

Владимир Вернадский

**История минералов земной
коры**

Том 1. Выпуск 2

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 55
ББК 26.3
В35

B35 **Вернадский В.И.**
История минералов земной коры: Том 1. Выпуск 2 / Владимир Вернадский –
М.: Книга по Требованию, 2023. – 194 с.

ISBN 978-5-458-51291-6

Печатание «Истории минералов», частично по вине автора, шло очень медленно. Автор надеется, что следующие два выпуска, заканчивающие первый том и заключающие историю природных вод, сероводорода, углеводородов, будут закончены им и выйдут в течение 1927-28 гг. В конце этого выпуска приложены дополнения и исправления к обоим выпускам. Хотя автор не имел времени систематически пересмотреть весь текст, он решается поместить в конце тома замеченные им исправления. Только при этом условии книга будет оставаться на одном уровне знания, и первый выпуск не окажется устаревшим. Такие же дальнейшие исправления и дополнения будут даваться при дальнейших выпусках. Пагинация их особая, они отнесены к соответствующим параграфам.

ISBN 978-5-458-51291-6

© Издание на русском языке, оформление

«YOYO Media», 2023

© Издание на русском языке, оцифровка,

«Книга по Требованию», 2023

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, кляксы, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

ИСТОРИЯ МИНЕРАЛОВ.

1. Классификация минералов. Общие указания.

217. Вопросы классификации минералов являлись в прежнее время основным в нашей науке. Понятия „минерального вида“, рода, разновидности, семейства и т. д., выработанные одновременно с установлением этих видов в биологических науках, нередко одними и теми же лицами, занимали первостепенное место в курсах минералогии.

В девятнадцатом веке эти вопросы мало по малу отошли в сторону. Подобно тому, как в химии, вопросы классификации получили и в минералогии чисто практическое значение удобного рассмотрения сложных явлений. Классификация явилась средством ориентироваться среди разнообразных представителей минерального царства.

Однако, было бы отсюда ошибочным заключать, что вопросы классификации соединений в минералогии или химии вообще не имеют значения. По существу установление „естественной“, правильной классификации связано с глубочайшим охватом химических или минералогических явлений.

Мы видим, напр., что классификация химических элементов привела к такому великому обобщению, каким является периодическая система Д. И. Менделеева. Выработка типов соединений органической химии или координационных систем комплексов химии неорганической тесно связана с вопросами классификационного характера.

И мы видим, что сейчас наше отношение к этим вопросам меняется. Мы вновь — в новой форме — начинаем возвращаться к старым исканиям.

Это вызвано, главным образом, двумя достижениями: 1) тем, что химический состав земной коры оказался не случайным проявлением случайных причин, а явлением — механизмом, тесно связанным с строением и со свойствами

атомов (§ 48) и 2) тем, что каждый минерал явно является не независимым от других тел проявлением случая, а определенным телом, теснейшим образом связанным с законами образования других минералов. Как бы редок он ни был, он входит в сложные системы природных химических равновесий, которые без него были бы иными (§ 176).

Поэтому нахождение и отсутствие определенных типов химических соединений среди минералов есть явление закономерное, и наблюдалася закономерность должна выразиться в их классификации.

Сейчас научная мысль находится на распутьи, и естественная классификация минералов еще не достигнута.

218. В основу всякой научной минералогической классификации должен быть положен химический состав минералов.

Это уже ясно установил шведский минералог А. Кронштедт (A. Cronstedt 1702—1765) в XVIII столетии и окончательно ввел в минералогию в 1814 году другой шведский ученый И. Берцелиус.

Среди современных классификаций, построенных на этом принципе, наибольшим распространением пользуются классификации американского ученого Дана, выработанная между 1835—1868 годами, и немецкого ученого П. фон-Грота (между 1874—1921 г.г.).

Классификация, которую я кладу в основу этих лекций, восходит также к Берцелиусу, но отличается от других классификаций, особенно в подразделениях крупных отде́лов—силикатов, сернистых и большей части других. В основу этих делений положены представления о химической структуре и о химических функциях природных тел.

Она выработана—в своих основных чертах—в 1890—1911 годах, во время преподавания мною минералогии в Московском университете.

219. Рост научной работы последнего десятилетия заставил, однако, внести в эти прежние представления очень существенные изменения.

Эти изменения в самом основном связаны с выделением особой группы водородных минералов и с вхождением значительной части органических соединений в общие подразделения минерального царства.

Изменение наших взглядов на химический характер земной коры заставляет нас считаться в построении природной классификации минералов с распространностью в ней тех или иных строящих их химических элементов.

При этом, так как мы имеем в минералогии дело с соединением элементов, т.-е. с молекулами или с кристаллами (§ 8, 171), для нас имеет наибольшее значение не весовая распространенность химического элемента, а количество его атомов, находящихся в земной коре.

Такие исчисления были впервые сделаны для земной коры А. Е. Ферсманом (1912) и сейчас приводят к заключению, что атомы четырех элементов

резко господствуют в земной коре. На их долю приходится 91.60% всех атомов (Ферсман, 1922):

Кислород	53.81%
Водород	17.18
Кремний	15.85
Алюминий	4.76

Значение кислорода и кремния сказывалось в старых классификациях; алюминий был выдвинут мною и раньше, но водород совершенно исчезал в своем значении.

Мы увидим, что выделение водородных соединений позволяет нам (§ 463 сл.) удобно охватить многие черты истории минералов, обычно скрытые при ином охвате научного материала.

Совершенно особое положение водорода среди всех других химических элементов точно также может служить оправданием этой попытки выделения его соединений, как особого естественного отдела природных тел.

При этом выявляется особое значение воды, которую я рассматриваю в группе водородных соединений (§ 467). Химический характер воды явно определяется свойствами атомов водорода, а не кислорода.

220. Соединения углерода — за исключением карбонатов — очень мало обращали на себя внимание минералогов. Отчасти это связано было с тем, что среди соединений углерода господствующими жидкые, газообразные, дисперсные и коллоидальные тела. Многие из этих тел быстро исчезают — существуют короткое время. В то же время очень трудно провести границу между ними и соединениями, строящими живое вещество. Почти все природные соединения углерода — биохимического происхождения.

Были попытки (К. Харичков, 1912) выделить природные соединения углерода особо и говорить об особой минералогии углерода, как мы выделяем в особую научную дисциплину — его химию.

Несомненно огромное значение природных соединений углерода в химии земной коры, которое растет в нашем сознании по мере ее изучения, оправдывало бы такую классификацию явлений. Однако, все указывает и на единство химических процессов земной коры и на то, что все минералы являются частями, генетически связанными, единого закономерного химического механизма — земной коры.

В связи с этим природные соединения углерода не выделены здесь в отдельную группу — они по возможности распределены среди других групп минералов.

За таким выделением остается ряд тел — большую частью кислородных органических соединений, не имеющих аналогов среди соединений других элементов. Они образуют самостоятельные группы, равноценные другим группам минералов.

221. Необходимо сделать еще несколько замечаний о естественных телах, включенных в эту классификацию.

Из самого определения минерала следует, что из нее исключены ионы, электроны, свободные атомы (§ 63 сл.).

И в то же время в нее включены все молекулы, наблюдаемые в природе и образующиеся во время земных реакций, хотя бы они были телами быстро исчезающими и редкими.

Само собою разумеется, тела разных физических состояний одинаково принимаются, как минералы; есть минералы жидкые, газообразные и твердые.

Выделяются, как отдельные минералы, все те группы химических соединений, которые указаны в § 180.

Для изоморфных смесей, физических смесей, диссоциационных систем и т. д. за основу берется господствующее соединение, напр., растворитель изоморфной смеси, господствующая неизменная часть изоморфной смеси, цемент пойкилитической структуры и т. п.

„Аморфные“ разности того же состава, как и кристаллические, отличаются, как особые минералы, напр., кордигит—аморфный MoS_2 и молибденит—гексагональный молибденовый блеск. Очень часто в этих случаях употребляются—чтобы не вводить новых названий—буквенные значки, напр., α -гринокит гексагональный CdS , β -гринокит „аморфный“ (правильной сист?) CdS . Эти аморфные минералы являются дисперсными системами кристаллических неделимых. Они выделяются, как особые минералы, и в тех случаях, когда их кристаллические сетки идентичны (ср. графит и уголь — § 423).

Газообразные и жидкые фазы отличаются, как особые минералы, отдельно от твердых, напр., пары и расплавы серы. Аморфные (переохлажденные) жидкости—стекла—тоже отличаются, как отдельные минералы.

Все полиморфные разности должны считаться за особые минералы, напр., α -кварц SiO_2 , строения $\Lambda^3\text{L}^2$, и β -кварц, строения Λ^6 , существующий выше 570° С . Подобные отличия наблюдаются среди минералов очень часто. Учение о полиморфизме находится в настоящее время в хаотическом состоянии и повидимому охватывает очень разнообразные явления. Поэтому необходимо сохранять найденные эмпирические различия так называемых полиморфных разностей даже тогда, когда более точная проверка явления указывает на их существенные отличия от хорошо установленных случаев полиморфизма. Так, напр., многие свойства халцедона (SiO_2) идентичны со свойствами кварца. Повидимому халцедоны являются той же полиморфной разностью ($\Lambda^3\text{L}^2$), как и кварц, в которой резко проявляются свойства поверхностной (кристаллической — § 208) энергии. Это—грубые дисперсные системы. Точно так же исследования рентгенограмм аморфного углерода (сажи) указывают на тождественную с графитом атомную его структуру. Но минералогически очевидно графит и природный уголь различны, подобно халцедону и кварцу.

В изоморфных и физических смесях мы будем отличать, как отдельные минералы, те члены рядов, отношения между компонентами которых (§ 192)

приближаются к отношениям между простыми членами. Так, среди алагиоклазов мы будем различать олигоклазы, андезины и т. д.

В классификации, которой я буду пользоваться, количественное распределение минералов между разными группами очень неравномерное. Есть группы, очень богатые минералами, и другие, очень ими бедные.

Это определяет, очевидно, основные черты химии земной коры и имеет огромное значение, которое не учитывается современными классификациями. Мы видим ту же неравномерность и преобладание немногих соединений и в мелких подразделениях отдельных групп минералов — среди разновидностей минерала.

Небольшое количество продуктов земных химических реакций и их малое разнообразие есть, как мы видели (§ 51), основная черта химии земной коры.

222. В основу всех делений кладутся большие химические различия, причем на первое место выдвигаются химические функции соединений — свободные молекулы одного и того же элемента, окислы, кислородные соли, водородные минералы и т. п. Эти большие подразделения образуют *отделы минералов*.

Отделы подразделяются на *группы минералов*, причем в основу групп положены химические подразделения, связанные с характером химических элементов, входящих в состав соединений. Однако, ввиду совершенно особого значения, которое имеет в земных реакциях физическое состояние тел — твердое, жидкое, газообразное — эти признаки приняты для выделения групп в тех случаях, когда это было возможно.

Всюду по возможности сохранены группировки, установившиеся в минералогии, нередко сделанные на основании изучения внешних признаков, главным образом, кристаллической формы тел. Особенно это сказывается в *подгруппах*, на которые разделены группы.

Все коллоидальные и дисперсные минералы групп выделены в подгруппы в тех случаях, когда они не составляют отдельной группы.

Наибольшее значение имеют, конечно, *группы минералов*; количество их сейчас превышает 200. Количество подгрупп достигает нескольких сот — большое число, если вспомнить относительно малое количество всех известных минералов (§ 7).

Едва ли можно сомневаться, что такое большое количество различных типов соединений, общее количество которых невелико, не есть следствие данного способа деления, а зависит от характера химических процессов земной коры. Оно сохранится и при всяком другом подразделении, если разделение будет основано на химических свойствах соединений. В группах и подгруппах будет всегда немного минералов, и их число будет велико по сравнению с числом минералов. Это связано несомненно с тем, что весь комплекс минералов является проявлением единого процесса равновесия (§ 176), а не есть случайное собранието.

223. Я не буду давать общего обзора всех групп и подгрупп; приведу лишь список отделов.

При рассмотрении отделов будут отмечены главные группы и подгруппы.

В своем изложении я остановлюсь только на истории минералов, наиболее распространенных или основных для истории отдельных химических элементов.

Все минералы могут быть разбиты на *следующие отделы:*

- I. Свободные элементы и их смеси (самородные элементы).
- II. Водородные минералы.
- III. Серные и селеновые соединения.
- IV. Производные арсенинов и стибинон.
- V. Теллуристые соединения.
- VI. Бисмутовые соединения.
- VII. Фосфорные, азотные и углеродные металлы.
- VIII. Кислородные перекиси, основания и ангидриды.
- IX. Гидраты и фторангидриды.
- X. Кислородные соли и продукты присоединения к ним.
- XI. Оксигалоидные соединения.
- XII. Галоидные соединения.
- XIII. Кремневые соединения без ясного солевого характера (стекла).
- XIV. Углеродистые, содержащие кислород соединения, не имеющие солевого характера.

Как во всех классификациях, имеющих прикладное значение—облегчение обзора природных тел—и в этой классификации не везде выдержан строго логический принцип однородности объединяемых тел (напр., в отд. XIV или VII) для избежания дробных явлений. Перекиси (отд. VIII) могли бы быть выделены в особый отдель и т. д.

Классификация не есть чисто логическая схема, это лишь схема, удобная для пользования. Это тоже всегда на ней отражается.

224. Обзор старых классификаций — см. истории минералогии, напр., Кобелля (§ 13).

Исторический обзор дал Е. Веекманн (§ 13). Классификация Дана см. Е. Dana (§ 16).

Новейшее издание Грота: P. Groth u. K. Mieleitner. Mineralogische Tabellen. М. и В. 1921.

В последнее время Е. Wherry в American Mineralogist дает обзоры классификационных групп.

Прежние классификации мою данными, см., напр., В. Вернадский. Опыт описат. минер. I. П. 1908—1914, стр. 5. П. 1918, стр.

Исчисления А. Е. Ферсмана: А. Ферсман. Химические элементы земли и космоса. П. 1923. 16.

К. Харичковъ. Минералогія углерода. 1912.

II. Первый отдел минералов. — Свободные (самородные) элементы и их смеси.

1. Общие замечания.

225. К этому отделу минералов принадлежит около 100 разных тел, большую частью встреченных в небольших количествах, очень нестойких и сохраняющихся в определенных условиях. Однако, некоторые из них, как мы увидим, играют огромную роль в химии земной коры, встречаются в больших количествах. В общем несомненно, что нахождение свободных химических элементов очень характерно для земной химии.

Их можно разбить на группы на основании разных признаков, напр., пользуясь периодической системой Д. И. Менделеева, по признакам химическим. Однако, совершенно очевидно, что их нахождение в природе и их в ней образование гораздо более обусловливается их физическим состоянием, чем их химическими свойствами.

В основу деления на группы я положу то *физическое состояние*, в котором находится данное тело, причем несомненно этот признак, напр., для жидкого и газообразного состояния элементов, обычно наблюдаемых в форме твердых тел, является очень формальным. Поэтому в основу деления я буду брать физический характер господствующей массы элемента, напр., ртуть буду относить к жидким элементам, хотя она находится иногда в твердом состоянии, а серу буду относить к твердым элементам, хотя для нее известны жидкие и газообразные ее разности.

Поэтому я не буду выделять в отдельную группу и коллоидальные (известные, напр., для серы) и дисперсные состояния (напр., для углерода). Это все временные минералы, переходящие в кажущуюся нам обычной для данного элемента форму.

Однако несомненно, что в таком ограничении есть условность — так, напр., для более глубоких частей земной коры — для самородной серы господствующей формой будет не твердая ромбическая сера, но газообразная, а в биосфере господствует дисперсный углерод.

Но сейчас в наших знаниях преобладает знание химии верхней, доступной нашему изучению части земной коры (16—20 килом. § 35 сл.), и ею обуславливается и неизбежно отвечающая современному состоянию знаний классификация минералов.

В виду огромного значения металлического состояния тел твердые тела, где только это состояние и наблюдается, распадаются согласно старинному делению минералогии на две группы — *металлов* и *металлоидов*.

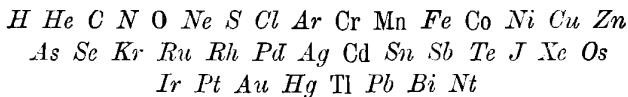
226. Таким образом, в конце концов, мы имеем здесь *четыре* группы минералов:

1. Газообразные элементы.
2. Жидкие элементы.
3. Самородные металлы.
4. Самородные металлоиды.

В каждой из этих групп различаются — на основании химических и физических данных — подгруппы, из которых я остановлюсь только на главнейших.

227. Чрезвычайно характерно большое количество химических элементов, являющихся в земной коре в свободном виде.

Если мы примем во внимание нахождение свободных элементов в виде изоморфных примесей, сплавов, смесей в других самородных элементах, то окажется, что более половины всех известных нам химических элементов встречено в земной коре в самородном состоянии. Это будут несомненно 38 следующих¹⁾:



Для десяти элементов — F, Br, Na, K, Si, P, Ra, Po, Ac, Nt такое нахождение — в ничтожных следах — повидимому также установлено.

Таким образом, для 47 из 87 известных химических элементов установлено их самородное состояние в земной коре.

Это количество несомненно еще более увеличится, если мы примем во внимание существование свободных элементов в форме ионов в водных растворах (напр., в воде океана), захватывающих в конце концов миллионы миллионов тонн земной материи.

Явления рассеяния химических элементов (§ 51), с которыми мы сталкиваемся на каждом шагу, указывают на вероятное нахождение огромного большинства химических элементов в виде свободных атомов. Это состояние характерно в земной коре, в некоторых ее оболочках, для таких элементов, как Li, Se, Ga, Br, Rb, Y, In, J, Cs.

Нельзя не отметить, что наши знания для 15 (14 известных) элементов редких земель не дают нам возможности ясно представить их историю и очевидно влияют на картину, нами рисуемую. Явления рассеивания несомненно характерны по крайней мере для части из них.

В конце концов, получается впечатление, что в механизме земной коры выделение свободных элементов — их атомов и молекул — захватывает огромное большинство элементов и является обычным и характерным явлением.

228. На то же самое указывает и более внимательное рассмотрение таблицы § 227.

¹⁾ Курсивом отмечены элементы, собирающиеся в минералы в свободном состоянии в весомых количествах. Нахождение самородного tantalа чрезвычайно сомнительно. Он не включен в список.

Оставляя в стороне благородные газы,—способность которых давать химические соединения вообще не установлена,—мы видим, что 28 элементов (*курсив* в таблице) могут давать в земной коре скопления в этом состоянии, являясь обособленными минералами. Это указывает, что в их истории свободное состояние играет видную роль даже в тех случаях, когда эти минералы в земных условиях не собираются в больших количествах, а быстро переходят в новые формы нахождения.

Можно различить два типа таких минералов:

1. Химические элементы, для которых в земных условиях самородное состояние или вообще является наиболее устойчивой формой существования (благородные газы), или же является характерной формой нахождения в определенной земной оболочке.

К числу таких элементов относятся платиновые металлы—Pt, Pd, Os, Ir, Rh, Ru,—золото, отчасти висмут, азот, сера, водород и др. Некоторые из них—платиновые металлы и золото, выделяющиеся в свободном состоянии в глубоких оболочках коры, не изменяются во всех земных оболочках. Другие характерны в свободном состоянии для определенных оболочек, напр., азот в верхних земных оболочках, висмут, газообразная сера или водород—в глубинных.

2. Вторым типом являются самородные элементы, неустойчивые, временно существующие даже в той земной оболочке, в которой они образуются. К этому типу относится наибольшее количество химических элементов. Биосфера и прилежащие части метаморфической оболочки являются очень характерными областями их образования, и живое вещество играет при этом решающую роль.

229. Вообще можно выделить две области образования самородных элементов, более глубинные, почти исключительно ювенильные (иногда фреатические) минералы и элементы, связанные с биосферой, главным образом, водозные, реже фреатические.

К глубинным самородным элементам относятся: Au, Ag, Cu, Pt, Os, Ir, Rh, Ru, Pd, Fe, Ni, Bi, C, N, H, Cl, S.

Еще более многочисленны водозные самородные минералы; главная их масса (Cu, Ag, Hg, Zn, Pb, S, Se, Te, As, Sb, Bi...) образуется в биосфере или в прилежащих слоях при переходе сернистых соединений металлов в кислотные; они существуют только в восстановительной среде.

В биосфере такая среда связана, главным образом, с органическими веществами, продуктом живых организмов.

С живым веществом связано, прямо или косвенно, образование и некоторых других—из глубинных самородных элементов почти всегда им обусловлено образование O₂ и C, очень часто S, N₂, H₂.

Небольшие количества—„следы“—элементов образуются при распадении соединений под влиянием таких агентов, как радиоактивные излучения или разные формы лучистой энергии.

Этим путем никогда не могут собираться, однако, большие количества самородных элементов.

230. В последнее время присоединился новый фактор, способствующий образованию свободных элементов на земной поверхности, в биосфере. Фактором этим является **человек**.

Человек своей культурной жизнью способствует концентрации на земной поверхности, напр., металлов. Так, человек выделил с XVI по XIX столетия 1.5×10^4 метр. тонн золота и 2.8×10^5 метр. тонн серебра. Значительная часть серебра выделена им из сернистых соединений, и это количество вероятно одного порядка с самородным серебром, происшедшими из тех же соединений обычными природными процессами в течение миллионов лет.

Повидимому, мы видим здесь новую геологическую силу, сравнимую по производимым ею эффектам с природными процессами. Так, все количество металлического свинца, добывшего человеком (в конце концов, прямо или через кислородные соединения—из свинцового блеска, PbS), исчисляется по Фохту в 2×10^6 метрических тонн. Природный самородный свинец является большой редкостью, и несомненно никогда его количество на земной поверхности не достигало и не достигает этой величины. То же самое верно по отношению к цинку, к олову, железу, не говоря уже о таких металлах, как Mg, Al, Li, W, Mo и другие, которые никогда не выделяются в свободном состоянии при природных реакциях.

Эта деятельность человечества все увеличивается и меняет химическую картину окружающей нас природы.

В истории отдельных элементов она начинает все более и более чувствоватьться, напр., в истории самородного железа. Количество свободного железа и его сплавов все более и более увеличиваются. С 1846 по 1900 г. г. человек выделил 8.7×10^8 тонн железа (по Б. Нейманну 1904), с 1900 по 1907 эта добыча достигает уже 3.4×10^8 тонн, т.е. за 7 лет только вдвое меньше, чем за 54 предыдущие года. Рост добычи все увеличивается и за 9 лет—с 1911 по 1919—достиг уже 6.3×10^8 тонн. Общее количество железа, превращенного человечеством в свободное состояние, по исчислению Фохта достигает 2.4×10^9 тонн чугуна. Оно во всяком случае сравнимо, а вероятно и превышает количество самородного железа, выделенного в природе в течение миллионов лет обычными геологическими процессами.

231. Изменение самородных элементов, неустойчивых при обычных условиях биосферы, играет большую роль в ее химии. В этом отношении, выделяя свободные элементы, человек тоже влияет на земные процессы. Если бы он не поддерживал постоянно выделенные им тела—они давно бы превратились в устойчивые в биосфере формы, напр., железо—в дисперсные или кристаллические гидраты окиси железа.

Для самородных элементов в биосфере идут химические реакции окисления за счет свободного кислорода воздуха и водных растворов, образование