



НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ГЕНЕЗИСА И МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТРАТИФОРМНЫХ РУД КОЛЧЕДАННО- ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РУДНОГО АЛТАЯ, АЛТАЙСКИЙ КРАЙ

Приведено описание минерального состава руд ряда колчеданно-полиметаллических месторождений и рудопроявлений Рудного Алтая с учётом двухэтапного процесса рудообразования – первичного гидротермально-осадочного и метаморфоженного. Рассмотрены преобразования первичных рудных концентраций в процессе контактового метаморфизма, связанного со становлением габбро-диорит-плагиогранит-гранитовой формации. Наиболее интенсивно метаморфизованные зоны отвечают амфибол-роговиковой фации контактового метаморфизма, остальные – мусковит-роговиковой. Установлен стадийный характер метаморфической эволюции руд в процессе перекристаллизации, частичной и полной мобилизации.

Ключевые слова: гидротермально-осадочные, метаморфоженные, колломорфные, фрамбоидальные, перекристаллизация.

Решение вопросов генезиса месторождений является первоочередным при прогнозных исследованиях. От правильного понимания происхождения месторождений зависит применение того или иного комплекса поисковых предпосылок и признаков, а также направление поисковых работ. Важнейшие факторы образования крупных запасов колчеданных руд – связь с контрастными или последовательно дифференцированными вулканогенными формациями (формационный), близость источника рудного вещества, наличие структур, благоприятствовавших накоплению и быстрому захоронению крупных рудных тел, а также большая продолжительность процессов рудообразования на фоне палеовулканического режима. При этом для формирования крупных запасов колчеданных руд не требовалось никаких неповторимых в геологической истории случайных совпадений факторов [7, 9].

Размещение древних колчеданных месторождений, особенно крупных, определялось положением центров длительной эндогенной активности, что обеспечивало существенную продолжительность функционирования магматогенных субмаринных гидротермальных систем в участках палеорастяжения вулканических гряд и благоприятствовало накоплению значительных объёмов сульфидного вещества, особенно в погребённых условиях [4]. Огромные скопления сульфидов вместе с сопровождающими их широкими полями гидротермальных изменений представляли собой участки неоднородности земной коры с контрастными петрофизическими свойствами, что стимулировало развитие здесь при синметаморфических деформациях зон тектонического течения. Исследования закономерностей

**Кузнецова
Светлана Владимировна**

научный сотрудник
sfa72@rambler.ru

ФГУП Центральный
научно-исследовательский
геологоразведочный институт
цветных и благородных металлов,
г. Москва

распределения месторождений северо-западной части Рудного Алтая, их строения, состава и условий образования [5, 8] подтверждают парагенетическую связь колчеданно-полиметаллического оруденения с процессами девонского вулканизма и их приуроченность к центрам вулканической активности базальт-риолитовой контрастной формации с антидромным развитием. Вулканические процессы на площади северо-запада Рудного Алтая протекали прерывисто на фоне общего терригенно-вулканогенного осадконакопления в пределах относительно мелководного шельфа. Вулканические поднятия (центры), выраженные в гравитационных и магнитных геофизических полях, чередовались с межвулканическими депрессиями, нередко со стабильным режимом прогибания и накопления мощных (до 4–5 км) осадочных толщ.

О девонском возрасте оруденения свидетельствуют находки обломков руды полиметаллического состава в конгломератах фамена в районе рек Маношиха и Каменка [6]. Известны также находки обломков околорудно-изменённых пород в конгломератах фамена на Садовушинско-Петровской площади [16]. Обломки колчеданных руд с незначительными содержаниями сфалерита и галенита присутствуют на месторождении Корбалихинское в перекрывающих рудовмещающую толщу отложениях. Здесь в лавах, лавобрекчиях и туфах основного состава наблюдаются окатанные или слабо окатанные обломки колчеданных руд размером несколько сантиметров.

Наиболее сложен и наименее изучен вопрос об источнике рудного вещества колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая. В.И.Смирнов [15] отмечал, что в периоды базальтоидного магматизма ранней стадии геосинклинального этапа формирование обширной группы специфических колчеданно-эндогенных месторождений происходило за счёт ювенильного подкорового вещества. Л.И.Шилов с соавторами [17], исследуя изотопный состав свинца месторождений Корбалихинское, Лазурское и Комиссаровское, а также ряда других объектов Рудного Алтая, пришёл к выводу об общности источников свинца в рудах и рудовмещающих породах и на основании близкого изотопного состава свинца в рудах, алевролитах и вулканогенных породах показал, что для руд

и вмещающих пород характерен свинец из вулканогенного источника.

Источником полезных компонентов, по-видимому, могли быть породы рамы. Как доказано [2], в экзоконтактной зоне массивов в углеродисто-терригенных породах увеличивается содержание полезного компонента на 1–3 порядка, причём условия локализации оруденения и его масштабы связаны с длительным режимом стационарных термоградиентов, которые возникают над крупными интрузиями или их отщеплениями. А.И.Кривцовым [12] показана применимость модели субмаринных конвективно-рециклинговых рудообразующих систем к образованию колчеданных месторождений с выделением зоны мобилизации рудного вещества.

Современный облик рудных полей и месторождений обусловлен интенсивным метаморфизмом как вмещающих пород, так и руд. На Рудном Алтае проявлен контактовый метаморфизм, связанный со становлением крупных гранитоидных массивов [10]. Контактные изменения образуют довольно мощный ореол роговиков и ороговикованных пород мусковит-роговиковой и пироксен-роговиковой фаций. Экзоконтактные изменения, связанные со становлением габбродиорит-плагиогранит-гранитовой геологической формации, обычно имеют мощность 50–350 м, образуют две зоны роговиков и ороговикованных пород. Наиболее интенсивно метаморфизованные зоны отвечают амфибол-роговиковой фации контактового метаморфизма, остальные – мусковит-роговиковой [14].

Наряду с вмещающими породами, контактовому метаморфизму подвержены стратиформные и штокверковые рудные тела, а также сопровождающие их околорудные метасоматиты. Температурный режим метаморфических преобразований (370–410°C) установлен по результатам гомогенизации первичных включений в гранобластовом кварце. Постоянное присутствие графита в рудовмещающих углистых алевролитах, образующегося в результате термального воздействия на углистое вещество (оно иногда сохраняется в виде реликтов среди новообразований графита), указывает на тот же температурный интервал. Как показали экспериментальные исследования, проведённые С.С.Гороховым и Н.И.Петровой, образование графита за счёт углеводородов в присутствии металличе-

ских катализаторов происходит при температуре несколько выше 400°C. Наличие граната, пироксена и кордиерита в метаморфических породах ряда месторождений свидетельствует о достаточно высокотемпературном режиме метаморфизма начала амфибол-роговиковой фации, которой соответствуют температуры 550–600°C.

Главные рудные тела размещаются в разрезе среди тонкого чередования вулканогенных и осадочных пород. Здесь они занимают определённое стратиграфическое положение, локализуясь среди первично кремнистых фаций. Такое положение оруденения прослеживается на многие сотни метров как по падению, так и по простиранию рудных зон. Таким образом, основные рудные тела месторождений располагаются очень компактно, захватывая стратиграфический интервал от 50 до 150, редко 200 м.

Минералогические особенности стратиформных рудных тел и их метаморфические преобразования изучены на Корбалихинском, Лазурском, Семёновском, Майском, Зареченском, Степном, Юбилейном, Комиссаровском колчеданно-полиметаллических месторождениях и ряде рудопроявлений, обнаруженных по результатам полевых и камеральных работ с 2009 г. по настоящее время в российской части Рудного Алтая. Ниже приводится описание минерального состава руд применительно к двум этапам процесса рудообразования – первичному гидротермально-осадочному и метаморфогенному.

Гидротермально-осадочный этап рудообразования. На этом этапе сформировалась галенит-сфалерит-пиритовая минеральная ассоциация переменного состава, иногда с халькопиритом. Минералы ассоциации встречаются в виде реликтов среди перекристаллизованных и наложенных образований, а также самостоятельных скоплений. Пирит в ранней ассоциации представлен колломорфными выделениями с хорошо выраженными зональными почками (рис. 1, а), тонкозернистыми землистыми массами (мельниковит-пирит), а также фрамбоидами. Внутреннее строение пирита выявлялось при помощи травления концентрированной азотной кислотой. В большей части исследуемых образцов отмечаются почки размером 0,05–0,4 мм, но в некоторых случаях наблюдаются гигантские почки размером 1–7 см (месторождение Зареченское). В подчинённом количестве в участках развития

галенит-сфалерит-пиритовой ассоциации наблюдаются почки сложного состава – зональные, состоящие из чередования зонок пирита, галенита и сфалерита (см. рис. 1, б, в). Фрамбоиды пирита группируются в скопления до 0,5 мм и ассоциируют с ранними галенитом и сфалеритом, иногда образуют обогащённые слои в микрослоистых рудах, зафиксированы также фрамбоиды в виде вкрапленников в сфалерите (см. рис. 1, г).

Сфалерит данной ассоциации из-за большей пластичности редко сохраняется в первоначальном виде и обычно представлен тонким (размер зёрен сотые доли миллиметра) агрегатом мозаичного строения. Изредка встречаются захваченные кварцем сфалерит-пиритовые колломорфные агрегаты. В некоторых зёрнах при помощи диагностического травления выявляются реликты почковидного строения. Зональный рост отдельных зёрен сфалерита прослеживается по расположению эмульсионной вкрапленности халькопирита. Галенит и халькопирит в подчинённом количестве присутствуют в микрослоистых рудах и локализуются в зональных почках. Отмечаются также тонкодисперсные сростания халькопирита и пирита.

К парагенезису текстурных форм гидротермально-осадочного этапа относятся горизонтально-слоистая, ритмично-слоистая (рис. 2, а), линзовидно-слоистая, массивная и брекчиевая текстуры. Слоистые текстуры обусловлены чередованием прослоев с различным содержанием сульфидов. В ритмично-слоистых текстурах такое чередование закономерно. Кроме того, в макрослойках гидротермально-осадочных руд наблюдается микрослоистость, обусловленная распределением рудных минералов (см. рис. 2, б). Порой в слоистых рудах наблюдается убывание крупности зёрен от подошвы слоя к кровле. В рудах брекчиевой текстуры обломки руд различного состава цементируются нерудным веществом, иногда с небольшой примесью сульфидов (см. рис. 2, в). Рудные обломки состоят из пирита, сфалерита, халькопирита и галенита в различных соотношениях. Почти во всех обломках фиксируются первичные зональные почки или их реликты. Структуры гидротермально-осадочных руд колломорфные, аллотриоморфные, фрамбоидальные, почковидные, глобулярные.

Метаморфогенный этап рудообразования. На всех изученных месторождениях Рудного Алтая

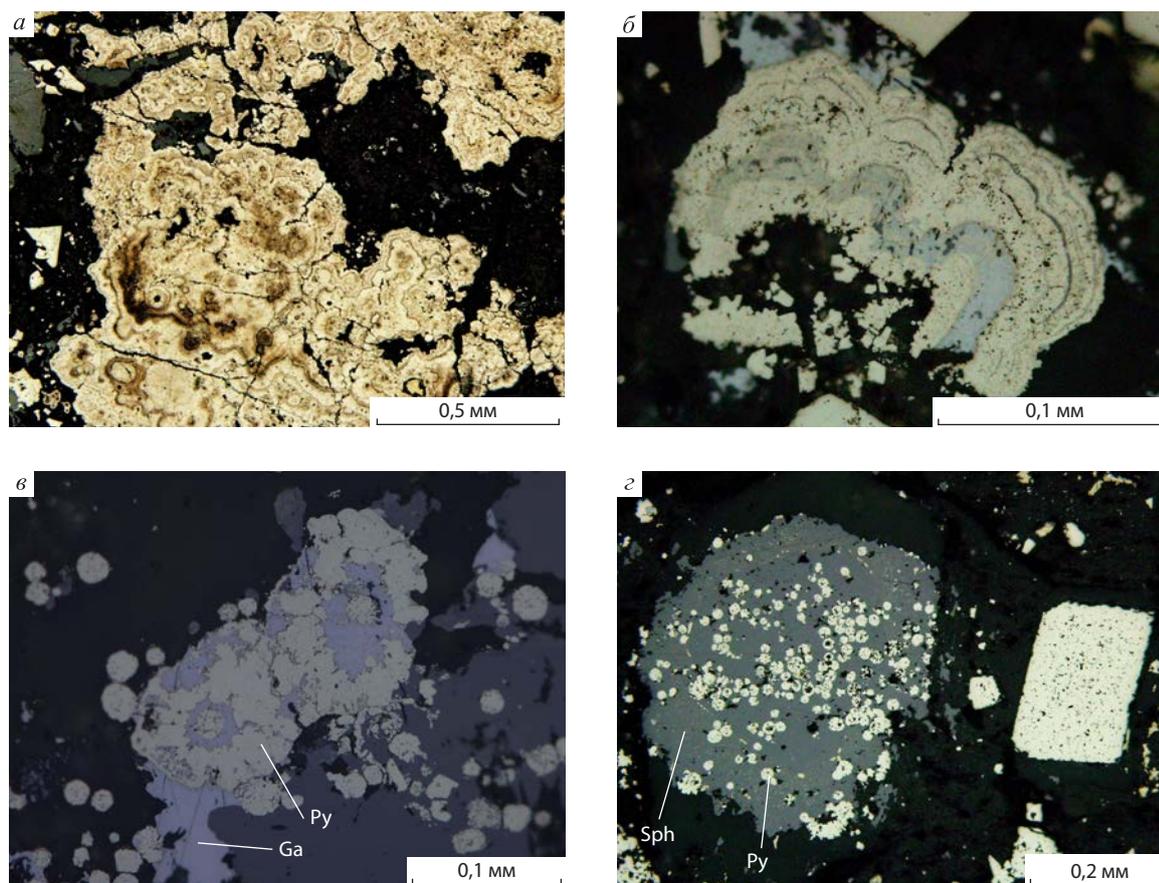


Рис. 1. МОРФОЛОГИЯ ВЫДЕЛЕНИЙ ПЕРВИЧНЫХ МИНЕРАЛОВ ГИДРОТЕРМАЛЬНО-ОСАДОЧНОГО ЭТАПА:

a – почки пирита, протравлено азотной кислотой; *б* – первичные почки галенит-пиритового состава ритмично-зональные; *в* – первичные почки сложного пирит-галенитового состава, в центре почки фрамбонид пирита; *г* – фрамбониды пирита в сфалерите; полированные шлифы; месторождения: *a* – Лазурское, *б, г* – Корбалихинское, *в* – Семёновское

проявлен метаморфизм, связанный со становлением габбро-диорит-плаггиогранит-гранитовой геологической формации. Контактному метаморфизму подвержены стратиформные рудные тела и сопровождающие их околорудные метасоматиты. Г.В.Ручкиным на примере колчеданных месторождений Северного Прибайкалья, Казахстана, Карелии обоснован стадийный характер метаморфических преобразований рудного вещества в процессе перекристаллизации, частичной и полной мобилизации [13]. Стадийность метаморфической эволюции руд установлена и на колчеданно-полиметаллических месторождениях Рудного Алтая [11].

Стадия перекристаллизации и частичной мобилизации руд. Первичные, обычно коллоидные, руды преобразуются в кристалличе-

ски-зернистые агрегаты, моноклинный пирротин переходит в гексагональный, за счёт углистого вещества образуется графит. Помимо этого, изменяются состав или содержания элементов-примесей в сульфидах. Частичная мобилизация происходит при более интенсивных деформационно-метаморфических воздействиях и приводит к частичному переотложению вещества, нередко в пределах подвергшихся перекристаллизации скоплений. В рудах изученных месторождений наблюдаются переходы от почти не изменённых коллоидных образований до полностью перекристаллизованных разновидностей, в которых первичная структура остаётся лишь в виде реликтов среди агрегатов гранобластовой структуры.

Частично перекристаллизованные руды. В начале перекристаллизации коллоидных обра-

зований пирита в них появляются островки гранобластовой структуры и по краям они приобретают кристаллографические очертания (рис. 3, а). Мельниковит-пирит легко перекристаллизуется в тонкозернистый гранобластовый агрегат уже при слабых метаморфических воздействиях. Сфалерит приобретает двойниковое, мозаичное строение, однако в расположении и ориентации двойников угадываются первичные почки (см. рис. 3, б). В ходе дальнейших преобразований колломорфные агрегаты сульфидов постепенно полностью превращаются в гранобластовые (см. рис. 3, в, г).

Перекристаллизация руд без превращения в гранобластовый агрегат. В некоторых случаях преобразование пирита осуществляется по другой «схеме», без образования гранобластовых структур. Зональность, которая наблюдается в слабо перекристаллизованных почках, как бы «консервируется» в виде чётких «линий» в зёрнах пирита (рис. 4, а). Сами зёрна, как правило, становятся более гладкими, массивными, приобретают гипидиоморфную структуру при незначительном распространении аллотриоморфных зёрен и даже реликтов почковидных структур. Пиритовые выделения отличаются от первичных массивностью, сливным видом, несколько оплывшими границами. Подобный пирит с трудом подвергается диагностическому травлению, изредка удаётся обнаружить концентрически-зональное строение. Галенит, сфалерит и халькопирит из зональных почек отжимаются в интерстиции зёрен, в редких случаях остаются в виде слоёв. Минеральные ассоциации на этапе метаморфической перекристаллизации чаще всего унаследованы от гидротермально-осадочного этапа.

В конце перекристаллизации большинство зёрен утрачивают первичную структуру. Пирит представлен гипидиоморфными выделениями, в которые перекристаллизуется гранобластовый и почковидный пирит, хотя и в этом случае иногда встречаются реликты значительно преобразованных почек зонального строения (см. рис. 4, б). Очень устойчивы к метаморфическому воздействию фрамбоиды, сохраняющие первичную структуру в полностью перекристаллизованном пирите (см. рис. 4, в). Часто отмечаются «слипшиеся» фрамбоиды со следами давления, потерявшие округлую форму (см. рис. 4, г). На этой стадии широко представлены не только процессы перекристаллизации, но и переотложения

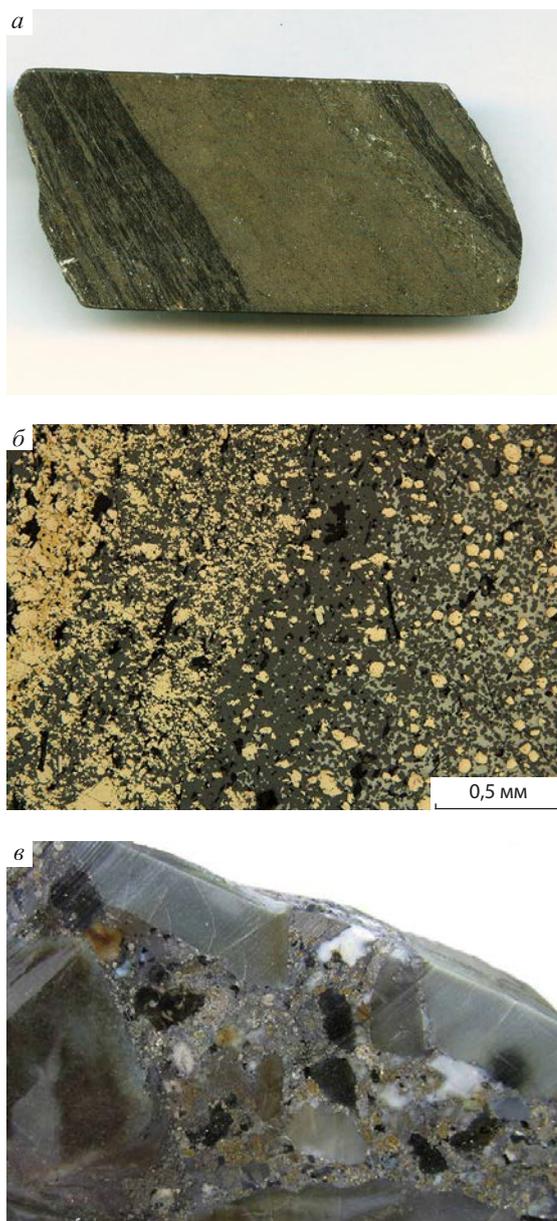


Рис. 2. ТЕКСТУРЫ ГИДРОТЕРМАЛЬНО-ОСАДОЧНЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЛАЗУРСКОЕ:

а – ритмично-слоистые колчеданно-полиметаллические руды (штуф, 1/2 от натуральной величины); б – микрослоистые руды (полированный шлиф); в – брекчиевые колчеданно-полиметаллические руды (штуф, натуральная величина)

вещества. В этом случае происходит частичная мобилизация вещества с последующим переотложением в каймах регенерации пирита. Наблюдаются образование пирротина за счёт пирита и рост метакристаллов пирита.

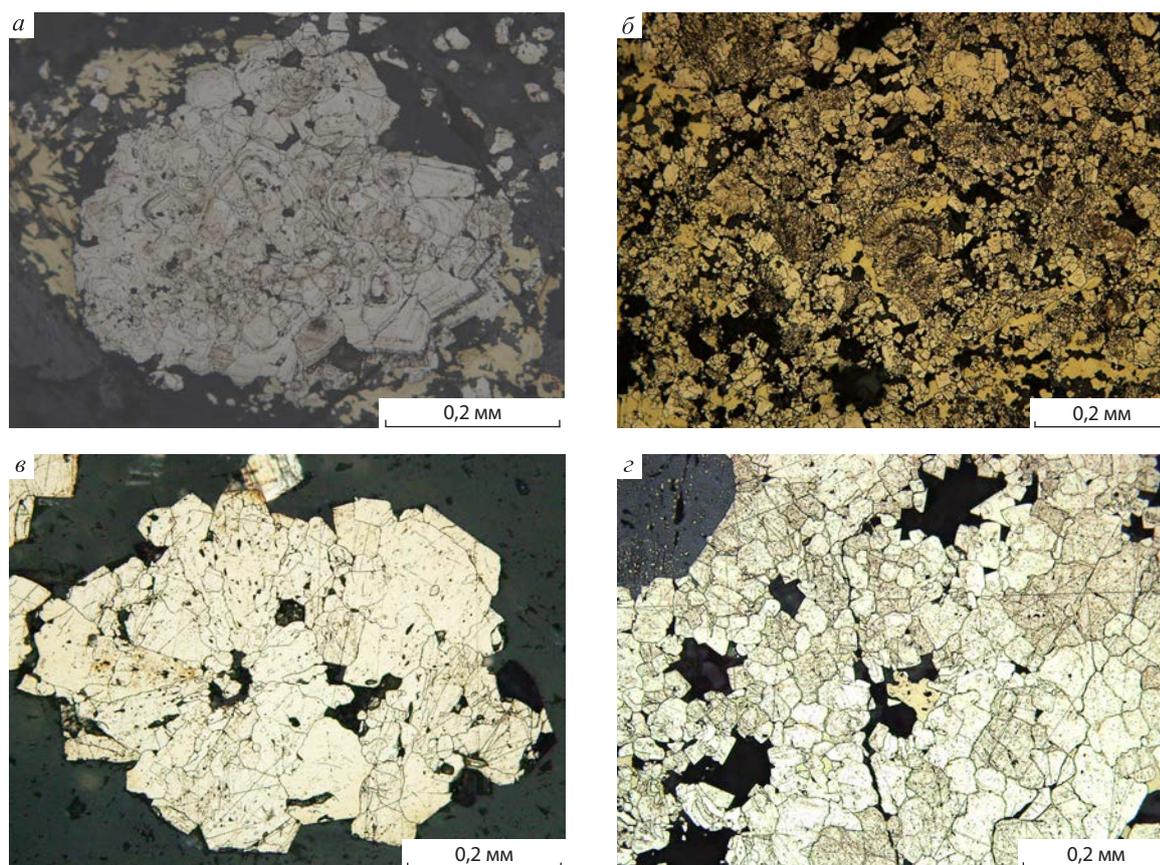


Рис. 3. МОРФОЛОГИЯ ВЫДЕЛЕНИЙ В РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗОВАННОГО ПИРИТА:

а – начало перекристаллизации, протравлено концентрированной азотной кислотой; *б* – перекристаллизованный тонкозернистый агрегат с реликтами почковидного строения; *в* – почки пирита, начало превращения в гранобластовый агрегат, протравлено концентрированной азотной кислотой; *г* – пирит гранобластовой структуры; полированные шлифы; месторождения: *а, б* – Лазурское, *в* – Комиссаровское; *г* – Берёзовогорское рудопроявление

В результате метаморфической перекристаллизации возникают полосчатая и пятнистая текстуры, различные бластические структуры руд с реликтами первичных структур. Развитие метаморфогенных структур и текстур руд проявлено локально на отдельных участках месторождений.

Стадия мобилизации руд. Полная мобилизация рудного вещества проявляется локально и реализуется в результате активного воздействия на первичные руды образующейся агрессивной флюидно-газовой смеси. Это воздействие сопровождалось мобилизацией и переотложением рудного вещества в полостях отслоения складок и трещинах. Наиболее типичные представители стадии мобилизации – кварц-пирит-галенит-сфалеритовая и кварц-галенит-сфалери-

товая минеральные ассоциации; халькопирит-блеклорудная и карбонат-галенит-халькопиритовая с блеклой рудой развиты меньше. Минералы ассоциаций образуют зоны вкрапленности, прожилков и гнёзд во вмещающих вулканогенных и осадочных породах и занимают как согласное, так и секущее положение по отношению к слоистости. Главные минералы ассоциаций – кварц, сфалерит и галенит поздней генерации, второстепенные – пирит, барит, карбонат. В некоторых случаях в составе ассоциаций встречаются марказит, арсенопирит. Редкие минералы представлены сульфосолями свинца и серебра. Сфалерит образует агрегаты зёрен с хорошо выраженным двойниковым строением. Двойники неровные, изогнутые, пересекающиеся друг с другом. Вдоль двойниковых швов в сфалерите обычно наблю-

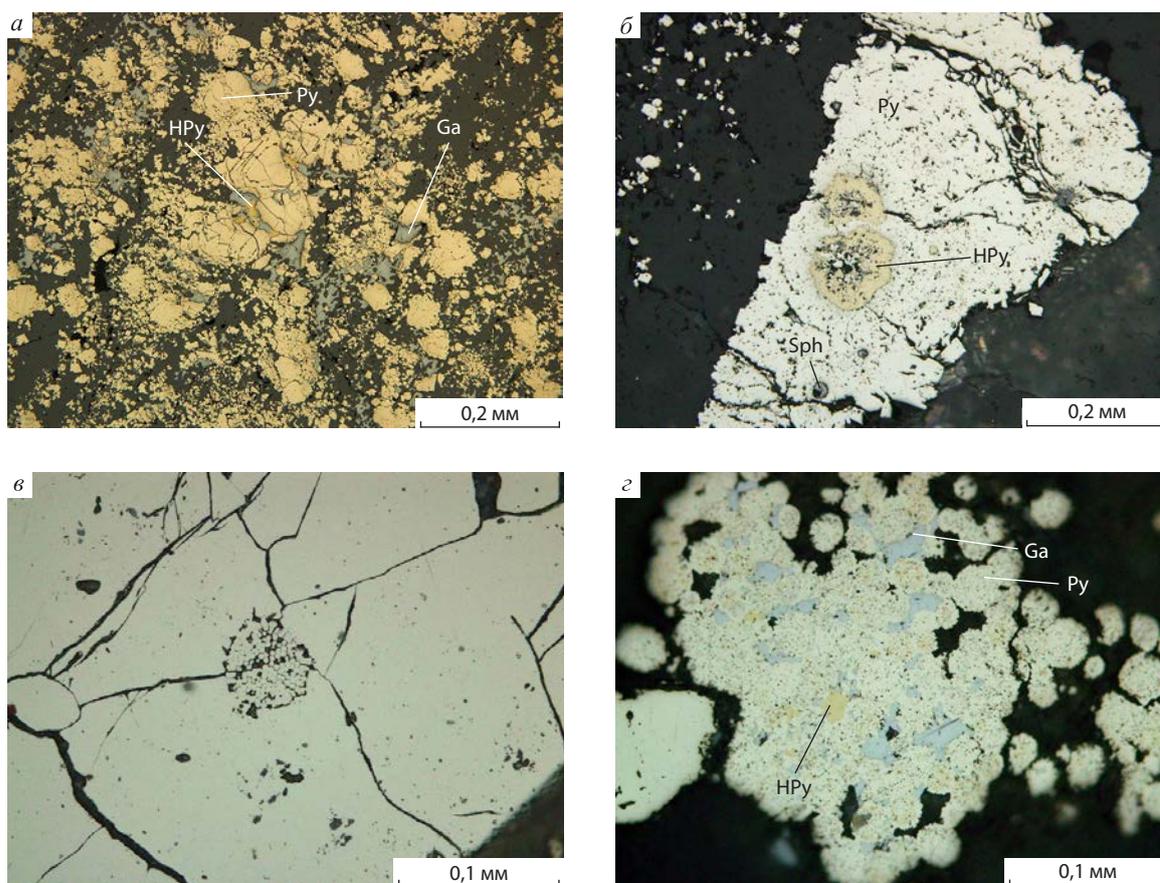


Рис. 4. РЕЛИКТЫ ПЕРВИЧНЫХ СТРУКТУР В ИНТЕНСИВНО ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗОВАННЫХ РУДАХ:

а – перекристаллизованный пирит с реликтами концентрически-зонального строения; *б* – реликты почковидного строения в раздробленном и захваченном кварцем обломке аллотриоморфного пирита, центральные части почек маркируются округлыми выделениями халькопирита и сфалерита; *в* – включения фрамбоидов в перекристаллизованном пирите; *з* – кластер слипшихся фрамбоидов; полированные шлифы; месторождения: *а* – Лазурское, *в, з* – Майское; *б* – Центрально-Берёзовогорское рудопроявление

дается эмульсионная вкрапленность халькопирита. Характерно укрупнение эмульсионной вкрапленности в местах изгибов двойниковых швов. Галенит занимает подчинённое положение, интенсивно корродирует минералы ранних генераций, чаще всего ассоциирует со сфалеритом (рис. 5, *а*). Сульфосоли серебра отмечаются в виде мелких зёрен в полях галенита. Пирит представлен хорошо ограниченными идиоморфными зёрнами размером от десятых долей миллиметра до нескольких миллиметров. Кварц образует гнёзда и прожилки совместно с сульфидами.

Халькопиритовая, халькопирит-блеклорудная, реже карбонат-галенит-халькопиритовая с блеклой рудой парагенетические минеральные ассоциации – основные в составе медно-колче-

данных руд. Главный минерал здесь – халькопирит-II, присутствуют также блеклая руда, сульфосоли серебра, иногда самородный висмут, висмутин, пирротин, самородное золото и серебро, соединения золота (см. рис. 5, *б, в*). Соединения золота и серебра колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая описаны многими авторами [1, 3, 5 и др.]. Халькопирит, представленный аллотриоморфно-зернистым агрегатом, интенсивно замещает все минералы ранних ассоциаций, развиваясь в них по трещинкам. С халькопиритом часто ассоциирует блеклая руда (см. рис. 5, *з*), которая может быть как теннантитом (месторождение Корбалихинское и др.), так и серебрясодержащим тетраэдритом (месторождения Змеиногорское, Зареченское и

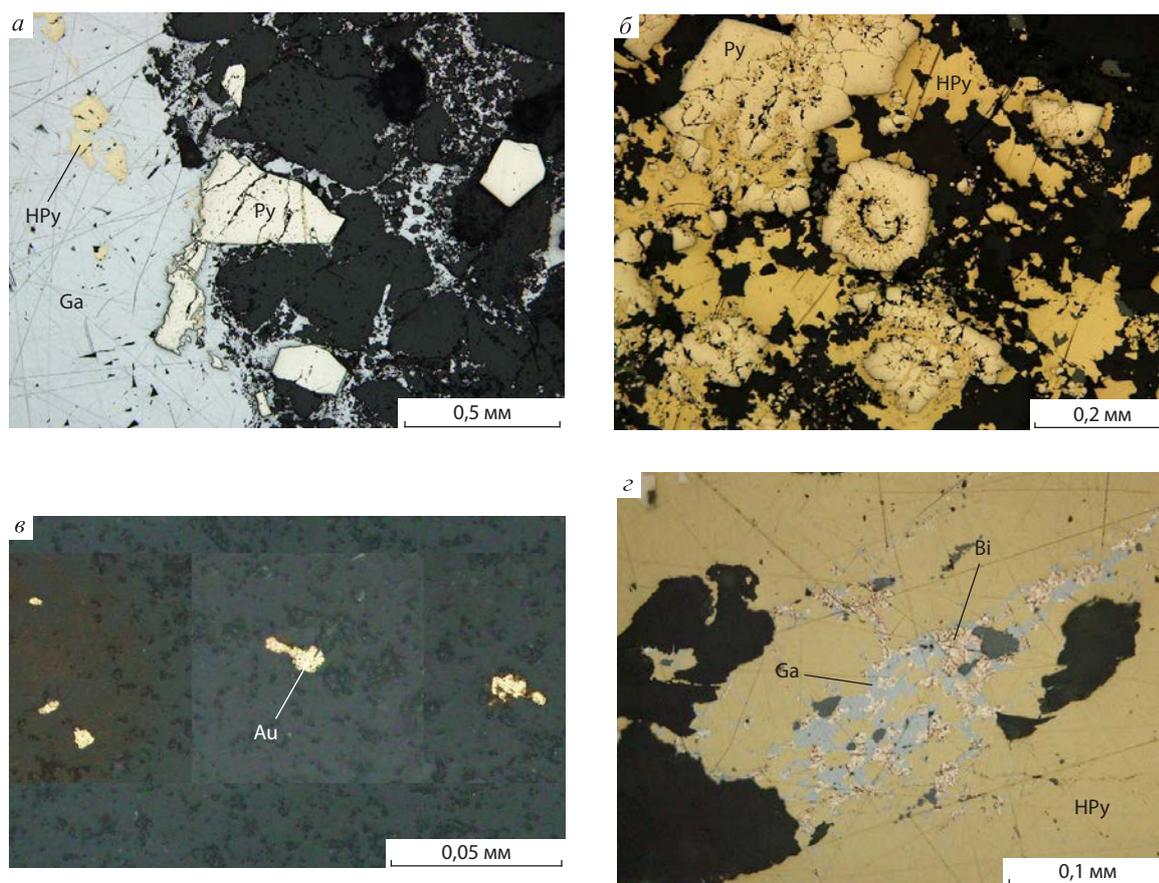


Рис. 5. МОРФОЛОГИЯ ВЫДЕЛЕНИЙ СУЛЬФИДОВ СТАДИИ МОБИЛИЗАЦИИ:

а – галенит корродирует и цементирует зёрна пирита; *б* – частично перекристаллизованные почки пирита цементируются халькопиритом; *в* – выделения золота; *г* – выделения блеклой руды и самородного висмута в халькопирите; полированные шлифы; рудопроявления: *а* – Берёзовогорское, *б, г* – Вересухинское; *в* – Змеиногорское месторождение

др.) [1]. Эпизодически в ассоциациях присутствует галенит, находясь в тесном сростании с халькопиритом и вместе с ним развиваясь по трещинам в более ранних сульфидах. Сульфосоли серебра встречаются в виде мелких выделений в галените и халькопирите. Самородный висмут, висмутин (см. рис. 5, *г*) и теллуриды висмута обычно ассоциируют с халькопиритом и блеклой рудой с повышенным содержанием серебра. Пирротин моноклинный или переходного типа с преобладанием моноклинной фазы. Состав пирротина на основании данных рентгеноструктурного анализа по кривой Арнольда – $Fe_{0,865}S$. Очень редко отмечается кубанит в виде веретенообразных вростков в халькопирите. На многих месторождениях выделяется ассоциация гипергенных сульфидов, главными минера-

лами которой являются ковеллин, халькозин, борнит.

Стадия мобилизации характеризуется образованием штокверковых рудных залежей с преобладанием прожилковых, вкрапленных, гнездово-прожилковых текстур, в местах сгущения сульфидов переходящих в массивные. Из структур в рудных агрегатах проявлены коррозионная, регенерации, гипидиоморфная, метакристаллическая, цементации, выполнения полостей. Рудные минералы наложены на первичные и перекристаллизованные сульфиды, цементируя или пересекая их скопления.

Кроме метаморфической перекристаллизации и мобилизации, в рудах широко проявлены процессы деформации, дробления (рис. 6, *а-в*), сопровождающие метаморфические преобразо-

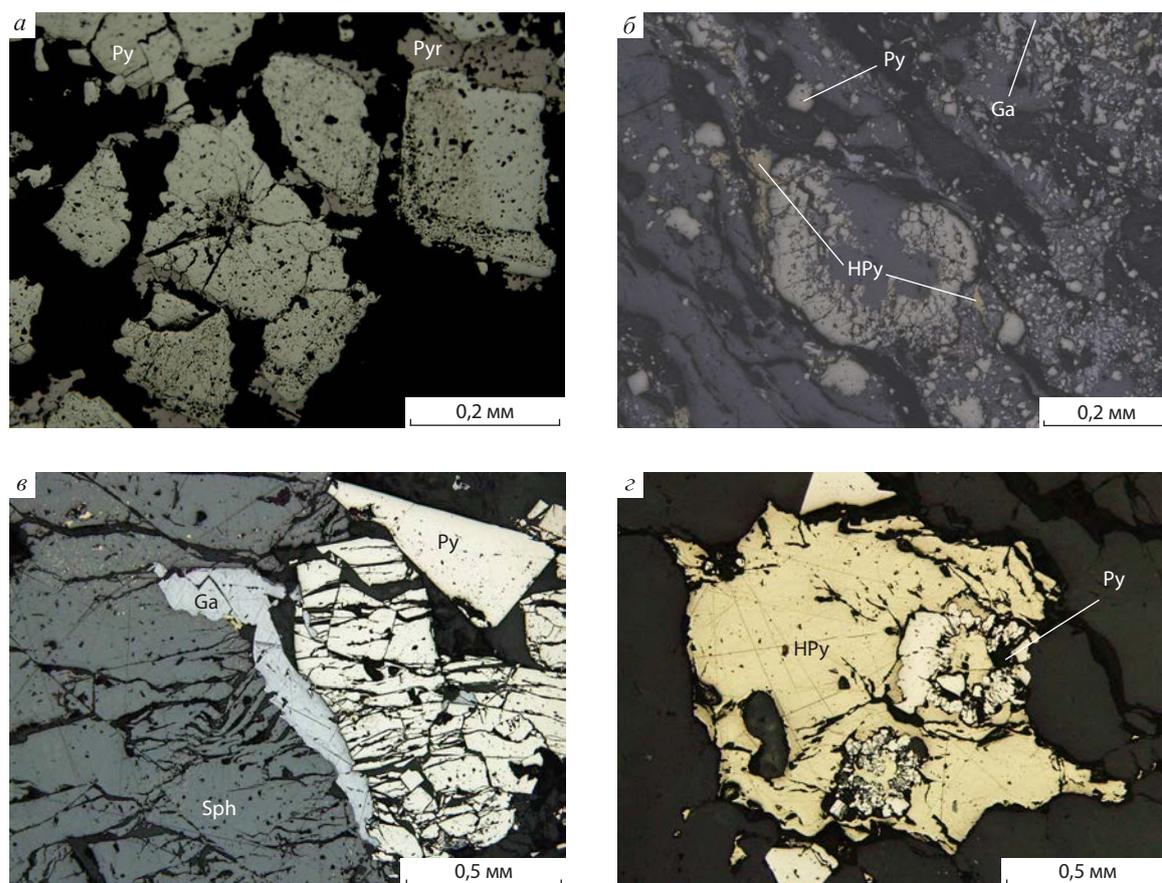


Рис. 6. СТРУКТУРЫ ДРОБЛЕНИЯ, ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ И ЧАСТИЧНОЙ МОБИЛИЗАЦИИ:

а – перекристаллизованный пирит, имеются следы переотложения вещества в каймах регенерации, коричневый – пирротин; *б* – растущая почка в зоне дробления корродирована кварцем; *в* – интенсивное дробление пирита и сфалерита ранней генерации и цементация их поздним галенитом; *з* – перекристаллизованные почки пирита цементируются халькопиритом, который, в свою очередь, подвергается деформационным воздействиям; полированные шлифы; месторождения: *а* – Каменское, *б* – Лазурское, *з* – Майское; *в* – Берёзовогорское рудопроявление

вания. Наиболее часто деформационным воздействиям подвергаются ранние сульфиды, особенно пирит. В зонах дробления они интенсивно разбиты трещинами, растущены и сцементированы минералами поздних генераций (см. рис. 6, з).

Главные минералы руд содержат широкий набор элементов-примесей, который одинаков для минералов различных этапов и стадий процесса рудообразования. Распределение элементов-примесей в сульфидах иллюстрируется на примере месторождения Семёновское (табл. 1, 2). Наибольшие концентрации Cd наблюдаются в сфалерите, Se – в галените, Ag – в блеклых рудах, Au – в пирите и сфалерите. Ранний гидротермально-осадочный пирит обогащён примеся-

ми Au (31,8 г/т), Ag (0,026%), Sb (0,027%), As (0,35%), Mn (0,071%) по сравнению с пиритами метаморфогенной стадии. Во многом схожие результаты получены для галенита и сфалерита. В частности, в раннем сфалерите значительно выше содержание Ag, As, Ti, в позднем – больше Mn. Поздние галенит и сфалерит характеризуются пониженными по сравнению с ранними концентрациями золота. Таким образом, минералы гидротермально-осадочного этапа резко отличаются по содержанию элементов-примесей от аналогичных минералов метаморфогенно-гидротермального этапа, причём первые обычно содержат более высокие концентрации примесей Au, Sb, Ag, Ti, Mn, As и Ti, а вторые обеднены ими.

1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОЛОТА СРЕДИ СУЛЬФИДОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ СЕМЁНОВСКОЕ ПО ДАННЫМ НЕЙТРОННО-АКТИВАЦИОННОГО АНАЛИЗА

Итак, на основании изучения ряда колчеданно-полиметаллических месторождений и рудопроявлений Рудного Алтая описаны стадийные преобразования первичных гидротермально-осадочных руд в процессе контактового метаморфизма, связанного со становлением габбро-диорит-плагиогранит-гранитовой геологической формации. Слабо метаморфизованным гидротермально-осадочным рудам присущи коллоидная, почковидная, концентрически-зональная, фрамбоидальная, тонкозернистая структуры и ритмично-слоистая, линзовидно-слоистая, массивная, брекчиевая и другие текстуры. Минералы ранних ассоциаций обогащены примесями ряда рудогенных элементов, в том числе золотом. В начале метаморфизма в результате перекристаллизации первичных рудных концентратов возникли агрегаты с преобладанием гранобластовых структур. Динамометаморфизм обусловил широкое проявление структур деформации и дробления. В дальнейшем происходила

Номера проб	Минералы	Au, г/т	Примечания
4010	Пирит	2,1	Пирит метаморфогенного этапа
4003		3,1	
4010/1		1,8	
4060		31,8	Пирит первичных руд
4002		11,5	
4002/1		14,2	
4008		17,5	
4000	Сфалерит	3,8	Сфалерит метаморфогенного этапа
4000/1		4,3	
4009	Галенит	1,5	Галенит метаморфогенного этапа
4008		27,7	Галенит первичных руд

2. СРЕДНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ-ПРИМЕСЕЙ В СУЛЬФИДАХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ СЕМЁНОВСКОЕ, %

Минералы	Cu	Ag	Bi	Ni	Sb	Cd	Co	Tl	Mo	Mn	Ti	As	La	Zn
Пирит первичных руд	0,383	0,026	0,0007	0,007	0,027	0,047	0,011	0,003	0,003	0,071	0,007	0,35	-	-
Пирит метаморфогенных руд	0,25	0,001	-	0,0067	0,015	0,047	0,01	-	0,0025	0,038	0,034	0,033	-	-
Сфалерит первичных руд	0,38	0,024	0,0011	0,002	0,025	0,091	0,005	0,002	0,003	0,048	0,007	0,138	-	-
Сфалерит метаморфогенных руд	0,17	0,005	0,001	0,0012	0,023	0,1	0,004	0,001	0,004	0,08	0,001	0,08	-	-
Галенит	0,12	0,02	0,0005	0,002	0,03	0,05	0,003	0,0015	0,01	0,5	0,004	0,3	-	-

частичная или полная мобилизация рудного вещества с его последующим переотложением. В этом случае образуются скопления прожилково-вкрапленной, вкрапленной, гнездово-вкрапленной, пятнистой текстур, проявлены структуры цементации, коррозионная, регенерации, гипидиоморфная, метакристаллическая, выполнения полостей. Выявленные особенности могут быть использованы при создании геолого-поисковых моделей месторождений региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бестемьянова К.В. Минералогия благородных металлов барит-полиметаллических руд Змеиногорского рудного района (Рудный Алтай) // Месторож-

дения стратегических металлов: закономерности размещения, источники вещества, условия и механизмы образования (Мат-лы Всеросс. конф., посв. 85-летию ИГЕМ РАН, 25–27 ноября 2015 г.). М., 2015. С. 317–319.

2. *Большой Алтай* (геология и металлогения). Кн. 2. Геологическое строение / Г.Н.Щерба, Д.А.Дьячков, Н.И.Стучевский и др. – Алматы: РИО ВАК РК, 2000.
3. Вейц Б.И. Минералогия Рудного Алтая. Т. III. – Алмата: АН КазССР, 1959.
4. Викентьев И.В. Условия формирования и метаморфизм колчеданных руд. – М.: Научный мир, 2004.
5. Гаськов И.В., Дистанов Э.Г., Миронова Н.Ю., Чекалин В.М. Колчеданно-полиметаллические месторождения верхнего девона северо-западной части Рудного Алтая. – Новосибирск: Наука, 1991.

6. *Дербииков И.В.* О тектонических и палеогеографических условиях полиметаллического рудообразования на Рудном Алтае // Тр. СНИИГГиМС. Новосибирск, 1962. Вып. 25. С. 35–46.
7. *Дергачев А.Л., Еремин Н.И.* Вулканогенное колчеданно-полиметаллическое и эксгалационно-осадочное свинцово-цинковое оруденение в истории Земли // ДАН. 2008. Т. 423. № 1. С. 89–91.
8. *Дистанов Э.Г., Гаськов И.В.* Эволюция процессов рудообразования и закономерности размещения полиметаллических месторождений северо-западной части Рудного Алтая // Геология и геофизика. 1999. Т. 40. № 11. С. 1655–1667.
9. *Еремин Н.И., Дергачев А.Л., Позднякова Н.В., Сергеева Нат. Е.* Крупные и особо крупные колчеданные месторождения вулканической ассоциации // Геология рудных месторождений. 2004. Т. 46. № 2. С. 107–127.
10. *Кузнецов В.В.* Геолого-генетические основы прогноза и поисков полиметаллических месторождений Сибири // Тез. докл. Науч.-практ. конф. «Научно-методические основы прогноза, поисков и оценки месторождений цветных и благородных металлов, алмазов – состояние и перспективы», 19–20 апреля 2016 г. М., 2016. С. 39–40.
11. *Кузнецова С.В.* Метаморфические преобразования первичных гидротермально-осадочных руд (на примере Змеиногорского рудного района Рудного Алтая) // Тр. Уральской минералогической школы. Екатеринбург, 2014. С. 131–140.
12. *Месторождения колчеданного семейства.* Сер. Модели месторождений благородных и цветных металлов / А.И.Кривцов, О.В.Минина, А.Г.Волчков и др. – М.: ЦНИГРИ, 2002.
13. *Ручкин Г.В.* Стратиформные полиметаллические месторождения докембрия. – М.: Недра. 1984.
14. *Серавина Т.В.* Обстановки локализации полиметаллических руд Берёзовогорского рудного поля (Рудный Алтай) // Руды и металлы. 2014. № 4. С. 30–36.
15. *Смирнов В.И.* Колчеданные месторождения субмаринных конвективно-рециклинговых рудообразующих систем // Генезис эндогенных рудных месторождений. М., 1968. С. 586–647.
16. *Филатов Е.И.* Полиметаллические месторождения фанерозоя. – М.: Недра, 1986.
17. *Шилов Л.И., Матвеев В.С., Шилов В.И.* Возможности использования стабильных изотопов свинца при поисках свинцово-цинковых месторождений в Каратау // Изв. АН КазССР. Сер. геол. Алма-Ата, 1968. № 1. С. 74–76.

SOME ISSUES OF GENESIS AND MINERALOGICAL FEATURES OF STRATIFORM ORES OF PYRITE POLYMETALLIC DEPOSITS FROM RUDNY ALTAI, ALTAI TERRITORY

S.V.Kuznetsova

Mineral composition of ores from a number of pyrite polymetallic deposits and ore occurrences of Rudny Altai is described taking into account the two-stage ore formation process – primary hydrothermal-sedimentary and metamorphogenetic. Transformations of primary ore concentrations during contact metamorphism related to gabbro-diorite-plagiogranite-granite formation are reviewed. The most intensely metamorphosed zones correspond to amphibole-hornfels facies of contact metamorphism while others pertain to muscovite-hornfels facies. Stages of metamorphic ore evolution are defined during recrystallization, partial and complete mobilization.

Keywords: hydrothermal-sedimentary, metamorphogenetic, colloform, framboidal, recrystallization.