

### Часть 3. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ

*А. И. Брусицын<sup>1</sup>, Е. Н. Перова<sup>1</sup>, О. С. Верещагин<sup>1</sup>,  
Е. Ф. Летникова<sup>2</sup>, С. И. Школьник<sup>3</sup>, А. В. Иванов<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> – Санкт-Петербургский государственный университет,  
г. Санкт-Петербург  
*brusspb@yandex.ru*

<sup>2</sup> – Институт геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск

<sup>3</sup> – Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск

<sup>4</sup> – Иркутский государственный университет, г. Иркутск

#### **Стратиформные свинцово-цинковые, баритовые и железо-марганцевые руды Жайремского рудного узла (Центральный Казахстан): условия залегания, состав, генезис**

**Введение.** Жайремский рудный узел находится в Центральном Казахстане вблизи пос. Жайрем. Здесь в пределах единой геологической структуры и на небольшом расстоянии друг от друга локализованы стратиформные залежи свинцово-цинковых, баритовых и железо-марганцевых руд среди осадочных отложений узкого временного интервала (D<sub>2</sub>fm). В этом отношении Жайремский узел представляется уникальным, а составляющий его комплекс месторождений уже давно выделяют в виде особого атасуйского типа.

Открытие и разведка месторождений Жайремского узла охватывает период 1950–80-х гг. Результаты этих работ изложены в публикациях Е. И. Бузмакова, И. М. Варенцова, А. Б. Веймарна, О. В. Иванова, А. К. Кайманова, В. В. Калинина, М. М. Каюповой, Я. М. Кислякова, И. И. Кузнецова, В. А. Лыткина, Н. М. Митряевой, Д. Н. Муратовой, Н. М. Неговорой, Н. М. Радченко, А. А. Рожнова, Н. С. Скрипченко, В. Я. Середы, С. А. Солтан, А. Л. Соколовой, В. Н. Щеточкина, Г. Н. Щербы, В. И. Щибрик и других авторов. В сентябре 2016 г. мы посетили самые крупные месторождения узла: разрабатываемые Ушкатын-III (Fe-Mn и Pb-BaSO<sub>4</sub> руды) и Западный Жайрем (Pb-Zn и BaSO<sub>4</sub> руды) и законсервированные Дальнезападный Жайрем (Pb-Zn и BaSO<sub>4</sub> руды) и Жомарт (Fe-Mn руды). Полученные материалы позволили уточнить информацию об этих месторождениях, обобщить имеющиеся данные и проинтерпретировать их с позиции современных представлений о процессах рудогенеза в осадочных бассейнах.

**Геологические условия залегания руд.** Жайремский рудный узел расположен в западной части Жайльминской мульды (грабен-синклинали). Это крупная рифтогенная структура возникла в позднем девоне при деструкции эпикаледонского Центрально-Казахстанского континентального блока [Митряева, 1979; Рожнов, 1982; Скрипченко, 1980, 1989; Варенцов и др., 1993]. Фундамент мульды сложен вулканогенно-терригенными отложениями раннего палеозоя и вулканитами раннего-среднего девона, а ее основной объем выполнен вулканогенно-осадочным комплексом

верхнего девона–нижнего карбона мощностью до 2 км. Комплекс имеет трансгрессивное строение. Его основание представлено континентальной красноцветной толщей (D<sub>3</sub>fr), местами с линзами вулканитов. Выше залегают осадки (D<sub>3</sub>fm–C<sub>1</sub>t), которые накапливались в морском бассейне со сложной конфигурацией берега и расчлененным рельефом дна. В депрессиях отлагались углеродистые разновидности глинисто-кремнисто-карбонатных пород. На поднятиях выростали рифовые карбонатные массивы. При их разрушении формировались широкие поля детритовых известняков, сменяющихся по направлению к глубоководным впадинам кремнистыми известняками. На отдельных участках осадконакопление сопровождалось вулканической деятельностью.

Рудоносными являются отложения фаменского возраста. В распространении разных типов руд проявлен как литолого-фациальный, так и тектонический контроль. Пласты и линзы комплексных свинцово-цинковых и баритовых руд локализованы среди углеродистых глинисто-кремнисто-карбонатных отложений, галенит-баритовых – среди рифогенных известняков, а железо-марганцевых – преимущественно в кремнистых известняках. Во всех случаях железо-марганцевая минерализация располагается стратиграфически выше полиметаллической. Месторождения тяготеют к зонам конседиментационных разломов в фундаменте рифта, по которым происходило развитие вулканических процессов и смещение отдельных блоков пород.

Поздние тектонические движения, приведшие к замыканию рифтогенного бассейна, деформировали осадочные комплексы. Одновременно протекали процессы низкоградного регионально метаморфизма. На всей территории рудного узла развита мощная (в среднем, 30–40 м) латеритная кора выветривания, предположительно мезо-кайнозойского возраста.

**Минералого-петрографическая характеристика руд.** Минералогия руд изученных месторождений детально рассмотрена ранее [Каюпова, 1974; Митряева, 1979; Варенцов и др., 1993]. Здесь мы кратко остановимся только на главных разновидностях руд, доступных в настоящее время для изучения.

*Баритовые руды* – это мелко-среднезернистые породы массивного мраморовидного облика. На 95–97 об. % порода сложена таблитчатыми зернами барита. В качестве аксессуарных минералов диагностированы кварц, галенит, пирит, сульфосоль Cu, Fe и Ag, стильпномелан, пирофиллит, алюиноселадонит, альбит, калиевый полевой шпат, стронцианит, апатит и флюорит; среди гипергенных фаз – англезит и гетит. Баритовые руды однородны и не содержат включений вмещающих пород, поэтому предположение об их метасоматическом происхождении [Митряева, 1979] вызывает сомнение. С увеличением количества галенита (до 5 об. %) баритовые руды переходят в *свинец-баритовые*.

*Свинцово-цинковые руды* – мелкозернистые породы с ритмично-слоистым строением. Главными минералами являются сфалерит, галенит, пирит, кварц, калиевый полевой шпат, алюиноселадонит и кальцит. Второстепенные и аксессуарные минералы включают арсенопирит, тетраэдрит, магнетит, рутил, альбит, доломит, анкерит, апатит и барит. В рудах присутствует тонкодисперсное углеродистое органическое вещество. Общее содержание пирита, галенита и сфалерита достигает 20–40 об. %, и сфалерит почти всегда преобладает над галенитом.

Главной формой выделения пирита является фрамбоидальная. Галенит и сфалерит представлены ксеноморфными агрегатами в интерстициях между зернами кварца, слюды, кальцита, обрастающими и захватывающими фрамбоиды пирита.

Текстуры руд указывают на то, что железо, свинец и цинк накапливались на стадии седиментации рудоносных илов, но рудные минералы (пирит, галенит, сфалерит) образовались позднее при диагенезе.

На жайремских месторождениях баритовые ( $\pm$  PbS) и свинцово-цинковые руды формируют единую концентрически зональную залежь:  $BaSO_4$  (ядро)  $\rightarrow BaSO_4 + PbS \rightarrow PbS + ZnS \rightarrow FeS_2$  (фланги) [Скрипченко, 1980; 1989]. На месторождении Ушкатын-III свинец-баритовые руды образуют самостоятельное тело, на продолжении и немного выше которого по разрезу находится горизонт марганцевых руд.

*Железные руды* представлены мелкозернистыми тонкослоистыми породами с чередованием слоев, обогащенных кварцем или гематитом. Второстепенными минералами являются магнетит и кальцит.

*Марганцевые руды* также имеют слоисто-полосчатое строение. По минеральному составу они делятся на два типа, сложенных: 1) браунитом, кальцитом, кварцем и альбитом и 2) гаусманнитом, тефроитом, фриделитом, кальцитом и кварцем. В небольших количествах присутствуют рутил, гематит, пирофанит, магнетит, якобит, циркон, спессартин, пьомонтит, титанит, эгирин, родонит, рихтерит, неотокит, карнопилит, пеннантит, клинохлор, алюмосиенит, флогопит, биотит, тальк, калиевый полевой шпат, апатит, барит, родохрозит, доломит, кутнагорит, саркинит, флинкит, пиробелонит и флюорит. Среди гипергенных фаз диагностированы криптомелан, коронадит, литиофорит и церианит.

Железные и марганцевые руды тесно ассоциируют друг с другом, слагая единые рудоносные горизонты. На месторождении Жомарт количества железных и марганцевых руд сопоставимы, а на месторождении Ушкатын-III резко преобладают марганцевые руды.

**Генезис рудоносных отложений.** Согласно устоявшимся представлениям месторождения Жайремского узла имеют гидротермально-осадочное происхождение [Митряева, 1979; Скрипченко, 1980, 1989; Рожнов, 1982]. Ранее предполагалось, что зарождавшиеся в вулканогенных породах фундамента рифтогенной структуры рудоносные растворы выносили на поверхность морского дна Pb, Zn, Ba, Fe, Mn, Si и другие элементы. Здесь в различных фациальных и физико-химических обстановках происходила дифференциация элементов и накопление разных по составу металлоносных отложений. В стагнированных впадинах образовывались Pb-Zn( $\pm$ Ba) осадки, а на поднятиях в окислительных условиях – Fe-Mn( $\pm$ Ba).

Не оспаривая принципиальную возможность такого сценария, тем не менее, отметим следующее. По всем признакам месторождения Жайремского узла относятся к типу SEDEX (*sedimentary exhalative deposits*). Особенность этих объектов состоит в том, что они формируются за счет растворов, циркулирующих в осадочных толщах, а вклад магматических (главным образом, вулканических) процессов, если и проявлен, то сводится к поставке тепла, активизировавшего гидротермальную систему [Wilkinson, 2014].

Мы полагаем, что в случае месторождений Центрального Казахстана, предпосылки для развития рудогенеза закладывались еще на ранних этапах становления рифтовой системы, в период накопления красноцветных отложений. Формирование красноцветных толщ происходит в аридных обстановках и нередко сопровождается образованием локальных бассейнов с повышенной соленостью воды, в том числе и эвапоритовых. Захоронение соленосных вод или осадков и смешение их с метеорными водами приводит к появлению в осадочных толщах хлоридных рассолов, способ-

ных выщелачивать из окружающих пород и переносить на значительные расстояния многие металлы. При этом повышение температуры усиливает металлоносность растворов. Важно также то, что не подвергшийся химическому выветриванию обломочный материал красноцветных отложений несет в себе большой запас рассеянных элементов: источниками Fe, Mn и Zn служат Fe-Mg силикаты, а Ba и Pb – полевые шпаты. За счет выщелачивания этих и других элементов из минералов алевролитов, песчаников и т. п. пород создается рудоносный потенциал гидротерм.

При дальнейших процессах растяжения рифта, новообразованные тектонические нарушения вскрыли погребенные в красноцветных толщах горизонты рудоносных растворов и дали выход гидротермам на поверхность морского дна. Причем, помимо перепада давления, подъему растворов способствовало также их дополнительное нагревание теплом от субвулканических магматических очагов. В итоге создавались серии конвективных гидротермальных ячеек, где разогретые гидротермы поднимались наверх, а на их место поступали новые порции растворов из соседних участков той же красноцветной толщи. В гидротермальную систему вовлекалась также и проникающая в осадки морская вода. При этом ее доля должна закономерно возрастать по мере исчерпания захороненных в красноцветах растворов. Одновременно должна была снижаться и металлоносность гидротерм, т. е. 1) соленость морской воды ниже по сравнению с погребенными рассолами, 2) время взаимодействия морской воды с осадками меньше, чем у погребенных рассолов, а 3) запас металлов в осадках постепенно истощается. Постепенное остывание магматических очагов уменьшало температуру растворов и движущую силу гидротермального процесса. В силу этих ограничений время существования рудогенерирующей системы ограничивалось фаменом.

Таким образом, эволюция гидротермальных систем проходила в два этапа. На первом этапе в рудогенез вовлекались захороненные в красноцветных отложениях разогретые металлоносные рассолы. Второй этап реализовался, преимущественно, за счет термоконвекции в осадочных толщах морской воды. Мы полагаем, что с первым этапом связано образование полиметаллических отложений, со вторым – железомарганцевых.

*Работы проведены с использованием аналитических возможностей ресурсных центров СПбГУ «Рентгенодифракционные методы исследования», «Микроскопия и микроанализ» и «Геомодель». Исследования поддержаны РФФИ (проект № 16-05-00227). Полевой выезд финансировался РФФИ (проект № 16-17-10076).*

## Литература

*Варенцов И. М., Веймарн А. Б., Рожнов А. А., Шибрик В. И., Соколова А. Л.* Геохимическая модель формирования марганцевых руд фаменского рифтогенного бассейна Казахстана (главные компоненты, редкие земли, рассеянные элементы) // Литология и полезные ископаемые. 1993. № 3. С. 56–79.

*Каюпова М. М.* Минералогия железных и марганцевых руд Западного Атасу (Центральный Казахстан). Алма-Ата: Наука, 1974. 232 с.

*Митряева Н. М.* Минералогия барит-цинково-свинцовых руд месторождений Атасуйского района. Алма-Ата: Наука, 1979. 219 с.

*Рожнов А. А.* Сравнительная характеристика марганцевых месторождений Атасуйского и Никопольско-Чиатурского типов // Геология и геохимия марганца. М.: Наука, 1982. С. 116–121.

Скрипченко Н. С. Гидротермально-осадочные полиметаллические руды известково-сланцевых формаций. М.: Недра, 1980. 215 с.

Скрипченко Н. С. Прогнозирование месторождений цветных металлов в осадочных породах. М.: Недра, 1989. 207 с.

Wilkinson J. J. Sediment-hosted zinc-lead mineralization: processes and perspectives // In: Treatise on geochemistry. Second edition. Vol. 13. Amsterdam: Elsevier, 2014. P. 219–250.

**Н. Р. Аюпова<sup>1, 2</sup>, К. А. Новоселов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> – *Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс*

<sup>2</sup> – *Южно-Уральский государственный университет, филиал в г. Миассе  
ayupova@mineralogy.ru*

### **Магнетитовые руды Глубоченского железорудного месторождения, Тургайский железорудный пояс**

Глубоченское железорудное месторождение расположено в северной части Валерьяновской зоны Тургайского железорудного пояса. Оруденение Глубоченского месторождения прослежено на протяжении 4 км и образует два участка: Южный, где рудные тела выходят на поверхность палеозоя, и Северный, где оруденение является «слепым». В геологическом строении месторождения принимают участие продуктивные на железо нижнекаменноугольные отложения валерьяновской серии и мезокайнозойские отложения мощностью 322–345 м [Железорудная..., 2007].

*Подрудная толща* представлена порфиритами андезибазальтового состава, переслаивающимися с маломощными прослоями литокристаллокластических пород, алевролитов и песчаников. *Рудовмещающую толщу* образуют породы мощностью 100–300 м, сложенные вулканокластитами и алевролитами с маломощными прослоями песчаников, аргиллитов и обломочных карбонатных пород. На отдельных участках рудовмещающей толщи развиваются карбонат-альбит-хлоритовые, кварц-альбит-биотит-хлоритовые, эпидот-хлорит-альбитовые породы, которые тесно ассоциируют с рудами и быстро сменяются малоизмененными породами [Бирючев и др., 1976ф]. *Надрудная толща* включает в себя переслаивание песчаников с известняками и маломощными слоями аргиллитов.

В районе Глубоченского месторождения гипабиссальные интрузивные массивы не обнаружены. К жильным образованиям следует отнести дайки диабазов и долеритов, пересекающие все комплексы пород и являющиеся аналогами платформенных базальтов туринской серии триаса [Бирючев и др., 1976ф].

Исследования основаны на результатах описания керна скважин разведочного бурения на Южном участке месторождения. В ходе работ произведено разделение текстурно-структурных и минералогических разновидностей руд и сопутствующих вулканокластических пород. Отбор проб для аналитических исследований осуществлялся точечным и штупфным способами из керна скважин. Минеральный состав руд изучен с использованием микроскопа Olympus-BX51, оснащенного устройством для ввода изображения. Силикатный анализ вмещающих пород и железных руд выполнялся методами классической мокрой химии и на спектрофотометре Perkin-Elmer 3110 (Институт минералогии УрО РАН). Распределение элементов-примесей в рудах