

## Акатуевское рудное поле\*

Акатуевское рудное поле расположено в центральной части рудного района. В его пределах известны три месторождения: Акатуевское, Верхне-Акатуевское и Северо-Акатуевское. Акатуевское месторождение расположено в 19 км к северо-западу от районного центра с. Александровский Завод, в 4 км к северо-западу от пос. Акатуй. Месторождение открыто в 1815 г., разрабатывалось в 1815-1857 и 1902-1904 гг. С 1905 по 1939 г. было законсервировано. В 50-х гг. вновь началось его освоение. Северо-Акатуевское месторождение находится в 20 км к северо-западу от с. Александровский Завод. Месторождение открыто в 1950 г. при геохимических поисках. В этом же году при разведочных работах открыто Верхне-Акатуевское месторождение. Практически все три месторождения представляют собой отдельные участки одного месторождения.

### Геологическая позиция месторождений

Геологическое строение Акатуевских месторождений изучалось в разные годы многими исследователями. Основную часть Акатуевского рудного поля составляют сланцево-карбонатные породы нижнего палеозоя, протягивающиеся с юго-запада на северо-восток в виде полосы (рис.1). На востоке породы прорваны варисскими гранитоидами, на юге и северо-западе — несогласно перекрыты кластическими отложениями нижней-средней юры.

Отложения нижнего палеозоя представлены алтачинской свитой, состоящей из переслаивающихся горизонтов сланцев и известняков. Оруденение приурочено к карбонатным породам средней части разреза алтачинской свиты. Карбонатные отложения неоднородны по составу, содержат прослой углисто-известково-глинистых сланцев. Породы подверглись складчатости и региональному метаморфизму в каледонское или ранневарисское время.

В пределах рудного поля развиты осадочные породы нижне-среднеюрского возраста (акатуевская свита), юрские алевролиты, песчаники, конгломераты, сланцы с многочисленными остатками флоры. Эффузивно-осадочные породы верхней юры несогласно ложатся на более древние образования. В пределах рудного поля они представлены туфопесчаниками и туфоалевролитами, туфоконгломератами, порфиридами, кварцевыми и бескварцевыми порфирами и их туфами.

Интрузивные породы отмечаются в восточной части рудного поля. Из них наиболее распространенными являются граниты. Менее развиты сиениты, диориты. Здесь же отмечаются дайки граносиенитов, диоритовых порфиридов, бескварцевых порфиридов.

Д.Б.Плигина отмечала, что вблизи рудных тел

порфириды сильно карбонатизированы, хлоритизированы, содержат вкрапления сульфидов.

### Рудоконтролирующие структуры, морфология и минеральный состав рудных тел

Акатуевское рудное поле расположено в пределах северного крыла Газимурского синклинория, простирающегося в северо-восточном направлении. Нижнепалеозойские породы, к которым в основном приурочены рудные тела, образуют моноклиналь, в которой прослеживаются системы разрывных нарушений. В пределах рудного поля в распределении оруденения наряду с пликративными большую роль играют дизъюнктивные нарушения. Наиболее крупные нарушения типа сбросовдвиг имеют два направления: северо-восточное  $20-30^\circ$  с падением на северо-запад под углом  $70^\circ$  и северо-западное  $290-310^\circ$  с падением на северо-восток под углом  $50-85^\circ$ .

Сбросовый характер нарушений определяется наличием брекчий, характером смещения контактов, приуроченностью рудных тел к наиболее положительным частям рудных трещин.

Акатуевское месторождение, находящееся в южной части рудного поля, приурочено целиком к Основному тектоническому нарушению северо-восточного простираения. Протяженность разлома 4,5 км, представлен он серией сближенных кулисообразных трещин, зоной брекчирования.

Рудные тела имеют жило- и трубообразную форму. Жилообразные рудные тела представляют собой отдельные части Основного нарушения, соединяющиеся между собой слабо оруденелыми карбонатными породами.

Трубообразные тела обнаружены на Ново-Акатуевском участке — Главное и Неожиданное (рис.2). Главное рудное тело представляет собой трубообразную залежь, приуроченную к сопряжению Основного тектонического нарушения северо-восточного простираения ( $25^\circ$ , угол  $60^\circ$ СЗ) с Южным нарушением северо-западного простираения ( $300^\circ$ , угол  $50-70^\circ$ СЗ). Оно имеет длину 72 м, по падению прослежено на 250 м. Неожиданное рудное тело также трубообразной формы, приурочено к Южному тектоническому нарушению. Размеры его меньше. Длина по простираению 30 м, по падению 8 м. Мощность рудных тел от 2 до 25 м. На глубине оба рудных тела соединяются. Руды содержат галенит, сфалерит, пирит, в меньших количествах присутствуют арсенопирит и халькопирит, редко встречаются сульфосоли свинца и серебра.

Северо-Акатуевское месторождение расположено в центральной части рудного поля и приурочено частично к Основному тектоническому нару-

\* При участии И.Р.Заворотных.

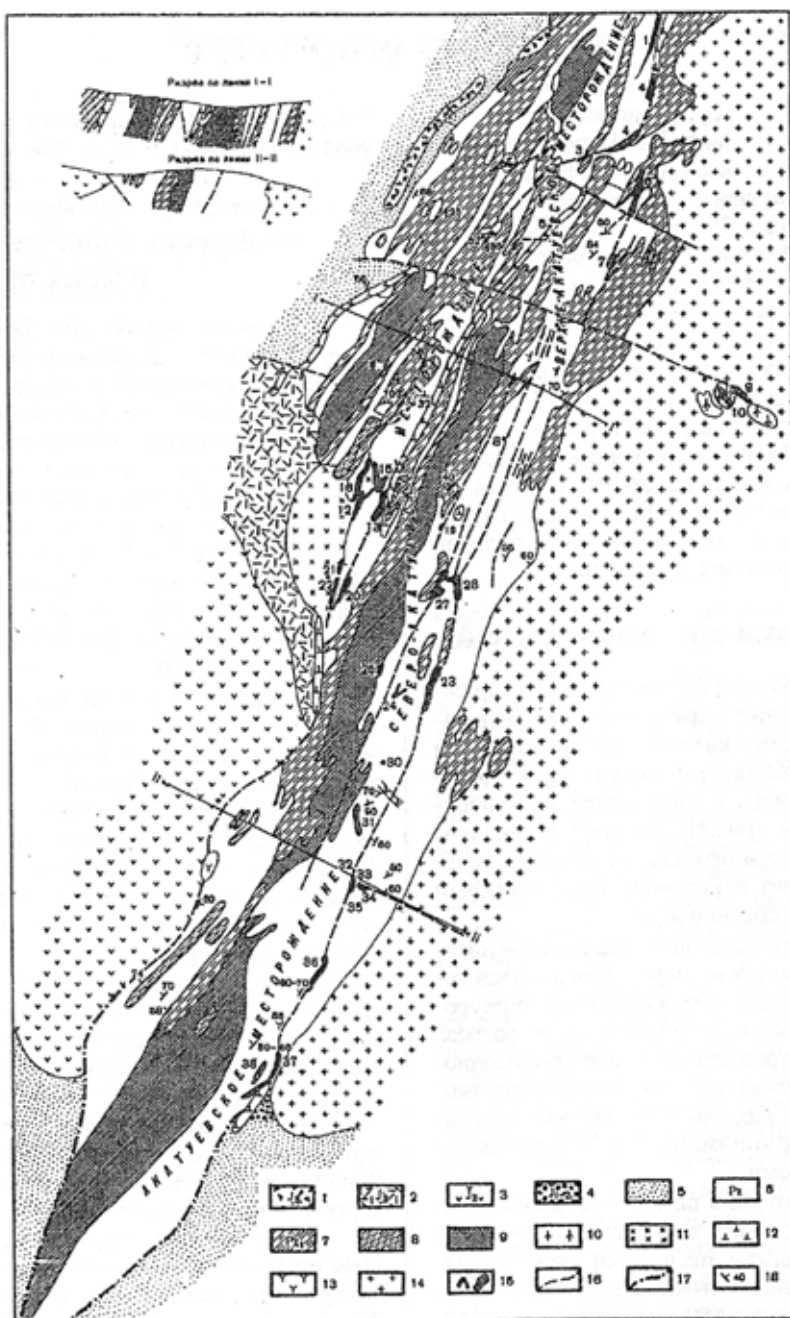


Рис. 1. Схема геологического строения Акатуевского рудного поля (Восточное Забайкалье), составленная Д.Б.Плигиной (1963):

1 - туфобрекчии (J<sub>3</sub>); 2 - туфонесчаники, алевролиты (J<sub>3</sub>); 3 - порфириды, кварцевые порфиры, туфы кварцевых порфиров и кварцевых порфиритов (J<sub>3</sub>); 4 - базальные конгломераты (J<sub>1-2</sub>); 5 - песчаники (P<sub>2</sub>); 6 - известняки (P<sub>2</sub>); 7 - углисто-глинистые сланцы (P<sub>2</sub>); 8 - углистые сланцы (P<sub>2</sub>); 9 - роговики; 10 - скарны; 11 - граносиенит-порфиры; 12 - порфириды; 13 - кварцевые и бескварцевые порфиры; 14 - граниты и гранодиориты; 15 - рудные тела; 16 - разрывные нарушения; 17 - тектонические контакты; 18 - элементы залегания

шению, а большей частью к Западному. Многочисленные рудные тела, локализованные в известняках на контакте со сланцами, реже с порфиридами или граносиенит-порфирами, имеют сложную морфологию. Большинство из них располагается на пересечении крупных нарушений с мелкими трещинами другого направления, которые часто наблюдаются на участках флексуорообразных перегибов осадоч-

ных пород. В зависимости от соотношения рудных тел с разрывной тектоникой и складчатостью пород они образуют уплощенные, иногда слепые трубы с линзообразными сечениями, вытянутыми в северо-восточном направлении, соответствующем направлению Основного или Западного тектонических нарушений. Трубочатые тела, а также линзы сопровождаются многочисленными жилообразными ответвле-

ниями. Контакты рудных тел с вмещающими породами резкие, в зонах дробления — расплывчатые. Для Северо-Акатуевского месторождения типичны мономинеральные обособления пиритовых, сфалеритовых и галенитовых руд. Наибольшие количества галенита сконцентрированы в верхних частях месторождений. Рудные тела на нижних горизонтах сложены главным образом пиритом и сфалеритом. Сульфосоли свинца имеют подчиненное значение. В отличие от благодатских в акатуевских рудах состав жильных минералов более разнообразен. Наряду с кварцем и доломитом встречаются кальцит, манганокерит, олигонит, анкерит, флюорит (Плигина, 1963).

Верхне-Акатуевское месторождение расположено в северной части рудного поля. Структурное положение его отличается от Акатуевского и Северо-Акатуевского месторождений. На его территории Д.Б.Плигина (1963) наблюдала слияние Западного и Главного нарушений: дайка порфириров, контролируемая Западным нарушением, в северной части рудного поля следует вдоль Главного нарушения. В месте слияния Главного и Западного разломов прослежены зоны вкрапленности и тонких прожилков галенита, сфалерита, буланжерита.

### Текстуры и структуры руд, минеральные парагенезисы и последовательность их образования

Изучение соотношений сульфидов и вмещающих пород на Акатуевских месторождениях (Несмих и др., 1964; Добровольская, Шадлун, 1974) показало, что сульфиды, как и на других полиметаллических месторождениях Восточного Забайкалья, замещали карбонатные породы, последние сохранились в сульфидной массе в виде реликтов.

В Акатуевских месторождениях преобладающими текстурами сфалеритовых, пирит-сфалеритовых, арсенопирит-сфалерит-пиритовых и галенитовых руд являются массивные и пятнистые текстуры. Полосчатые и грубополосчатые текстуры редки, встречаются локально и характерны для руд, сложенных пиритом и сфалеритом. Брекчиевые и брекчиевидные текстуры наблюдались в сплошных галенитовых рудах в зонах дробления, где обломки сфалерита цементировались деформированными агрегатами галенита. Для кварц-арсенопиритовых и галенит-буланжеритовых агрегатов типичны прожилковые, вкрапленно-прожилковые, иногда полосчатые текстуры. В зонах дробления брекчия карбонатных пород рассекается густой сетью разноориентированных прожилков сфалерита, к которым приурочены прожилковидные выделения галенита и сульфосолей свинца.

Описывая Акатуевское месторождение, С.С.Смирнов (1961) заметил также, что формирование руд происходило последовательно в четыре стадии с проявлением дробления и деформаций сульфидных агрегатов. Исследователи, изучавшие Акатуевские месторождения (Плигина, 1963; Добро-

вольская, Шадлун, 1974 и др.), поддерживают эту точку зрения. Так, на Северо-Акатуевском месторождении они выделяют ранний пирит-арсенопиритовый парагенезис, соответствующий первой стадии рудоотложения. Следующий пирит-сфалеритовый парагенезис, характеризующий начало второй или конец первой стадии, является основным. В его состав входят также в небольшом количестве пирротин и халькопирит.

Парагенезис кварца и арсенопирита проявлен в основном в виде метакристаллов этих минералов среди сфалерита, иногда галенита. Буланжерит с кварцем и карбонатом представляет собой поздний парагенезис, часто обособленный в виде самостоятельных прожилков, секущих и замещающих ранние сульфиды и карбонатные породы.

Кварц-кальцит-флюоритовые прожилки, завершающие стадии, проявлены повсеместно. В зонах дробления в цементе сульфидных брекчий наблюдается либо кварц, либо карбонаты.

### Генетические особенности свинцово-цинковых месторождений в карбонатных породах

После выхода в свет крупных работ С.С.Смирнова "К минералогии полиметаллических руд Забайкалья" (1955) и "Полиметаллические месторождения и металлогения Восточного Забайкалья" (1961) появились многочисленные статьи и книги, в которых разные исследователи развивают представления С.С.Смирнова о генезисе месторождений, дополняемые новыми фактическими данными.

Большинство исследователей единодушны в определении факторов контроля оруденения, отмечая, что полиметаллические месторождения сконцентрированы главным образом в древних сланцево-карбонатных отложениях синийско-нижнекембрийского и позднепротерозойского возраста, а не кембросилурийского, как это предполагалось ранее (Князев, 1972). В соответствии с новым стратиграфическим делением докембрия-нижнего палеозоя проведена корреляция рудовмещающих толщ по всем рудным районам полиметаллического пояса. Г.И.Князев (1972) выделяет пять основных рудоносных интервалов, занимающих следующее стратиграфическое положение (снизу): 1) верхи быркинской свиты (верхний протерозой), 2) основание быстринской серии (синий), 3) средняя часть кадаинской свиты (синий), 4) основание алтачинской свиты (нижний кембрий), 5) нижняя половина алтачинской свиты (нижний кембрий). Описываемые месторождения занимают четвертую и пятую позиции. Оруденение локализовано преимущественно на контактах и вблизи контактов в карбонатных и сланцевых толщах, а также в пачках переслаивания карбонатных и глинистых сланцев. Как отмечают исследователи (Вольфсон, Кузнецов, 1959; Князев, 1972 и др.), это обусловлено совпадением с напластованием многих рудоконтролирующих разрывных нарушений. Исключительную роль в контроле оруденения играли крупные

тектонические нарушения северо-восточного и северо-западного направления, имеющие в ряде месторождений длительную историю формирования. Они определили движение гидротермальных растворов и места отложения рудного вещества. В ряде случаев зоны сочленения главных разломов и опирающихся трещин были наиболее благоприятны для формирования рудных тел.

Изучение состава рудовмещающих карбонатных пород показало, что чаще всего рудоносны крайние (или близкие к ним) члены известняково-доломитовой серии пород, а также известковистые доломиты, особенно там, где они переслаиваются с глинистыми сланцами, аргиллитами, реже песчаниками. В мощных пачках однородных по составу карбонатных пород промышленные свинцово-цинковые месторождения встречаются исключительно редко (Князев, 1972).

Общепринятым является мнение о возрасте оруденения. Поскольку оруденение не встречено в меловых отложениях, считается, что свинцово-цинковые месторождения сформировались в послеверхнеюрский, но преднижнемеловой период. Реконструкция геологической обстановки, существовавшей в послеверхнеюрское время в каждом конкретном случае, указывает на средние глубины формирования рудных тел: от 1000 до 2500 м. Тектонические условия были различные. В одних месторождениях (Воздвиженское) рудообразование происходило в относительно спокойной обстановке, о чем свидетельствуют проявление слабого динамометаморфизма и незначительное развитие брекчиевых текстур руд. В других месторождениях (Благodatское, Акатуевское) рудные тела формировались на фоне интенсивных тектонических деформаций, которые предшествовали, сопровождали рудоотложение и проявились после образования руд.

Геохимические особенности руд месторождений Благodatского и Михайловского рудных полей характеризуются содержаниями в них примесей олова, сурьмы, кадмия и индия. В рудах Акатуевского рудного поля отмечена незначительная примесь висмута и теллура. Таллий обнаружен в рудах Благodatского и Екатерино-Благodatского месторождений. Главными изоморфными примесями галенита являются Sb, Ag, Sn, в сульфосолях свинца присутствуют Sn, Tl, в сфалерите - Fe, Cu, Mn, Sn, Cd, In, Ga. Кроме того, сурьма, медь и олово наблюдаются в виде продуктов распада твердого раствора соответственно в галените (миаргирит) и сфалерите (станнин).

Анализ минеральных парагенезисов, данные по термобарогеохимии, стабильным изотопам позволили реконструировать физико-химические условия и последовательность формирования руд.

Вслед за С.С.Смирновым многие исследователи уделяли большое внимание изучению стадий минералообразования с разных позиций (геологических, вещественных, температурных и т.д.). Эти исследования (Талдыкин, 1955; Кузнецов, 1963; Кузнецов, Мейтув, 1967; Образцова, 1966; Кулагашев, 1968; Добровольская, Шадлун, 1974 и др.) подтвердили

вывод С.С.Смирнова (1955) о многостадийном процессе формирования месторождений. Однако выделение стадий происходило по разным критериям. Это приводило к тому, что по одним и тем же данным на одном и том же месторождении (Екатерино-Благodatское) у одних авторов (Кузнецов, Мейтув, 1967) руды образовались в течение семи стадий, у других (Добровольская, 1969) - трех стадий.

Разноречивость данных обусловлена, вероятно, недостаточно четкими критериями выделения стадий и минеральных парагенезисов, а также неполнотой материала, собранного авторами в разные периоды.

М.Г.Добровольская и Т.Н.Шадлун (1974) рассматривают стадийность рудоотложения на основании текстурно-структурного, парагенетического анализа, изменения состава рудообразующих минералов разных генераций, периодичности отложения отдельных парагенезисов, внутрирудного преобразования вещества.

Сходство в геологических условиях формирования месторождений, минералого-геохимических и текстурных особенностях руд позволило выработать общую схему последовательности образования парагенетических минеральных ассоциаций в месторождениях в карбонатных породах Восточного Забайкалья. Согласно этой схеме формирование руд происходило в течение трех стадий: 1) кварц-арсенопирит-пирит-сфалеритовой; 2) доломит-геокронит-буланжерит-галенитовой и 3) кварц-доломит-кальцитовой.

Каждая стадия характеризуется двумя-тремя парагенезисами, имеющими фациальные различия как в одном месторождении, так и в отдельных рудных телах. На Центральном, Воздвиженском и Северо-Акатуевском месторождениях широко представлен ранний кварц-пирит-арсенопиритовый парагенезис I стадии. На Благodatских месторождениях в эту стадию образовалась пирит-сфалеритовая парагенетическая ассоциация с локальным развитием арсенопирита. Отложение минералов первой стадии контролируется тектоническими нарушениями, при этом большую роль играл метасоматоз. Повсеместно в рудах отмечаются внутривагонные подвижки, проявившиеся в трещиноватости ранних сульфидов.

Главной особенностью развития рудного процесса является повторяемость в отложении минералов кварц-пирит-арсенопиритового парагенезиса в начале каждой стадии. Завершается каждая стадия образованием метакристаллов и метасоматических прожилков жильных минералов - доломита и кварца - в связи с их неоднократным переотложением под воздействием каждой последующей порции гидротермальных растворов.

Температуры рудообразования, определенные разными методами, в первую стадию минералообразования достигали 350-400 °С при давлениях 1000-50 МПа (Лазыко и др., 1972; Добровольская, Шадлун, 1974; Генкин и др., 1980). Отложение минеральных ассоциаций на этой стадии происходило при постепенном понижении температуры до 200-250 °С. Исследователи, изучавшие процессы гидро-

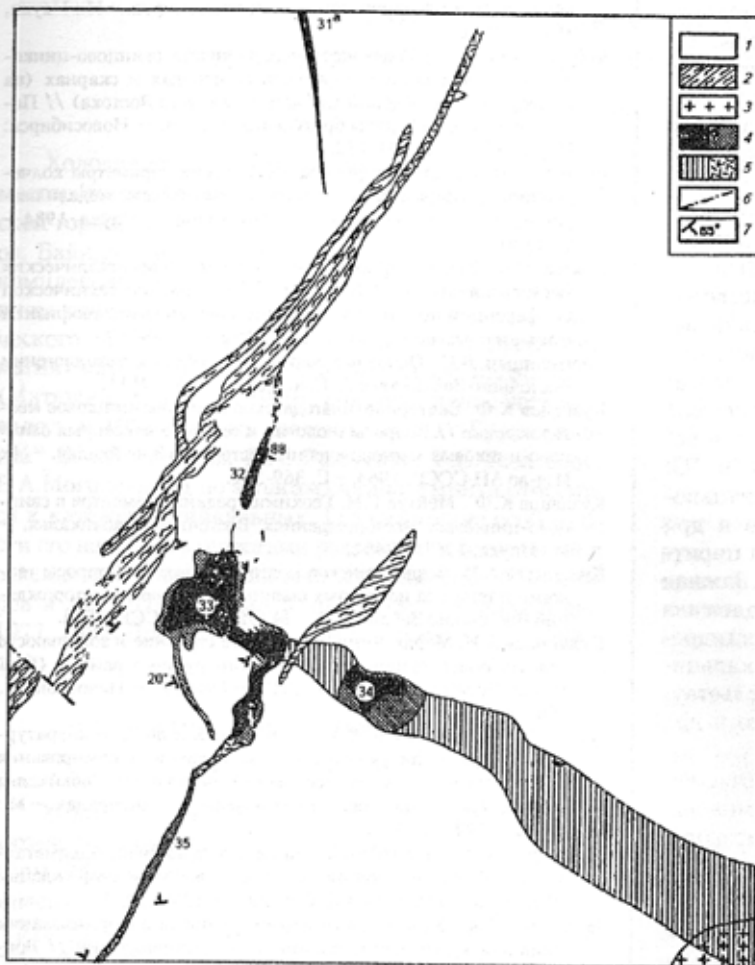


Рис. 2. Геологическая схема Ново-Акатуевского участка Акатуевского месторождения:

1 - известняки; 2 - углисто-глинистые сланцы; 3 - граниты (варисские); 4 - рудные тела (а - массивные руды; б - вкрапленные руды); 5 - минерализованные зоны дробления; 6 - дизъюнктивные нарушения; 7 - элементы залегания; рудные тела: 31а - Алексеевская жила; 32 - Северо-Восточное; 33 - Главное; 34 - Неожиданное; 35 - Юго-Западное

термального минералообразования на месторождениях Восточного Забайкалья, указывали температуры для продуктивной сфалерит-галенитовой стадии - 230-140 °С (Лазыко и др., 1972). Однако наши данные, по которым сфалерит и галенит образуются в разные стадии или в разных ассоциациях, свидетельствуют о том, что в начале второй стадии температуры были более высокими.

О температурных условиях образования минеральных парагенезисов второй продуктивной стадии можно судить по косвенным данным, в частности по существованию твердого раствора  $PbS+AgSbS_2$  в рудах Благодатского месторождения, а также по кадмиевому и сероизотопному геотермометрам. Экспериментальные данные показывают, что подобный твердый раствор мог возникнуть при температуре выше 380 °С. Температура, рассчитанная по кадмию в двух образцах сосуществующих сфалерита и галенита в рудах Благодатского месторождения, отвечала 420 и 370 °С. По сероизотопному геотермометру получена температура 290 °С (Генкин и др., 1980). Несмотря на разные значения, есть основания полагать, что отложение минеральных парагенезисов в начале второй стадии происходило при температурах более высоких, чем в конце первой. Об этом свидетельствует растворение и переотложение сфалерита в ус-

ловиях повышенных температур и высокой щелочности растворов. О повышении щелочности говорит и растворение раннего кварца и переотложение его в виде метакристаллов в парагенезисе с сульфидами второй стадии. Состав переотложенного сфалерита отличался от ранних его генераций по содержанию железа, меди, олова. Происходило как бы "очищение" сфалерита, "сбрасывание" примесей перечисленных металлов и образование последних в виде самостоятельных сульфидов: пирита, халькопирита, станнина.

Таким образом, на примере описываемых месторождений отчетливо проявляются три цикла смены физико-химических и термодинамических условий формирования руд. Эта цикличность фиксируется повторным появлением определенных парагенезисов, указывающих на изменение кислотности-щелочности растворов, температуры, активности серы и кислорода. Эти особенности отложения свинцово-цинковых руд подчеркивают, что их формирование происходило многостадийно из гидротермальных растворов, достаточно высокотемпературных в начальные периоды первой и второй стадий с последующим понижением до 150-60 °С и при более низких давлениях (40-20 МПа).

При образовании сульфидных руд менялись не

только температуры и давления, но и окислительно-восстановительный потенциал, и режим серы. Об изменении этого потенциала в указанных стадиях минералообразования свидетельствует смена пирит-сфалеритовой ассоциации галенит-сульфосолевой и карбонатсодержащей ассоциациями. Фазовые диаграммы  $T - fS_2$  в системе Fe-Zn-S (Скотт, 1984) и  $\log fO_2 - pH$  (Еремин, 1984) позволяют говорить о том, что процесс рудоотложения начинался при более высоких  $fS_2$  ( $10^{-6}$  МПа) и  $fO_2$  ( $10^{-29}$  МПа) из близких к нейтральным гидротермальных растворов ( $pH=4-5$ ). К концу первой стадии щелочность повышалась, что вызвало растворение и переотложение кварца, сфалерита и сульфидов железа. Образование джемсонит-геокронит-буланжерит-галенитовой ассоциации второй стадии могло происходить в достаточно широких интервалах температур (300-400 °C) и щелочности раствора, при умеренной фугитивности серы  $fS_2 - 10^{-9}, 10^{-10}$  МПа (Бортников и др., 1980), но более низкой, чем при отложении пирит-сфалеритовой ассоциации первой стадии. Важная роль в процессе рудообразования принадлежала  $CO_2$ . Образование сульфидов происходило из гидрокарбонатно-магнезиально-кальциевых или кальциево-магнезиальных растворов, о чем свидетельствует состав газовой-жидких включений (Лазыко и др., 1972).

Совокупность геологических, структурных, литологических, текстурных, геохимических, минералогических и физико-химических данных позволяют отнести эти месторождения к типичным гидротермальным с широким развитием в рудах метасоматических процессов.

### Литература

- Бортников Н.С., Мозгова Н.Н., Некрасов И.Я. и др. Факторы, определяющие типоморфизм минеральных ассоциаций сульфидов-антимонитов сульфостанатов свинца // Новые данные о типоморфизме минералов. - М.: Наука, 1980. - С.115-130.
- Вольфсон Ф.И., Кузнецов К.Ф. О закономерностях размещения свинцово-цинкового оруденения в Приаргунском полиметаллическом поясе Восточного Забайкалья // Закономерности размещения полезных ископаемых. - М.: Изд-во АН СССР, 1959. - С.308-331.
- Вольфсон Ф.И., Смирский М.А., Киселев Ю.В. и др. Структурно-морфологические особенности некоторых свинцово-цинковых месторождений Приаргунья // Изв. АН СССР. Сер. геол. - 1971. - N 1.
- Генкин А.Д. Метакристаллы и избирательное замещение в рудах // Проблемы постмагматического рудообразования. Прага, 1963. - N 1.
- Генкин А.Д., Басалаев И.В., Добровольская М.Г. и др. Распределение кадмия, марганца, селена и изотопов серы в сосуществующих галените и сфалерите из свинцово-цинковых месторождений // Методы исследования рудообразующих сульфидов и их парагенезисов. - М.: Наука, 1980. - С.5-40.
- Добровольская М.Г. Парагенетические минеральные ассоциации и стадийность минералообразования (на примере двух месторождений Восточного Забайкалья) // Изв. АН СССР. Сер. геол. - 1969. - N 8.
- Добровольская М.Г., Шадлуи Т.Н. Минеральные ассоциации и условия формирования свинцово-цинковых руд. - М.: Наука, 1974. - 268 с.
- Добровольская М.Г. Генетические особенности свинцово-цинковых месторождений в карбонатных породах и скарнах (на примере месторождений Сибири и Дальнего Востока) // Построение моделей рудообразующих систем. - Новосибирск: Наука, 1987. - С. 141-152.
- Еремин Н.И. Некоторые физико-химические параметры колчеданного рудообразования // Физико-химические модели петрогенезиса и рудообразования. - Новосибирск: Наука, 1984. - С. 49-61.
- Князев Г.И. Закономерности размещения полиметаллических месторождений В. Забайкалья // Тр. научно-технической конференции по вопросам геологии, гидрогеологии, геофизики и техники разведки. - М.: Недра, 1972. - С. 30-357
- Кормилицына В.С. Основные черты мезозойской металлогении Восточного Забайкалья // Сов. геол. - 1959. - N 11.
- Кузнецов К.Ф. Екатерино-Благодатское свинцово-цинковое месторождение // Вопросы геологии и генезиса некоторых свинцово-цинковых месторождений Восточного Забайкалья. - М.: Изд-во АН СССР, 1963. - С. 369-391.
- Кузнецов К.Ф., Мейтув Г.М. Геохимия редких элементов в свинцово-цинковых месторождениях Восточного Забайкалья. - М.: Наука, 1967. - 246 с.
- Кулагашев А.И. Воздвиженское месторождение // Вопросы геологии и генезиса некоторых свинцово-цинковых месторождений Восточного Забайкалья. - М.: Изд. АН СССР, 1963.
- Кулагашев А.И. Морфология, внутреннее строение и зональность рудных полей Нерчинско-Заводского рудного района (Восточное Забайкалье) // Тр. СНИИГТИМСа. - Новосибирск, 1968. - Вып. 74.
- Лазыко Е.М., Дорошенко Ю.Г., Колтун Я.И. и др. О температурных и других физико-химических условиях формирования постмагматических месторождений Восточного Забайкалья // Рудообразующая среда по включениям в минералах. - М.: Наука, 1972. - С. 15-24.
- Образцова З.А. О взаимоотношениях вольфрамовой, полиметаллической минерализации в Центральном месторождении (Восточное Забайкалье) // Сов. геол. - 1960. - N 3.
- Образцова З.А. О роли рудомещающих пород в формировании гипогенных руд полиметаллических месторождений // Вопросы геологии и генезиса полезных ископаемых. - Л.: Изд. ЛГУ, 1966.
- Плигина Д.Б. Геологическое строение Акатуевского рудного поля // Вопросы геологии и генезиса некоторых свинцово-цинковых месторождений Восточного Забайкалья. - М.: Изд-во АН СССР, 1963. - С.48-64.
- Полякова О.П. Свинцово-цинковые месторождения Кадаинского рудного поля // Тр. ИГЕМ АН СССР. - 1963. - Вып. 83.
- Ростов В.Г. Трещинные структуры Благодатского и Екатерино-Благодатского месторождений // Изв. вузов. Сер. геол. и разв. - 1965. - N 6.
- Скотт С.Д. Использование сфалерита и арсенопирита для оценки температур и активности серы в гидротермальных месторождениях // Физико-химические модели петрогенезиса и рудообразования. - Новосибирск: Наука, 1984. - С. 41-49.
- Смирнов С.С. Избранные труды. - Изд-во АН СССР, 1955. - 248 с.
- Смирнов С.С. Полиметаллические месторождения и металлогения Восточного Забайкалья. - М.: Изд-во АН СССР, 1961. - 507 с.
- Талдыкин С.И., Гуменный Ю.К., Метер Е.Б. Стадии минералообразования и типы руд полиметаллических месторождений Восточного Забайкалья. - М., 1965. - N 1.
- Шолкин К.Д., Ленюк Л.И. Благодатское месторождение // Тр. ИГЕМ АН СССР. - М.: Изд. АН СССР, 1963. - Вып. 83.
- Янишевский Е.В. О влиянии гидротермально-измененных карбонатных пород на образование полиметаллических рудных тел и их морфологию на Благодатском месторождении (Восточное Забайкалье) // Изв. вузов. Сер. геол. и разв. - 1966. - N 4.

только температуры и давления, но и окислительно-восстановительный потенциал, и режим серы. Об изменении этого потенциала в указанных стадиях минералообразования свидетельствует смена пирит-сфалеритовой ассоциации галенит-сульфосольной и карбонатсодержащей ассоциациями. Фазовые диаграммы  $T - fS_2$  в системе Fe-Zn-S (Скотт, 1984) и  $\log fO_2 - pH$  (Еремин, 1984) позволяют говорить о том, что процесс рудоотложения начинался при более высоких  $fS_2$  ( $10^{-6}$  МПа) и  $fO_2$  ( $10^{-29}$  МПа) из близких к нейтральным гидротермальных растворов ( $pH=4-5$ ). К концу первой стадии щелочность повышалась, что вызвало растворение и переотложение кварца, сфалерита и сульфидов железа. Образование джемсонит-геокронит-булажерит-галенитовой ассоциации второй стадии могло происходить в достаточно широких интервалах температур (300-400 °C) и щелочности раствора, при умеренной фугитивности серы  $fS_2 - 10^{-9}, 10^{-10}$  МПа (Бортников и др., 1980), но более низкой, чем при отложении пирит-сфалеритовой ассоциации первой стадии. Важная роль в процессе рудообразования принадлежала  $CO_2$ . Образование сульфидов происходило из гидрокарбонатно-магнезиально-кальциевых или кальциево-магнезиальных растворов, о чем свидетельствует состав газовой-жидких включений (Лазько и др., 1972).

Совокупность геологических, структурных, литологических, текстурных, геохимических, минералогических и физико-химических данных позволяют отнести эти месторождения к типичным гидротермальным с широким развитием в рудах метасоматических процессов.

## Литература

- Бортников Н.С., Мозгова Н.Н., Некрасов И.Я. и др. Факторы, определяющие типоморфизм минеральных ассоциаций сульфидов-антимонитов сульфостаннатов свинца // Новые данные о типоморфизме минералов. - М.: Наука, 1980. - С.115-130.
- Вольфсон Ф.И., Кузнецов К.Ф. О закономерностях размещения свинцово-цинкового оруденения в Приаргунском полиметаллическом поясе Восточного Забайкалья // Закономерности размещения полезных ископаемых. - М.: Изд-во АН СССР, 1959. - С.308-331.
- Вольфсон Ф.И., Свирский М.А., Киселев Ю.В. и др. Структурно-морфологические особенности некоторых свинцово-цинковых месторождений Приаргунья // Изв. АН СССР. Сер. геол. - 1971. - N 1.
- Генкин А.Д. Метакристаллы и избирательное замещение в рудах // Проблемы постмагматического рудообразования. Прага, 1963. - N 1.
- Генкин А.Д., Басалаев И.В., Добровольская М.Г. и др. Распределение кадмия, марганца, селена и изотопов серы в существующих галените и сфалерите из свинцово-цинковых месторождений // Методы исследования рудообразующих сульфидов и их парагенезисов. - М.: Наука, 1980. - С.5-40.
- Добровольская М.Г. Парагенетические минеральные ассоциации и стадийность минералообразования (на примере двух месторождений Восточного Забайкалья) // Изв. АН СССР. Сер. геол. - 1969. - N 8.
- Добровольская М.Г., Шадлун Т.Н. Минеральные ассоциации и условия формирования свинцово-цинковых руд. - М.: Наука, 1974. - 268 с.
- Добровольская М.Г. Генетические особенности свинцово-цинковых месторождений в карбонатных породах и скарнах (на примере месторождений Сибири и Дальнего Востока) // Построение моделей рудообразующих систем. - Новосибирск: Наука, 1987. - С. 141-152.
- Еремин Н.И. Некоторые физико-химические параметры колчеданного рудообразования // Физико-химические модели петрогенезиса и рудообразования. - Новосибирск: Наука, 1984. - С. 49-61.
- Князев Г.И. Закономерности размещения полиметаллических месторождений В. Забайкалья // Тр. научно-технической конференции по вопросам геологии, гидрогеологии, геофизики и техники разведки. - М.: Недра, 1972. - С. 30-357
- Кормилицын В.С. Основные черты мезозойской металлогении Восточного Забайкалья // Сов. геол. - 1959. - N 11.
- Кузнецов К.Ф. Екатерино-Благодатское свинцово-цинковое месторождение // Вопросы геологии и генезиса некоторых свинцово-цинковых месторождений Восточного Забайкалья. - М.: Изд-во АН СССР, 1963. - С. 369-391.
- Кузнецов К.Ф., Мейтув Г.М. Геохимия редких элементов в свинцово-цинковых месторождениях Восточного Забайкалья. - М.: Наука, 1967. - 246 с.
- Кулагашев А.И. Воздвиженское месторождение // Вопросы геологии и генезиса некоторых свинцово-цинковых месторождений Восточного Забайкалья. - М.: Изд. АН СССР, 1963.
- Кулагашев А.И. Морфология, внутреннее строение и зональность рудных полей Нерчинско-Заводского рудного района (Восточное Забайкалье) // Тр. СНИИГТИМСа. - Новосибирск, 1968. - Вып. 74.
- Лазько Е.М., Дорошенко Ю.Г., Колтун Я.И. и др. О температурных и других физико-химических условиях формирования постмагматических месторождений Восточного Забайкалья // Рудообразующая среда по включениям в минералах. - М.: Наука, 1972. - С. 15-24.
- Образцова З.А. О взаимоотношениях вольфрамовой, полиметаллической минерализации в Центральном месторождении (Восточное Забайкалье) // Сов. геол. - 1960. - N 3.
- Образцова З.А. О роли рудомещающих пород в формировании гипогенных руд полиметаллических месторождений // Вопросы геологии и генезиса полезных ископаемых. - Л.: Изд. ЛГУ, 1966.
- Плитуна Д.Б. Геологическое строение Акатуевского рудного поля // Вопросы геологии и генезиса некоторых свинцово-цинковых месторождений Восточного Забайкалья. - М.: Изд-во АН СССР, 1963. - С.48-64.
- Полякова О.П. Свинцово-цинковые месторождения Кадаинского рудного поля // Тр. ИГЕМ АН СССР. - 1963. - Вып. 83.
- Ростов В.Г. Трещинные структуры Благодатского и Екатерино-Благодатского месторождений // Изв. вузов. Сер. геол. и разв. - 1965. - N 6.
- Скотт С.Д. Использование сфалерита и арсениопирита для оценки температур и активности серы в гидротермальных месторождениях // Физико-химические модели петрогенезиса и рудообразования. - Новосибирск: Наука, 1984. - С. 41-49.
- Смирнов С.С. Избранные труды. - Изд-во АН СССР, 1955. - 248 с.
- Смирнов С.С. Полиметаллические месторождения и металлогения Восточного Забайкалья. - М.: Изд-во АН СССР, 1961. - 507 с.
- Талдыкин С.И., Гуменный Ю.К., Метер Е.Б. Стадии минералообразования и типы руд полиметаллических месторождений Восточного Забайкалья. - М., 1965. - N 1.
- Шолкин К.Д., Ленюк Л.И. Благодатское месторождение // Тр. ИГЕМ АН СССР. - М.: Изд. АН СССР, 1963. - Вып. 83.
- Янишевский Е.В. О влиянии гидротермально-измененных карбонатных пород на образование полиметаллических рудных тел и их морфологию на Благодатском месторождении (Восточное Забайкалье) // Изв. вузов. Сер. геол. и разв. - 1966. - N 4.