

ГЕОЛОГИЯ

Б. П. КРОТОВ

**МЕТАСОМАТИЧЕСКИЕ ЗАМЕЩЕНИЯ В ОЗЕРНЫХ РУДНЫХ
ОСАДКАХ РАЗЛИЧНОГО ТИПА В РАЗНЫЕ СТАДИИ ЖИЗНИ ОЗЕР**

(Представлено академиком Д. С. Белянкиным 24 VI 1950)

В статье описываются некоторые результаты произведенных автором исследований процессов формирования месторождений различных руд озерного происхождения. Расшифровка хода этих процессов в древних озерных месторождениях стала возможной только благодаря работам ряда исследователей по изучению процессов современного рудообразования ^(1, 2). При этом было установлено, что изменение характера среды в озерах обусловливает изменение состава рудных осадков, которое сопровождается процессами метасоматического замещения одних минералов другими. Наблюдение хода этих процессов замещения в шлифах было положено в основу расшифровки аналогичных, так называемых ранне-диагенетических процессов, протекавших во время формирования древних месторождений озерных руд. Имеющиеся данные о физико-химическом характере среды, при котором происходит образование тех или иных минералов, позволили приурочить это минералообразование к тем стадиям жизни озер, для которых свойственны эти условия среды.

**Процессы рудообразования в современных
озерах**

Образование современных озерных руд в форме шариков и лепешек происходит в прибрежной зоне. То, что называется рудой, представляет песок с примесью большего или меньшего количества рудных выделений. Далее от берега зона рудоносного песка сменяется зоной полужидкого зеленого или серо-зеленого ила, который по составу приближается к железистым хлоритам ⁽²⁾.

Микроскопические исследования отдельных оолитовых и денежных рудных выделений показали присутствие в них песчинок в центре и в некоторых концентрических оболочках. Иногда песчинки бывают разъедены и замещены от краев и от трещин или разделены прожилками гидроокислов железа на части, погасающие одновременно. Замещенные участки сохраняют контуры песчинки, отличаясь своей более светло-желтой окраской от гидроокиси железа темнобурого цвета, образующей массу концентрата. Такое строение песчинок несомненно представляет начальные стадии процесса метасоматического замещения песка гидроокисью железа, сопровождающегося переходом кремнезема в раствор. По данным Бриттона кремнезем устойчив в осадке только при $\text{pH} \geq 6$, а в более кислой и в более щелочной средах он растворим. Наши исследования показали наличие значительных колебаний pH среды в озе-

рах, а именно от 6,5 до 9,5 л во время цветения воды. Можно думать, что метасоматическое замещение гидроокисью железа происходит в щелочной среде во время цветения воды в озере.

Во время исследований процессов рудообразования в озерах Каельского перешейка нам не удалось изучить процессы рудообразования в озерах, переживающих конечные стадии своей жизни — заболачивание. В болотах Московской области по данным ряда лиц рН среды колеблется от 3,2 до 6,6 (2), но рудообразование в них недостаточно изучено. В Белоруссии в торфяных болотах рудные осадки изучал Г. И. Бушинский (1), который находил в торфе и под торфом скопления сидерита, вивианита и железистого хлорита. Однако эти минеральные массы Г. И. Бушинский считал не продуктами осаждения из воды озер, а выделениями из просачивающихся через торф грунтовых вод. Воды, вытекающие из линз железистых хлоритов имели рН около 7,3, а из линз вивианитов и сидеритов — около 7,4, т. е. эти воды имели слабо щелочной характер.

Процессы формирования юрских озерных месторождений оолитовых железных руд Халилова

Процессы формирования этих месторождений описывались мною ранее (3, 5). В настоящей работе ход этих процессов систематизируется и приурочивается к различным стадиям жизни озер и к условиям среды в них.

Месторождения образовались в озерах в пределах депрессивной зоны среди карбонатизированных и окремнелых змеевиков. Это обусловило с самого начала щелочной характер среды в них, и только в конечных стадиях их жизни, т. е. в эпоху заболачивания, судя по появлению в рудах гидрагилита, рН среды делался кислым. Процессы метасоматического замещения проявлялись в разных стадиях жизни озер, но протекали в разных направлениях. Мы рассмотрим их в порядке их смены в вертикальном направлении.

1. Процессы замещения в первых стадиях рудоотложения. К этому времени нужно отнести начало выделения гидроокислов железа и магнетита в прибрежных мелководных частях озер. При образовании оолитов и пизолитов (бобов) гидрогетита, гидрогематита и магнетита производили разъедание и окорковывание имевшихся на дне песчинок (кварц и пр.) и обломков растений или полное замещение их. Ход этих процессов иллюстрируют микрофотографии руд, где видны замещения кварца гидрогетитом (см. (5), рис. 9), растительных остатков гидрогетитом (там же, рис. 10) или магнетитом ((3), фиг. 14), обломков кальцита магнетитом ((3), фиг. 17), оолитов кальцита гидрогетитом ((5), рис. 8).

2. Замещение карбонатами пизолитовых руд в начальных стадиях формирования месторождений.

Эти процессы наблюдались в небольших карстовых углублениях в карбонатизированных змеевиках вдоль западного берега Баймакской депрессии и Мало-Халиловского и Орловского месторождений. Такие депрессии заполнены кластическими материалами и оолитами магнетита и гидрогетита. В них впитывались грунтовые воды, вытекающие из окружающих карбонатизированных змеевиков и содержащие в растворе карбонаты кальция и магния. Эти виды, судя по содержанию этих солей, должны были иметь щелочной характер. Они разъедали неравномерно оолиты магнетита и гидрогетита, замещали их на некоторую глубину карбонатами, а также производили цементацию и замещение кластического материала и растительных остатков ((5), рис. 3, 4, 5 и (3), фиг. 18 и 19). Ранняя стадия диагенеза доказывается про-

явлением более позднего процесса замещения карбонатов хлоритами.

3. Замещение хлоритами в более позднюю стадию жизни озер.

В это время возникавшие в озерах гидрозоли хлоритового состава проникали вглубь через осадки бобов оолитовых, грубо и тонко-слоистых руд и достигали карбонатизированной зоны коры выветривания змеевиков и карбонатизированных пизолитовых руд в карстовых углублениях (3, 5). В пизолитовых и грубослоистых рудах хлоритизация вызвала полное или частичное замещение кластических материалов и карбонатного цемента, а также разъедание и замещение в большей или меньшей степени пизолитов гидрогетита и магнетита. В тонко-слоистых рудах хлоритизация обусловила ((3), фиг. 21) полное замещение хлоритовым веществом одних прослойков или участков породы, и в особенности карбонатных, при сохранении без изменения промежуточных прослойков или участков разного минералогического состава. Определения pH в водах, вытекающих из хлоритизированных пород, дали значения pH 7,1—7,7.

4. Процессы замещения в конечных стадиях жизни озер.

Процессы диагенеза в это время происходят в основном только в верхней части рудных залежей. Здесь в пластах глиноземистых пизолитовых и, частично, в пизолитовых рудах и по трещинам высыхания в них наблюдается выделение чистого алюмогеля с корочками гидрагилита в пустотах, или выделение чередующихся слоечков хлоритового геля и алюмогеля. Смешанные золи или алюмозоли, инфильтровавшиеся в пизолитовые руды, разъедали и замещали пизолиты гидрогетита и цементирующую хлоритовую массу более молодым хлоритовым гелем с кавернами, выполненными алюмогелем или чистым гидрагилитом. В своих прежних работах автор (3, 5) недостаточно резко отделял эти процессы от времени развития процесса хлоритизации. В настоящее время решающее значение для выделения гидрогеля глинозема автор придает не повышенному содержанию кислорода, а кислому pH среды в конечных стадиях жизни озер (2). Определение pH в водах, вытекающих из пласта верхних глиноземистых руд Орловского месторождения, дало величины 6,5—6,6, т. е. показало их кислый характер, что, очевидно, надо поставить в связь с заболачиванием бассейнов.

Процессы формирования бокситовых озерных месторождений апт-сеноманского возраста на Среднем Урале

Согласно описанию автора и Т. И. Столяровой (4), озера возникали здесь среди известняков в карстовых углублениях и в областях развития туфов и ретических глинистых сланцев, содержащих пирит.

1. Рудообразование в начальной стадии жизни озер.

В прибрежной зоне озер, возникших среди области развития ратицеских сланцев отлагались разной величины обломки ратицеских сланцев и коры их выветривания, а также растительных остатков, образуя зоны брекчий, песка и ила, среди которых выделились кубики и линзочки пирита и выделения сидерита. В нижних горизонтах этих пород наблюдаются часто сростки кристаллов сидерита в форме розеток, врастаящих в обломки сланцев и замещающих их от краев и от трещин.

Присутствие растительных остатков, пирита и сидерита свидетельствуют о наличии кислой восстановительной среды в этих озерах. В вышележащих частях этих серых глинистых пород появляются сначала одиночные, затем многочисленные пизолиты гематита и магнетита. Присутствие их указывает на смену восстановительной среды на слабо окислительную, но без значительного изменения pH среды. Несколько выше располагается переходная зона от этих глин с железистыми пизолитами к типичным пизолитовым бокситам. Здесь наблю-

дается ясная картина некогда протекавшего процесса метасоматического замещения обломков глин и сланцев алюмо- и ферриалюмозолями, которые инфильтрировались сверху между обломками этих пород и замещали тонкообломочный материал нацело, а более крупнообломочный разъедали и замещали частично. Одновременно и аналогично разъедались и замещались железистые пизолиты. Судя по цвету и условиям залегания ферриалюмо- и алюмогелей, они относятся к некоторым генерациям, последовательно проникавшим в породу. В результате возникали глинистые бокситы с различным соотношением алюмо- и ферриалюмогеля.

Выше расположена главная масса плотного каменистого боксита бледнокрасного цвета с характерным плоско раковистым изломом. Имевшиеся в первоначальной породе кластические материалы уже нацело замещены ферриалюмогелями.

В верхних горизонтах залежи боксита иногда встречаются трещины высыхания, заполненные зеленоватым или красным хлоритовым гелем, что указывает на колебания физико-химического характера среды в самые последние стадии жизни озера.

Таким образом, в древних озерах, как и в современных, рудообразование происходило в прибрежной зоне песка, который примешивался к рудным выделениям и только позднее замещался тем или иным рудным минералом. В результате хода диагенетических процессов месторождения древнего возраста приобрели зональное строение и состоят из зон различного минералогического состава, сменяющихся в вертикальном направлении, возникновение которых обусловлено изменением физико-химического характера среды во время отложения рудных осадков.

Условия образования главной массы руды в месторождениях определяют отнесение их к известному генетическому типу. Так, Халиловские месторождения нужно считать возникшими в озерах со слабо щелочной средой, а бокситы — в озерах со слабо кислой средой.

Поступило
22 VI 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Г. И. Бушинский, Бюлл. МОИП, Отд. геол., 21 (3) (1946). ² Б. П. Кротов, ДАН, 71, №№ 3 и 5 (1950). ³ Б. П. Кротов и др., Тр. Ин-та геол. наук, № 67 (1942). ⁴ Б. П. Кротов и Т. И. Столярова, Изв. АН СССР, сер. геол., № 4 (1942). ⁵ Б. П. Кротов, Тр. Ломон. ин-та АН СССР, в. 9 (1937).