

Б. П. КРОТОВ

К ВОПРОСУ О ГЕНЕЗИСЕ МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МАРГАНЦА

(Представлено академиком Д. С. Белянкиным 20 XII 1950)

Условия образования морских месторождений марганца привлекали внимание многих, но они все еще далеко не разъяснены. Объяснение генезиса их можно свести в две группы: 1) биохимическую и 2) чисто физико-химическую.

Биохимическое происхождение морских марганцевых осадков особенно пропагандировал В. И. Вернадский^(5, 6), связывавший их возникновение с жизнедеятельностью особых «чисто-марганцевых» организмов. Однако роль этих организмов не была им раскрыта полностью, вследствие чего другая группа исследователей, не отрицая той или иной роли организмов при образовании марганцевых осадков, допускает значение чисто физико-химических факторов при отложении марганца⁽¹⁻³⁾. Особенно подробное изложение этих взглядов встречается в работах А. Г. Бетехтина, который сделал ряд эмпирических обобщений о фациальных и физико-химических условиях образования этих осадков. Однако при этом остался без разрешения кардинальный вопрос о рН среды при выпадении гелей марганца и не была разъяснена причина постоянной ассоциации марганцевых месторождений с кремнистыми породами (опоки и пр.).

Второй взгляд был геохимически обоснован А. Е. Ферсманом⁽¹⁵⁾ и нашел свое отражение в работах Н. М. Страхова^(13, 14), М. В. Кленовой⁽⁷⁾ и А. Г. Бетехтина⁽⁴⁾. Они считают, что стекающие в моря растворы двухвалентного марганца при встрече с солеными морскими водами, богатыми растворенным кислородом, осаждают коллоидальные осадки окислов марганца. Эти авторы расходятся во взглядах на физико-химические факторы, вызывавшие выпадение марганца. Однако они не останавливаются на причине увеличения рН среды, который при этом должен быть повышен против обычного рН морской воды и (по Бриттону) достигать 8,4—8,8. Между тем, необходимость этого условия отмечается как Н. М. Страховым, так и М. В. Кленовой.

Во время работы по комплексному изучению генезиса озерных руд экспедицией Академии наук СССР под общим руководством автора удалось выяснить условия образования озерных руд и вместе с тем собрать данные, указавшие пути для разъяснения условий образования морских марганцевых осадков⁽⁸⁾.

При изучении озерных руд были поставлены химические и микроскопические их исследования. Химические анализы показали: 1) озерные руды сильно марганцовисты и количество окислов марганца иногда превышает даже количество окислов железа; 2) марганец в рудах находится в виде Mn^{2+} , Mn^{3+} и Mn^{4+} , причем доминирует то Mn^{2+} , то Mn^{4+} .

Микроскопическое исследование озерных руд выявило их скорлуповатое строение из правильно чередующихся концентров из гидроокислов железа и марганца, среди которых иногда встречаются концентры из лептохлорита и анкерита. Толщина отдельных концентров колеблется от 0,001 до 0,5 мм. Правильная перемежаемость двух, а иногда и трех концентров разного состава нужно было, естественно, объяснить правильно периодически повторяющейся сменой и возобновлением того же физико-химического характера среды в озерах. Для разъяснения этого вопроса лабораторией озероведения АН СССР и частью Институтом геологических наук АН СССР были поставлены исследования физико-химического характера среды в озерах в разные сезоны года ⁽⁸⁾. Эти исследования установили, что рН среды летом постепенно уменьшается от поверхности вглубь и показывает сезонные колебания, а именно весной, зимой и осенью рН у поверхности равен 7,2—7,4, а у дна 6,6—6,8, тогда как летом во время цветения воды рН среды достигает у поверхности 8,5—8,9.

Сопоставление факта периодического повышения рН среды до величины, необходимой для выпадения гидроокислов марганца, с фактом зонального строения рудных выделений из гидроокислов железа и марганца в виде чередующихся концентров дало основание приурочить образование концентров из гидроокислов марганца ко времени цветения воды в озерах, вызванного бурным развитием синезеленых и частью, быть может, диатомовых водорослей, сопровождающимся явлениями фотосинтеза.

Вместе с тем эти факты позволяют, очевидно, в настоящее время на других основаниях подойти к вопросу об условиях возникновения морских марганцевых осадков. Морская вода имеет рН около 8, что недостаточно для выделения гидроокислов марганца. Однако, как хорошо известно, в морях и океанах, как и в озерах, также происходит цветение воды, которое сопровождается процессом фотосинтеза, вызывающим повышение рН среды. По данным Харвея ⁽¹⁶⁾, рН в верхних частях воды, особенно в мелких местах, повышается при этом до 8,4, а в каменной ванне, заросшей водорослями, в яркий солнечный день рН доходило до 8,6 и даже до 9,7.

В литературе имеется ряд указаний, подтверждающих наличие территориальной связи между областями сильного развития диатомовых водорослей весной и летом в современных морях и океанах и районами распространения на дне морей железо-марганцевых конкреций, по своему строению близких к современным озерным рудам. Такие конкреции были описаны Я. В. Самойловым и А. Г. Титовым ⁽¹²⁾ со дна Балтийского, Черного и Баренцова морей, М. В. Кленовой ⁽⁷⁾ со дна Баренцова моря, Мерреем и Ирвиним ⁽¹¹⁾ из залива р. Клайда в Шотландии, из некоторых мест распространения красной глины в Атлантике, Тихом и Индийском океанах. В районе нахождения железо-марганцевых конкреций М. В. Кленова отметила проявление массового размножения диатомовых водорослей, сопровождающегося обеднением воды кремнеземом. Определения рН среды во время развития водорослей производились Крепсом и Вержбинской ⁽⁹⁾. Однако их наблюдения, производившиеся в марте — мае, в конце сентября и в декабре, захватили только начало и конец развития водорослей, которое происходит, главным образом, летом. Поэтому, очевидно, полученные Крепсом и Вержбинской величины рН (до 8,32) относительно невысоки. Фитопланктон в заливе р. Клайда изучался Маршаллом и Орром ⁽¹⁰⁾. Они установили, что весной, летом и осенью в связи с размножением разных видов диатомовых водорослей происходит одновременно увеличение рН среды до 8,51, насыщение воды кислородом и падение содержания фосфора в приповерхностных частях воды. В придонных частях рН при этом оставался 7,45. Разные виды водорослей размножались в

разное время: в конце марта — начале апреля количество *Clapochlar* доходило до 33 000 экз. на 20 см³ воды, в августе — сентябре *Nitzschia*, *Leptocylindricus* и *Eucargia* — свыше 10 000 цепочек в 20 см³ воды.

Связь между областями распространения железо-марганцевых конкреций и районами развития водорослей объясняет нам причину отмеченной А. Г. Бетехтиным постоянно наблюдающейся ассоциации марганцевых месторождений и кремнистых пород (опок) и даже самое строение конкреций в некоторых месторождениях из перемежающихся концентров гидроокислов марганца и опала, а именно: образование концентров марганца нужно связать со временем развития диатомовых водорослей, а концентров опала — с зимним периодом времени, когда водоросли отмирают и их тела осаждаются на марганцевые конкреции, образуя самостоятельные концентры. Эти процессы длятся долгие периоды времени и обуславливают образование конкреций со сложным концентрическим скорлуповатым строением.

Таким образом, устанавливается, что пространственная сопряженность марганцевых осадков и областей развития диатомовых водорослей, или соответственно кремнистых пород типа опок, имеет генетический характер. Эта сопряженность вместе с тем определенно указывает на возникновение марганцевых осадков в условиях повышенной щелочности среды. Минералогический и химический состав образующихся на дне марганцевых выделений зависит от наличия окислительной или восстановительной среды, обуславливающей появление выделений марганца в виде гидроокислов, карбонатов или сульфидов.

Отсюда видно, что мы возвращаемся обратно к биохимическому объяснению генезиса морских марганцевых осадков. Однако вместо предположения о существовании особых марганцевых организмов выступает жизнедеятельность обычных синезеленых и диатомовых водорослей, которые во время своего обильного размножения летом (так называемого цветения) благодаря процессу фотосинтеза поглощают из воды растворенную углекислоту и вследствие этого повышают щелочность среды до величины, необходимой для выпадения в осадок гидроокислов марганца. Гидроокислы марганца в виде мелких частичек падают на дно, где и могут накапливаться в случае наличия там нейтральной или слабо щелочной среды, тогда как в случае кислой среды от присутствия гниющих остатков организмов в илу гидроокислы марганца, восстанавливаясь, будут обратно переходить в раствор.

Институт геологических наук
Академии наук СССР

Поступило
18 XII 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. Г. Бетехтин, Тр. конфер. по генез. руд железа, марганца и алюминия, изд. АН СССР, 1937. ² А. Г. Бетехтин, Сборн. Вопросы минерал., геохимии и петрограф., изд. АН СССР, 1946. ³ А. Г. Бетехтин, Промышленные марганцевые руды СССР, изд. АН СССР, 1946. ⁴ А. Г. Бетехтин, Изв. АН СССР, сер. геол., № 1 (1950). ⁵ В. И. Вернадский, Тр. конфер. по генез. руд железа, марганца и алюминия, изд. АН СССР, 1937. ⁶ В. И. Вернадский, Очерки по геохимии, 1934. ⁷ М. В. Кленова, Геология моря, 1948. ⁸ Б. П. Кротов, ДАН, 71, № 3 (1950); 71, № 5 (1950). ⁹ E. Creps and N. Verjbinskaja, Journ. d. Cons. Intern., 5, 3 (1930). ¹⁰ S. M. Marshall and A. P. Orr, Journ. Marine Biolog. Associat., 14, No. 4 (1927). ¹¹ J. Murray and R. Irvine, Transact. Roy. Soc. of Edinburgh, 37, p. III—IV (1894—1895). ¹² Я. В. Самойлов и А. Г. Титов, Тр. Геол. и мин. музея Акад. наук, 19, 3 (1917). ¹³ Н. М. Страхов, Тр. Ин-та геолог. наук, в. 73 (1947). ¹⁴ Н. М. Страхов, Изв. АН СССР, сер. геол., № 4 (1948). ¹⁵ А. Е. Ферсман, Геохимия, 2, 1934; 4, 1939. ¹⁶ Х. В. Харвей, Биохимия и физика моря, изд. АН СССР, 1933.