

С. Г. ВИШНЯКОВ

## ИСТОРИЯ ГЛИНОЗЕМНЫХ МИНЕРАЛОВ В БОКСИТОВЫХ ПОРОДАХ

(Представлено академиком Д. С. Белянкиным 18 IX 1952)

Все глиноземные бокситообразующие минералы, составляющие различные по возрасту и условиям залегания месторождения бокситов, можно рассматривать как определенный генетический ряд, в котором каждый минерал возникает из другого в последовательном порядке в результате общего закономерного исторического хода геологических процессов. Общее направление этих процессов определяется закономерным изменением коллоидного глинозема (старение коллоидов) и переходом менее устойчивых минеральных форм в более устойчивые при данных условиях.

Наиболее вероятно считать, что выпавший в природных условиях гель гидратов глинозема вначале представлял собой многоводное образование, не отвечающее определенному стехиометрическому выражению соединения, состав которого можно изобразить в виде  $Al_2O_3 \cdot nH_2O$ .

Так, В. И. Вернадский говорит, что «для глинозема в его коллоидах характер мицелл еще неясен. Может быть, они не отвечают гидрату  $Al(OH)_3$  (группы гидраргиллита)» ((<sup>2</sup>), стр. 108). А. Е. Ферсман подчеркивает, что на поверхности земли коллоидные соединения «...только медленно, путем перекристаллизации, превращаются они (коллоиды.— С. В.) в стехиометрически закономерные кристаллические тела» ((<sup>9</sup>), стр. 42). Ван-Беммелен, исследуя различные латериты, пришел к заключению, что при процессах латеритизации вначале образуется гидрогель глинозема, который лишь впоследствии кристаллизуется в гидраргиллит ((<sup>12</sup>).

Из приведенных цитат следует, что коагели гидратов глинозема относятся, несомненно, к типу мутабильных образований, которые охарактеризованы А. Е. Ферсманом ((<sup>9</sup>), а позднее И. Д. Седлецким ((<sup>8</sup>) как вещества, не представляющие определенных соединений и постепенно переходящие в более устойчивые неполнокристаллические, метастабильные, а далее в полнокристаллические стабильные минералы.

Микроскопическими исследованиями с несомненностью устанавливается, что первоначальный осадок бокситового вещества осадочных месторождений представлял собой микрослоистый коагель, состоящий в основном из гидроокисей алюминия, железа и каолинового вещества. Впоследствии эти коагели перешли в раскристаллизованные в различной степени вещества: гидраргиллит, бёмит, каолинит, гидрогематит, гематит и некоторые другие минералы, составляющие незначительную примесь. Из этого логически неизбежно следует существование промежуточных мутабильных и метастабильных стадий бокситового вещества. Общий ход дальнейшего диагенетического процесса подсказывает,

что начальным кристаллическим минералом в бокситах являлся только гиббсит, который лишь при дальнейшем ходе дегидратации перешел в бёмит. Под микроскопом непосредственный переход гидраргиллита в бёмит нам наблюдать не удалось. Однако косвенным доказательством существования такого перехода в процессе диагенеза может служить тот факт, что в тихвинских месторождениях бёмитовые бокситы являются более, а гидраргиллитовые менее пористыми породами. Теоретически это так и должно быть, так как при потере гидраргиллитом двух частиц воды пористость должна увеличиваться примерно на 20%.

В статье Е. В. Рожковой, И. В. Соловьева и В. Н. Карюкиной (7), посвященной получению и изучению свойств синтетических гидратов глинозема, авторы пришли к выводу, что первой фазой кристаллизации выпавшего из растворов алюмогеля является бёмит. Бёмит вскоре снова превращается в алюмогель, из которого с течением времени кристаллизуется байерит. Полное превращение бёмита в байерит происходит в течение года. После 4-летнего сохранения байерита под водой рентгенограмма показала только аморфное вещество. Последнее подвергается новым превращениям. Однако этот вывод авторы считают не окончательным.

Поскольку бёмит и байерит являются весьма неустойчивыми формами и снова легко переходят в алюмогель, то логически следует, что наиболее устойчивым образованием, возникшим из геля, должен быть тригидрат — гиббсит, так как других минералов, кроме диаспора, мы не знаем. Диаспор же возникает в связи с процессами метаморфизма. В этой же статье авторы ссылаются на экспериментальные работы Фрике и Вевер, которые утверждают, что коллоидные гидраты глинозема в процессе старения превращаются в кристаллическую тригидратную форму (гидраргиллит).

Сравнивая месторождения бокситов различного возраста и различной степени метаморфизации, нетрудно убедиться, что в процессе диагенеза для перехода трехводных бокситов в бёмитовые требуется очень длительный геологический промежуток времени. Все изученные современные и третичные латериты тропических и субтропических стран (индийские, австралийские, мадагаскарские) являются исключительно гидраргиллитовыми. Также из гидраргиллита состоят неметаморфизованные бокситы мезозойского возраста (мел, юра): уральские салаирские, казахстанские и другие месторождения.

Следовательно, в течение почти всего мезозоя и кайнозоя гидраргиллит не успел перейти в бёмит. Лишь нижнекаменноугольные тихвинские бокситы успели дегидратироваться до бёмита, и то не все.

Факторы метаморфизма значительно ускоряют этот процесс. Так, французские бокситы провинции Прованс (месторождение Вар и др.), несмотря на нижне- и верхнемеловой возраст, благодаря неглубоким процессам метаморфизации приобрели гиббсито-бёмитовый или чисто бёмитовый состав.

Таким образом, дегидратация трехводного гидраргиллита в одноводный бёмит может осуществиться или в процессе длительного позднего диагенеза или же значительно более быстро в процессе незначительной метаморфизации пород. Переход же бёмита в другую модификацию моногидрата — в диаспор, а также, вероятно, гидраргиллита в диаспор происходит независимо от времени, т. е. от возраста бокситов, и только при более углубленных процессах метаморфизма.

В сказанном можно убедиться на ряде конкретных примеров. Так, средиземноморские месторождения бокситов восточных Пиренеев, так же как и месторождения Прованса, имеют нижнемеловой возраст, но по сравнению с ними лишь более интенсивно метаморфизованы и поэтому имеют не бёмитовый, а диаспоровый состав. Сильно метаморфизованные бокситы Румынии, находящиеся в пределах Бихорских гор, близки по

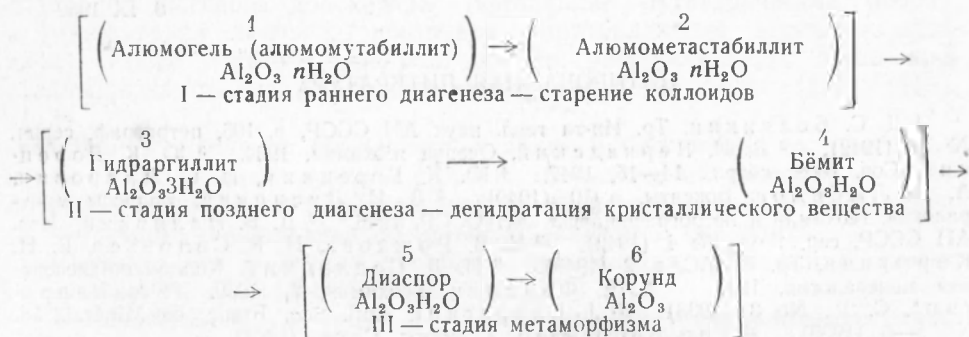
происхождению и возрасту к французским и также состоят сплошь из кристаллического диаспора.

Лаппаран указывает, что французские диаспоровые бокситы подвергались большему воздействию метаморфизма, чем бёмитовые бокситы (10). Изучая бокситовые глины Айршера (Шотландия), Лаппаран приходит к заключению, что диаспор в этих породах образовался после бёмита, причем он обязан своим происхождением погружению в зону более высокой геозотермы (11).

Известно, что все палеозойские месторождения Урала и восточных Саян, где бокситы в значительной степени метаморфизованы, представлены диаспоровыми или реже бёмито-диаспоровыми разностями. Гидраргиллит в них отсутствует. Микроскопическими исследованиями нами было установлено, что среднедевонские бокситы Салаирского кряжа состоят из раскристаллизованного в различной степени диаспора, причем скрытокристаллические разности бокситов сохранили отчетливую коллоидную текстуру, указывающую на то, что исходным веществом их служили коагелы гидроокисей алюминия.

Наши исследования бокситов из Салаирского кряжа показали, что они состоят из диаспора и корунда, причем здесь наблюдается весьма отчетливая картина перехода диаспора в корунд. Нами установлено, что чем ближе расположен бокситовый пласт к интрузивному массиву, тем больше он содержит корунда, а в непосредственной близости от интрузива весь диаспор перешел в корунд. Подобным же путем, как известно, образовались Прииртяшское месторождение наждака на Урале и ряд других месторождений наждака. Таким образом, из этого примера видно, что при более глубоких процессах метаморфизации диаспор переходит в корунд.

Литературные данные и наши личные наблюдения позволяют выразить последовательность превращения глиноземных минералов в виде следующей схемы:



Эта схема изложена нами в 1945 г. на заседании Минералогического общества в Ленинграде. В природных условиях ход и порядок процессов значительно сложнее и разнообразнее, чем это изображено на данной схеме.

В 1946 г. В. И. Луцицкий была высказана мысль, сходная с нашими построениями. Он пишет: «Характерна связь различных типов бокситов с геологическим возрастом и тектоническими условиями. Гиббситы приурочены к мезозойским отложениям (Средний Урал, Акмолинск, Салаир и др.), гиббсито-бёмиты — к каменноугольным (Тихвин), бёмит-диаспориты — к девонским и силурийским (Южный и Северный Урал); с сильно дислоцированными, метаморфизованными отложениями связаны перекристаллизованные бокситы с парагенезом: диаспор — корунд — силлиманит (Средняя Азия, остров Наксос в Греции и др.)» ((5), стр. 352).

На переход бокситов в моногидратные формы и в корунд в связи с явлением динамометаморфизма указывает Ю. К. Горецкий<sup>(3, 4)</sup>.

В статье Д. С. Белянкина по поводу подведения итогов изучения кристаллического глинозема имеются следующие весьма интересные для нас указания. «При нагревании алюмогелей, с постепенным повышением температуры до 1000° и более, из них последовательно возникают: гидраргиллит, бёмит, глинозем и корунд. Диаспор в этой цепи продуктов совершенно отсутствует». Далее Д. С. Белянкин пишет: «В 1943 г. Лаубенгеер и Вейсц (1943) выполнили опытные — в гидротермальных условиях — исследования явлений равновесия в системе  $Al_2O_3 - H_2O$ . Они применили при этом длительную экспозицию исходных фаз в бомбе при ряде температур — от 120 до 500°. Затем следовала закалка продуктов и изучение их при обыкновенной температуре. В итоге получались следующие температурные пределы устойчивости фаз: гидраргиллит до 155°, бёмит до 155—280°, диаспор до 280—450°, корунд выше 450°» ((1), стр. 6).

Для нас интересно в этих опытах то, что гидраргиллит возникает из алюмогелей, а бёмит из гидраргиллита. Диаспор же является устойчивым при более высоких температурах, чем бёмит.

Эти экспериментальные данные вполне согласуются и подтверждают общий ход последовательности переходов одних минералов в другие, наблюдаемой в природных условиях и изображенной в нашей схеме.

Как показывают микроскопические наблюдения Е. П. Левандо, а также наши исследования, явно кристаллический гидраргиллит в тихвинских бокситах, заполняющий пустоты в ассоциации с кальцитом, является, несомненно, эпигенетическим образованием. При этом происходило растворение, а потом осаждение гидроокисей алюминия. Растворителем, очевидно, служил здесь бикарбонат кальция. Растворился ли при этом в бокситах только гидраргиллит или также и бёмит, сказать трудно.

Воронежский государственный университет

Поступило  
8 IX 1952

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Д. С. Белянкин, Тр. Ин-та геол. наук АН СССР, в. 106, петрограф. серия, № 30 (1949). <sup>2</sup> В. И. Вернадский, Очерки геохимии, 1934. <sup>3</sup> Ю. К. Горецкий, Сов. геол. сборн., 14—15, 1947. <sup>4</sup> Ю. К. Горецкий, Н. С. Лаврович, А. Л. Любимов, Бокситы, в. 10 (1949). <sup>5</sup> В. И. Луцицкий, Вопросы минералогии, геохимии и петрографии, изд. АН СССР, 1946. <sup>6</sup> Д. В. Наливкин, Изв. АН СССР, сер. геол., № 4 (1942). <sup>7</sup> Е. В. Рожкова, И. В. Соловьев, В. Н. Карюкина, Тр. ВИМС, в. 2 (1949). <sup>8</sup> И. Д. Седлецкий, Коллоидно-дисперсная минералогия, 1945. <sup>9</sup> А. Е. Ферсман, Геохимия, 2, 1939. <sup>10</sup> J. Lapparant, C. R., No. 3 (1933). <sup>11</sup> J. Lapparant, Bull. Soc. Franç. de Minéral., 58, No. 5—6 (1933). <sup>12</sup> Van Bemmelén, Z. anorg. Chem. (1904).