produktion u. Konsumtion edlen Metalle, II, Lpz., 1838, S. 21–152.
- Jacobs H. et Ghatrian N.* Le diamant, P., 1884, p. 160–334.
- Jacobsen O.* Anu. Chem. u. Pharm., 167, 1873, S. 1–18.
- Jacquelain.* Ann. chim. et phys., (3), 20, 1847, p. 459.
- Jacquerod A. et Perrot F. L.,* C. R. Acad. Sci. Paris, 139, 1904, p. 789; 144, 1907, p. 135.
- Jacquot E. et Willm.* Les eaux minérales de France, P., 1894, p. 45.
- Jähns M.* Geschichte d. Kriegswesen, Lpz., 1880, S. 511–775.
- Jakowicki J.* Observacye geogn. w gub. zachodn. i polydn., Wilna, 1831, p. 88–89.
- James R.* Phil. Mag., 42, 1921, p. 173.
- Jamieson R.* System of mineralogy, 3 ed., II, Ed., 1820, p. 217.
- Jamieson.* Report Agric. Res. Assoc. Aberdeen, 1906–1911.
- Jamieson G.* Zschr. Kryst., 41, 1905, S. 157–159.
- Jaquet J. B.,* Mem. Geol. Surv. N. S. Wales, 1894, 5, p. 133.
- Jaquet J. B.,* Records Geol. Surv. N. S. Wales, 5, 1896, p. 34–55.
- Jeans J.H.* Bull. Mount. Weather Observ., 2, 1910, p. 350–353.
- Jeans J.S.* Eng. Mag., 32, 1907, p. 946.
- Jennecke A.,* Ion, 1, 1909, p. 223.
- Jenner N.* Econ. Geol., 16, 1921, p. 79.

- Jenney W.P.* Transact. Amer. Inst. Min. Eng., 33, 1903, p. 445.
- Jensen H.* Econ Geol., 17, 1922, p. 55.
- Jernström A.M.* Material Finska Lapland Geol., Hels., 1874, p. 4–64.
- Jervis G.* I tessori sotterranei Ital., II, Tor., 1874, p. 562; III, 1881, p. 227–231.
- Jiriček K.* Die Handelsstrassen u. Bergwerken in Serbien u. Bosnien in Mittelalter, Pr., 1879.
- Jiriček K.* Česty po Bulharsku, Pr., 1888, p. 326–393.
- Ježek B.* Pisecke zlatodely, Z., 1919.
- John W.* Nature, 83, 1910, p. 398.
- Johnson J.P.* Geol. a. archeol. notes on Orangia, L., 1910, p. 26–39.
- Johnson P. u. Lampadius W.* Journ. prakt. Chem., 11, 1837, S. 311–319.
- Johnson W.* South Afric. Journ. Sci., 11, 1915, p. 275.
- Johnston R.A.* Sum. Report Geol. Surv. branch Dep. Mines, Canada, (1910), 1911, p. 257; (1911), 1912, p. 360.
- Johnston R.A.* A list Canad. miner, occur., Ott., 1915, p. 42–168.
- Johnstone J.* The conditions of life in the sea, Cambr., 1908, p. 273–293.
- Jolibois P. C. R.* Acad. Sci. Paris, 152, 1911, p. 1767.
- [*Joly J.*] (1). Conversazione Roy. Dublin Soc., 3. IX. 1908, D., 1908, p. 9.
- Joly J.* (2). Phil. Mag., (6), 15, 1908, p. 385.
- Joly J.* (1). Phil. Mag., 17, 1909, p. 764.
- Joly J.* (2). Radioactivity a. geology, L., 1909.
- Jolyet F. et Regnard P.* Arch. physiol., 4, 1877, p. 44.
- Jones H.B.* Phil. Transact., II, 1851, p. 409.
- Jones H.* Journ. Chem. Soc., 97, 1910, p. 337.
- Jörgensen S.M.* Die Entdeckung d. Sauerstoffs, St., 1909.
- Jovanovitch D.* La Serbie orientale. L'or et le cuivre, P., 1907, p. 7.
- Judd.* Quart. Journ. Geol. Soc., 46, 1890, p. 632.
- Julien A.* Econ. Geol., 4, 1909, p. 453.
- Jung O.* Pfälzische Heimatkunde, 7. 1911.
- Junghann O.* Berg- u. Hüttenwesen in China, B., 1911, S. 9.
- Justus J.* Virchow's Arch., 172, 1902, S. 501; 176, 1904, S. 1.
- Kaiser E.** Cbl. Min., 1909, S. 236.
- Kant E.* Gesamm. Schriften, I, B., 1902, S. 423–471.
- Karmarsch K.* Geschichte d. Technologie, M., 1872, S. 276–278.
- Karppé.* Études sur l'origine et la nature do Zohar. P., 1901, p. 515.
- Karsten C.J.* Abhandl. Preuss. Akad., 1822–1823, S. 69–70.
- Karsten C. J.* Arch. Bergbau, 12, 1826, S. 90–92.
- Karsten D.* Museum Leskeanum, II. Lipsie, 1789, p. 345.
- Karsten D.* Beobachtungen u. Erläuter. aus d. Naturk. ein. Ges. Naturf., Fr., IV, 1792, S. 398.
- Karsten D.* Moll's Annal. Berg. u. Hütt., Salz., 1803 (о возрасте металлов).
- Karsten G.* Wiss. Meeresuntersuch., 1, Kiel, 1896, S. 177.
- Kassner C.* Meteorolog. Zschr., 12, 1895, S. 379.
- Kayser H.* Chem. News, 72, 1895, p. 89.
- Kayser H.* Handbuch d. Spectroscopie, III, Lpz., 1905, S. 361.
- Keane A.H.* Gold of Ophir. L., 1901.
- Keding M.* Wiss. Meeresuntersurh., 9, Kiel, 1905, S. 275.
- Keferstein.* Geschichte u. Litteratur d. Geognosie, Halle, 1840, S. 80.
- Kellas A.M.* Proc. Roy. Soc., 59, 1895, p. 66–69.
- Kellas A. a. Ramsay W.* Phil. Transact., A, 59, 1896, p. 69.
- Keller E.* Sitzb. Wicn. Akad., 46, 1915, S. 157.
- Keller O.* Ann. Mines, (9), 12, 1897, p. 32.
- Kelvin.* Nature, 56, 1897, p. 461.
- Kemp J.* Ore deposits U. S., 1895, p. 260–261; 1900, p. 204–369.
- Kemp J.* (1). Geological relations of platine a. associat. metals, Bull. U. S. Geol. Survey, № 193, Wash., 1902, p. 18–89.
- Kemp J.* (2). Transact. Amer. Inst. Min. Eng., 31, 1902, p. 187.
- Kemp J.* Econ. Geol., 1, 1906, p. 207.

- Kenngott G. A.* Sitzb. Wien. Akad., 13, 1854, S. 469.
- Kenngott G. A.* Übersicht d. Resultate miner. Forschungen, 1856–1858, S. 157.
- Kernbaum M.* (1), Radium, 6, 1909, p. 227.
- Kernbaum M.* (2). C. R. Acad. Sci. Paris, 148, 1909, p. 706.
- Kernbaum M.* (3). C. R. Acad. Sci. Paris, 149, 1909, p. 116.
- Keutner J.* Wiss. Meeresuntersurh., 8, Kiel, 1904, S. 27.
- Keyes C.R.* Econ. Geol., 2, 1907, p. 779.
- Keyes C.R.* (1). Bull. Amer. Inst. Min. Eng., 1910, № 43, p. 527.
- Keyes C.R.* (2). Transact. Acad. Sci. Saint Louis, 19, 1910, № 9, p. 131–146.
- Kinahan G.A.* Proc. Roy. Dublin Soc., 3, 1883, p. 263; 5, 1886, p. 201.
- King C.W.* The natural history of precious stones, L., 1865, p. 21–32, 417.
- Kispatič.* Rude u. Hrvatskoj. Zagr., 1901, p. 13.
- Kitchin E.S.* a. *Winterson W.G.* Transact. Chem. Soc., 89, 1906, p. 1570.
- Kjellberg B.* Några synpunkter i fråga om statens intressen beträffande Norrbottens järnmalmfält, S., 1907, S. 12 (из «Teknisk Tidskrift»).
- Klaproth M.H.* Beiträge chem. Kenntnis Mineralkörper, I–VI, B. u. Pos., 1795–1815, I, 1795, S. 6–7.
- Klason P. och Mellquist H.* Arkiv Kemi, 4, 1911, № 18, S. 11.
- Klatt V. u. Lenard P.* Ann. Phys., (4), 15, 1904, S. 640.
- Klein C.* Abhandl. Preuss. Akad., 1906, S. 37.
- Knauthe K.* Biolog. Cbl., 18, 1898, S. 804–805.
- Knebel W.* Der Vulkanismus, Osterw., 1907, S. 103.
- Knoche W.* Phys. Zschr., 10, 1909, S. 157; 13, 1912, S. 112–332.
- Knop A. N. Jb., Min.,* 1861, S. 524–542.
- Knopf A.* Econ. Geol., 5, 1910, p. 250.
- Knopf A.* Bull. Un. St. Geol. Surv., № 620A, 1915.
- Knopf A.* Journ. Geol., 24, 1916, p. 630.
- Knudsen M.* Danish Ingolf-Expedition, I, 2, Hydrogr., Cop., 1899, S. 147.
- Knudsen M.* Publications de circonst. du Conseil permanent pour l'exploration de la mer, Kj., 1903, № 4–5, p. 4.
- Kobell F.* Geschichte d. Mineralogie, München, 1864, S. 155–332.
- Koch.* Handbuch d. techn. Mykol., III, 1903, S. 1.
- Koch K.* Reise durch Russland, II, St. u. Tüb., 1843, S. 389.
- Koene C.W.* Conférences publiques sur la création, Br., 1856.
- Koenig A.* Zschr. Electrochem., 12, 1906, S. 441.
- Koenig A. u. Elod E.* Phys. Zschr., 14, 1913, S. 165.
- Koenig J.* Chemie d. menschlichen Nahrungsmittel, II, 4 Aufl., 1904, S. 1378–1431.
- Koenigsberger J. N. Jb. Min.,* 26, 1908, S. 534–546.
- Koenigsberger u. Müller.* Cbl. Min., 1906, S. 73.
- Kofler.* Phys. Zschr., 9, 1908, S. 6.
- Kohlbaum G.* Milt. Ges., f. Geschichte d. Naturwiss., 3, 1904, S. 76.
- Köhler.* Phys. Zschr., 15, 1914, S. 27.
- Kohlschütter V.* Ann. Chem. u. Pharm., 400, 1913, S. 268.
- Kohlschütter V.* Zschr. anorg. Chem., 105, 1919.
- Kohlschütter V. u. Eydmann E.* (1). Ann. Chem. u. Pharm., 387, 1912, S. 86.
- Kohlschütter V. u. Eydmann E.* (2). Ann. Chem. u. Pharm., 390, 1912, S. 340.
- Kohlschütter V. u. Naegeli.* Actae chim. Helvet., G., 1921.
- Kohlschütter V. u. Vogdt K.* Ber. Deutsch. chem. Ges., 38, 1905, S. 1419.
- Koifman.* Arch. Sci. phys. et nat., 40, 1915, p. 22–34.
- Kolbe H.* Journ. prakt. Chem., 6, 1873, S. 79.
- Kolkwitz R.* Ber. Deutsch. botan. Ges., 30, 1912, S. 662.
- Kolkwitz u. Ehrlich F.* Mitt. Prüfungsanst. f. Wasserversorg., 9, 1907, S. 78.
- König A.* см. *Koenig A.*
- Koenigsberger J.* см. *Koenigsberger J.*
- Kopp H.* Geschichte d. Chemie, III, Br., 1845, S. 188; IV, 1847, S. 110–221.
- Kopp J. Leonhardt K. u. Gärtner.* Propedeutik der Mineralogie, Fr. a. M., 1817, S. 239.
- Koźminski.* Wszechs'wiat, IV, 1885.

- Kraatz V.* Zschr. prakt. Geol., 1896, S. 185.
- Krafft A.* Zschr. prakt. Geol., 1899, S. 37–39.
- Krafft A.* Denkschrift. Wien. Akad., 70, 1901, S. 63.
- Krämer G. u. Spilker A.* Ber. Deutsch. chem. Ges., 32, 1900, S. 2941.
- Kraus u.* Hunt. Zschr. Kryst. 42, 1906, S. 5.
- Krause.* Zschr. prakt. Geol., 1897, S. 41.
- Krause J. II.,* Pyrgoteles, Halle, 1856, S. 10–33, 229.
- Kraut K.* Zschr. angew. Chem., 19, 1906, S. 1794.
- Kreusler U.* Landwirtschaftl. Jb., 14, 1885, S. 305–308.
- Kreutz F.* Anzeiger Akad. Wiss. Krakau, 1890, S. 22–23.
- Krogh.* The compos. of atmosph., Dansk Vid. Selsk. Meddelelser, Mat. phys. KL, I, 12, Kj., 1919.
- Kronstedt A.* cm. *Cronstedt A.*
- Krüger F.* Nyrnst Festschrift., 1912, S. 240.
- Krull.* Zschr. angew. Chem., 19, 1906, S. 821.
- Krümme I O.* Handbuch d. Oceanographie, I, 1907, S. 8–506.
- Kruse W.* Allgemeine Mikrobiologie, I.pz., 1910, S. 116, 321–606.
- Krusch P.* Zschr. prakt. Geol., 1907, S. 132.
- Kruffy de E.* Cbl. Bacteriol., Abt. II, 26, 1910, S. 54.
- Kruyt H.R.* Zschr. phys. Chem., 64, 1908, S. 500–550; 67, 1909, S. 321.
- Kruyt H.R.* Chem. Weekblad., 8, 1911, p. 643.
- Kruyt H.R.* Zschr. phys. Chem., 81, 1913, S. 726.
- Kuhlberg A.* Insel Pargas, Arch. Natur. Liv.-Est.-Kurlandes, Dorp., 1867. S. 38–53.
- Kuhlmann J.* Chemische Zusammensetzung u. biol. Verhalten d. Gewässer, 1911. S. 36–37.
- Kuntze O.* Phytozoogenesis, L., 1884.
- Kunz G.F. u. Washington H.S.* Bimonth. Bull. Amer. Inst. Min. Eng. 1908, p. 187.
- Kunz J.* Zschr. Deutsch. geol. Ges., 60, 1908, Monatsber., S. 172.
- Laborde.* Handbuch Radium Biol. u. Therapie, Wiesb., 1913.
- Lacroix A.* Minéralogie de la France, II, P., 1897, p. 361–425.
- Lacroix A.* Bull. Soc. min. France, 21, 1898, p. 21–29.
- Lacroix A. C. R.* Acad. Sci. Paris, 132, 1901, p. 181–190.
- Lacroix A.* Minéralogie du Madagascar, I, II, P., 1921–1922 (I – p. 152–159: II – p. 7–28).
- Ladenburg E.* Ber. Deutsch. chem. Ges., 31, 1898, S. 2508.
- Ladenburg E.* Report Brit. Assoc. advanc. Sci., 1906, L., 1907, p. 505.
- Ladrey.* Recherches sur relations entre composition chim. et forme crist., 1852, p. 10.
- Landeiro C.F. de.* Synopsis mineralógica Mexico, 1891, p. 49–366.
- Landerer N. Jb.* Min., 1849, S. 432; 1864, S. 46.
- Lane A.* Report U. S. Geol. Surv. Minnesota, 1903, p. 239.
- Lane A.* The Keweenaw series of Michigan, I–II, Lanc., 1911 (Michigan Geol. a. Biol. Surv., 6).
- Lang V.* Phil. Mag., 25, 1863, p. 435.
- Lange H.* Studien über d. Zusammens. heliumführ. Mineralien, Halle, 1910, S. 13–24.
- Lapham L.* Geology of Wisconsin Survey, 1873–1877, II, Madison, 1877, p. 27.
- Lapparent A. de,* Traité de géologie, 5 ed., P., 1906, p. 417–1826.
- Lasaulx A.N.* Jb. Min., 1879, S. 503.
- Lasaulx A.* Zschr. Kryst., 5, 1880, S. 507.
- Lasaulx A.* Min. u. petr. Mitt., 3, 1881, S. 521.
- Lasaulx A.* Sitzb. niederrhein. Vereins preuss. Rheinl., Bonn, 1882, S. 99.
- Laspeyres H.* Zschr. Deutsch. geol. Ges., 1875, S. 574–601.
- Laugier A.* Memoires Mus. Hist. Nat., III, P., 1817, p. 342; VI, 1820, p. 233.
- Laugier A.* Ann. chim. et phys., 29, 1825, p. 294–295.
- Laurent.* L'or dans les colonies françaises, P., 1902, p. 49.
- Leather J.* Mem. Dep. Agrie. Indie, Chem. ser., 4, 1915, p. 85.
- Lebeau C.R.* Acad. Sci. Paris, 121, 1895, p. 603.
- Lebon G.* L'évolution de la matière, P., 1905, p. 142, 314.
- Le Chatelier H.* Revue de métallurgie, Mém., 2, P., 1905, p. 504.
- Le Chatelier H.* Leçons sur le carbone. P., 1908, p. 37–72.
- Le Chatelier H.* Le grisou, P., Encyclopédie Leauté, p. 8–11.

Le Chatelier H. et Wologdine S., C. R. Acad. Sci. Paris, 146, 1908, p. 58; 148, 1909, p. 1715.
Leclère M.A. Étude géol. et min. des provinces chinoises voisines de Tonkin., P., 1902, p. 90–154.
Leduc A. G. R. Acad. Sci. Paris, 123, 1896, p. 807; 135, 1902, p. 860–1332; 160, 1915, p. 711.
Lefort J. Traité de chimie hydrol., 2 ed., P., 1873, p. 356–365.
Legendre R. C. R. Acad. Sci. Paris, 148, 1909, p. 669.
Lehmann. Abhandl. Metall-Müttem, 1753, S. 158.
Leith C.K. Econ. Geol., 1, 1906, p. 360.
Lelutyn A. Descr. catalogue of a collect, of econ. miner, of Canada, L., 1886, p. 49.
Lemmermann O. Krit. Studien Denitrifikationsvorg., Jena, 1900.
Lenard P. Ann. Phys., (4), 1, 1900, p. 503–504.
Lenard P. Über Kathodenstrahlen, Lpz., 1906, S. 29–30.
Lenber V. Econ. Geol., 7, 1912, p. 744.
Lenz H.O. Mineralogie alten Griechen, Gotha, 1861, S. 53.
Leonhard. Handwörterbuch topogr. Miner., Heid., 1843, S. 39–327.
Leonhard K.C. N. Jb. Min., 1853, S. 275–294.
Lepape A. C. R. Acad. Sci. Paris, 178, 1924, p. 933.
Leprince Ringuet F. Ann. Mines, (9), 19, 1901, p. 396.
Lepsius. Abhandl. Preuss. Akad., Hist. phil. Cl., (1871), 1872, S. 31–108.
Lepsius. Ber. Deutsch. chem. Ges., 18, 1885, S. 2487.
Le Rover A. et Delebecque A. (1). Arch. Sci. phys. et nat., 34, 1895, p. 74.
Le Rover A. et Delebecque A. (2). C. R. Acad. Sci. Paris, 120, 1895, p. 1438.
Lersch B.M. Hydrochemie, B., 1864, S. 43–44.
Lesley J.P. a. Ashburer A.R. Transact. Amer. Inst. Min. Eng., 15, 1886 (отд. оттиск, стр. 23).
Levat A. (1). L'or en Sibérie Orientale, I, P., 1897, p. 29–153.
Levat A. (2). L'or en Sibérie Orientale, II, P., 1897, p. 65–163.
Levat A. Ann. Mines, (9), 13, 1898, p. 415–424.
Levat A. Bull. Soc. geol. France, (4), 2, 1902, p. 439–444.
Levat A. Ann. Mines, (10), 3, 1903, p. 198–217.
Levat D. Richesses minérales de Madagascar, P., 1912, p. 3–7.
Levine J. G. R. Acad. Sci. Paris, 176, 1923, p. 705.
Lévy A. (1). Description d'une collection de M. Heuland, II, 1837, p. 376.
Lévy A. (2). То же, III, p. 308.
Levis Carvill. Geol. Mag., N. S., (3), 4, 1887, p. 22.
Lewis Carvill. Papers a. notes on origin of diamant, L., 1897,
Lewis W. Phil. Mag., 3, 1877, p. 456.
Lewy B. C. (1), Ann. chim. et phys., 8, 1843, p. 438.
Lewy B. C. (2), G. R. Acad. Sci. Paris, 17, 1843, p. 235.
Lewy B. C., Ann. chim. et phys., (3), 34, 1852, p. 6–29.
Lexis W. Handwörterbuch Staatswiss., 2 Aufl., IV, Jena, 1900, S. 748–761; IV, 1901, S. 724.
Liebenow. Phys. Zschr., 5, 1904, S. 626.
Lieske R. Ber. Deutsch. botan. Ges., 30, 1912.
Linck G. Zschr. anorg. Chem., 56, 1908, S. 393.
Linck G. Kreislaufvorgänge in Erdgesch., J., 1912, S. 26–28.
Lincoln F.C. Econ. Geol., 2, 1907, p. 258; 6, 1911, p. 247–275.
Lind S. Monatshefte Chem., 33, 1912, S. 295.
Lindeman F. a. Dobson G. Proc. Roy. Soc., 102, 1923, p. 434.
Lindenthal. Beitr. z. Phys., Econ., Miner. d. preuss. u. angr. Länd., III, 1788.
Lindgren W. Amer. Journ. Sci., 44, 1892, p. 92.
Lindgren W. Bull. Geol. Soc. Amer., 6, 1895, p. 225–234.
Lindgren W. 17-th Report U. S. Geol. Surv., II, 1896, p. 13–116.
Lindgren W. 22 Ann. Rep. U. S. Geol. Surv., 2, 1901, p. 637.
Lindgren W. Transact. Amer. Inst. Min. Eng., 33, 1903, p. 791–804.
Lindgren W. Econ. Geol., 2, 1907, p. 113.
Lindgren W. Prof. Pap. U. S. Geol. Surv., 1911, № 73.
Lindgren W. Mineral deposits, 1913, p. 208–634.
Lindgren W. a. Graton. Bull. U. S. Geol. Surv., 1906, № 293.
Lindgren W. a. Ransome F.L. Contributions to Econ. Geol., (1904), Wash. 1905, p. 97–98.

- Linne B.* Gmelin-Kraut's Handbuch anorg. Chem., 7 Aufl., I, 1907, S. 337–857; 8 Aufl., 1926, Lief. 9.
- Linné C. (Linnaeus C.)*, Vollständige Natursystem Mineralreichs, I, Nüm., 1777, S. 85–261.
- Lippmann E.* Abhandl. u. Vorträge z. Geschichte d. Naturwiss., Lpz., 1906, S. 248.
- Litschauer.* Berg- u. Hüttenman. Ztg., 1904, S. 464.
- Liveing S.D.* a. *Dewar J.* Proc. Roy. Soc., 67, 1900, p. 467.
- Liveing S.D.* a. *Dewar J.* Ann. chim. et phys., (7), 22, 1901, p. 482.
- Liversidge A.* Journ. Roy. Soc. N. S. Wales, 27, 1893, p. 287–330.
- Liversidge A.* Chem. News, 70, 1894, p. 199.
- Liversidge A.* Journ. Roy. Soc. N. S. Wales, 29, 1895, p. 336.
- Liversidge A. (1).* Journ. a. proc. Roy. Soc. N. S. Wales, 31, 1897, p. 70–76.
- Liversidge A. (2).* Journ. chem. Soc., 71, 1897, p. 298.
- Liversidge.* Journ. a. proc. Roy. Soc. N. S. Wales, 34, 1900, p. 255–367; 36, 1903, p. 246–282; 40, 1906, p. 161.
- Livingston D.* Explor. dans l'env. d'Afrique Australe, P., 1859, p. 651.
- Lloyd S.J.* Amer. Journ. Sci., (4), 39, 1915, p. 580.
- Lock A.* Gold, L., 1882, p. 746–838.
- Lockyer N.* The meteoric hypothesis, L., 1890.
- Lockyer N. (1).* C. R. Acad. Sci. Paris, 120, 1895, p. 1103.
- Lockyer N. (2).* Chem. News, 72, 1895, p. 283.
- Lockyer N.* Inorganic evolution, L., 1900, p. 73.
- Lodin C.R.* Acad. Sci. Paris, 122, 1896, p. 637–638.
- Loewenstein W.* Gmelin-Kraut's Handbuch d. Mineralogie, V, 3, Heid., 1914. S. 17–22.
- Löhnis.* Cbl. Bacteriol., (2), 14, 1905, S. 582, 713.
- Loisel P. C. R.* Acad. Sci. Paris, 1919.
- Lorenzen J.* Meddel. om Grönl., 4, 1883, p. 147.
- Lorenzen J.* Oefvers. Svenska Vetensk. Akad. Handl., 1884, № 5, S. 190.
- Lorenzo G. de.* Atti Accad. Sci. fis. e matliem., (2), 11, Nap., 1902, № 7.
- Loretz H. N.* Jb. Min., 1883, S. 670–673.
- Losanitsch S.M.* u. *Yovitschitsch M.Z.* Ber. Deutsch. chem. Ges., 30, 1897, S. 135.
- Lotti.* Zschr. prakt. Geol., 1899, S. 354–356.
- Lotz H.* Monatsber. Deutsch. geol. Ges., 1909, S. 135.
- Lotz H., Böhm J.* u. *Weissermel W.* Beiträge geol. Erforsch. deutsch. Schutzgeb., 5, 1913.
- Louis H.* Min. Mag., 10, 1893–1894, p. 241–247.
- Louis H.* Transact. Amer. Inst. Min. Eng., 24, 1894, p. 105. (Перепечатано: Ore deposits, Ed. Emons S., N. Y., 1913, p. 103).
- Löw O. (1).* Ber. Deutsch. chem. Ges., 1881, S. 1145.
- Löw O. (2).* Correspondenzblatt Miner. Zool. Vereius Regensburg, 35, 1881, S. 49.
- Löw O.* Arch. Hyg., 12, 1891, p. 261.
- Lowell P.* The evolution of worlds, N. Y., 1910, p. 231.
- Lucas de.* Ricerche sperim. s. Solfatare di Pozzuoli, 2 ed., N., 1882.
- Lucas H.* Gmelin-Kraut's Handbuch anorg. Ghem., 7 Aufl., III, 2, 1908, S. 2, 46–49, 1008–1080 (8 Aufl., 1926, Lief. 31).
- Ludwig A.* Zschr. Electrochem., 8, 1902, S. 273–275.
- Ludwig F.* Min. u. petr. Mitt., 11, 1891, S. 114.
- Ludwig F.* Arbeiten Natur. Ver. Riga, 11, 1908, S. 194.
- Lummer O.* Verflüssigutig d. Kohle, Br., 1914.
- Lungwitz E.* Über region. Veränderung Goldlagerst., Lpz., 1899, S. 23.
- Luschin v. Ebengreuth A.* Ailgemeine Münzkunde, München, 1904, S. 32.
- Luzi W. (1).* Ber. Deutsch. chem. Ges., 24, 1891, S. 4085–4093.
- Luzi W. (2).* Zsehr. Naturw., 64, 1891, S. 224–259.
- Luzi W. (1).* Ber. Deutsch. chem. Ges., 1892, S. 210.
- Luzi W. (2).* Ber. Deutsch. chem. Ges., 1892, S. 2470.
- Macagno H.* Chem. News, 41, 1880, p. 97.
- Mac Casney.* Bull. U. S. Geol. Surv., 1908, 340, p. 36.
- Macco A.* Zsehr. Deutsch. geol. Ges., 59, 1907, S. 76.

Mac Connell R.G. Ann. Report Geol. Surv. Canada, (1900), 14, 1905, Rep. B., p. 62.
Mac Connell R.G. Rep. gold values in Klondyk high level, Geol. Surv. Canada, 1907, p. 979.
Mac Ivor R.W.E. Chem. News, 55, 1887, p. 191; 57, 1888, p. 64; 82, 1900, p. 272.
McKeehan L. Phys. Rev., (2), 20, 1922, p. 424.
Mackintosh Bell I. Econ. Geol. 1, 1906, p. 749–750.
Maclaren M. Gold, L., 1908, p. 42.
Maclaren M. The persistence of ores in depth, Tor., 1913, (Congrès Géol. du Canada).
Mac Lean H. L'exploitation filonienne au Yukon, Ott., 1915 (Min. des mines).
Mac Lennan J. Nature, 105, 1920, p. 748–779.
Mac Lennan J. Bull. Mines Branch, Dep. of Mines, Ontario, 1919, № 31.
Macmillan Brown J. Maori a. polynesian, L., 1907, p. 44–46.
Mc Neill B. Canad. Min. Journ., 34, 1913, p. 473.
Maey E. Zschr. phys. Chem., 38, 1901, S. 298.
Magli G. Rendic. Soc. cbim. Italiana. (2), 5, 1914, p. 420.
Magnus G. Ann. Phys., 92, 1854, S. 658.
Mäkinen E. Bull. Com. Géol. Finl., № 47, 1916, p. 19.
Makovsky u. Much, Verh. natur. Ver. Brünn, 49, 1906.
Makovsky u. Much, Berg- u. Hüttenm. Rundschau, 4, 1907, S. 19.
Mallet J. (1). Mineralogy India, Calc., 1887, p. 4–8. VII.
Mallet J. (2). Proc. Roy. Soc., 42, 1887, p. 1; 47, 1890, p. 277.
Mamelli e Polacci. Atti Ist. Botan., 14, 1911, p. 159.
Manchot W. u. Kampschulte W. Ber. Deutsch. chem. Ges., 40, 1907, S. 2894.
Maravigna C. Memorie di oritognosia Etnea, 1838, p. 112.
Marchand R. Journ. prakt. Chem., 43, 1848, S. 317.
Marchand R. C. R. Acad. Sci. Paris, 37, 1853, p. 720–721.
Marès H. Journ. pharm. et chim., (4), 11, 1870, p. 219.
Martel E. Evolution souterraine, P., 1908, p. 255.
Martin K. Zschr. Deutsch. geol. Ges., 30, 1878, S. 522.
Martin K. Zschr. Kryst., 29, 1898, S. 278.
Maskelyne Nevil Story. Nature, 44, 1891, p. 555.
Massol G. C. R. Acad. Sci. Paris, 147, 1908, p. 844; 151, 1910, p. 1125–1126.
Masson. Proc. Chem. Soc., 29, 1913, p. 233.
Masson a. Ramsay W. Journ. Chem. Soc., 101, 1912, p. 1370.
Mather W. Amer. Journ. Sci., 24, 1833, p. 227–234.
Matignon C. et Desplantes G. C. R. Acad. Sci. Paris, 140, 1905, p. 854.
Matthey E. Proc. Roy. Soc., 68, 1901, p. 162.
Maurer E. Mitt. Inst. Eisenforsch., 1, 1920, S. 39.
Maw G. Nature, 35, 1886, p. 325.
Mead W.J. Journ. Geol., 15, 1907, p. 238.
Mehring H. Landw. Versuchstationen, 67, 1907, S. 468–476.
MeI drum R. Chem. News, 78, 1898, p. 209.
Mellor E.T. Bull. Inst. Min. Metall., 13, 1916.
Melville W. Amer. Journ. Sci., 43, 1892, p. 509.
Mély F. de. Les lapidaires de l'Antiquité et du Moyen Age, I, P., 1896, p. 19–159.
Mène C. C. R. Acad. Sci. Paris, 64, 1867, p. 1092.
Menier. Manuel de pulverisation, P., 1877, p. 18.
Mennell F.P. Geol. Mag., (5), 1, 1904, p. 263.
Mennell F.P., Transact. Geol. Soc. South Africa, 8, 1906, p. 82.
Mercalli G. I vulcani attivi d. terra, Mil., 1907, p. 392.
Merensky H. (1). Transact. Geol. Soc. South Africa, 10, 1908, p. 110.
Merensky H. (2). Zschr. prakt. Geol., 1908, S. 157–158.
Merensky H. (1). Transact. Geol. Soc. South Africa, 12, 1909.
Merensky H. (2). Zschr. prakt. Geol., 1909, S. 122.
Merrill G. Amer. Journ. Sci., 1, 1896, p. 309–310.
Merrill G. Report U. S. Nation. Mus., (1899), 1901, p. 169–170.
Merrill G. Non metallic minerals, N. II., 1904, p. 9.
Merrill G. Smithson. miscell. collections, 50, 1908, p. 461.

- Merrill G. (1), Report Smithsonian Inst. (1917), Wash., 1919.
- Merrill G. (2), Proc. Nation. Acad. Sci., 5, 1919, p. 37.
- Merrill G. Public. Astron. Soc. Pacific, 1920, № 189.
- Merton. Proc. Roy. Soc., A, 90, 1914, p. 549.
- Meunier St. G. R. Acad. Sci. Paris, 88, 1879, p. 924.
- Meunier St. Les meteorités, P., 1884, p. 103–395.
- Meunier St. C. R. de la VII session du Congrès Géol. Intern., SPb., 1899, p. 157.
- Meunier St. Géologie comparée, P., 1904.
- Meunier St. et Tissandier G. C. R. Acad. Sci. Paris, 86, 1878, p. 450.
- Meyer E. Geschichte Alterthums, I, St., 1884, S. 223.
- Meyer H. Monatshefte Chem., 35, 1914, S. 163.
- Mialock U. Anal. soc. cient. Argent., 79, 1915, p. 267.
- Michel-Lévy A. et Fouqué F. Minéralogie micrographique, P., 1879, pl. 36, f. 2.
- Miers. Proc. Chem. Soc., 1901, p. 24–25.
- Miller W.C. (1). Cobalt-nickel-arsenik a. silverdeposits of Temiskaming, Tor., 1913.
- Miller W.C. (2). Guide Book VII Congr. Geol. Intern., VII, Tor., 1913, p. 51–94.
- Milne J. Proc. Roy. Soc., 77, 1906, p. 369.
- Mingaye J.C. Records Geol. Surv. N. S. Wales, 8, 1905, p. 183.
- Minnich C. Zschr. prakt. Geol., 1911, S. 435, 453.
- Mitscherlich E. Abhandl. Preuss. Akad., (1823), 1825, S. 46.
- Mitscherlich E.A. Bodenkunde, B., 1905, S. 222.
- Mitscherlich E.A. Mitt. Geschichte Mediz. u. Naturwiss., 6, 1907, S. 369.
- Miyoshi Manebu. Journ. Univ. Tokyo, 10, 1897. p. 140.
- Moesta. Über Vorkommen v. Chlor etc. Verbind. Silbers, Marb., 1869.
- Mohr F. Ann. Chem., 179, 1875, S. 275.
- Mohs F. Null's mineralog. Kabinet, III, Wien, 1805, S. 12.
- Mohs F. Leichtfas. Anfangsgünde Naturgesch. d. Mineral., 2 Aufl. (v. Zippe F.), II, W., 1839, p. 484.
- Moissan H. (1). C. R. Acad. Sci. Paris, 116, 1893, p. 294–460.
- Moissan H. (2). C. R. Acad. Sci. Paris, 117, 1893, p. 423.
- Moissan H. C. R. Acad. Sci. Paris, 119, 1894, p. 976; 120, 1895, p. 17.
- Moissan H. (1). Ann. chim. et phys., 1896, 8, p. 308–657.
- Moissan H. (2). C. R. Acad. Sci. Paris, 123, 1896, p. 210–278.
- Moissan H. Le four électrique, P., 1897, p. 53–161.
- Moissan H. C. R. Acad. Sci. Paris, 135, 1902, p. 928, 1279, 1337; 137, 1903, p. 547–605; 138, 1904, p. 936.
- Moissan H. Traité de chimie inorganique, II, P., 1905, p. 194–225.
- Moissan H. C. R. Acad. Sci. Paris, 143, 1906, p. 180.
- Moissan H. et Deslandres H. C. R. Acad. Sci. Paris, 126. 1898, p. 1689.
- Molengraaf G.A. Bull. Soc. Geol. France, (4), 1, 1901, p. 89.
- Montelius O. Kulturgeschichte Schwedens, L., 1906, S. 22–116.
- Moore B. Biochemistry, 1921, p. 101–124.
- Möricke W. Min. u. petr. Mitt., 12, 1891, S. 191.
- Möricke W. Über Gold-, Silber- u. Kupfererzformation Chiles, Fr., 1897, S. 13–37.
- Morley. Amer. Journ. Sci., (3), 22, 1881, p. 417.
- Morren A. Ann. chim. et phys., (3), 1, 1841, p. 456.
- Morren M. Ann. chim. et phys., (4), 21, 1870, p. 334.
- Moss R. J. Scient. Transact. Dublin Roy. Soc., (2), 8, 1904, p. 154.
- Mottura S. Sulia formazione solfif. d. Sicilia, Tor., 1870, (Mem. Carta Geol. Ital., I.)
- Mottura S. Mem. Accad. Torino, (2), 25, 1871, p. 375.
- Moulle. Ann. Mines, 7, 1885, p. 23.
- Moulton F.R. Astrophys. Journ., 22, 1905, p. 165.
- Moureu C. C. R. Acad. Sci. Paris, 139, 1904, p. 854; 142, 1906, p. 1155.
- Moureu C. Revue Scient., 1911, 2 sem., p. 65.
- Moureu C., Journ. chim. phys., 11, 1913, p. 65–145.
- Moureu C. et Biquard R. C. R. Acad. Sci. Paris, 143, 1906, p. 180–797; 146, 1908, p. 436.
- Moureu C. et Lepape A. C. R. Acad. Sci. Paris, 149, 1909, p. 1174.

- Moureu C. et Lepape A.* (1). C. R. Acad. Sci. Paris, 152, 1911, p. 934.
Moureu C. et Lepape A. (2). C. R. Acad. Sci. Paris, 153, 1911, p. 742–1044.
Moureu C. et Lepape A. C. R. Acad. Sci. Paris, 155, 1912, p. 198.
Moureu C. et Lepape A. (1). Ann. Mines, (11), 5, 1914, p. 406–430.
Moureu C. et Lepape A. (2). C. R. Acad. Sci. Paris, 158, 1914, p. 239.
Moureu C. et Lepape A. (3). C. R. Acad. Sci. Paris, 158, 1914, p. 599.
Moureu C. et Lepape A. C. R. Acad. Sci. Paris, 171, 1920.
Much M. Die Kupferzeit in Europa, 2 Aufl., Jena, 1893, S. 302–356.
Much M. Die Trugspiegelungen orient. Kultur in vorgesch. Zeitalter, Jena, 1907, S. 116.
Mügge O. N. Jb. Min., 1898, II, S. 152; 1899, II, S. 70.
Muir Patisson M. A history of chem. theories, L., 1909, p. 181.
Müller H. Cotta's Gangstudien, III, 1860, S. 106–123.
Müller H. Freibergs Bergrevier, Lpz., 1891, S. 31.
Müller H. Die Erzgänge Freiburger Bergrevieres, Lpz., 1901, S. 3, 156–169.
Müller W. Ann. Phys., 122, 1864, S. 144.
Muñoz del Castillo J. Arch. Sci. phys. et nat., (4), 25, 1908, p. 349.
Münster C.A. Kongsbergs Ertsdistrikt, Chr., 1894, S. 11–80.
Mintz A. et Coudon H. C. R. Acad. Sci. Paris, 116, 1893, p. 395.
Murray. The Museums, I, Glasgow, 1904, p. 20.
Murray J. Proc. Roy. Soc. Edinburg, 9, 1878, p. 258.
Murray J. Scottisch Geogr. Mas., 16, 1900, p. 673.
Murray J. Geogr. Mag., 19, 1902, p. 700.
Murray J. a. Hjort J. The depths of the Ocean, L., 1912, p. 181–370.
Murray J. a. Irving R. Transact. Roy. Soc. Edinburg, 1893, p. 481.
Murray J. a. Renard A. Report on Deep Sea deposits, L., 1891 (Rep. Scient. results of the voyage of Challenger), S. 327–330.
Muthmann W. Zschr. Kryst., 17, 1890, S. 336–346.
Mütsckler L. Zschr. f. Untersuch. Nahr. u. Genussmittel, 2, 1899, S. 484.
- Nasini R.* Atti Accad. Lincei, 13, 1, 1904, p. 217–368.
Nasini R. e Anderlini F. Gaz. chim. ital., 25, 2, 1895, p. 508; 28, 1898, p. 100–110.
Nasini R. e Anderlini F. Atti Accad. Lincei, 13, 1, 1904, p. 371; 14, 2, 1905, p. 70.
Nasini R., Anderlini F. e Salvadori R. Mem. Accad. Lincei, (5), II, 1897, p. 388.
Nasini R., Anderlini F. e Salvadori R. (1), Atti Ist. Veneto, 9, 1898, p. 1371.
Nasini R., Anderlini F. e Salvadori R. (2), Gaz. chim. ital., 28, 1898, p. 110; 30, 1, 1900, p. 189–190.
Nasini R. e Levi M. (1). Atti Accad. Lincei, (5), 17, 2, 1908, p. 48, 432–551.
Nasini R. e Levi M. (2). Gaz. chim. ital., 38, 1, 1908, p. 192.
Nasini R. e Porlezza C. Atti Accad. Lincei, (5), 21, 1912, p. 740–803.
Nason F. Bull. Amer. Inst. Min. Eng., 1912, 67, p. 695.
Nathansohn A. Mitt. Zool. Station Neapel, 15, 1902, S. 655.
Natterer K. Denkschr. Akad. Wiss., Naturwiss. Kl., 60, 1893 (Ber. Com. Erforsch. Mittelmeer.), S. 70; 61, 1894, S. 32–33; 65, 1898, S. 501.
Nauckhoff R. Min. u. petr. Mitt., 5, 1874, S. 112.
Naumann C. Krystallographie, Lpz., 1830.
Navarro F. Bol. Soc. Espan. Hist. Nat., 4, 1904, p. 431.
Neogi P. Iron in ancient India, C., 1914 (Bull. hid. Assoc. adv. Sci., № 12).
Nernst W. Theoretische Chemie, 5 Aufl., St., 1907, S. 18–406.
Neuburg F. Zschr. gesamt. Staatswiss., 56, 1900, S. 46–334.
Neuburger M. Vorgeschichte d. anlitox. Therapie, St., 1901, S. 23–58.
Neuburger M. Zschr. anorg. Chem., 212, 1933, S. 40–41.
Neumann B. Zschr. Berg-, Hütten-u. Salinenwesen in Preuss. St., 51, 1903, S. 977.
Neumann B. Geschichte d. Metalle, Halle, 1904, S. 56–385.
Neumann F. Einleitung in die theor. Physik, Lpz., 1883.
Neumann u. Partsch. Phys. Geographie Griechenland., Lpz., 1885, S. 223.
Newberry. Transact. a. proc. Roy. Soc. Victoria, 9, 1868, p. 54–59.
Niederle. Slovanské starožitnosti, I, 2, Pr., 1904, p. 262.

- Niklewsky B.* Jb. wissensch. Botan., 48, 1910, S. 113.
- Nikolau T.* Meddel. Grönl., 24, 1901, p. 230–248.
- Nöggerath J.* Zsc.br. Deutsch. geol. Ges., 6, 1854, S. 674–688.
- Nöggerath J. N.* Jb. Min., 1861, S. 133.
- Nordenskiöld A.* Ann. Phys., 96, 1855, S. 110.
- Nordenskiöld A.* Beskrifning Finland fun. mineral., 2 up., Hels. 1863, p. 4–5.
- Nordenskiöld A.* (1). Oefv. Svenska Vetensk. Akad. Handl., 27, 1870, p. 1058–1069.
- Nordenskiöld A.* (2). Ann. Phys., 140, 1870, S. 336. Nordenskiöld A., Geol. Mag., 9, 1872.
- Nordenskiöld A.* G. R. Acad. Sci. Paris, 77, 1873, p. 187–464.
- Nordenskiöld A.* (1). C. R. Acad. Sci. Paris, 78, 1874, p. 237.
- Nordenskiöld A.* (2). Ann. Phys. u. Chem., 151, 1874, S. 156.
- Nordenskiöld A.* Studien u. Forschungen, Lpz. 1885, S. 132–207.
- Nordenskiöld A.* Grönland, deutsche Ausg., Lpz., 1886, S. 198.
- Nordenskiöld A.* Meteorol. Zschr., 11, 1894; S. 215–216.
- Nordenskiöld G.* (1). Bull. Geol. Inst. Univ. Uppsala, 4, 1899, p. 29.
- Nordenskiöld G.* (2). Zschr. prakt. Geol., 1899, S. 81.
- [*Hupal's A.W.*]. Nordische Miscellaneen, 4, 1782, S. 282.
- Nordström Th.* Oefvers. Vetensk. Ak. Förh., 28, 1871, S. 462.
- Ochmichen H.* Zschr. prakt. Geol., 1899, S. 271.
- Ochsenius C.* Zschr. prakt. Geol., 1898, S. 154.
- Oebbecke K. u. Schwarz M.* Zschr. Metallkunde, 12, 1920, S. 505.
- Oesh.* Zschr. Berg-, Hüttenm. u. Salinenwesen in Preuss. St., 1908, № 26.
- Ogg A.* Zschr. phys. Chem., 27, 1898, S. 307.
- Ogg A.* Phil. Mag., 42, 1921, p. 163.
- Ogier J. et Bonjean E.* Traité d'hygiène, II, P., 1906, p. 356.
- Ohlmüller Arbeiten K.* Gesundheitsamte, 20, 1904, S. 246–288.
- Oinoui J.* Journ. Geol., 24, 1916, p. 806.
- Olie J.o. Byl A.* Verh. Wis. Nat. Afd. Akad. Wett., 25, 1917.
- Olshausen.* Zschr. Ethnol., 37, 1905, S. 86; 39, 1907, S. 369.
- Oppert G.* Zschr. Ethnol., 35, 1903, S. 219.
- Oppert G.* Beiträge Geschichte d. Chemie, d. Gedächtn. v. F. W. Kahlbaum, W. u. L., 1909, S. 127–132.
- Osann.* Ann. Phys. u. Chem., 8, 1826, S. 505; 11, 1827, S. 313–318; 13, 1828, S. 296; 15, 1829, S. 158.
- Osmond F.* Ann. Mines, (9), 17, 1900, p. 110–137.
- Osmond F. et Cartaud G.* Ann. Mines, (9), 18, 1900, p. 113.
- Osmond F. et Cartaud G.* C. R. Acad. Sci. Paris, 137, 1903, p. 1057.
- Osmond F. et Cartaud G.* (1). C. R. Acad. Sci. Paris, 142, 1906, p. 1532.
- Osmond F. et Cartaud G.* (2). Revue de métallurgie, Mémoires, 3, P., 1906, p. 490–492.
- Ostwald W.* Lehrbuch allgem. Chemie, 2 Aufl., Bd. II, Th. III, 2, Lpz., 1906, S. 217.
- Owen E. a. Preston G.* Proc. Phys. Soc. London, 36, 1923, p. 49.
- Pacini D.* Phvs. Zschr., 11, 1910, S. 227.
- Page T.* Proc. Phys. Soc. London, 24, 1912, p. 138.
- Palmen K.* Atlas Finlande, 1911, texte I, № 34–36, p. 27.
- Palmer C. a. Bastin E.S.* Econ. Geol., 1913.
- Palmieri L.* Rendicouti Accad. sci. fis. e mat. Napoli, 20, 1881, p. 233; 1, 1895.
- Pamfil G. et Baume G.* Anuaral last. Geol. al Românici, 4, (1910), 1912, p. 497–509.
- Panichi U.* Solfo di Muthmann ossorvata al Is. di Vulcano Reg. Cal., 1911.
- Panichi U.* Gbl. Geol., 18, 1912, S. 253.
- Papp K.* Zschr. prakt. Geol., 1906, S. 305–311.
- Papp G.* Földtany Közlöni, 40, 1910, p. 403–409.
- Park J.* Transact. a. proc. N. Zeal. lust., 24, 1892, p. 384; 35, 1903, p. 404.
- Parravano N. e Cesaris P. de.* Gaz. chim. ital., 42, 1, 1912, p. 341.
- Parris I. a. Black E.* Proc. Gamb. Phil. Soc., (5), 17, 1915, p. 353.
- Parsons G.L.* Notes on mineral wastes, Wash., 1912, p. 10–31 (Bull. Bureau Mines, № 47).

- Partsch P.* Die Meteoriten, Wien, 1843, S. 144.
- Patisson Muir M.* см. *Muir Patisson*.
- Pearce R.* Proc. Color. Scient. Soc., 2, Denv., 1885, p. 2–3; 3, 1889, p. 238–244.
- Pearce R.* Transact. Amer. Inst. Min. Eng., 18, 1890, p. 451.
- Pearson G.* Experiments a. observations investigating hem. history of tepid springs of Buxton, I–II, L., 1784.
- Peary R.E.* Northward over the «Great Ice», II, L., 1898, p. 553–613.
- Pechard.* Traite chimie inorgan. (publ. par H. Moissan), V, P., 1906, p. 649.
- Pelilot.* Ann. chim. et phys., (3), 51, 1857, p. 373.
- Pelikan.* Verhandl. Geol. Reichsanst., Wien, 1894, S. 422.
- Pennock I. D.,* Journ. industr. a. eng. chem., 4, 1912, p. 172.
- Penrose.* Journ. Geol., 15, 1907, p. 735.
- Perdrizet P.* Klio, 10, 1910, p. 1.
- Pesendorfer F.* Chem. Ztg., 29, 1905, S. 359.
- Peters F.* Gmelin-Kraut's Handbuch anorg. Chem., 7 Aufl., V., 1908, S. 627; (8 Aufl., 1926, Lief. 60).
- Peters K.* Im Goldlande d. Alterthums, München, 1902.
- Petrie Flinders.* Ancient Egypt, I, 1915.
- Petschek P.* Studien über Gase, Weida, 1911, S. 46.
- Pettenkofer M.* Arch. Hyg., 12, 1891, S. 269.
- Petterd W.* Catalogue minerals Tasmania, 1896, p. 11.
- Petterd W.* Miner. Collector, IX, N.Y., 1902, p. 130.
- Petterd W.F.* Catalogue minerals Tasmania, nouv., 1910, p. 28.
- Pettersson O.* Bihangt Sv. Vet. Akad. Hand., 19, 2, 1894, № 4.
- Pfaffius S.* Pamietnik Fiziograf., VI, Warszawa, 1886, p. 40.
- Pfitzmaier P.* Sitzb. Wien. Akad. Wiss., Hist.-phil. Klasse, 58, 1886, S. 221–226.
- Phalen W.S.* Smithsonian Miscellan. Coll., 45, 1903, p. 198–199.
- Phillips.* Quart. Journ. Chem. Soc., IV, 1852, p. 252.
- Phillips J.* Treatise on ore deposits, L., 1884, p. 73; 2 ed., 1896, p. 20–640.
- Phillips W.* Elem. introduction miner., 1823, p. 327; New ed., 1852, p. 127.
- Phipson T. C. R.* Acad. Sci. Paris, 55, 1862, p. 218.
- Phipson T.* Chem. News, 67, 1893, p. 51.
- Phipson T.* Research on the past a. present history of Earth's atmosphere, L., 1901, p. 42–70.
- Pickel G.* Zschr. anorg. Chem., 38, 1904, S. 307.
- Pickering E.C.* Astrophys. Journ., 14, 1901, p. 368.
- Pictet.* Ann. Phys., 72, 1822, S. 436.
- Piddington H.* Journ. Asiatic Soc. Bengal., 24, 1856, p. 250.
- Pilla L. G. R.* Acad. Sci. Paris, 17, 1843, p. 889.
- Pilla L.* Sopra produzione fiammo di volcani, Lucca, 1844.
- Piña de Rubiis S.* Arch. Sci. phys. et nat., 41, 1916, p. 475.
- Piña de Rubiis S.* Bol. Soc. Españ. Hist. Nat., 47, 1917, p. 143.
- Pisani F. C. R.* Acad. Sci. Paris, 75, 1872, p. 1274.
- Pittman E. (1).* Mineral resources N. S. Wales, Sydn., 1901, p. 8–78, 392.
- Pittman E. (2).* Ore deposits N. S. Wiles, Sydn., 1601, p. 62.
- Piutti A.* Rendis. Accad. Sci. fis. Napoli, (3), 16, 1909, p. 203–211.
- Piutti A. (1),* Renic. Accad. Sci. fis. Napoli, 16, 1910, p. 31.
- Piutti A. (2).* Gaz. chim. ital., 40, 1, 1910, p. 439–487.
- Piutti A.* Radium, 8, 1911, p. 13–14.
- Piutti A.* Rendic. Accad. Line., 22, 1913, p. 140.
- Planche.* Journ. pharm., 8, 1822, p. 371.
- Plauchud E. C. R.* Accad. Sci. Paris, 84, 1877, p. 235.
- Playfair J.* Illustrations Huttonian theory, Ed., 1802, p. 10.
- Plinius C.* Natural is Historiae, XXXIII, 19–21. Die Naturgeschichte, VI (übers G. Wittstein), L., 1882, S. 24.
- Poggendorff J.C.* Ann. Phys., 7, 1826, S. 528; 16, 1829, S. 168.
- Poggendorff J.C.* Biograph. Lexicon, II, Lpz., 1863, S. 1182–1190 (работы Vauquelin).
- Pogue I.E.* Smithsonian miscellan. Coll., (4), 5, 1910, p. 477–483.

- Pöhlmann R.* Verhandl. Deutsch. naturf. Ges., Santiago de Chile, IV, 1899, S. 307.
- Poincaré L.* Physique moderne, son évolution, P., 1906 p. 95–96, 120.
- Pollacci E.* Rendic. Ist. Lombardo Sci., 7, 1874, p. 238–242; 8, 1875, p. 268–270.
- Pontie A.* Chem. News, 122, 1921, p. 38.
- Porlezza C.* Giorn. chim. ind. ed appl., 2, 1920, p. 638–687.
- Porlezza C. e Norzi G.* (1). Rendic. Accad. Lincei, (5), 20, 1911, I, p. 932.
- Porlezza C. e Norzi G.* (2). Rendic. Accad. Lincei, (5), 20, 1911, II, p. 333, 338.
- Porlezza C. e Norzi G.* Gaz. chim. ital., 43, 1913, p. 118.
- Pošepny F.* (1). Genesis Erzlagerst., 1895, S. 314.
- Pošepny F.* (2). Arch. prakt. Geol., 2, 1895, S. 165–583.
- Posewitz T.* Borneo, 1889, S. 240–322.
- Pouchet.* Sur l'ambre gris, P., 1893.
- Prandtl W.* Gmelin-Krauts Ikmdbuch anorg. Chem., 7. Aufl., I, 1907, S. 50–822; (8. Aufl., 1926, Lief. 1, 3).
- Pražmovski A.* Anzeiger Akad. Wiss. Krakau, 1912, S. 924.
- Precht H.* Ber. Deutsch. chem. Ges., 12, 1879, S. 558–559; 13, 1880, S. 2326.
- Pring J.* Proc. Roy. Soc., 90, 1914, p. 204.
- Pring H.* Sci. Progr., XX cent., 9, 1915, p. 448.
- Prinz W.* Bull. Soc. Beige Géol., 22, 1908, p. 82.
- Pritchard W.A.* Transact. Amer. Inst. Min. Eng., 34, 1904, p. 454.
- Proust J.B.* Ann. hist. nat., I, 1799, p. 51.
- Proust J.B.* Ann. Chim., 38, 1801, p. 167.
- Proust J.B.* Journ. phys., 61, 1805, p. 272.
- Prytz K. u. Torkelson T.* Oversigt K. Danske Vidensk Selsk. Forhandl. Kj., 1905, S. 340.
- Pumpelly R.* Amer. Journ. Sci., (3), 2, 1871, p. 243–347.
- Pumpelly R.* Proc. Amer. Acad. Sci., 13, 1878, p. 253–308.
- Purdué A.H.* Econ. Geol., 3, 1908, p. 525.
- Pusch J. B.*, Geognost. Beschreibung Polen, II, St. u. Tüb., 1836, S. 363.
- Pütter A.* Ernährung Wassertiere u. Stoffaushalt d. Gewasser, Jena, 1909, S. 129–130.
- Putz H.* Jahresber. nat. hist. Ver., 21, 1911, S. 1.
- Quercigh E.* Atti Accad. Lincei, (5), 32, 1923, p. 249.
- Quiring H.* Zschr. Berg-, Hüttenm. u. Salinenwesen in Preuss St., 67, 1919, S. 266.
- Raimondi A.* Minéraux Perou, P., 1878, p. 146–180.
- Ramirez P.* Noticia histor. riqueza minera Mexico, Mex., 1884, p. 25–143.
- Rammelsberg C.F.* Handwörterbuch chemisch. Theils d. Mineralogie, B., 1841, Ergänzt. I–V, 1843–1853.
- Rammelsberg C.F.* Handbuch Mineralchemie, 2 Aufl., I–II, L., 1875, Ergänzt. I–II, Lpz., 1886–1895, S 1.
- Rammelsberg C.F.* Systemat. Übersicht Mineralien, B., 1889.
- Ramsay W.* (1). Chem. News, 71, 1895, p. 151.
- Ramsay W.* (2). Journ. chem. Soc., 67, 1895, p. 688.
- Ramsay W.* The gases of atmosphere, L. 1896.
- Ramsay W.* (1). Ann. chim. et phys., (7), 13, 1898, p. 437–445.
- Ramsay W.* (2). Ber. Deutseh. chem. Ges., 31, 1898, S. 3113.
- Ramsay W.* Proc. Roy. Soc., A, 71, 1903, p. 426.
- Ramsay W.* (1). Chem. News, 91, 1905, p. 203.
- Ramsay W.* (2). Proc. Roy. Soc., A, 76, 1905. p. 116.
- Ramsay W.* (1). Essays, L., 1908, p. 217.
- Ramsay W.* (2). Proc. Roy. Soc., A, 80, 1908, p. 599.
- Ramsay W.* Chem. News, 105, 1912, p. 134.
- Ramsay W. a. Soddy F.* (1). Nature, 68, 1903, p. 246.
- Ramsay W. a. Soddy F.* (2). Proc. Roy. Soc., A, 72, 1903, p. 204.
- Ramsay W. a. Soddy F.* Proc. Roy. Soc., A, 73, 1903.
- Ramsay W. a. Travers M.W.* Journ. Chem. Soc., 67, 1895, p. 684.

Ramsay W. a. Travers M.W. Proc. Roy. Soc., A, 60, 1896, p. 144–447; A, 76, 1905; A, 80, 1908, p. 599.

Randall-Macivior D. (1). Report Brit. Assoc. advanc. Sci. South Africa (1905), L., 1908, p. 303.

Randall-Macivior D. (2). Mediaeval Rhodesia, L., 1906, p. 102.

Randall-Macivior D. (3). Geogr. Journ., 27, 1906, p. 325.

Ranyard A. C., Month. Notices Roy. Astron. Soc., 39, 1879, p. 163.

Rath G.N. Jb. Mia., 1873, S. 584.

Rath G. Ann. Phys., Evgbd. VI, 1874, S. 356–359.

Rath G. (1). Sitzb. Niederrh. Ges. 1877, S. 73.

Rath G. (2). Zschr. Kryst., 1, 1877, S. 1; 2, 1878, S. 169; 3, 1879 S. 12.

Ray Chandra P. History Hindu chemistry, I, Oxf., 1902, p. 86–87; II, Calc. 1909, p. 40.

Rayleigh. Chem. News, 72, 1895, p. 223.

Rayleigh (1). Chem. News, 73, 1896, p. 247.

Rayleigh (2). Proc. Roy. Soc., 59, 1896, p. 206.

Rayleigh (3). Proc. Roy. Soc., 60, 1896, p. 56.

Rayleigh. Phil. Mag., (6), 3, 1902, p. 416.

Rayleigh. Nature, 105, 1920, p. 588.

Rayleigh. Proc. Roy. Soc., A, 100, 1922, p. 376.

Rayleigh a. Ramsay (1). Chem. News, 71, 1895, p. 51.

Rayleigh a. Ramsay (2). Phil. Transact., A, 185, 1895, p. 225.

Rayleigh a. Ramsay (3). Phil. Transact., A, 186, 1895, p. 227.

Read T. Eng. a Min. Journ., 79, 1905, p. 985.

Read T. Transact. Amor. Inst. Min. Eng., 37, 1907, p. 66–83.

Regener E. Ann. Phys., 23, 1908, S. 1033.

Regnard P. C. R. Soc. biol., 1892.

Regnault V. C. R. Acad. Sci. Paris, 28, 1848, p. 155.

Regnault V. Ann. chim. et phys., (3), 38, 1852, p. 385–402.

Regnault V. et Reiset J. C. R. Acad. Sci. Paris, 28, 1848, p. 11.

Reichardt E. Acta Leopold. Akad., Jena, 1880, p. 639.

Reichardt E. Arch. Pharm., 206, 1875, S. 197–210.

Reichenbach. Ann. Phys., 105, 1858, S. 483–555.

Reichenbach. (1). Ann. Phys. u. Chem., 108, 1859, S. 478–485.

Reichenbach. (2). Verhandl. Geol. Reichsanst., 1859, S. 53.

Reicher L.T. Zschr. Kryst., 8, 1884, S. 603.

Reinach T. Histoire par les monnaies, P., 1902, p. 31–65.

Reincke J. Ber. Deutsch. botan. Ges., 21, 1903, S. 372–482; 22, 1904, S. 100.

Reinders W. Zschr. phys. Chem., 54, 1904, S. 654.

Reineggs (Ehlich), Allgem. Beschreibung Kaukasus, II, 1797, S. 138.

Reinwardt. Journ. Chem. u. Phys., 3, 1827. S. 330.

Renaudet. Revue des idées, 1907, № 38, p. 133.

Renk F. Handbuch d. Hygiene, I, 2, Lpz., 1886, S. 55.

Reppert H. Ein gelbes braunes u. graues Arsen, Halle, 1907.

Retgers. Zschr. phys. Chem., 9, 1892.

Reuning E. Zschr. prakt. Geol., 1908, S. 483.

Reuss A. Sitzb. Wien. Akad. Wiss., 25, 1857, S. 545–549.

Revers F. Discussion sur l'antiquité de découverts et usage du platine, P., 1827.

Reyer E. Theoretische Geologie St., 1888, S. 127.

Reyer E. Geologische Principienfragon, Lpz., 1907, S. 53.

Rhodes. Eng. a Min. Journ., 77, 1904, p. 730.

Richardson G. Contributions to Econ. Geol., (1904), Wash., 1905, p. 481.

Richardson G. a. Wallace E. Journ Soc. chem. ind., 21, 1902, p. 317.

Rickard T. Transact. Amor. Inst. Min. Eng., 20, 1892, p. 463; 21, 1893, p. 686.

Rickard T. (1). Transact. Amer. Inst Min Eng., 22, 1894, p. 289.

Rickard T. (2). Proc. Color. Sci. Soc., Denv., 1894, p. 325–329.

Rickard T. Transact. Inst. Min. a. Mat., 6, 1898, p. 194.

Rickard T. Transact. Amer. Inst. Min. Eng., 28, 1899, p. 497; 30, 1901, p. 711–713; 31, 1902, p. 207–215.

Rickard T. The copper mines of Lake Superior, 1905.
Rickmers. Geogr. Journ., 14, 1899, № 6, p. 606.
Ridgeway. Rep. Brit. Assoc. advanc. Sci., (1907), L., 1908, p. 644.
Ries H. Econ. Geol. United States, N. Y., 1905, p. 43–333.
Riess L. Zschr. Soc. u. Wirtschaftsgesch., 6, 1898, S. 144.
Ringer. Zschr. anorg. Chem., 32, 1902, S. 183.
Rinne F. Cbl. Min., 1902, S. 499–500.
Rinne F. N. Jb. Min., I, 1905, S. 122–148.
Rinne F. Zur chem.-min. Erforsch, deutsch. Kalisalzlag., Lpz., 1910, S. 12.
Rio A. de I. Ann. chira., 29, 1825, p. 137.
Ritter. Die Erdkunde, VI, 2, 1836, S. 344.
Ritter. Untersuchungen über die Höhe d. Atmosphäre u. Konstitution d. gasförmigen Weltkörper, 1878.
Ritter. Anwendungen mechan. Wärmetheorie auf kosmol. Probl., Hann., 1879, S. 9.
Rivot L. C. R. Acad. Sci. Paris, 28, 1849, p. 317.
Roberts-Austen, см. *Austen-Roberts*.
Rochata G. Jb. Geol. Reichsanst., 28, 1878. S. 217–253.
Rogers A. An introduction to the geology of Cape, L., 1905, p. 333–343.
Rogers A. et du Toit A.L. Transact South African Phil. Soc., 15, 1904, p. 61–81.
Romé De l'Isle (1). Cristailographie, I, 2 ed., P., 1783, p. 420.
Romé De l'Isle (2). Cristailographie, III, 1783, p. 432–474.
Römer F. N. Jb. Min., 1848, S. 310.
Romocki S. J., Geschichte d. Explosifstoffe, I, B., 1895, S. 8–185.
Ronciere C. de la. Revue de deux Mondes, 13, 1923, p. 663–670.
Roozeboom B. (1). Heterogene Gleichgewichte, I, Br., 1901, S. 179–180.
Roozeboom B. (2). Phaselehre, 1901, S. 179.
Rose G. Ann. Phys., 23. 1831, S. 161–202; 29, 1833, S. 452.
Rose G. Miner-geogn. Reise nach Ural, I, B., 1837, S. 161–539.
Rose G. (I). Geol.-miner. Reise nach Uralgeb., II, B., 1842, S. 23–459.
Rose G. (2). Ann. phys., 55, 1842, S. 329–331; 61, 1845, S. 533.
Rose G. Abhandl. Preuss. Akad. (1849), 1851, S. 73–98.
Rose G. Monatsb. Preuss. Akad. (1872), 1873, S. 516–535.
Rose G. u. Sadebeck A. Abhandl. Preuss. Akad. (1876), 1877, S. 85.
Rose H. Ann. Phys., 98, 1856, S. 353.
Rosenbusch H. Elemente d. Gesteinslehre, St., 1898, S. 500.
Rosenbusch H. Mitt. Bad. geol. Landesanst., 4, Heid., 1900, S. 21.
Rosenheim O. Chem. News, 86, 1902, p. 247.
Ross J. Entdeckungsreise um Baffinsbay, L., 1820, S. 52.
Ross O.C. Chem. News, 64, 1891, p. 191.
Rossi G. de. Cbl. Bacteriol., II Abt., 18, 1907, S. 289.
Rossignol J.P. Les métaux dans l'antiquité, P., 1863, p. 214.
Rössing A. Geschichte d. Metalle, B., 1901, S. 254.
Rössler F. Zschr. anorg. Chem., 9, 1895, S. 70.
Roth J. Zschr. Deutsch. geol. Ges., 17, 1865, S. 600.
Roth J. Ailgem. u. chemische Geologie, I. B., 1879, S. 106–602; II, 1883, S. 107; III, 1890, S. 316–436.
Roth W. u. Wallasch H. Zschr. Elektrochem., 21, 1915, S. I.
Roush G. Mineral Industry, 1913, p. 29; 1914, p. 364.
Royer Le. см. *Le Royer*.
Rücker W. Einiges über Goldvorkommen in Bosnien, Wien, 1896.
Rudler. Handbook to a collection British minerals, L., 1905, p. 129–233.
Rudzki T. Physik d. Erde, Lpz., 1911, S. 274.
Ruer R. Zschr. anorg. Chem., 51. 1906, S. 393.
Ruer R. a. Goernons F. Ferrum, 13, 1916, p. 11.
Ruhland G. Zschr. ges. Staatswis., 47, 1891, S. 505.
Ruhr R. Metallurgie, VI, 1909, S. 679.
Runge C. Astrophys. Journ., 18, 1903, p. 382.

Runge C. Nachricht. Ges. Wiss. Göttingen, Math.-ph. Klasse, B., 1911, S. 109.
Russel. Mount Lyell Mines, L., 1896, p. 16–65.
Russel J.C. Transact New York Acad. Sci., I, 1882, p. 170–172.
Russell F. The atmosphere in relation to human life (Smithsonian Miscellan. Coll., 1072), Wash., 1896, p. 44.
Russell F. a. Appleyard A. Tourn. Agr. Scient. Soc., (1915), 1920, p. 1–44.
Rutherford E. (1). Die Radioaktivität, B., 1907, S. 499–553.
Rutherford E. (2). Nature, 76, 1907, p. 661.
Rutherford E. a. Soddy F. Phil. Mag., (6), 4, 1902, p. 581.

Sabatier P. Deuxième supplement au dictionnaire de chimie, 6, P., 1907, p. 666.
Sachse. Zschr. phys. Chem., 10, 1893, S. 203.
Sackett W. Cbl. Bacteriol., II Abt., 34, 1912, S. 81.
Sacy S. de. Chrestomatie arabe, III, 2 ed., P., 1827, p. 390–464.
Sadebeck A. Min. u. petr. Mitt., 1, 1878, S. 293.
Sahlbom N. Arkiv Kemi, 6, 1915, № 3, S. 18.
Sainte Claire Deville Ch. Bull. Soc. géol. France, 14, 1857, p. 262.
Sainte Claire Deville Ch. et Le Blanc F. (1). Ann. chim. et phys., (3), 52, 1858, p. 61.
Sainte Claire Deville Ch. et Le Blanc F. (2). C. R. Acad. Sci. Paris, 47, 1858, p. 317.
Sainte Claire Deville H. et Debray H. Ann. chim. et phys., 56, 1859, p. 440–482.
Sainte Claire Deville H. et Debray H. Ann. Mines, (5), 18, 1860, p. 526.
Sainte Claire Deville H. et Debray H. Ann. chim. et phys., (5), 4, 1875, p. 538.
Sainte Claire Deville H., Fouqué F. et Le Blanc F. C. R. Acad. Sci. Paris, 55, 1862, p. 76.
Salet G. Dictionnaire de chimie ed. Wurtz (s a.), II, 1, p. 720.
Sanderson J.C. Phys. Zschr., 13, 1912, S. 142.
Sanderson J.C. Amer. Journ. Sci., 39, 1915, p. 391.
Santini de Riols E.N. Les pierres magiques, P., 1905, p. 86.
Sarlin E. Meddel. Industr., 1902, № 32.
Sartorius v. Waltershausen W. u. Lasaulx A. Der Aetna, II, L., 1880, p. 535–536.
Satterly J. Proc. Cambr. Phil. Soc., 16, 1911, p. 355–532.
Sauer M. An account geogr. a. astronom. Expedition to the north parts of Russia, L., 1802, p. 217.
Scaliger J.C. Exotericarum exercitationum. Liber XV. De subtilitate, Fr., 1582, p. 323.
Schafhäutl C. Journ. prakt. Chem., 21, 1840, S. 155.
Scheerer. Zschr. Berg-, Hüttenm.-u. Salinenwesen Preuss. St., 59, 1911, S. 204–221.
Scheffer H.T. Kgl. Sv. Vetensk. Akad. Handling., 13, 1752, S. 269–276.
Scheins M. De Electro veterum metallico, B., 1871, p. 31.
Schelenz H.E. Arch. Pharm., 227, 1889, S. 224.
Schenck F. u. Heller W. Ber. Deutsch. chem. Ges., 38, 1905, S. 2139; 40, 1907, S. 1704.
Schlasintweit A. u. H. Untersuchungen über physikalische Geogr. d. Alpen, L., 1850, S. 19–20.
Schleicher A. a. Gürtler W. Zschr. Electrochem., 20, 1914, S. 237.
Schlenck W. Gmelin-Kraut's Handbuch anorg. Chem., 7 Aufl., I, 1907, S. 168–292; (8 Aufl., 1926, Lief. 4).
Schloesing A.T. Introduction a l'étude de chimie agricole, P., 1885 (Encycl. chim. de Fremy).
Schloesing T. Ann. chim. et phys., (6), 23, 1891, p. 375.
Schloesing T. C. R. Acad. Sci. Paris, 121, 1895, p. 525–604; 123, 1896, p. 696.
Schloesing T. Ann. Mines, (9) 11, 1897, p. 14–36.
Schmeisser C. (1). Verhandl. Silbercomiss., B. 1895, 23, S. 33.
Schmeisser C. (2). Ober Vorkommen u. Gewinnung nutzbaren Mineralien in Transvaal, B., 1895, S. 33.
Schmeisser C. Goldfelder Australasiens, B., 1897, S. 61–103.
Schmidt. Zschr. Kryst., 29, 1898, S. 210.
Schmidt R. Ber. Deutsch. phys. Ges., 1906, S. 277.
Schmitz. Zschr. Deutsch. geol. Ges., 4, 1852, S. 712.
Schneider E. (1). Ber. Deutsch. chem. Ges., 1891, S. 2247.
Schneider E. (2). Journ. prakt. Chem., 43, 1891, S. 317.
Schönbein C. F., Ann. Chem., 124, 1862, S. 7.
Schrader O. Sprachwissenschaft u. Urgeschichte, II, Jena, 1906, S. 30.

- Schrauf A.* Ratal. Biblioth. Hofmineralienkabinets in Wien, 1864, S. 5–40.
- Schrauf A.* Min. Mitt., 1873, S. 53; 1875, S. 56.
- Schrauf A.* Ann. Phys., 22, 1884, S. 424.
- Schrauf A.* Jb geol. Reichsanst. 41, 1891, S. 381–383.
- Schüler G. N.* Jb. Min., 1833, S. 407.
- Schultze E.* Arch. Gesch. Naturwiss., 2, 1910, S. 351.
- Schultze.* Lithia herzynica, L., 1895 p. VII.
- Schumacher F.* Zschr. prakt. Géol., 20, 1912, S. 15.
- Schurtz H.* Forschung. zu deutsch. Landes- u. Volkskunde, 5, 1891, S. 144.
- Schwantke A.* Cbl. Min., 1901, S. 166.
- Schwantke A.* Sitzb. Preuss. Akad. Wiss., 1906, S. 853–860.
- Schwarz E.H.* (1). Causal geology L., 1910. p. 91–240.
- Schwarz E.H.* (2). South African Revue, 1910, April.
- Schwarz E.H.* Transact. Géol. Soc. Africa 19, 1917, p. 33.
- Schweigger J.* Journ. prakt. Chem., 34, 183–5. S. 385.
- Schweigger J.* Über Electron d. Alten, 1848.
- Seamon.* Chem. News, 46, 1882, p. 216.
- Sederholm J.* Bull. Com. Géol. Finl., 1898, 6.
- Sederholm J. C. R.* de la IX Session Congrès Géol. Vienne, 1904, p. 612.
- Sederholm J.* Bull. Com. Géol. Finl., 1907, № 23, p. 94.
- Sederholm J.* Atlas de Finlande, texte I. carte № 3, Hels., 1911, p. 8–21.
- Seegen.* Die Heilquellenlebre, 1862, S. 188.
- Sefström N. L.* Jernkontorets Ann., 12, (1828), 1829, S. 145.
- Seligmann G.* Verhandl. naturhist. Ver. Preuss. Rheinl., 33, 1876, S. 261.
- Sella.* Rendiconti Accad. Lincei, 7, 2, 1891, p. 307.
- Sella e Pocchettino.* Atti Accad. Lincei, 1902.
- Selvyn A.R.* Quart. Journ. Geol. Soc., 16, 1860, p. 146.
- Selvyn a. Ulrich.* Notes phys. georg. geol. a. mineralogy Victoria, Melb., 1866, p. 46.
- Semper.* Beiträge z. Kenntn. Goldlagerstätten Siebenbürg. Erzg., B., 1900, S. 118.
- Sharwood W.J.* Econ. Geol., 6, 1911, p. 23–33.
- Shepherd E.* Bull. Haw. Vole. Observ., 7, 1919; 8, 1920.
- Shorey E.C.* Some organic soil consistents, Wash., 1913, p. 25 (Bull. Bureau Soils, № 88).
- Schuster.* Rep. 52 Meet. Brit. Assoc. advanc. Sei., L., 1883, p. 91–92; 1884, p. 127.
- Siebert W.* Zur Kenntnis d. Modifikationen d. Arsens u. Antimons, 1907.
- Siedentopf H.* Phys. Zschr., 6, 1905, S. 857–864.
- Sieveking u. Lauterschläger.* Phys. Zschr., 13, 1912, S. 1043.
- Siewerts A.* Zschr. phys. Chem., 60, 1907, S. 184.
- Sigmund A.* Die Mineralien Niederösterr., W., 1909, S. 13.
- Silvestri O.* Atti Accad. Gioenia sci. natur. Catania, (3), 1, 1867, p. 283–289.
- Silvestri O.* Transunti Accad. Lincei, 4, 1880, p. 165.
- Silvestri O.* Gaz. chim. ital., 16, 1882, p. 7.
- Simmer H.* Der aktive Vulkanismus auf d. Afrik. Festl., München, 1906.
- Simpson G. a. Wright C.* Proc. Roy. Soc., 85, 1911, p. 183.
- Singewald J.* Journ. Hopkins Univ. Studies in Geology, Bait., 1922, № 1.
- Sirovich G.* Gaz. chim. ital., 53, 1923, p. 674.
- Sittl K.* Archeologie u. Kunst, München, 1895, S. 201.
- Sjögren H.* Oefversigt Sven. Akad. Förhandl., 1884, № 4, S. 29.
- Sjögren H.* Geol. För. Förhandl., 22, 1900, S. 187.
- Sjögren H.* Teknisk Tidskrift Afdeln kemi, 35, 1905, S. 77.
- Skey W.* Transact. New Zealand Inst., 10, 1877, p. 445; 18, 1885, p. 401; 20. 1887, p. 454; 21, 1888, p. 368.
- Slavic F.* (1). Užitnove nerosty zemi českých., Pr., 1917, p. 10.
- Slavic F.* (2). Obzor narodohosp., 22, 1917.
- Slighter C.S.* Water Supply a. Irrig. Papers U. S. Geol. Surv., 1902, № 67.
- Slipher.* Astrophys. Journ., 49, 1919, p. 266.
- Smith A.* Air a. rain, L., 1872, p. 7–106.
- Smith A. u. Holmes W.* Zschr. phys. Chem., 42, 1903, S. 469–477.

- Smith J. L.*, Amer. Journ. Sci., (2), 12, 1851, p. 368.
Smith J. Transact. Geol. Soc. Glasgow, 10, 1896, p. 257.
Smith L. Revue Scient., P., 1875, p. 1167.
Smith L. Ann. chim. et phys., (5), 8, 1876, p. 570.
Smith L. Bull. Soc. min. France, 1, 1878, p. 90–91.
Smith L. Ann. chim. et phys., 16, 1879, p. 453–504.
Smith L. Orig. researches, Louisv., 1884, p. 554–556.
Smith P. Econ. Geol., 8, 1913, p. 449.
Smith S. Phil. Transact., A, 208, 1908, p. 21–104.
Smits A. Ber. Deutsch. chem. Ges., 38, 1905, S. 4027.
Smits A. Zschr. phys. Chem., 73, 1913, S. 221.
Smoluchowski M. Phys. Zschr., 2, 1901, S. 307–313.
Smyth C. H. Journ. Geol., 13, 1905, p. 322, 323.
Soddy F. Radium (trad. Lepape), P., 1919, p. 59.
Soetbeer A. Edelmetallproduktion u. Wertverhältnisse zw. Gold u. Silber seit d. Entdeckung America's bis z. Gegenwart (Ergänzungsheft № 57 zu Peterm. Mittheil.), Gotha, 1879, S. 42–111.
Soetbeer A. Materialien z. Erläuterung u. Beurtheilung d. wirtschaftlichen Edelmetallverhältnisse, 2 Aufl., B., 1885, S. 1–31.
Sonnenschein F. Zschr. Deutsch. geol. Ges., 6, 1854, S. 243.
Sonstadt E. Chem. News, 26, 1872, p. 159; 65, 1892, p. 131.
Sorby H. C. Edinb. New Phil. Journ., 50, 1851, p. 149–159.
Sorge K. Stahl u. Eisen, 7, 1, 1887, S. 96.
Sosman R. u. Hostetter J. Journ. Wash. Acad. Sci., 5, 1915, p. 382.
Soyka J. Der Boden, Lpz., 1887, S. 69 (Handbuch d. Hyg., I).
Spencer L. J. Min. Mag., 15, 1910, p. 322; 18, 1921, p. 113.
Speter M. Lavoisier u. seine Vorläufer, St., 1910.
Spezia G. Sull'origine d. solfo, Tor., 1892.
Spezia G. Cbi. Min., 1909, S. 399.
Spitta O. Arch. Hyg., 38, 1900, S. 218–279.
Sprengel K. Bodeukunde, 1844.
Spring W. Mémoires Soc. Géol. Belge, 17, 1903, p. 25.
Spurr J. XVIII. Ann. Rep. U. S. Geol. Surv., Ill, 1896–1897, p. 202–364.
Spurr J. (1). Eng. a. Min. Journ., 76, 1903, p. 500.
Spurr J. (2). Transact. Amer. Inst. Min. Eng., 33, 1903, p. 309–316.
Stahl A. Chem. Ztg., 21, 1897, S. 394.
Stappenbeck R. Zschr. prakt. Geol., 1910, S. 72.
Stark J. Die Dissociirung u. Umwandlung chemischer Atome, Braunsch., 1903, S. 25.
Stas. C. R. Acad. Sci. Paris, 14, 1842, p. 570.
Staszic S. O ziemiorodztwie gór dawniey Sarmacyi, Wars., 1805, p. 32–33.
Steenstrup K. Vidensk. Meddel. Naturv. Fören, 1875, p. 289–299.
Steenstrup K. Meddel. om Grönl., IV, 1883, p. 98–126.
Stefani G. de. Phleg. Felder bei Ncapel, Gotha, 1907, S. 19.
Stefánsson V. Prehist. a. present commerce among the Arctic Coast Esquimos, Ott., 1914, p. 17–25.
Stein A. Ann. Phys., 100, 1856, S. 127.
Stein W. Journ. prakt. Chem., 6, 1872, S. 172.
Steinmann G. Festschrift H. Rosenbusch, St., 1906, S. 335.
Steinmetz u. Gossner. Zschr. Kryst., 55, 1915, S. 6.
Stelzner A. Isis, Dr., 1893.
Stelzner. Verhandl. Silbercommiss., I, B., 1894, S. 580.
Stelzner A. u. Bergeat A. Die Erzlagerstätten, II, 1905–1906, S. 457–1268.
Stephani O. Zschr. angew. Chem., 1903, S. 29.
Sterry Hunt H. (1). Mineral physiology a. physiography, 2 ed., N. Y., 1891, p. 41–279.
Sterry Hunt H. (2). Systematic mineralogy based on natural classification, N. Y., 1891.
Stevenson J. Phil. Mag., (5), 1, 1900, p. 312–403; 1902, p. 435.
Stock A. u. Guttman O. Ber. Deutsch. chem. Ges., 37, 1904, S. 898.
Stock A. u. Siebert W. Ber. Deutsch. chem. Ges., 37, 1904, S. 4572; 38, 1905, S. 3837.
Stočes B. Sborik spoliezn. zeměvědaí, 22, 1917.

- Stocker G. R.* Acad. Sci. Paris, 41, 1855, p. 412.
Stokes H. Econ. Geol., 1, 1906, p. 649.
Stokes R.S. Mines a. minerals British Emp., L., 1908, p. 362.
Stoklasa S. Cbl. Bacteriol., II Abt., 21, 1908, S. 481–484.
Stone. Geol. Mag., (4), 2, 1895, p. 493.
Stoney G. J., Proc. Roy. Soc., 17, 1869, p. 13.
Stoney G. J., Scient. Transact. Dublin Roy. Soc., 8, 1898, p. 305.
Stoney G. J., Phil. Mag., 9, 1905, p. 510.
Störmer C. Arch. sci. phys. et nat., (4), 24, 1907, p. 5; 32, 1911, p. 117.
Störmer C. Geofys. Publicat., 1, 5, 1921, p. 173.
Streeter E. The great diamonds of the world, L., 1896.
Streeter E. Precious gems a. stones, new ed, L., 1898.
Strunz F. Naturbetrachtung u. Naturerk. in Altertum, Hamb., 1904, S. 131.
Strunz F. Ober Vorgeschichte u. Anfänge d. Chemie, L. u. W., 1906, S. 52.
Strutt R.J. Proc. Roy. Soc., A, 76, 1905, p. 95–98; 77, 1906, p. 483.
Strutt R.J. (1). Nature, 79, 1908, p. 207.
Strutt R.J. (2). Proc. Roy. Soc., A, 80, 1908, p. 56–594.
Strutt R.J. (1). Proc. Roy. Soc., A, 81, 1909, p. 1–279.
Strutt R.J. (2). Proc. Roy. Soc., A, 82, 1909, p. 166.
Strutt R.J. (1). Encyclop. Britan., 13, 1910, p. 234.
Strutt R.J. (2). Proc. Roy. Soc., A, 83, 1910, p. 96–298.
Strutt R.J. Proc. Roy. Soc., A, 85, 1911, p. 219; 87, 1912, p. 381; 89, A 1914, p. 499.
Stur D. Jb. Geol. Reichsanst., 33, 1883, S. 189–195.
Stutzer O. Die wichtigsten Lagerstätten d. Nichterze, I, B., 1911, S. 91.
Suckow G. Die Verwitterung im Mineralreiche, Lpz., 1848, S. 186.
Suckow G. Zschr. Naturwiss., Halle, 1853, S. 435.
Suckow G. Die Mineralogie, Weim., 1858, S. 140.
Suess E. Zukunft d. Goldes, Wien, 1877, S. 87–355.
Suess E. Zukunft d. Silbers. Wien, 1892, S. 11–67.
Suess E. Verhandl. Silbercommiss. deutsch. Reichstages, B., 1894, S. 531.
Suess E. Das Antlitz d. Erde, III, Wien, 1901, S. 45.
Suess E. Sitzb. Wien. Akad., 116, 1907, S. 1556.
Sullivan E.C. Econ. Geol., 1, 1905, p. 67.
Sutton J. Nature, 87, 1911, p. 550.
Suzuki M. Beitr. Miner. Japans, 5, 1915, S. 232.
Svanberg L. Svenska Vetensk. Akad. Handling., (1834), St., 1835, p. 86.
Svedberg T. Ber. Deutsch. chem. Ges., 1905, S. 3619.
Svedberg T. Die Methoden zur Herstel. kolloid. Lösung. anorg. Stoffe, Dr., 1909, S. 238.

Tacchini. Atti Accad. Lincei, (3), Transunti 7, 1882, p. 135.
Tamm. Anal. of Svenska Miner., St., 1869.
Tamm. Zschr. anorg. Chem., 107, 1919.
Tammann G. Zschr. anorg. Chem., 115, 1921.
Tammann G. u. Gürtler W. Zschr. anorg. Chem., 45, 1905, S. 205–212.
Tarr. Econ. Geol. of United States, 1894, p. 150–157.
Taubert P. Die natürl. Pflanzenfamilien (her. A. Engler u. K. Prantl), III, 3, L., 1891, S. 72.
Tavernier J.B. Les six voyages, II, P., 1678, p. 339.
Teisserenc de Bort L. C. R. Acad. Sci. Paris, 147. 1908, p. 219–220.
Tennant Smithson. Transact. Roy. Soc., II, 1804, p. 412.
Terreil A. Bull. Soc. chim. Paris, 25. 1876 p. 482–483.
Terreil A. C. R. Acad. Sci. Paris, 84, 1877, p. 497.
Thiene H. Temperature u. Zustand d. Erdinnern, Jena, 1907, S. 37–38.
Thienemann A. Intern. Revue hydrobiol., biol., Suppl. 4, 1912, p. 6–7.
Thierry M. de. C. R. Acad. Sci. Paris, 124, 1897, p. 460.
Thomas E.S. Journ. Cairo Scient. Soc., 1909, May.
Thomas J.W. Journ. Chem. Soc., 2, 1877, p. 146.
Thomsen J. (1). Oversigt Dansk. Vidensk. Selsk. Forhandl., Kj., 1898, S. 69.

- Thomsen J. (2). Zschr. phys. Chem., 25, 1898, S. 112.
- Thomsen J. Oversigt Dansk. Vidensk. Selsk. Forhandl., Kj., 1904, S. 53.
- Thomson E. Proc. Amer. Acad. Sci., 47, 1912, p. 721.
- Thomson J.A. Geol. Mag., (5), 6, 1909, p. 492.
- Thomson J.J. Proc. Camb. Phil. Soc., 12, 1904, p. 172–391.
- Thomson J.J. (1). Jb. Radioact., 8, 1911, S. 227–233.
- Thomson J.J. (2). Encyclopaedia Britan., 11 ed., 17, Cambr., 1911, p. 892.
- Thomson J.J. Proc. Roy. Soc., A, 101, 1922, p. 292.
- Thomson T. History of the Roy. Soc., 1812, p. 185.
- Thoroddsen T. Das Ausland, St., 1889, S. 161.
- Thoulet J. Océanographic. Statique, P., 1890, предисловие, стр. 75.
- Thoulet J. L'Océan, P., 1904, p. 75.
- Thoulet J. (1). Ann. Mines, (10), 13, 1908, p. 251.
- Thoulet J. (2). C. R. Acad. Sci. Paris, 146, 1908, p. 351.
- Thoulet J. Ann. Inst. Oceanogr. Monaco, 3, 1911.
- Tiberg H. Wermländska Bergsmannafören Annaler, K., 1903, S. 25–172.
- Tidy. Journ. Chem. Soc., 37, 1880, p. 274.
- Tiede E. Ber. Deutsch. chem. Ges., 46, 1913, S. 340.
- Tiede E. u. Domcke E., Ber. Deutsch. chem. Ges., 46, 1913, S. 4095.
- Tilden W. Proc. Roy. Soc., 59, 1896, p. 218–222; 60, 1897, p. 455.
- Tilden W. The Elements, L., 1910, p. 133.
- Tilghman B.C. Proc. Acad. Natur. Sci. Philadelphia, 57, 1906, p. 887.
- Tillmans J. Mitt. Kgl. Prüfungsanst. f. Wasserversorg., 12, 1909, S. 195.
- Tissandier G. Les poussières de l'air, P., 1877, p. 33–57.
- Toit du cm. Du Toit.
- Tomaschek W. Sitzb. Wien. Akad., Phil.-hist. Kl., 116, 1888, p. 729–764.
- Torkelson T. The hot springs of Iceland, Kj., 1910, p. 49–255 (Mem. Acad. Sci. Danem.).
- Törnebohm. Geol. Fören. Stockh. Förhandl., 15, 1894, S. 678.
- Törnebohm. Teknisk Tidskrift Afd. Kemi, 35, 1905, S. 73.
- Tornö H. Norske Nordhavn Expedition, Chemi, Chr., 1880.
- Tower O.F. Journ. chim. phys., 11, 1913, p. 249.
- Trabert W. Lehrbuch d. kosm. Physik, Lpz., 1911, S. 305–556.
- Traube H. Minerale Schlesieus, Breslau, 1888, S. 22–135.
- Travers M.W. Nature, 71, 1905, p. 248–249.
- Travers M.W., Senter G. a. Jaquerod A. Phil. Transact., 200A. 1903, p. 174.
- Treubert F. Die Sonne als Ursache d. hohen Temperatur d. Innernd. Erde, M., 1904.
- Treviranus G.R. Biologie, II, Gott., 1803, S. 451.
- Trillat A. C. R. Acad. Sci. Paris, 137, 1903, p. 924; 138, 1904, p. 274.
- Troost L. et Ouvrard L. C. R. Acad. Sci. Paris, 121, 1895, p. 798.
- Trowbridge C. Astrophys. Journ., 26, 1907, p. 95.
- Truscott S.J. Wittwatersrand Goldfields, L., 1902.
- Trüstedt O. Bull. Comm. Géol. Finl., 1907, 19, p. 111–329.
- Tschermak G. Denkschriften Akad. Wissensch. Wien, 31, 1871, S. 194.
- Tschermak G. Podręcznik mineral. przel. J. Morozewicz, 1900, p. 346–662.
- Tschermak G. Lehrbuch d. Mineralogie, 6 Aufl., Wien, 1905.
- Tschudi J.J. Reisen durch Südamerica, II, Lpz., 1866, S. 144.
- Turner H.W. Amer. Journ. Sci., (3), 47, 1897, p. 473.
- Turner H.W. Journ. Geol., 7, 1899, p. 147–389.
- Twelvvetrees a. Petterd. Proc. Roy. Soc. Tasmania, 12, (N. S.).
- Tyrrell J.B. Amer. Journ. Sci., (3), 33, 1887, p. 73.
- Ulloa A. de. Relacion histor. del viage al America Merid., I, 2, M., 1748, p. 606.
- Ulloa A. de. Mem. pbil., hist., phys., II, 1787, p. 344.
- Ulrich G. Contribut. mineral, of Victoria, Melb., 1870, p. 4.
- Ulrich G. Quart. Journ. Geol. Soc., 46, 1890, p. 619.
- Upham W. Amer. Geol., 35, 1905, p. 202.

- Valliant W.* Min. Collector, N. Y., 1901, p. 132.
- Van Breukelveen M.* Recueil travaux chimiques des Pays Bas, 15, Leid., 1896, p. 280.
- Vandelli.* Mem. Acad. Sci. Lisboa, 1, 1797, p. 261.
- Van der Veen A.L.* Verslag gew. Vergader wis. en natuurkund. afdel. Kgl. Akad Wet., A, 16, 1907, S. 142.
- Van der Veen A.L.* Phys. en Kryst. onderzoek. naar de symmetrie van Diamant, Leid., 1911, p. 33.
- Vandevelde A.* Bull. Soc. chim. Belg., 29, 1920, p. 331.
- Van Heck J.G.* Jaarboek mijnvez in Nederl. O. Indië, 1906, p. 174.
- Van Hise C.R.* Transact. Amer. Inst. Min. Eng., 30, 1901 p. 98–118.
- Van Hise C.R.* A treatise on metamorphism, Wash., 1904, p. 43–1048.
- Vant Hoff.* Vorlesungen theor. u. phys. Chemie, II, Braunsch., 1899, S. 23.
- Vauquelin.* Ann. chim., 60, 1806, p. 317.
- Vélain C. C. R.* Acad. Sci. Paris, 112, 1891, p. 112.
- Viebig W.* Zschr. prakt. Geol., 1905, S. 98–102.
- Vincent J.* Bull. Acad. Roy. Belge, 1912, p. 388.
- Vogel J.* Cbl Bacteriol., II Abt., 15, Jena, 1905, S. 33–174.
- Vogel R.* Zschr. anorg. Chem., 50, 1906, S. 146.
- Vogel R. u. Tammann G.* Zschr. phys. Chem., 69, 1909, S. 598.
- Vogt J.H.* Kobberets historie, Kr., 1895, S. 96–108.
- Vogt J.H.* Norsk marmor, Kr., 1897, S. 8.
- Vogt J.H.* Zschr. prakt. Geol., 1898, S. 13–413.
- Vogt J.H.* Zschr. prakt. Geol., 1899, S. 10–274.
- Vogt J.H.* Problems in ore deposits Wash., 1901, p. 5–35.
- Vogt J.H. (1).* Zschr. prakt. Geol., 1902, S. 260.
- Vogt J.H. (2).* Om Nikkel, Kr., 1902, S. 1.
- Vogt J.H.* Silikatschmelzlösungen, II, Chr., 1904, S. 198–204.
- Vogt J.H.* Zschr. prakt. Geol., 1906, S. 223–230.
- Voit F.W.* Zschr. prakt. Geol., 1907 S. 366.
- Voit F.W. (1).* Zschr. Deutsch. geol. Ges., 60, 1908, Monatsber., S. 107, 181.
- Voit F.W. (2).* Transact. Geol. Soc. South Africa, 10, 1908, S. 69–79.
- Voit F. W. (3).* Zschr. prakt. Geol., 1908, S. 192–199; 1913, S. 47.
- Voller A. u. Walter B.* Jb. Hamburg. Wiss. Anst., 28, 1910, 5. Beiheft, Sept., S. 1–14.
- Volz W. N.* Jb. Min., BB. 20, 1904, S. 127–128.
- Voss W.* Mineralien Herzogthums Krain, Laib., 1895, S. 8.
- Vredenburg E.* Records Geol. Surv. India, 33, 1906, p. 273.
- Wada T.* Mining industry of Japan, Tok., 1893, p. 1.
- Wada T.* Minerals of Japan, Tok., 1904, p. 7–9.
- Wadsworth M.E.* Bull. Mus. compar. zool., Harvard. Coll., geol. series I, Cambr., 1880, p. 76.
- Wagner H.* Beitr. Geophys., II, St., 1895, S. 667.
- Wagner H.* Petermann's Mitt., Gotha, 1904, S. 56.
- Wagner P.A.* Die diamantführ. Gesteine Südafrikas, B., 1909, S. 4–92.
- Wagner P.A.* The diamond fields of South Africa, I, 1914.
- Wagoner L.* Transact. Amer. Inst Min. Eng., 31, 1901, p. 798; 38, 1907, p. 704.
- Waksmann S. u. Ioffe I.* Journ. biol. chem., 50, 1922, p. 35.
- Walcott R.H.* Proc Roy. Soc. Victoria, 13, 1901, p. 256.
- Walker E.* Eng. a. Min Journ., 80, 1905, p. 1202.
- Walker T.* Amer. Min., 6, 1921, p. 98.
- Wallerius J.G.* Systema mineralogicum, Ed. nova, II, Vindobonoe, 1778, p. 301.
- Walter.* Nature, 81, 1909, p. 335.
- Walter B.* Ann. Phys., 42, 1891, S. 505–508.
- Walther B.* Phys Zschr., 12, 1911, S. 178.
- Walther J.* Zschr. Deutsch geol. Ges., 1889, S. 361.
- Walther J.* Abhandl. Kgl. Sächs. Ges. Wiss., Math.-phys. Klasse, 16, 1891, S. 386.
- Wanklyn J.* Chem. News, 54, 1886, p. 300.
- Ward C.* Geology of the North. Part of English Lake Distr. (Memoire Geol. Surv. Engl. a. Wales), L., 1865, p. 60.

- Warren C.H. Amer. Journ. Sci., (4), 16, 1903, p. 339.
- Warren H.N. Chem. News, 55. 1887, p. 241; 77, 1898, p. 192.
- Washington H. S. Chemical analyses of igneous rocks., Wash., 1903, p. 106.
- Washington H.S. Transact. Amer. Inst. Min. Eng., 39, 1908, p. 735. (Перепечатано в Ore deposits, ed. by S. Emmons, N. Y., 1913, p. 729).
- Washington H.S. Ann. Rep. Smithsonian Inst., (1909), 1910, p. 204.
- Watson H. Journ. Chem. Soc., 97, 1910, p. 810; 99, 1911, p. 1460.
- Watson W. Phil. Transact., 46 (1750), 1752, p. 585–588.
- Webb Hodge F. Handbook American Indian North of Mexico, I, W., 1907, p. 614, 847.
- Websky J. Journ. prakt. Chem., 92, 1864, S. 76.
- Weddell I. Chem. News, 113, 1916, p. 289.
- Wedding H. Ausführl. Handbuch Eisenhüttenkunde, 2 Aufl., I, Br., 1891–1896. S. 345–349.
- Weed W.H. 21 Ann. Rep U. S. Geol. Surv., II, 1900, p. 234–235.
- Weed W.H. Transact. Amer. Inst. Min. Eng., 30, 1901, p. 433.
- Weed W.H. The copper mines of the world, N. Y., 1908, p. 8–311.
- Wegener A. Phys. Zschr., 12, 1911, S. 170–220.
- Wehnelt A. Ann. Phys., (4), 14, 1904, S. 425.
- Weidig M. Zschr. öffentl. Chem., 17, 1911, S. 221.
- Weigel O. Cbl. Min., St., 1911, S. 631.
- Weinschenk E. (1). Zur Kenntnis d. Graphitlagerst., I, Münch., 1897, S. 13–52.
- Weinschenk E. (2). Zschr. Kryst., 28, 1897, S. 291–293.
- Weinschenk E. (1). Abhandl. Bayer. Akad., 21, 1900, S. 260–296.
- Weinschenk E. (2). Zschr. prakt. Geol., 1900, S. 36.
- Weinschenk E. C. R. de la VIII session du Congrès Géol. Intern., I, P., 1901, p. 450.
- Weinschenk E. Allgemeine Gesteinslehre, I, 2. Aufl., Fr., 1906, S. 86–177.
- Weinschenk E. Grundzüge d. Gesteinskunde, II, 2. Aufl., Freiburg, 1907, S. 58.
- Weinzierl R. Führer durch Teplitz Museum, Tep., 1906, S. 14.
- Weisbach A. Synopsis mineralogica, 1 Aufl., Fr., 1875; 4 Aufl., L., 1906.
- Weisbach A. Caracteres mineralogici, 3 Aufl., Fr., 1899.
- Weiske H. Journ. prakt. Chem., 97, 1866, S. 485.
- Weisz T. Bergbau in Siebenb. Landesteilen, Bud., 1891.
- Wells H. Outline of History, 3 ed., N. Y., 1921, p. 80.
- Wencker H. Zschr. prakt. Geol., 11, 1912, S. 137.
- Wendt u. Landauer. Journ. Phys., Mars 1922, S. 78D.
- Werner A. Nouv. théorie des filons, 1802, p. 185.
- Westgren A. Engineer, 3, 1921, p. 727.
- Westgren A. u. Phragmen G. Zschr. phys. Chem., 102, 1922, S. 1.
- Wherry T. Journ. Wash. Acad. Sci. 10, 1920 p. 490.
- Whipple G.C. a. Whipple M.C. Journ. Amer. Chem. Soc., 33, 1911, p. 362.
- White. Gold, its place in the economy of mankind, L., 1920.
- Whittlesey C. Smiths, contributions to knowl., 13. 1863, № 155, p. 27.
- Wibel F. Das gediegene Kupfer, Hamb., 1864.
- Wibel F. N. Jb. Min., 1873, S. 244.
- Wiechert E. Goettinger Nachrichten, 1897, S. 230.
- Wiedemann A. Globus, 96, 1909, S. 295.
- Wiesler A. Zschr. angew. Ghem., 1906, S. 1795.
- Wigand A. Zschr. phys. Cbem., 65, 1909, S. 442–456; 77, 1911, S. 423.
- Wiik F.J. Finske Mineralsamling i Universitet i Helsingfors Mineralkabinet, Hels, 1887, S. 9.
- Wiik F.J. Bidrag t. Kännedom af Finl. Natur ocb Volk., 47, 1888, S. 8.
- Wilde H. Phil. Mag., 60, 1895, p. 466.
- Wilde P. de. Arch. Sci. phys. et nat., (4), 19, 1905, p. 559.
- Wilkinson. Transact. a. proc. Roy. Soc. Victoria, 1, 1867, p. 12–18.
- Willard J.T. Transact. Kansas Acad. Sci., 19, 1905, p. 63.
- Williams G.F. The diamond mines of South Africa, N. Y., 1902, p. 2–526.
- Williamson. Proc. Manchester Geol. Soc., 6, 1866.
- Wilmot F.E. Abstract of the papers Roy. Soc., 1843, V. 1851, p. 476.
- Wilson C.T. Proc. Cambridge Phil. Soc., 11, 1902, p. 428; 12, 1903, p. 17.

- Wimmer* Verhändl. Silbercommis., II, 1895, № 23. S. 3.
Winchell H.V. Ann. Rep. Geol. a. Nat. Hist. Surv. Minnesota, 1895, p. 118.
Winckler H. Zschr. Socialwiss., 6, 1904, S. 337–440.
Winckler H. Chem. Ztg., 1905, S. 670.
Winkler C. Ber. Sächs. Ges. Wiss., 52, 1900, S. 15.
Winkler L. Ber. Deutsch. chem. Ges., 22, 1889, S. 1764.
Wisotzki. Zeitströmungen in d. Geographie, Lpz., 1897, S. 118.
Witting R. Atlas de Finlande, nouv. éd., Hels., 1910.
Witting R. Atlas de Finlande, texte I, Hels., 1911, p. 42–44.
Witting R. (1). Finland, hydrogr. biol. Untersuchungen, Hels., 1912, № 7, p. 45.
Witting R. (2). Jb. entbalt. hydrograph. Beobacht. in Finland umgebenden Meeren, Hels., 1912 (Finl. hydrogr. biol. Unters., № 10, 12 и т.д.).
Wöhler F. Ann Phys., 31, 1834, S. 161–162.
Wöhler F. Ann. Chem. u. Pharm., 100, 1856, S. 127.
Wöhler F. Ann. Phys., 146, 1872, S. 299.
Wolf T. N. Jb. Min., 1878, S. 164.
Wolff. Zschr. Deutsch. geol. Ges., 29, 1873, S. 32.
Wollaston W.H. Phil. Transact., L., 1805, p. 317; 1809, p. 190–196.
Wood. Astrophys. Journ., 28, 1908, p. 75.
Wood A.B. Transact. Amer. Inst. Min. Eng., 37, 1907, p. 288.
Woodruff E.G. Contribut. to Econ. Geol. (1908), I, Wash., 1909, p. 377 (Bull. Geol. Surv., № 380).
Wourtel E. C.R. Acad. Sci. Paris, 158, 1914, p. 571.
Wrany A. Geschichte d. Chemie in Böhmen, Pr., 1903, S. 100–133.
Wright A. Amer. Journ. Sci., 21, 1881, p. 215–216.
Wright J. u. Smith O. Phys. Zschr., 15, 1914, S. 31.
Wülfing E. N. Jb. Min., BB. 7, 1891, S. 152.
Wülfing E. Min. u. petr. Mitt., 15, 1896, S. 62–350.
Wülfing E. Meteoriten in Sammlungen, Tüb., 1897, pass., S. XVI, 447.
Würschmidt. Festschr. Elster – Geitel, 1915, S. 326.
Wurtz H. Amer. Journ. Sci., (2), 26, 1858, p. 51; (2), 49, 1870, p. 339.

Young R.B. Transact. Geol. Soc. South Africa, 12, 1909, p. 82.
Yung E. Bull. Soc. Vaudoise Sci. Nat., 14, 1877, p. 493, pass.

Zeijlszner L. Bibl. Warsz., IV, 1861, p. 237–479.
Zenger K.W. Sitzb. Wien Akad., 24, 1857, S. 78; 44, 1861, S. 316–318.
Zenghelis C. Zschr. phys. Chem., 1904, S. 220.
Zepharovich V. Min. Lexicon f. Oesterreich, I, Wien, 1859, S. 169–443.
Zepharovich V. Jb. Geol. Reichsanst., 19, 1869, S. 227–229.
Zepharovich V. Min. Lexicon t. Oesterreich, II, Wien, 1873, S. 136.
Zepharovich V. Sitzb. Wien. Akad., 71, 1875, S. 272–276.
Zepharovich V. Min. Lexicon f. Oesterreich, III, Wien, 1893, S. 109.
Zerrenner C. Zschr. Deutsch. geol. Ges., 1849, S. 482.
Zerrenner C. Erdkunde Gouv. Perm., II, L., 1852, p. 207.
Zimmermann F. Transact. Amer. Electr. Chem. Soc., 24, 1907, p. 391.
Zippe F.X. Geschichte d. Metalle, Wien. 1857, S. 99–237.
Zirkel F. (1). Handbuch d. Petrographie. II. Lpz., 1894, S. 894.
Zirkel F. (2). Handbuch d. Petrographie. III. Lpz., 1894, S. 782–783.
Zirkel F. Abhandl. Sächs. Ges. Wiss., 28, 1903, S. 197.
Zuntz N. Arch. f. Anat. u. Physiol., Physiol. Abt., L., 1900. Suppl., S. 311–312.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие ко второму тому	5

ОПЫТ ОПИСАТЕЛЬНОЙ МИНЕРАЛОГИИ

Том I. Самородные элементы

Предисловие автора к первому изданию	9
От автора	10

ВВЕДЕНИЕ

Несколько замечаний о классификации минералов (§ 1–9).....	13

САМОРОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

<i>Общие замечания</i>	21
Радиоактивность материи (§ 10, 11)	21
Земная кора (§ 12–14)	23
Химический состав земной коры (§ 15, 16)	27
Самородные элементы в земной коре (§ 17, 18)	30
Самородные элементы в поверхностной литосфере (§ 19–23)	33
Самородные элементы другого характера (§ 24, 25)	38
Деятельность человека (§ 26–29)	39
Количество самородных элементов (§ 30)	43
Изменение самородных элементов (§ 31–34)	44
Геологическое время и образование минералов (§ 35–37)	48
Химические элементы как минералы (§ 38)	51
Минералы группы самородных элементов (§ 39).....	53

ТВЕРДЫЕ И ЖИДКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

А. Металлы	59
<i>Самородное железо-никель</i>	59
Феррит. Камасит. Тэнит. Октиббегит. Аваруит	59
Химический состав (§ 40–43)	59
Физические свойства (§ 44–47)	63
Нахождение в земной коре (§ 48–53).....	68
Самородное железо в атмосферной пыли и на дне океанов (§ 54–58)	75
Изменение самородного железа (§59)	81
Значение космического железа в земной коре (§ 60).....	82
Труд человека (§ 61, 62)	84
Самородное железо в России (§ 63)	87
Диагностика самородного железа (§ 64)	90

<i>Природные платина – иридий – палладий – железо</i>	90
Платина. α -Ферроплатина. β -Ферроплатина. Поликсен. α -Поликсен. β -Поликсен.	
Иридий. Иридная платина. Палладистая платина. α -Палладистая платина.	
β -Палладистая платина. Палладий.....	90
Химический состав (§ 65–70)	90
Физические свойства (§ 71–73)	98
Нахождение в земной коре (§ 74–80).....	102
Изменение платины (§ 81)	112
Платина в России (§ 82–84)	112
Иридий, иридная платина, палладий в России (§ 85)	120
Труд человека (§ 86, 87)	120
Диагностика (§ 88)	124
<i>Природные осмий – рутений – родий – иридий</i>	125
Сысерскит. Невьянскит. Осмит. Рутениевый невянскит. Родиевый невянскит.	
Платиновый невянскит	125
Химический состав (§ 89, 92)	125
Физические свойства (§ 93, 94)	129
Нахождение в земной коре (§ 95)	131
Распространение в России (§ 96).....	132
Труд человека (§ 97)	133
Определение (§ 98).....	134
<i>Природные золото – палладий – родий</i>	134
Порпечит. Иридное золото. Платинистое золото. Родит	134
Химический состав и физические свойства (§ 99, 100)	134
Нахождение в природе (§ 101)	136
Определение (§ 102).....	137
<i>Природные золото – серебро – медь</i>	137
Золото. Электрум. Серебро. Кюстелит. Медистое золото. Медистое серебро (?).	
Цинковое серебро	137
Химический состав (§ 103–105)	137
Физические свойства золота и электрума (§ 106, 107)	141
Физические свойства самородного серебра (§ 108)	146
Нахождение золота в земной коре (§ 109–130).....	149
Электрум и медистое золото в земной коре (§ 131, 132).....	177
Серебро и кюстелит в земной коре (§ 133–135).....	178
Изменение серебра (§ 136, 137)	183
История золота (§ 138–149)	185
История электрума и серебра (§ 150, 151)	201
Золото в России (§ 152–171)	203
Электрум и медистое золото в России (§ 172)	247
Серебро в России (§ 173–176).....	248
Определение (§ 177)	251
<i>Природные золото – серебро – висмут</i>	252
Бисмутаурит. Мальдонит. Чиленит	252
Химический состав и физические свойства (§ 178–180)	252
Распространение в земной коре (§ 181)	253
Определение (§ 182)	254
<i>Ртуть и природные амальгамы: золото – серебро – ртуть</i>	255
Ртуть. Конгсбергит. Аркверит. Золотая амальгама. Аурамальгама.	255
Химический состав (§ 183–185)	255

Физические свойства (§ 186)	256
Нахождение в земной коре (§ 187, 188).....	258
Изменение ртути и амальгам (§ 189, 190)	260
Ртуть и амальгамы в России (§ 191)	262
Труд человека (§ 192)	262
Определение (§ 193)	263
<i>Медь</i>	264
Самородная медь (?). Серебристая медь (?). Железистая медь. Купрокуприт	264
Химический состав (§ 194)	264
Физические свойства (§ 195)	265
Самородная медь в земной коре (§ 196–201)	268
Изменение самородной меди (§ 202).....	274
История меди (§ 203, 204).....	275
Самородная медь в России (§ 205–211).....	279
Определение (§ 212)	290
<i>Свинец</i>	291
Самородный свинец	291
Химический состав и физические свойства (§ 213)	291
Нахождение в земной коре (§ 214)	292
Самородный свинец в России (§ 215).....	293
Изменение самородного свинца. Труд человека (§ 216).....	294
Определение (§ 217)	295
<i>Олово</i>	295
Самородное олово	295
Химический состав и физические свойства (§ 218)	295
Нахождение в природе. Труд человека (§ 219).....	295
Нахождение в России (§ 220).....	297
Определение (§ 221)	297
<i>Цинк</i>	297
Самородный цинк (§ 222)	297
Нахождение в природе (§ 223)	298
Труд человека (§ 224)	298
Определение (§ 225)	300
<i>Висмут</i>	300
Самородный висмут	300
Химический состав и физические свойства (§ 226, 227)	300
Нахождение в природе (§ 228–229)	301
Висмут в России (§ 230).....	303
Труд человека (§ 231)	305
Определение (§ 232)	306
<i>Теллур</i>	307
Самородный теллур	307
Химический состав и физические свойства (§ 233)	307
Нахождение в земной коре (§ 234)	307
Определение (§ 235)	308
<i>Природные мышьяк и сурьма</i>	309
Самородный мышьяк. Аллемонтит (?). Сурьмянистый мышьяк. Самородная сурьма	309
Химический состав и физические свойства (§ 236, 237)	309
Нахождение в земной коре (§ 238)	311

Труд человека (§ 239)	312
Нахождение в России (§ 240).....	312
Определение (§ 241)	313
Б. Металлоиды	313
<i>Природные сера – селен – мышьяк</i>	313
α-Сера. β-Сера. γ-Сера. Жидкая сера. Аморфная сера. Газообразная сера. Вол- канит (?). Теллуристая сера. Арсеносульфурит	313
Химический состав (§ 242)	313
Физические свойства (§ 243–245).....	315
Нахождение в земной коре (§ 246–262).....	319
Изменение самородной серы (§ 263).....	333
Труд человека (§ 264, 265)	335
Сера в Россия (§ 266–271).....	337
Определение (§ 272)	353
<i>Природный углерод</i>	353
Алмаз. Борт. Карбонадо. Графит (?). Графитит. Шунгит	353
Химический состав и явления полиморфизма (§ 273–276).....	353
Физические свойства (§ 277–281).....	358
Алмаз в земной коре (§ 282–291).....	364
Графит в земной коре (§ 292–296)	375
Изменение графита (§ 297)	381
История алмаза (§ 298–300).....	381
История графита (§ 301).....	385
Алмаз в России (§ 302).....	387
Графит в России (§ 303–308).....	389
Шунгит в России (§ 309).....	401
Определение (§ 310)	402
ГАЗООБРАЗНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ	
Общие замечания (§ 311, 312)	405
Форма нахождения газов в земной коре (§ 313–318).....	406
Классификация природных газов (§ 319–321)	412
<i>Элементарные газы воздуха</i>	413
Кислород. Азот. Аргон. Неон. Криптон. Ксенон	413
Элементарные газы атмосферы (§ 322–330)	413
Элементарные газы в гидросфере (§ 331–334)	420
Элементарные газы в литосфере (§ 335–362)	426
Изменение азота (§ 363–367)	460
Изменение кислорода (§ 368, 369).....	464
Кислород в геологической истории (§ 370, 371).....	466
Деятельность человека (§ 372, 373).....	468
Газы воздуха в струях в России (§ 374).....	470
Газы в реках и озерах России (§ 375)	470
Судьба благородных газов (§ 376)	470
<i>Водород</i>	470
Водород в литосфере (§ 377–383).....	470
Водород в атмосфере (§ 384)	478
Изменение водорода (§ 385).....	478
Деятельность человека (§ 386)	480
Водород в России (§ 387)	480

<i>Гелий</i>	481
Гелий в литосфере (§ 388–393).....	481
Гелий в атмосфере (§ 394).....	488
Судьба гелия (§ 395).....	489
Гелий и человек (§ 396).....	489
Гелий в России (§ 397)	489
<i>Озон</i>	489
Образование в земной коре (§ 398–400).....	489
Изменение озона (§ 401)	492
Озон в России (§ 402).....	493
<i>Хлор</i>	493
Нахождение в земной коре (§ 403, 404).....	493
<i>Иод</i>	495
Нахождение иода в природе (§ 405)	495
<i>Радиоактивные эманации</i>	495
Радон. Торон. Актинон	495
Общие замечания (§ 406–407).....	495
Радон и торон в литосфере (§ 408, 409)	496
Радон в гидросфере (§ 410).....	500
Эманации в атмосфере (§ 411, 412).....	500
Изменение эманаций (§ 413).....	502
Эманации в России (§ 414).....	503
Цитированная литература.....	506

Научное издание

ВЕРНАДСКИЙ
Владимир Иванович

СОБРАНИЕ СОЧИНЕНИЙ
в двадцати четырех томах

Том второй

Опыт описательной минералогии
(1908–1914)

*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 *Е.А. Желнова, Р.В. Молоканова,*
Т.А. Печко, Т.И. Шеповалова
Компьютерная верстка *Н.В. Мелковой*

Подписано к печати 27.03.2013
Формат 70 × 100¹/₁₆. Гарнитура Таймс
Печать офсетная
Усл.печ.л. 46,9. Усл.кр.-отг. 46,9. Уч.-изд.л. 52,1
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 978-5-02-038095-0



