

**Владимир Вернадский**

**Опыт описательной  
минералогии**

**Том 1. Самородные Элементы.  
Выпуск 5**

**Москва  
«Книга по Требованию»**

УДК 55  
ББК 26.3  
В35

В35 **Вернадский В.И.**  
Опыт описательной минералогии: Том 1. Самородные Элементы. Выпуск 5 /  
Владимир Вернадский – М.: Книга по Требованию, 2021. – 199 с.

**ISBN 978-5-458-48168-7**

**ISBN 978-5-458-48168-7**

© Издание на русском языке, оформление  
«YOYO Media», 2021

© Издание на русском языке, оцифровка,  
«Книга по Требованию», 2021

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, клякс, 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 первоизданном 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.



Серия Книжный Ренессанс

[www.samizday.ru/reprint](http://www.samizday.ru/reprint)



На эти явленія обратил вниманіе уже в 1845 году Эбельмен<sup>1)</sup>, который нашел, что если бы  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  осадочных пород получила свой кислород из атмосферы — то количество такого поглощеннаго кислорода было бы больше или равнялось бы количеству кислорода атмосферы. Едва ли меньшія количества кислорода идут на окисленіе углеродородов, углей и других соединеній углерода, связанных и не связанных в своем происхожденіи с организмами<sup>2)</sup>. Всѣ сульфаты являются исключительно вторичными соединеніями и образуются в связи с поглощеніем кислорода. Существует ряд других аналогичных едва ли менѣе значительных процессов (напр. измѣненіе природных арсинов).

Однако, нельзя заключать из существованія таких явленій связыванія кислорода в корѣ вывѣтриванія о его постепенном уменьшеніи в атмосферѣ. Нельзя забывать о ходѣ в земной корѣ обратных процессов — выдѣленія кислорода, природных реакцій возстановенія.

Достаточно сравнить списое элементов поглотителей кислорода в земной атмосферѣ с тѣми, которые в болѣе глубоких слоях земной коры — в метаморфической ея области — выдѣляют кислород (§ 391). Эти списки идентичны. Слѣдовательно мы имѣем здѣсь дѣло с ясно выраженным круговым процессом.

Процессы вывѣтриванія могут идти в широких размѣрах только вслѣдствіе того, что в земной корѣ постоянно происходят перемѣщенія термодинамических оболочек, что соединенія, образовавшіяся в одних термодинамических условіях попадают в новыя условія, в которых онѣ не стойки (§ 47). Ювенильные или выходящіе из глубоких слоев источники, тектоническія смѣщенія земных слоев, перемѣщенія магм внутри земной коры, испаренія и струи газов, вулканическія изверженія и т. д. постоянно приносят на земную поверхность огромныя количества тѣл, жадно соединяющихся с свободным кислородом, образовавшихся в его отсутствіи. Каждое вулканическое изверженіе является мѣстом синтеза кислородных соединеній сѣры, желѣза, углерода, водорода, кремнія, алюминія и т. д. и связано с поглощеніем огромных количеств этого газа из земной атмосферы<sup>3)</sup>.

---

могут имѣть значеніе только иллюстраціи, т. к. количество желѣза в этих породах неодинаково. Другія числа см. у C. R. Van Hise. A treatise on metamorph. W. 1904. p. 950 сл.

1) J. J. Ebelmen. Chimie, céramique, géologie. II. P. 1861. p. 49.

2) См. C. R. Van Hise. A treatise on metamorph. W. 1904. p. 950.

3) Об этих реакціях и связанных с этим выдѣленіях окисленных газов см. напр. A. Brun. Recherches sur l'exhal. volc. Gen. 1911. p. 142 сл.

И все же количество кислорода в атмосферѣ не уменьшается. Ибо с равной силой идут в земной корѣ обратные процессы, переводящіе стойкія в богатой кислородом средѣ соединенія вниз, в среду кислородом бѣдную. В этих новых условиях богатые кислородом соединенія распадаются и это распадение сопровождается выдѣленіем кислорода, таковы напр. опусканія участков земной коры, области геосинклиналей, уход воды в болѣе глубокія части земной коры, проникновеніе туда газов. Всякое отложеніе осадков в болѣе глубоких своих частях связано с восстановительными процессами, напр. с переходом соединеній окиси желѣза в соединенія закиси. Мы имѣем дѣло в природѣ с неменьшим разнообразіем таких восстановительных процессов, чѣм сколько извѣстно процессов окислительных. В концѣ концов всѣ эти явленія выдѣленія свободного кислорода находятся в равновѣсіи с процессами его поглощенія.

**400.** Изученіе біохимических процессов измѣненія кислорода в земной корѣ, совершающихся с участіем органическаго міра, приводит к аналогичному равновѣсію между процессами окисленія и выдѣленія кислорода. Жизнь организмов требует для своего существованія постоянного притока кислорода. По характеру организаціи живой матеріи организмы добывают кислород, гдѣ только возможно; они совершают этот процесс с такой интенсивностью, что могут быстро исчерпать запас кислорода, если бы он постоянно не возобновлялся. Наблюденія над поглощеніем кислорода в замкнутых небольших бассейнах (озерах и прудах), доказывают это чрезвычайно ярко (§ 368): в теченіи ночи количество кислорода, раствореннаго в литрѣ воды, может в прудѣ спуститься до 2 куб. сант. вмѣсто нормальных 22—23<sup>1)</sup>. Казалось бы организмы сразу исчерпают весь кислород; но достаточно дня — солнечнаго или даже луннаго свѣта — чтобы запас его был цѣликом возобновлен в теченіи немногих свѣтлых часов. Причина этого была правильно указана еще в 1841 году Дюма и Буссенго<sup>2)</sup>, положившими начало ученію о круговоротѣ кислорода, которое было затѣм развито Берцеліусом, Либихом и давно вошло в научную мысль. Растенія днем выдѣляют избыток кислорода, который затѣм утилизируется ими или животными организмами. Количество растительных или животных организмов увеличивается или уменьшается в зависимости от его запасов. Таким путем — одновременным

1) См. N. Zuntz. Archiv f. Anat. u. Physiol. Physiologische Abth. L. 1900. p. 312.

2) Dumas et Boussingault. Essai de statique chim. des êtres organ. 3 éd. P. 1844.

развитіем растительных и животных органических форм и их количественным соотношеніем — общій запас кислорода, необходимый для органическаго міра, механически постоянно возобновляется. Едва ли можно сомнѣваться, что он в общем остается неизмѣнным постольку, поскольку неизмѣнно количество живой матеріи в земной корѣ.

Живое вещество оказывает огромное и разнообразное вліяніе на обігн кислорода в земной корѣ не только этим путем. Его вліяніе проявляется на каждом шагѣ. Одним из таких частных проявленій является напр. самоочистеніе рѣкъ от загрязненія, восстановленіе природными процессами нарушеннаго в них челювѣком химическаго равновѣсія (§ 369). Уже в 1869 г. А. Мюллер указал на то, что это очищеніе производится жизнедѣятельностію организмов. Послѣ долгих попыток объяснить это явленіе иначе, вернулись к мысли Мюллера. Низшіе растительные организмы, вѣроятно водоросли, быстро развиваются в загрязненных средах, заключающих стороннія, не могущія существовать в земных условіях органическаго соединенія, напр. продукты фабрик, заводов, городских поселеній. Они быстро переводят эти чуждыя земным условіям химическаго тѣла в обычныя соединенія организмов, выдѣляя свободный кислород, окисляя их и восстанавливая таким путем нарушенное было равновѣсіе газов<sup>1)</sup>.

**401. Кислород в геологической истории.** Общим регулятором всѣх химических реакцій кислорода является, как мы видѣли, атмосфера. На ея составѣ можно было бы искать различія между реакціями выдѣленія и реакціями соединенія кислорода, если бы между ними не существовало установившагося равновѣсія.

Атмосфера представляет постоянныя отношенія между кислородом и азотом только вслѣдствіе того, что одинаковыя количества кислорода или азота в нее входят и из нея выходят. Эти количества не представляют результат одной какой нибудь химической реакціи, а являются слѣдствіем совокупности всѣх химических реакцій земной коры. То или иное измѣненіе в отношеніи O : N атмосферы означало бы нарушеніе всѣх вѣками установившихся циклов химических превращеній в земном шарѣ.

Поэтому, такое нарушеніе маловѣроятно до тѣх пор, пока существует неизмѣнность тѣх факторов, которые обуславливают комплекс этих реакцій. Таковыми факторами являются: валовой состав земной

1) См. О. Loew. Archiv f. Hyg. XII. M. 1891. p. 261. M. v. Pettenkofer. ib. p. 269. O. Spitta. l. c. 1900. 263. Ф. Киркоръ. Матеріалы по вопросу о колѣбаніяхъ сост. рѣчн. воды. К. 1907. стр. 79 сл.

коры, сколько мы знаем неизмѣнный и энергія солнца. Никаких указаний на их измѣненіе в наблюдаемых процессах мы не видим, а слѣдовательно и измѣненіе состава воздуха мало вѣроятно в доступное нашему непосредственному изученію періоды времени.

Существуют, однако, многочисленныя предположенія об измѣнчивости этих отношеній в большіе періоды времени; думают, что состав воздуха в прежніе геологическіе періоды земной исторіи был иной, чѣм теперь. Главным образом такія теоріи были развиты по отношенію к  $\text{CO}_2$ , но дѣлались попытки найти указанія на аналогичныя колебанія для *кислорода* и даже для азота.

Всѣ эти теоріи в концѣ концов связаны не только с геологическими, но и с космогоническими предположеніями и большею частію могут существовать лишь при чрезвычайной схематизаціи природнаго процесса<sup>1)</sup>.

По отношенію к кислороду дѣлались оба возможных предположенія. Одни полагали, что количество кислорода в геологическое время *уменьшается*. Это указывал напр. Эбельмен<sup>2)</sup>. Уже Берцелиус<sup>3)</sup> обратил вниманіе на отсутствіе в земной корѣ выдѣленія свободнаго кислорода помимо жизнедѣятельности растений. Но Эбельмен считал такое выдѣленіе недостаточным для достиженія равновѣсія. Мульдер с своей стороны полагал, что кислород постепенно поглощается благодаря непрерывному сгоранію соединеній углерода. Однако, всѣ эти взгляды не имѣют сейчас серьезнаго значенія, т. е. нам извѣстны разнообразныя процессы выдѣленія кислорода, не связанныя с жизнью растений (§ 391) и процессы обратнаго возобновленія углерода из его кислородных соединеній (§ 324).

**402.** Гораздо большее значеніе приобрѣли в науку теоріи обратнаго характера, связанныя с предположеніем об *увеличеніи* количества свободнаго кислорода<sup>4)</sup> в геологическіе періоды времени.

1) См. правильныя замѣчанія у F. Clarke. Data of geochem. W. 1908. p. 49.

2) J. J. Ebelmen. Chimie, minér., ceram. etc. II. P. 1861. p. 49 (работа вышла в 1845 году).

3) J. Berzelius. Lehrbuch d. Chemie. I. Dr. u. L. 1843. p. 368.

4) C. W. Koene. Conférences publiques sur la création. Br. 1856. Работа была мнѣ недоступна. Об оригинальной личности проф. Коене — см. T. Phipson. Chem. News. LXVII. L. 1893. p. 51. Работы самаго Фипсона в Chem. News. LXVII—LXX. L. 1893—1894. Онѣ собраны в любопытной во многом его книжкѣ: Researches on the past a. present history of earth's atm. L. 1901. Ср. далѣе Lord-Kelvin. Nature. LVI. L. 1897. p. 461. J. Stevenson. Phil. Magazine. (5). I. 1900. 312. 399. IV. L. 1902. 485. A. Geikie. Textbook of geol. 4 ed. I. L. 1903. 35. Н. Бекетовъ. Рѣчи химика (1898). Спб. 1908. стр. 133 сл.

С одной стороны Кёне предположил, что количество углекислоты в земной корѣ раньше было *большее* и что первичная атмосфера состояла из углекислоты, азота и небольшого количества паров воды. Образование залежей каменного угля, известняков, разнообразная химическая дѣятельность организмов привели в концѣ концов к уменьшенію количества углекислоты, и к созданію в атмосферѣ свободного кислорода. Процесс этот продолжается и нынѣ. Аналогичныя идеи позже развивал Фипсон, считавшій, что кислород атмосферы создан дѣятельностію низших анаэробных организмов, причем, по его мнѣнію, одновременно в земной корѣ увеличивались в геологическіе періоды — нервная сила и кислород. Первичная атмосфера состояла по Фипсону из азота.

Другіе, как Кельвин или Стевенсон, допускали преобладаніе в земной атмосферѣ первоначально водорода, тогда как кислород создан позднѣ растительностію. Они исходили в своих построеніях из космогонических идей о прошлом земли и из переноса в исторію земли явленій, наблюдаемых в небесных свѣтилах.

В послѣдніе годы, когда увеличилось значеніе космогонических теорій, связанных с метеоритами, эти теоріи вызвали к себѣ еще большее вниманіе. Стали допускать, что первоначальная атмосфера была аналогична газам, выдѣляемым из метеоритов и состояла гл. обр. из  $H$ ,  $CO_2$  и  $CO$  — в меньшей степени из  $N$  и  $CH_4$ <sup>1)</sup>. Лишь позже благодаря химическим реакціям неорганическаго характера (напр. образованію карбидов) в атмосферу стал попадать кислород. Другим видоизмѣненіем той же гипотезы является теорія о позднѣйшем образованіи атмосферы, вслѣдствіе потери газов мелкими астероидами и планетами и захвата их большими тѣлами небесных систем, причем, очевидно, что улавливались большими тѣлами первоначально лишь легкіе газы, которые и должны были играть первоначально большую роль. С другой стороны эти легкіе газы, как гелій или водород, должны были особенно легко теряться и благодаря этому атмосферы планетных тѣл, немогущих увеличивать свою газообразную оболочку, должны были обогащаться относительно болѣе тяжелыми газами (§§ 347, 349).

Всѣ эти гипотезы можно оставить в сторонѣ при изученіи современной химіи земной коры. В лучшем случаѣ онѣ касаются космических періодов жизни земли, когда земля отнюдь не была похожа на тот земной шар, который служит объектом минералогическаго изслѣдованія.

1) См. напр. E. H. L. Schwarz. Causal geology. L. 1910. p. 91 сл.

В точных данных современной минералогии, мы не имѣем ни одного факта, который бы указывал на такія измѣненія в составѣ атмосферы в ея современном состояніи или в научно изученном прошлом — в геологических періодах. Поэтому мы можем считать, что в этих предѣлах — т. е. в предѣлах геологических эпох — состав воздуха был неизмѣнен; он был в общих чертах тѣм, каким его мы наблюдаем нынѣ.

**403. Дѣятельность человѣка.** Трудно учесть и выразить в ясных образах роль человѣка по отношенію къ кислороду воздуха или поверхностных областей литосферы.

Несомнѣнно, в общей экономіи природы его работа в этом отношеніи не выражается какими нибудь очень опредѣленными, во всяком случаѣ стойкими, результатами: многочисленныя и разнообразныя нарушенія им установившагося равновѣсія быстро и неуклонно возстанавливаются в механизмѣ природы; очень рѣзко выражается это напр. в возстановленіи нарушеннаго им равновѣсія в рѣках (§ 400). Точно также ничтожны отклоненія, вносимыя в общій установившійся строй атмосферы измѣненіем состава воздуха больших городов, мѣстечек, рудников, сгораніем топлива. На общих числах состава атмосферы они не отражаются. Все человѣчество могло бы существовать на землѣ сотни тысяч лѣтъ, если бы даже поглощаемый им кислород вновь не возобновлялся естественными процессами<sup>1)</sup>. Вліяніе его на элементарных газах атмосферы, особенно на кислородѣ, могло бы быть замѣчено лишь через тысячи лѣтъ. Можно, поэтому сказать, что измѣненія, какія человѣкъ вносит в состав атмосферы, напр. весьма чувствительныя для углекислоты, не отражаются замѣтным образом на кислородѣ.

**404. М. б. нѣсколько большее значеніе имѣет человѣкъ** — как и вообще все живое вещество — в круговоротѣ азота, т. е. количество усвояемых организмами форм азота крайне ограничено, а столь важныя для организмов амміачныя и кислородныя соединенія азота находятся в атмосферѣ и в почвах в едва количественно измѣримых слѣдах.

Одним из характерных проявленій дѣятельности человѣка является рѣзкое все усиливающееся нарушеніе равновѣсія в количествѣ связаннаго азота, обмѣна азота между океаном и сушей. В этом отношеніи человѣкъ является одним из самых энергичных геологических агентов.

---

1) См. Dumas et Boussingault. Essai de stat. chim. 3 éd. P. 1844. p. 18. До 8 сотен тысяч лѣтъ.

Раньше равновѣсіе это нарушалось только геологическими процессами, связанными с движеніями моря и суши, напр. скопленіем органических остатков около берегов; при этом вѣтром и дѣятельностью морских птиц и прибрежных организмов нѣкоторое количество связаннаго азота постоянно выносилось из морей и вновь вступало в сушу. В геологически новое время человекъ явился новым фактором в этих процессах. Рыбной ловлей и добычей других морских продуктов человекъ извлекает из океана огромныя количества азота, больше, чѣм все другіе природные агенты вмѣстѣ взяты. Можно видѣть значеніе этого процесса на примѣрѣ Сѣвернаго моря. Сюда по исчисленію Джонстона<sup>1)</sup> рѣки ежегодно вносят 390.10<sup>7</sup> килограммов азота; в видѣ рыбы и других продуктов человекъ ежегодно извлекает отсюда не менѣ десятой части поступающаго из суши азота — возвращая его вновь на сушу.

Конечно, человекъ берет не газообразный азот; но измѣняя количество связаннаго азота, он вліяет опредѣленным образом и на исторію свободнаго азота в земной корѣ.

Не менѣ рѣзкое вліяніе оказывает он, измѣняя характер процессов на сушѣ благодаря развитію и расширенію культурнаго хозяйства, вліяя на условія жизни микроорганизмов. Этим путем человекъ энергично измѣняет круговорот азота. Достаточно отиѣтитъ, напр., что черный пар нашего климата является мѣстом энергичнаго развитія поглощающих азот организмов. Мы видѣли уже с другой стороны какое количество кислородных соединеній азота получается при сгораніи топлива (§ 397).

Однако, на ряду с такими процессами связыванія азота человекъ производит работу и разрушенія азотных соединеній, выдѣленія его в свободном состояніи. Вѣроятно два процесса имѣют в этом отношеніи наибольшее значеніе: сожженіе трупов и топка дровами, соломой, углем. Едва ли можно сомнѣваться, что эти процессы погашаются с избытком той дѣятельностію человека, которая химически связывает азот.

Повидимому и в дѣятельности человекъ устанавливается равновѣсіе; измѣненія, им вносимыя в исторію азота, имѣют только *мѣстное*, быстро исчезающее значеніе.

---

1) J. Johnstone. The conditions of life in the sea. Cambr. 1908. p. 291—293.

## XVIII. 60. Водород.

**405. Водород в литосферѣ.** Водород играет огромную роль в химических процессах земной коры. Однако, роль его нам сразу невидна, т. е. в земной корѣ газообразный водород быстро исчезает. Повидимому он принадлежит к числу тѣл, постоянно образующихся и столь же постоянно переходящих в новыя формы соединений, так что количество его, одновременно присутствующее в данный момент в земной корѣ, относительно невелико.

Водород в земной корѣ находится: 1) в растворѣ в водѣ (в горячих источниках, напр. в гейзерах), м. б. в нефти; 2) в газообразном состояніи (в газовых струях, в сгущеніях и испареніях) и 3) м. б. в каких нибудь формах твердых растворов.

Несомнѣнно водород выдѣляется в газообразном состояніи при всяком вулканическом изверженіи. Нахожденіе свободного водорода было указано для Этны еще в XVIII столѣтіи Доломье<sup>1)</sup>, но эти старинныя указанія, повторявшіяся многими изслѣдователями, возбуждают сомнѣнія, ибо обычно водород здѣсь смѣшивался с  $H_2S$  и с углеводородами.

Впервые точно констатирован был водород в связи с вулканическими явленіями в сольфатарах Исландіи Бунзеном в 1853 году<sup>2)</sup>. Затѣм во время изверженія Везувія в 1861 году он был найден в газах, выдѣлявшихся из трещин старинных лав Везувія под вліяніем проникновенія в них новой лавы<sup>3)</sup>.

Бунзен доказал, что водород выдѣляется сольфатарами постоянно, в большом количествѣ, в теченіи столѣтій, в особых горячих углекислых струях. По его расчету только одна небольшая струя в сольфатарѣ Крисувик (Krisuvik) дает 12 куб. метров водорода в сутки. Общее же его количество должно быть огромно и в день одна эта сольфатара выдѣляла не меньше 12000 куб. метров водорода. Газ

1) D. de Dolomieu. Mémoires sur les îles Ponces. P. 1788. p. 363. Ср. C. Maravigna. Memorie di orittognosia Etna. Par. 1838. p. 112 сл.

2) R. Bunsen. Gesamm. Abhandlungen. II. L. 1904. p. 135 сл.

3) H. St. Claire Deville, F. Fouqué et F. Le Blanc. Comptes Rendus de l'Acad. d. Sc. LV. P. 1862. p. 76.

выходит под большим давлением. Процент водорода в общем составѣ газов колеблется от 0·8 до 8·4%. На сѣверѣ Исландіи в Reykjahlidh при пробуриваніи почвы в большой Сольфатарѣ получился особый газ, заключающій почти одинаковыя количества CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S и H<sub>2</sub>. В нем было 25·14% водорода.

Открытие Бунзена было подтверждено дальнѣйшими изслѣдованіями.

Такъ, Фукэ нашел водород в газах, выдѣлявшихся из моря в подводныхъ изверженіяхъ Санторина; причемъ иногда газы здѣсь соевѣмъ не содержали водорода, иногда же его количество доходило до 30·09%<sup>1)</sup>. По мнѣнію Фукэ количество водорода увеличивается по мѣрѣ приближенія къ центру изверженія. В 1867 году в Санторинѣ были встрѣчены газы, заключавшіе до 56·70% H (богатаго кислородомъ), м. б. происходившіе от диссоціаціи морской воды во время подводнаго изверженія<sup>2)</sup>. Количество водорода доходило в газахъ Пелэ на Мартиникѣ до 22·3%<sup>3)</sup>. Однако эти числа должно быть указываютъ на какія нибудь особныя условія. Ибо изслѣдованія газовъ изверженія Везувія 1906 года, произведенныя в этомъ отношеніи с особой тщательностію, дали его колебанія в предѣлахъ от слѣдовъ всего до 3% общаго количества газовъ<sup>4)</sup>. Водород выдѣляется и из такихъ газовыхъ вулкановъ, каковымъ является Сольфатара около Поццуоли<sup>5)</sup>.

**406.** Происхожденіе водорода при вулканическихъ изверженіяхъ не можетъ считаться яснымъ.

Опыты Готье показали<sup>6)</sup>, что при относительно низкой температурѣ — уже при 300° — пары воды дѣйствуютъ на силикаты закиси желѣза и, окисляя ихъ, выдѣляютъ водородъ. Реакція эта схематически можетъ быть представлена, напр., такъ:



Этотъ водородъ однако быстро вступаетъ в реакцію с окружающими газами, давая с CO<sub>2</sub> — CO и H<sub>2</sub>O, с CSO — CO и H<sub>2</sub>S и т. д. Очень

1) F. Fouqué. Santorin. P. 1879. p. 226—227.

2) F. Fouqué. l. c. 1879. 232.

3) H. Moissan. Comptes Rendus de l'Ac. d. Sc. CXXXV. P. 1902. p. 1085.

4) A. Gautier. Comptes Rendus de l'Ac. d. Sc. CXLVIII. P. 1909. p. 1712 cx.

5) R. Nasini, F. Anderlini et R. Salvadori. Atti d. R. Ist. Veneto. IX. Ven. 1898. p. 1371.

6) A. Gautier. Bulletin de la Soc. Chim. de Paris. XXV. P. 1901. 232. Его же. Comptes Rendus de l'Acad. d. Sc. de Paris. CXXXVI. P. 1903. p. 17. Его же. Annales d. Mines. (10). IX. P. 1906. p. 334—344.

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 распаденіем при высокой температурѣ  $H_2S$ . На это указывает нерѣдко наблюдаемое постоянство процента  $H_2 + H_2S$  в смѣси газов и обратная пропорціональность их объемов<sup>1)</sup>.

Очень вѣроятно, что часть свободного водорода вулканических изверженій является в концѣ концов продутом этих или других аналогичных вторичных химическихъ реакцій.

Однако, едва ли можно считать вторичное образованіе такого водорода общимъ правилом. Очевидно такъ нельзя объяснить образованіе водорода в совершенно безводныхъ вулканическихъ струяхъ, являющихся первой причиной вулканическаго пароксизма. А между тѣмъ и в них, какъ показал Брен<sup>2)</sup>, всегда есть водород, который находится в магмѣ в видѣ какихъ то легко разлагающихся при нагреваніи соединеній или такъ или иначе собранъ в ней в свободномъ или в растворенномъ состояніи.

Нельзя затѣмъ отрицать возможности находенія в массивныхъ породахъ *раствореннаго* в них или м. б. иногда находящагося в ихъ порахъ свободного водорода. Этотъ водородъ долженъ выдѣляться при вулканическихъ изверженіяхъ. Указанія на находеніе свободного водорода в порахъ массивныхъ породъ и разнообразныхъ минераловъ дѣлались издавна. При нагреваніи порошковъ этихъ породъ в безвоздушномъ пространствѣ, водородъ нерѣдко является одной изъ главныхъ составныхъ частей выдѣляющихся газовъ. Однако, какъ не разъ уже указывалось (§ 381), происхожденіе этихъ газовъ неясно; часть ихъ несомнѣнно образуется во время опыта и не существуетъ в свободномъ состояніи в минералѣ или в породѣ. Однако, есть случаи такого выдѣленія водорода, которые не могутъ быть объяснены воздѣйствіемъ наблюдателя. Такъ напр. по опытамъ Чамберлена водородъ выдѣляется в значительномъ количествѣ изъ кварцовъ и берилловъ, причемъ тѣла эти не заключаютъ тѣхъ количествъ закиси желѣза, какія потребны для объясненія его происхожденія согласно теоріи Готье<sup>3)</sup>.

---

1) R. Bunsen. l. c. II. 1904. p. 143 сл. См. T. Torkelson. The hot springs of Iceland. Kj. 1910. p. 70.

2) A. Brun. Recherches sur l'exhal. volc. Gen. 1911. pass.

3) R. T. Chamberlin. Gases in rocks. W. 1908. p. 45.