

Б. П. КРОТОВ

ТИПЫ ПРЕСНЫХ ОЗЕР И ОБРАЗУЮЩИЕСЯ В НИХ РУДЫ

(Представлено академиком Д. С. Белянкиным 15 II 1950)

В противоположность детально изученным соляным озерам, пресным водоемам геологи и геохимии не уделяли достаточно внимания, и процессы рудообразования в озерах до сих пор разобраны недостаточно полно. Описание процессов рудообразования в них обычно сводится к изложению способов переноса различных веществ в поверхностных растворах. Самое же осаждение веществ из раствора ставится в зависимость от газов, растворенных в воде озер, в которых среда считалась нейтральной⁽¹⁾. В настоящей работе сообщаются результаты исследований автора по вопросу о типах озер по характеру активной реакции воды в них и о свойственных каждому типу озер рудных осадках.

Во время изучения автором рудоносных озер и озерных руд было установлено широкое развитие⁽²⁾ типа озер с сезонными изменениями активной реакции среды в них из кислой в щелочную, обуславливающими сезонную смену осадков гидроокиси железа осадками гидроокиси марганца, а иногда силикатами железа типа лептохлорита. Вода в этих озерах имеет зимой, весной и в начале лета почти нейтральный характер у поверхности и слабо кислый на глубине, а в конце лета и осенью во время цветения воды она приобретает щелочной характер у поверхности с рН по 9,5, но сохраняет слабо кислый характер среды на глубине.

Среди железорудных месторождений древнего возраста, наряду с месторождениями бурых железняков без заметной примеси марганца, встречаются также месторождения, содержащие по валовым анализам значительное количество его (Бисерский район Урала). Условия образования марганцевистых бурых железняков до сих пор не получали объяснения, теперь же причиной такого состава руд нужно считать щелочной характер среды в водоемах. Но среди железорудных месторождений древнего возраста широко распространен тип месторождений, в которых марганец, наоборот, отсутствует. Они состоят из пизолитов окиси или гидроокиси железа, пизолитов и цемента из лептохлоритов, иногда в них имеется сидерит, магнетит и марказит. Присутствие лептохлоритов выделяющихся, по Г. И. Бушинскому⁽¹⁾, при рН 7,2—7,3*, показывает, что месторождения образуются в озерах со слабо щелочной средой, в которых рН не достигал 8,6, т. е. величины, необходимой для выделения гидроокиси марганца. Слабо щелочной характер среды в них создается окружающими породами — карбонатизированными змеевиками. Месторождения такого состава встречаются на Ю. Урале и на Кавказе. В верхней части рудного пласта лептохлориты бывают иногда

* Эти цифры представляют рН вод, вытекающих в болотах из пластов лептохлоритов, состав которых не был определен Бушинским (шамозиты?).

отчасти разложены с выделением гидраргиллита. Появление этого минерала, образующегося при рН 6,5—6,8, и вынос кремнезема указывает на изменение слабо щелочной среды на слабо кислую, видимо, в связи с заболачиванием водоема.

К числу месторождений озерного происхождения, лишенных марганца, относятся еще пизолитовые железистые бокситы. В составе мезозойских бокситов принимают участие пизолиты из окислов железа и смешанный ферриалюмогель, частично раскристаллизованный. В качестве примесей в них находится обычно некоторое количество каолина, кварцевого песка и небольшое, но постоянное количество гуминовых веществ, иногда гидрогель кремнезема. Все эти минеральные вещества выделяются и стойки в условиях кислой среды. Гидроокись железа в окислительной среде начинает выделяться, по Бриттону, при рН 2,3, полное выделение наступает при рН 6,5, но она продолжает выделяться и в щелочной среде. Гидроокись алюминия начинает выделяться при рН 4,1, ее полная коагуляция происходит, по данным Блюма, Банерджи, Бриттона, Магистала, Маттсона, при рН 6,5—6,8; при рН менее 4,1 и при рН более 7,5 глинозем начинает растворяться. По имеющимся данным, каолин выделяется в кислой среде (при рН 3,5—5,7), а в щелочной среде он растворим. Кремнезем, по Бриттону, выделяется и устойчив при рН 6, а в более кислой или более щелочной средах он растворяется. На этот факт указывает также часто наблюдаемое под микроскопом разъедание и замещение кварцевых песчинок гидраргиллитом.

Для суждения об условиях образования месторождений бокситов особенно важны два факта: полное отсутствие в их химическом составе марганца и присутствие некоторого количества гуминовых веществ. Ф. Ф. Вольф⁽³⁾ указывает, что гуминовые вещества свойственны месторождениям бокситов мезозоя Урала, а в палеозойских бокситах они замещены битумами. Отсутствие гидроокислов марганца и присутствие гуминовых веществ, обычных в кислых торфяных озерах, свидетельствуют об образовании бокситов в озерах со слабо кислой средой.

Приведенные выше данные об условиях выпадения и сохранения в осадках гидроокислов железа, алюминия, кремния ясно показывают на физико-химические условия среды, необходимые для месторождений бокситов: они возникают и устойчивы в интервале рН среды 6,5—7,5, как на это указывал Г. И. Бушинский⁽²⁾.

В литературе имеются указания на существование современных озер и болот, где происходит осаждение гелей $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Al}(\text{OH})_3$ и $\text{Si}(\text{OH})_4$. Фрейзе встретил их⁽¹²⁾ в Бразилии в небольшом озере близ оз. Арауама (в штате Рио-де-Жанейро). Однако он не изучил условий осаждения здесь гидрата глинозема, но связывает образование их с выветриванием элеолитового сиенита, выходящего в виде гребня вблизи озера.

Наличие месторождений древнего времени, минералогический состав которых представляет ряд строго закономерных парагенетических ассоциаций минералов, указывающих на их возникновение в водоемах с различным характером среды, поставил перед нами вопрос о существовании современных водоемов аналогичного характера. Для разрешения этого вопроса были собраны литературные данные о физико-химическом характере среды в современных озерах и было запланировано обследование озер с кислой и с щелочной средой для изучения образующихся в них рудных осадков.

Данные о физико-химическом характере среды в озерах СССР разбросаны в гидробиологических, гидрофизиологических и лимнологических работах отечественных исследователей, предпринимавшихся для изучения влияния характера среды на жизнедеятельность водных организмов, главным образом на рыболовство. Изучение влияния характера

среды на минералогический состав донных осадков, и в особенности на появление и на состав руд на дне озер, при этом не входило в задачи исследователей.

Присутствие озер с кислой средой в области развития рудоносных озер отмечалось М. В. Зеленковой-Перфильевой⁽⁴⁾, которая указывала на слабо кислый характер среды в Логмозере с рН 5,8—6,0 и в болоте северного берега Габозера близ д. Дворец, где, повидимому, в связи с притоком сернокислых марциальных вод, рН среды 6,1. Донные осадки в Логмозере не изучались. Особенное значение имеют работы С. Н. Скадовского⁽⁹⁾, С. И. Кузнецова и С. Н. Дуплакова⁽⁷⁾ и др., изучавших озеро Московской обл.

Скадовский разделил водоемы Московской обл. на три типа: 1) водоемы с нейтральной реакцией среды, 2) водоемы с кислой средой и 3) водоемы с щелочной средой.

К первому типу Скадовский отнес озера, в которых «доминирует нейтральная реакция» и где рН колеблется от 6,95 до 7,3 в зависимости от глубины и от времени года. С. И. Кузнецов и С. Н. Дуплаков нашли, что в Глубоком озере во время цветения воды в августе рН увеличивается до 8,5, а в самых глубоких частях озера рН равен всего 6,6—6,8. Содержание свободного CO_2 в глубоких частях оз. Глубокого доходит летом до 12 см³, а зимой всего 6,5 см³ на 1 л воды. Присутствие железистых осадков в оз. Глубоком описано Л. Л. Россолимо⁽⁸⁾. Согласно классификации лимнологов, по продуктивности эти водоемы относятся к эвтрофным (т. е. хорошо питающим).

Ко второму типу Скадовский отнес водоемы болотного характера, в которых рН ниже 7. В Луцинском болоте в краевой зоне рН 6,05—6,6, тогда как во внутренней зоне всего 3,2—3,8. Этот тип водоемов беден кальцием и богат гуминовыми веществами. Цветение воды проявляется слабо. По лимнологической номенклатуре, это тип дистрофных (т. е. непитающих) озер.

Третий тип водоемов Скадовского встречается в области развития известняков. Вода их богата кальцием, бедна гуминовыми веществами, рН среды в них равен 8. Лимнологи называют этот тип олиготрофным (т. е. малопитающим) и гипсотрофным. Подобные водоемы отмечены Ф. А. Соловьевым⁽¹⁰⁾ на Урале — Уткинское оз. в Висимо-Шайтанском районе, рН среды в нем 7,75. В озере наблюдаются заморы рыбы зимой ввиду развития CN_4 и H_2S . Указаний на наличие в них рудных осадков не имеется.

Разбор приведенных данных указывает определенно на существование озер с разным характером среды, отличающихся по минералогическому составу образующихся в них осадков. На этом основании нужно разделять пресноводные водоемы на три категории: 1) озера с кислой средой, 2) озера с щелочной средой и 3) озера с сезонными изменениями характера среды из слабо кислой до сильно щелочной. Среди озер, относящихся к каждой из этих категорий, можно отличать еще несколько типов по характеру растворенных газов.

На этой основе в настоящее время необходимо перестроить ранее опубликованную автором⁽⁶⁾ классификацию осадочных озерных рудных месторождений и разделить их на три категории: 1) месторождений, возникших в бассейне с кислой средой, 2) месторождений, возникших в бассейнах с щелочной средой, и 3) месторождений, возникших в бассейнах с сезонными изменениями характера среды из кислой в сильно щелочную, причем каждый из них при соответствующих условиях дает особого типа рудные отложения.

Вместе с тем на очередь настоятельно выдвигается задача обследования современных озер с кислой и щелочной средой для выяснения условий и причины возникновения этих типов озер, с одной стороны, и состава образующихся в них рудных осадков, с другой. Особенный

интерес возбуждают бассейны с кислой средой, изучение которых может дать разрешение вопроса о генезисе бокситов. Как известно, к торфяным водам приурочивал выпадение гидроокисей глинозема и А. Е. Ферсман (11).

Институт геологических наук
Академии наук СССР

Поступило
7 II 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Г. И. Бушинский, Бюлл. Моск. об-ва испыт. прир., 21 (1946). ² Г. И. Бушинский, Матер. к познанию геол. строения СССР, Моск. об-во испыт. прир., в. 3 (7) (1946). ³ Ф. Ф. Вольф, Тр. Ин-та Унихим, в. 3 (1935). ⁴ М. В. Зеленкова-Перфильева, Тр. Бородинск. пресноводн. биолог. ст. в Карелии, 5 (1927). ⁵ Б. П. Кротов, ДАН, 71, № 3 (1950). ⁶ Б. П. Кротов, Тр. Конференции по генез. месторожд. железа, марганца и алюминия, изд. АН СССР, 1937. ⁷ С. И. Кузнецов и С. Н. Дуплаков, Русск. гидробиол. журн., 2, № 8—10 (1923). ⁸ Л. Л. Россоломо, Тр. Всесоюзн. гидробиол. об-ва, 1 (1949). ⁹ S. N. Skadowsky, Verh. intern. Ver. f. theot. u. ang. Limnologie, I (Kiel 1922) (1923). ¹⁰ Ф. А. Соловьев, Природа, № 10 (1949). ¹¹ А. Е. Ферсман, Геохимия, 3, 1937. ¹² Fr. W. Freise, Chem. d. Erde, 8 (1933/1934).