

А. А. ОЗОЛ

ГЕОХИМИЯ БОРА В ТРАВЕРТИНАХ ПАМИРА

(Представлено академиком Н. М. Страховым 11 IX 1973)

Известно, что в результате гидротермальной деятельности, проявляющейся в межпароксизмальные периоды жизни вулканического очага, в депрессионных зонах аридных областей происходит концентрирование бора и других ценных компонентов (¹). В качестве иллюстрации этого явления можно привести котловину Пуга (Ладакх, Тибет), по бортам и на дне которой в местах выхода термальных вод находятся конусообразные возвышения травертинов, а вокруг них — отложения буры в виде покрова протяженностью свыше 3 км и шириной почти 0,5 км. Другим примером может служить оз. Серлз (Калифорния, США), по берегам которого и в верховьях р. Оуэнс, питающей озеро, есть угасшие или действующие горячие источники с травертинами, а в центральной части — соляные отложения, содержащие наряду с бором огромные количества троны, лития и вольфрама.

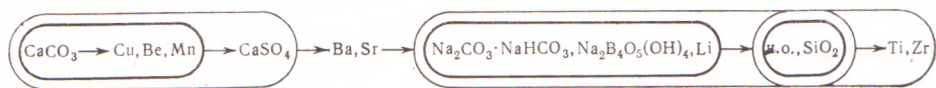
Травертинообразование, по существу, представляет собой начальный этап вулканогенно-осадочного рудогенеза. Поэтому познание основных черт геохимии травертинов играет немаловажную роль в раскрытии характера его последующих этапов, более значительных по масштабам. Травертины Памира, который входит в состав бороносной Альпийско-Гималайской провинции, особенно интересны в этом отношении.

Отголосками прошлой вулканической деятельности, происходившей на Памире в палеоген-неогеновое время, являются источники углекислых вод гидрокарбонатно-натриевого состава (Гарм-Чашма, Бахмыр и др.). Содержание бора в них достигает 10—20 мг/л, а отношение $B/\Sigma_{\text{сод}}$ колеблется в пределах от 0,002 (Гарм-Чашма) до 0,007—0,009 (Ширгин, Лянгар). В местах выхода этих вод образуются карбонатные осадки в виде куполов или покровов травертинов, имеющих скорлуповидное строение и состоящих из слоев, неоднородных по структурным и текстурным свойствам. Бор распределен в травертинах неравномерно, в различных слоях его содержание варьирует от тысячных до десятых долей процента.

Травертины сложены в основном кальцитом или арагонитом, иногда содержат примесь гипса. Весьма характерно присутствие троны $Na_2CO_3 \cdot NaHCO_3 \cdot 2H_2O$, которая встречается в виде включений или прослоев белого, реже бурого цвета мощностью от 2—5 мм (Гарм-Чашма) до 20—25 см (Бахмыр). Совместное нахождение в травертинах гипса и троны, представляющих собой запрещенную ассоциацию, весьма любопытно и объясняется, по-видимому, пульсационным характером поступления растворов. С тронной тесно ассоциируют бура $Na_2B_4O_7(OH)_4 \cdot 8H_2O$, а также галит и буркеит. Наряду с ними обнаружены калишпаты, тальк и опал. (Названные минералы диагностированы по оптическим константам, порошковым рентгенограммам, термическим данным, и и.-к. спектрам.)

В результате обработки на ЭВМ методом многократной корреляции (²) данных химического и спектрального анализа 40 проб травертинов источника Гарм-Чашма был выявлен (с учетом их минерального состава) ряд возрастания геохимической подвижности, отражающий последовательность отложения тех или иных веществ из растворов и позволяющий

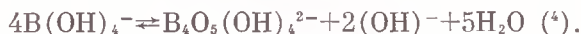
установить характер корреляционных связей минералов и элементов в составе карбонатных осадков:



(наиболее тесно связанные между собой компоненты объединены толстыми линиями, менее тесно связанные — тонкими).

Из приведенного ряда хорошо видно, что первыми осаждаются карбонаты кальция (кальцит, арагонит), вместе с ними в небольших количествах медь (до 0,005%) и марганец (до 0,3%), затем сульфаты кальция (гипс), барий (до 0,1%) и стронций (до 1%). Вслед за ними отлагаются карбонаты натрия (трона), бораты натрия (бура) и литий. Последними выделяются алюмосиликаты (калишпаты), силикаты (талек) и кремнезем (опал), наконец, титан и цирконий.

Появление буры в составе карбонатных осадков возможно лишь в условиях резко аридного климата, когда происходит быстрое испарение растекающихся по поверхности растворов, в результате этого — резкое повышение содержания в них бора и, по достижению достаточно высокой концентрации, — переход комплексов $\text{B}(\text{OH})_3$ и $\text{B}(\text{OH})_4^-$ (в форме которых бор присутствует в водах) в энергично диссоциирующую тетраборную кислоту по следующим схемам:



Отложения троны в ассоциации с бурой после карбонатов (и сульфатов) кальция, но перед аутигенными силикатами позволяет рекомендовать при поисках содово-борной минерализации в травертинах особенно тщательно опробовать контакты слоев, обогащенных кремнеземом.

Содержание бора в водах и осадках минеральных источников Памира в настоящее время сравнительно невысокое, но в период активной вулканической деятельности в палеогене и неогене, надо полагать, оно было значительно выше. В это время на Памире имелись обширные депрессии, куда поступали гидротермальные растворы. Одна из них находилась в бассейне р. Южный Ак-Байтал. Она выполнена озерными отложениями джаамбайской свиты палеогенового (?) возраста, представленными в верхней части толщей глинистых сланцев, зараженных мышьяком и сурьмой. В этой толще содержатся прослои эффузивов, красных доломитов, гидромагнезита и чилийской селитры. Последняя, по-видимому, представляет собой факцию «капиллярной концентрации».

Другая депрессия находится в долине р. Аличур. Она выполнена озерными отложениями неоген-антропогенного возраста, представленными серыми тонкослоистыми глинами. По боратам этой депрессии и на дне содовых озер, расположенных в ее пределах, имеются минеральные источники с травертинами на выходе, а по берегам некоторых из озер (Сасык-куль, Туз-куль и др.) лежит соляная корка, состоящая из троны, буркеита, галита, тенардита и других минералов. Весьма показательно, что характер питания и соляной парагенезис на озерах Памира сходен с таковыми на оз. Серлз.

Наряду с селитрой и тронной, в этих и других (Салангурской, Зоркульской и т. д.) депрессиях могли осаждаться, судя по составу травертинов, и бораты. В отличие от селитры, накопление которой в краевых частях озерного бассейна обусловлено преимущественно экзогенными факторами, или троны, образование которой связано с притоком гидрокарбонатно-нат-

риевых вод как с суши, где выветривались изверженные породы, так и с глубины, в результате просачивания гидротерм, основной причиной, могущей привести к садке боратов в рассматриваемых депрессиях, следует считать поступление в них бороносных растворов вулканогенного происхождения.

Всесоюзный научно-исследовательский
институт нерудных полезных ископаемых
Казань

Поступило
11 IX 1973

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ *И. М. Страхов*, Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли, М., 1963.
² *Ю. К. Бурков*, Физические и химические процессы и фации, «Наука», 1968, стр. 22.
³ *N. Ingri*, Acta chem. scand., v. 11, № 6, 1034 (1957). ⁴ *N. Ingri*, Acta chem. scand., v. 17, № 3, 573 (1963).