

В. И. Вернадскій.

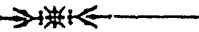
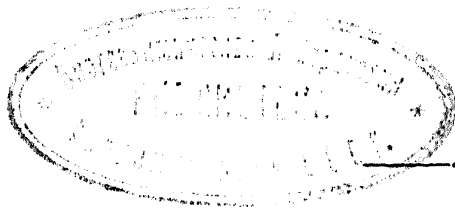
О П Ы Т  
О П И С А Т Е Л Ь Н О Й   М И Н Е Р А Л О Г И И .

---

Том I.

САМОРОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ.

Выпуск 5.



С.-ПЕТЕРБУРГ.

ТИПОГРАФІЯ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМІИ НАУК.

Вас. Остр., 9 лин., № 12.

1914.

Напечатано по распоряженію Императорской Академіи Наукъ.  
С.-Петербургъ, Мартъ 1914 г.  
Непремѣнный Секретарь, Академикъ *С. Ольденбургъ*.

земной коры без перерыва, несмотря на свою незначительность в каждом отдѣльном случаѣ, в общем в теченіи долгих лѣтъ земной исторіи должны выводить значительныя количества азота из свободнаго состоянія.

**398.** Итак, в земной корѣ идут реакціи двоякаго рода: с одной стороны выдѣленіе свободнаго азота и во вторых переход его в новыя соединенія.

Происходит ли нѣтъ в концѣ концов постепенное накопленіе или уменьшеніе этого газа в земной корѣ?

Опредѣленно отвѣтить на этот вопрос мы не можем, но нельзя не отмѣтить, что в нѣкоторых случаях мы имѣем ясно выраженные реакціи кругового характера: азота столько же выдѣляется, сколько и входит в соединенія, причем регулирующія оба эти процесса явленія явно находятся в равновѣсіи.

Главным регулятором является органическая жизнь; ибо кислородныя соединенія азота служат одним из главнѣйших питательных веществ организмов. Поэтому при их увеличеніи в какой нибудь средѣ — увеличивается органическая жизнь, при их уменьшеніи уменьшается. Впитывая азотнокислыя соединенія организмы переводят их в сложныя тѣла, которыя в концѣ концов на земной поверхности разлагаются до свободнаго азота. Таков тот азот, который выдѣляется во многих поверхностных газовых струях, напр. в каменноугольных газах (§ 389). Свободный азот такого же происхожденія выдѣляется нерѣдко непосредственно в видѣ испареній разложеніем нитратов и нитритов дѣятельностью денитрофицирующих бактерій (§ 392).

Так или иначе, азот выдѣленный организмами или с их помощью, вступает вновь в кислородныя или амміачныя соединенія, для того, чтобы затѣм опять выдѣлиться в свободном состояніи.

На это указывает уже отсутствіе в земной корѣ скопленій кислородных соединеній азота, напр. нитратов, хотя они постоянно повсюду образуются. На всем земном шарѣ мы знаем только одно их значительное мѣсторожденіе, в Ю. Америкѣ; в нем заключаются миліоны тонн азота; однако залежи этих нитратов новѣйшаго возраста, онѣ быстро исчезают, даже если бы человѣкъ и не участвовал в их разрушеніи<sup>1)</sup>. Наконец азот в свободном состояніи может уходить в земное ядро и из него выдѣляться (§§ 381, 385).

1) О круговоротѣ азота см. А. Т. Schloesing. Introduction à l'étude de ch. agric. P. 1885. (Encycl. Chim. de Fremy) (лит.). К. Brandt. Beihefte z. Botan. Centr. XVI. Jena. 1904. p. 387. J. v. Braun. Handbuch d. anorg. Ch., her. v. R. Abegg. III. 3. L. 1907. 265. J. Johnstone. The conditions of life in the sea. Cambr. 1908. p. 273 сл. В. Вернадскій. Извѣстія Имп. Акад. Наукъ. Спб. 1912. стр. 157.

**399. Измѣненіе кислорода.** Процессы измѣненія свободного кислорода, переходы его в соединенія должны идти еще болѣе энергично, чѣм аналогичныя превращенія химически болѣе инертнаго газа, азота. Само нахожденіе в земной корѣ свободного кислорода может быть объяснено только чрезвычайно рѣзким обиліем этого элемента в валовом составѣ земной коры.

Кислород не только расходуется в огромных количествах на органическую жизнь; он обуславливает почти всѣ химическіе процессы, идущіе в корѣ вывѣтриванія. При этом, подобно тому, что мы видѣли для азота, мы можем различить реакціи его измѣненія двоякаго типа — чисто химическія и біохимическія.

Обращаясь к реакціям перваго рода, можно отмѣтить ряд элементов, соединенія которых являются *поглотителями кислорода*, т. е. в корѣ вывѣтриванія они дают *вторичныя соединенія*, болѣе богатые кислородом, чѣм их первичныя минералы, выдѣлившіеся в магмах или в глубоких участках земной коры. Это будут:

Fe, V, C, As, Sb, Cu, Hg, Zn, Br, Cd, Mn, Mo, S, Se, Ni, N, Co, Pd, Te, Bi, H, J.

Для учета значенія этого процесса можно оставить в сторонѣ из этих 22 элементов такіе, кислородныя соединенія которых по своей рѣдкости совершенно не играют роли в исторіи земной коры. Это будут Hg, Br, Cd, Se, Pd, Te, J, м. б. Bi. Остается все же 14 химических элементов, которые будут поглощать замѣтныя количества кислорода в той или иной формѣ, когда соединенія их попадут на земную поверхность, в область свободного кислорода. Это поглощеніе кислорода большею частію не идет на счет атмосфернаго кислорода, но является слѣдствіем сложных химических реакцій и связано главным образом с дѣйствіем газовых водных растворов — воды, насыщенной кислородом (§ 361, 369). Этим вызывается отсутствіе кислорода в газах глубоких источников (§ 371). Но есть реакціи и прямого поглощенія кислорода воздуха, напр. колчеданами или каменными углями<sup>1)</sup>.

Масштаб происходящих при этом процессов огромен. Можно вычислить, напр., что желѣзо, переходя в окисныя соединенія, должно было бы поглотить не меньше 68% кислорода, находящагося нынѣ в атмосферѣ, ибо отношеніе  $FeO : Fe_2O_3$  для пород массивных и кристаллических равно 1.34, а для осадочных оно равно всего 0.57<sup>2)</sup>.

1) Для углей см. R. T. Chamberlin. Bulletin of U. S. Geol. Survey. № 388. W. 1909. 61. Б. Меффертъ. О вывѣтриваніи кам. углей. Спб. 1910. 18 (Труды Геол. Ком.).

2) C. H. Smyth. The Journal of geol. XIII. Ch. 1905. p. 322—323. Эти числа

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 поглощенного кислорода было бы больше или равнялось бы количеству кислорода атмосферы. Едва ли меньшія количества кислорода идут на окисленіе углеводородов, 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 менѣ 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 возстановленія.

Достаточно сравнить список 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 отсутствіе. 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 С. 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. С. 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.