

Особенности вещественного состава вмещающих пород и руд Лазурского рудного поля (Змеиногорский рудный район, Рудноалтайская минерагеническая зона)

В статье рассмотрен вещественный состав вмещающих пород и руд Лазурского и Маслянского колчеданно-полиметаллических месторождений Лазурского рудного поля, расположенного в Змеиногорском рудном районе Рудноалтайской минерагенической зоны. Рудное поле сложено различными фациями рудоносной базальт-риолитовой кремнисто-терригенной формации девона (поздний живет-фран) с горизонтами синвулканических метасоматитов. Все породы рудного поля испытали складчатость и рассланцевание с зонами тектонического брекчирования. Гидротермальные изменения представлены карбонатизацией и хлоритизацией. На Лазурском и Маслянском месторождениях вскрыты медноколчеданные, медные, цинково-медноколчеданные и другие руды. Главными рудными минералами являются халькопирит, пирит, сфалерит, марказит и пирротин.

Ключевые слова: Рудноалтайская минерагеническая зона, свинец и цинк, Лазурское месторождение.

СЕРАВИНА ТАТЬЯНА ВАЛЕРЬЕВНА, кандидат геолого-минералогических наук, заместитель заведующего отделом, seravina@tsnigri.ru

КУЗНЕЦОВА СВЕТЛАНА ВЛАДИМИРОВНА, научный сотрудник, skuznetsova@tsnigri.ru

ФИЛАТОВА ЛЮДМИЛА КОНСТАНТИНОВНА, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, filatova@tsnigri.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГБУ «ЦНИГРИ»), г. Москва

Compositional peculiarities of the host rocks and ores of the Lazursky ore field, Zmeinogorsk ore region of the Rudny Altai minerogenic zone

T. V. SERAVINA, S. V. KUZNETSOVA, L. K. FILATOVA

Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals, Moscow

The article describes composition of the host rocks and ores of the Lazursky and Maslyansky polymetallic volcanogenic massive sulfide deposits of the Lazursky ore field located within the Zmeinogorsk ore region of the Rudny Altai minerogenic zone. The ore field is composed of various facies of the Devonian (Late Givetian – Frasnian) ore-bearing siliceous-terrigenous basalt-rhyolite formation containing horizons of synvolcanic metasomatites. All rocks of the ore field were subjected to folding and schistosity with zones of tectonic brecciation. Hydrothermal alterations are represented by carbonatization and chloritization. The ore bodies exposed at the Lazursky and Maslyansky ore deposits are represented by copper-pyrite, copper, and zinc-copper-pyrite massive sulfide ores and other varieties. The major ore minerals of the deposits are chalcopyrite, pyrite, sphalerite, marcasite, and pyrrhotite.

Key words: Rudny Altai minerogenic zone, lead and zinc, Lazursky ore deposit.

Рудоносные комплексы Змеиногорского рудного района подразделяются на две формации: базальт-содержащую риолитовую (калиевую) известково-кремнисто-терригенную, с которой связана полиметаллическая (свинцово-цинковая колчеданная) с золотом и серебром рудная формация, и базальт-риолитовую (калиево-натриевую) кремнисто-терригенную, с которой ассоциирует колчеданно-поли-

металлическая (медно-свинцово-цинковая колчеданная) рудная формация (рис. 1). На месторождениях рудного района выделены два основных типа руд: медно-свинцово-цинково-колчеданные и свинцово-цинково-колчеданные, а также ряд минералого-геохимических подтипов, состав которых определяется рудоносными фациями и их ассоциациями.

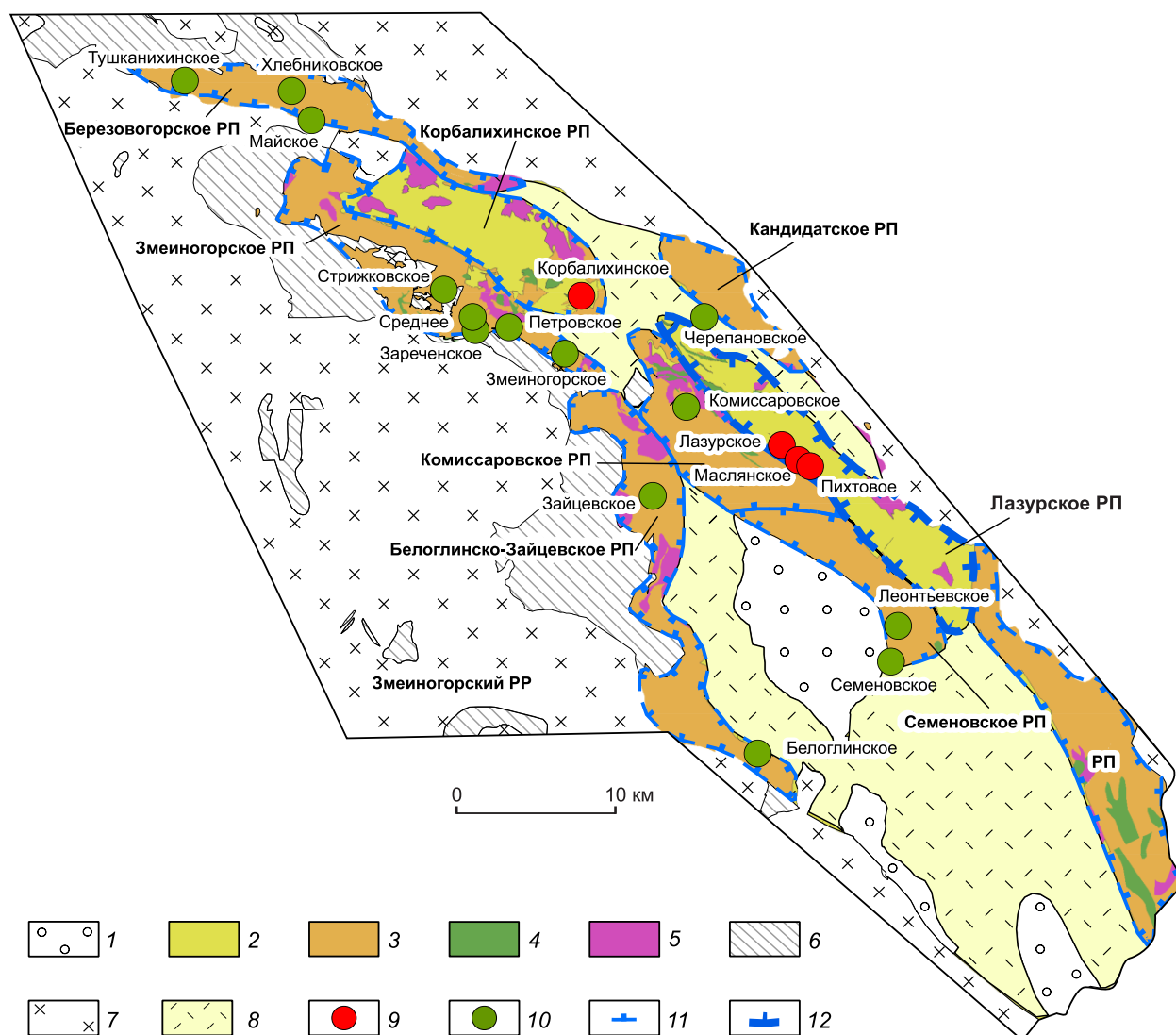


Рис. 1. Формационная карта Змеиногорского рудного района:

1–7 – геологические формации: 1 – надрудная без расчленения, 2–3 – рудовмещающие: 2 – базальт-риолитовая кремнисто-терригенная, 3 – базальтсодержащая риолитовая известково-кремнисто-терригенная, 4 – габбро-диабазовая, 5 – риолит-дацитовая субвулканическая, 6 – подрудная известково-терригенная метаморфизованная, 7 – интрузивная габбро-диорит-плагиогранит-гранитовая; 8 – нерасчленённые вулканогенно-терригенные отложения; 9–10 – месторождения и рудопроявления: 9 – медно-свинцово-цинково-колчеданные, 10 – свинцово-цинково-колчеданные; границы: 11 – рудных полей, 12 – Лазурского рудного поля

Авторами для изучения петрографических и минералогических характеристик пород и руд были отобраны образцы из керна скважин Лазурского и Маслянского колчеданно-полиметаллических месторождений рудного поля.

Лазурское рудное поле расположено в центральной части Змеиногорского рудного района и приурочено к юго-западному крылу Каменско-Лазурской грабен-синклинали. В палеотектоническом плане

рудное поле представляет собой конседиментационную вулкано-тектоническую депрессию, выполненную рудоносной базальт-риолитовой кремнисто-терригенной формацией (поздний живет-фран), представленной фациями лав, лавобрекчий базальтов, андезибазальтов с редкими прослоями, линзами известково-глинистых, кремнистых алевролитов, фтанитов, туффитов и туфов кислого и основного состава каменевской свиты. В юго-западном борту

грабен-синклинали расположены Лазурское и Масляное колчеданно-полиметаллические месторождения, а также ряд рудопоявлений (Пихтовское, Сосновское, Холодное и другие) [3]. Стратифицированные толщи претерпели складчато-разрывные дислокации и интродуцированы многочисленными субвулканическими телами риолитоидов и базальтоидов [2]. Простираение отложений северо-западное с падением слоёв на северо-восток под углами 35–50°.

Для базальт-риолитовой кремнисто-терригенной формации характерна смена во времени продуктов кислого и основного вулканизма (кислый–основной–кислый). Наличие продуктов основного вулканизма свидетельствует о формировании их из более глубинного источника, чем продукты кислого вулканизма. Породы кислого состава относятся к калинатовой серии и характеризуются примерно равным соотношением калия и натрия. Породы основного состава характеризуются лейкократовым составом (отвечают лейкобазальтам) и резким преобладанием натрия над калием [6].

Среди вулканических пород кислого состава нами выделяются два типа. К первому типу отнесены риолиты «обычного» типа, представляющие собой олигофировые разности риолитов. Они обладают в основном одной генерацией вкрапленников светлоцветных минералов, низкой степенью порфировости (до 20%), криптозернистой кварц-полевошпатовой однородной основной массой, однообразием текстур и структур.

Макроскопически лавы и лавобрекчии риолитов имеют пёструю лиловато-серую окраску и невыдержанную флюидально-полосчатую текстуру (рис. 2). Обломочная текстура в лавобрекчиях особенно отчётливо видна на выветрелой поверхности. Размер обломков различный и колеблется от 1 мм до 7 см, иногда достигая 0,5 м. Встречаются обломки двух типов. Наиболее характерными являются остроугольные или слегка окатанные обломки с чёткими ограничениями, представленные афировыми риолитами с фельзитовой основной массой. Реже встречаются обломки, не имеющие чётких очертаний и сложенные флюидальной лавой риолитового состава. Цементом служит лава того же состава, что и обломки, содержащая иногда мелкие вкрапленники плагиоклаза и реже кварца. Структура основной массы микролитовая, фельзитовая, текстура флюидальная. Лавобрекчии повсеместно изменены: окварцованы и серицитизированы. Лавы и лавобрекчии риолитов характеризуются пониженными содержаниями магния, кальция, глинозёма и повышенными содержаниями железа и щелочей при почти равном соотношении калия и натрия ($K/Na = 1,2:1$), отношение

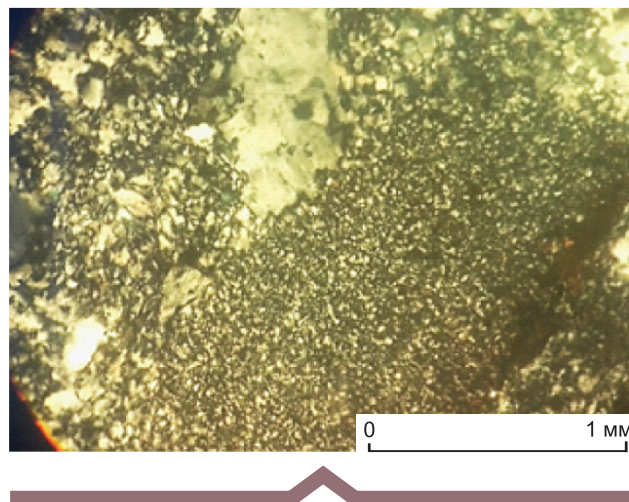


Рис. 2. Лавобрекчия олигофировых риолитов:

в центре обломок лавы с фельзитовой структурой; цементирующая лава окварцована; николи скрещены

$K/Rb = 375$. Данные петрохимические показатели соответствуют породам кислого состава. Для них также характерны повышенные содержания Mn , V , Sc , Zr , Sn и Ba .

Вулканиды второго типа представляют собой наиболее важную и интересную группу. Почти идентичные по химическому составу вулканиды обоих типов значительно отличаются по петрографическим признакам, что связано с составом летучих компонентов исходных магм и режимом их отделения от расплавов. Вулканиды характеризуются наличием нескольких (две и более) генераций вкрапленников, высокой степенью порфировости, наличием вкрапленников темноцветных минералов (биотит, моноклинный пироксен), признаками автобрекчирования фенокристаллов и основной массы пород, текстурно-структурной неоднородностью, наличием структур и текстур, обусловленных ликвационными процессами (эмульсионная и др.). В них повсеместно отмечается неодинаковое количество разновеликих, линзовидно-изогнутых форм хлоритизированного и серицитизированного вулканического стекла (от долей миллиметра до 3 см), залегающих согласно флюидальности, представленных в настоящее время хлоритизированным перлитом, которые авторы рассматривают как фьямме, а содержащие их вулканиды как игнимбриты.

На рудном поле вулканиды кислого состава представлены породами от зеленовато-серого до розовато-серого цвета, порфировой структуры. Вкрапленники сложены несколькими поколениями светлоцветных минералов (кварц, альбит, пелитизированный

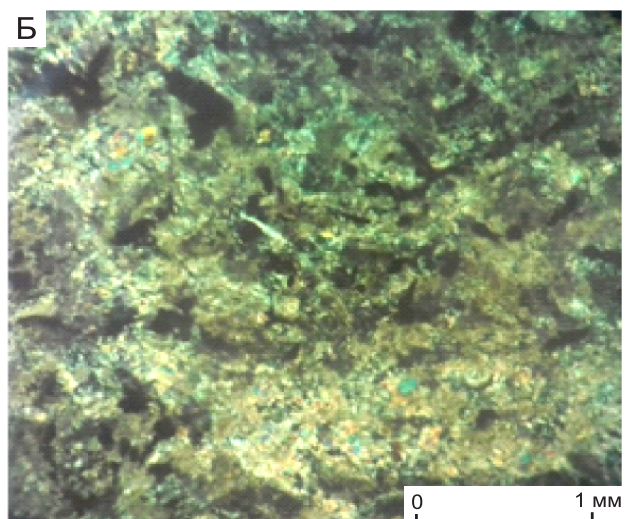
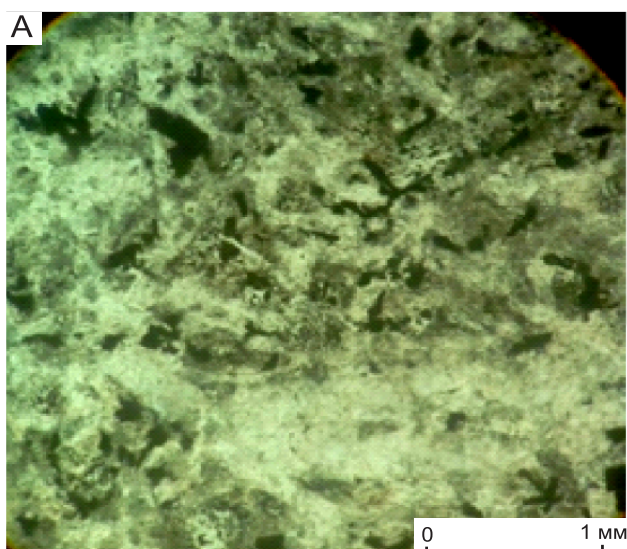


Рис. 3. Эпидот-хлорит-карбонатная порода по базальту: рудный минерал представлен лейкоксенизированным титаномагнетитом в виде мелких выделений неправильной формы в основной массе; А – без анализатора, Б – николи скрещены

микроклин), заметно автобрекчированы. Встречаются гломеропорфировые сростки крупных фенокристаллов микроклина. Темноцветный минерал (биотит) полностью опацифицирован.

Отмечаются более тёмные (зелёные) микрофьямме, чем вмещающие лавы. Они имеют линзовидную и неправильную форму, состоят из чередующихся первично-стекловатых тонких полосок, неодинаково обогащённых хлоритом. Разновеликие включения хлоритизированного стекла неравномерно распределены по всей площади, обуславливают неоднородное строение породы. Флюидалность волнистая, пре-

рывистая, за счёт интенсивного окварцевания основной массы микрофьямме выражены неотчётливо.

В этих вулканитах отмечаются пониженные содержания кальция, глинозёма, титана, магния и повышенные содержания железа и щелочей, при этом количество калия резко преобладает над натрием ($K/Na = 3:1$). Для них характерны повышенные содержания Mn, Co, As, Ba, а также Sc, Y, Zr, Nb, Sn, Yb. Наличие повышенных содержаний последних элементов требует дополнительного объяснения.

Породы основного состава представлены, как правило, лавами базальтоидов и субвулканическими телами габброидов. Характеризуются различной степенью вторичной переработки; доминирующим вторичным минералом здесь является карбонат (кальцит).

Базальтоиды имеют зеленовато-серый цвет и миндалекаменную текстуру. Количество миндалин разнообразного состава (преобладают карбонатные) иногда достигает 50 % от всей породы, размер их от 1 до 4 мм. Вкрапленники сложены альбитизированным плагиоклазом и темноцветным минералом (пироксеном), полностью замещённым агрегатом мелкозернистого карбоната, иногда с эпидотом. Основная масса представляет собой разноориентированные удлинённые микролиты альбитизированного плагиоклаза, погружённые в тонко-мелкозернистый агрегат хлорита, карбоната, эпидота, рудного минерала и незначительного количества включений бластического кварца. Практически все разности пород подвержены динамометаморфическим преобразованиям (рассланцеванию, брекчированию, образованию структур типа микробудинажа).

Тектонические брекчии состоят из обломков базальтов, плагиоклаза, осадочных карбонатных алевролитовых пород и рудного минерала (пирита). Обломки угловатой и оскольчатой формы. Некоторые базальты из обломков имеют гиалопилитовую структуру основной массы, не типичную для пород порфиритового горизонта. Плагиоклаз обломков также более «свежий», чем в ненарушенных порфиритах. Цементирующая масса выполнена мелкозернистым карбонатом с мелкими включениями кварца и халцедона. Базальтоиды также присутствуют в цементе. Имеются единичные обломки миндалекаменных базальтов. Отдельные кристаллы плагиоклаза и их обломки достигают крупных размеров.

Как правило, признаки первичных пород различимы, даже в нацело вторично переработанных в эпидот-хлорит-карбонатные породы базальтах (рис. 3). Базальты целиком сложены вторичными минералами: карбонат + эпидот по плагиоклазу, карбонат + хлорит + лейкоксен по первично-стекловатой основной массе.

Базальтоиды характеризуются пониженными содержаниями магния, алюминия и повышенными содержаниями железа, титана и щелочей. Среди щелочей натрия преобладает над калием ($Na/K = 2:1$). Отношение $K/Rb = 468,8$. Для этих пород характерны повышенные содержания V, Mn, Co, Ni, As, Ba , а также Sc, Sr, Sn, Sb .

Габброиды в пределах рудного поля занимают значительное положение. Они расположены в верхней части разреза и формируют маломощные дайки в толще основных вулканитов. Это долериты, долеритовые порфириты, габбро-долериты. Между собой породы различаются степенью кристалличности и вторичной переработки.

Наибольшее распространение имеют *габбро-долериты*. Это породы от тёмно-серого до чёрного цвета, тонкозернистые, офитовой структуры и массивной текстуры. Состоят из идиоморфных лейст плагиоклаза, ксеноморфных зёрен моноклинного пироксена и титаномagnetита. Из аксессуарных минералов довольно заметное количество игольчатого апатита. В интерстициях между плагиоклазом содержится небольшое количество хлорита. Вторичные минералы представлены карбонатом (кальцитом) и эпидотом, замещающим плагиоклаз и клинопироксен.

Необходимо отметить, что преимущественно вулканогенный разрез Лазурского рудного поля содержит единичные прослои осадочных, вулканогенно-осадочных и осадочно-вулканогенных пород.

Осадочные породы представлены известковистыми алевролитами, аргиллитами и пелитоморфными известняками.

Алевролиты тёмно-серого цвета, тонкозернистые, слоистые. Слоистость обусловлена чередованием прослоев различной зернистости. По составу различаются известковистые, кремнистые, известково-кремнистые, а также туфогенные алевролиты. Часто в алевролитах отмечаются прожилки кварца, карбоната и эпидота. В алевролитах отмечаются повышенные содержания Mn, Cr, Co, Fe, Mo .

Известковистые сланцы развиваются по пелитоморфным известнякам, состоят из мелких частиц микрозернистого агрегата железистого карбоната, погружённых в более светлую массу мелкозернистого (раскристаллизованного) известковистого вещества. Прерывистая извилистая микрополосчатость подчёркивается тонкими субпараллельными линзовидными полосками рудного минерала. Отмечаются известковистые брекчии, сложенные разновеликими угловатыми и удлинёнными обломками пелитоморфных известняков в тонкозернистом цементе из карбоната и рудного минерала.

Вулканогенно-осадочные и осадочно-вулканогенные породы представлены туфо-аргиллитами,

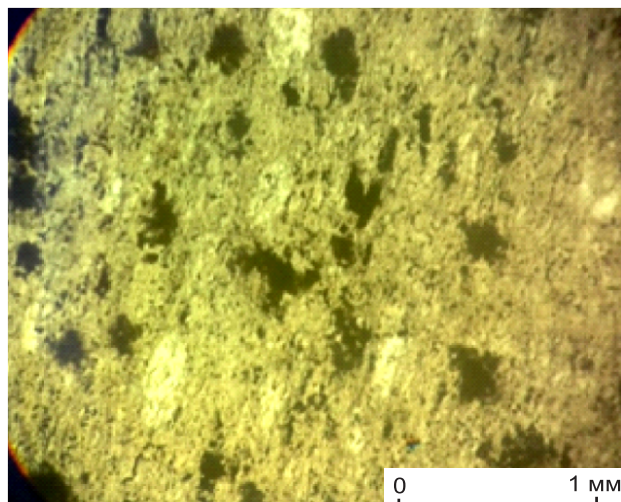


Рис. 4. Хлорит-карбонатный сланец по известковистому туффиту:

видны порфиробласты белого кальцита, неправильные мелкопятнистые выделения рудного минерала представлены лейкоксеном; без анализатора

кремнисто-известковистыми туффитами и известковистыми туффитами.

Туфо-аргиллиты – светло-зеленовато-серые плотные микрозернистые породы, сложенные тончайшим, почти изотропным кварц-серицит-хлоритовым агрегатом массивной и неясно-полосчатой текстуры. Тонкие прерывистые субпараллельные полоски выполнены лейкоксеном. Имеются изометричные зёрна бластического кварца.

Известковистые туффиты, преобладающие среди осадочных пород, преобразованы в хлорит-карбонатные сланцы. Последние представляют собой плотный светло-зеленовато-серый хлорит-карбонатный тонкозернистый агрегат, в котором видны многочисленные порфиробласты белого кальцита и неправильные выделения чёрного рудного минерала (магнетита?), ориентированные согласно рассланцеванию пород (рис. 4).

Присутствие карбонатсодержащих пород обусловило наличие скарнов и скарноидов, являющихся характерной особенностью строения Лазурского рудного поля [1]. В скарноидах развиты гнёзда и прожилки кварца, карбоната и рудного минерала.

Скарны состоят из граната, амфибола, пироксена, эпидота, карбоната, которые нацело заместили первичные породы (риолиты, известковистые алевролиты). К другим разновидностям скарнов относятся: гранат-амфиболовые, гранат-эпидотовые, амфибол-пироксеновые, пироксен-эпидотовые. Все перечисленные

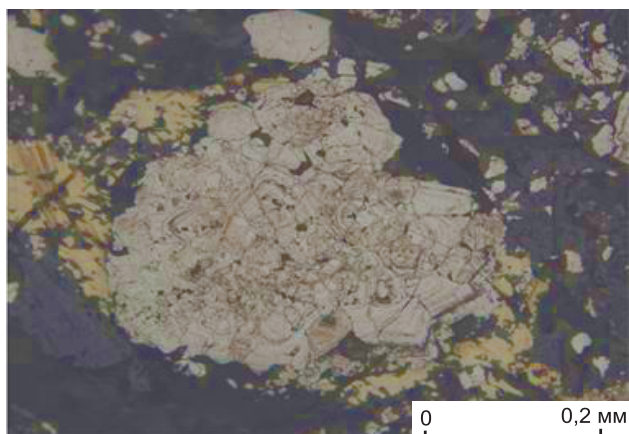


Рис. 5. Колломорфно-зональный агрегат пирита

разности скарнов подверглись более поздней хлоритизации и серицитизации. Часто в ассоциации с ними развиты рудные минералы.

В скарнах отмечаются повышенные содержания железа и магния, что коррелируется частично с их минеральным составом. Кроме того, для них характерны повышенные содержания Mn, Co, Zn, As (Sr, Sn).

Как уже было отмечено, в пределах рудного поля выявлены месторождения Лазурское и Масленское, а также ряд рудопроявлений и точек колчеданно-полиметаллической минерализации.

Среднее по размерам запасов Лазурское колчеданно-полиметаллическое месторождение находится в одноимённом структурно-фациальном блоке и приурочено к локальной вулканической впадине Гольцовской постройки. Проявленные на месторождении метасоматические породы относятся к серицит-кварцевой формации и представлены хлоритовыми, кварц-хлоритовыми, серицит-кварцевыми и кварц-серицитовыми метасоматитами. Наибольшим развитием пользуются хлоритовые разновидности околорудно-изменённых пород, к которым приурочены рудные залежи месторождения. Кварц-серицитовый тип изменений распространён незначительно, главным образом на глубоких горизонтах месторождения. На месторождении известно около ста рудных тел различного размера. Наиболее крупными являются шестнадцать тел, размеры которых составляют от 150 до 720 м по простиранию, от 100 до 350 м по падению при мощности от 1 до 4 м. Для большинства рудных тел характерна невыдержанность по мощности, которая колеблется от нескольких метров до 35 м.

Минеральный состав руд достаточно простой. Главными минералами являются пирит и сфалерит,

второстепенными – халькопирит, галенит, блёклая руда и арсенопирит, редко встречаются пирротин, марказит, магнетит, бурнонит, золото и серебро. Данные минералы объединяются в ряд разновозрастных минеральных ассоциаций: галенит-сфалерит-пиритовая, халькопирит-галенит-сфалерит-пиритовая, кварц-пирит-сфалеритовая, халькопиритовая и халькопирит-пиритовая.

В составе галенит-сфалерит-пиритовой ассоциации главными минералами являются пирит, представленный различными колломорфными образованиями, мельниковит пирит, наблюдаемый в виде ярковыраженных почек с колломорфно-зональными агрегатами пирита (рис. 5). Сфалерит и галенит находятся в сростании с почковидным пиритом. Реже в составе ассоциации отмечаются халькопирит (в виде тонких глобулярных выделений) и графит. Данная ассоциация пользуется большим распространением, занимая до 40% от массы руд. Её характерная особенность – приуроченность к верхним и средним частям рудных тел, а также к зоне лежачего бока.

Халькопирит-галенит-сфалерит-пиритовая ассоциация часто слагает слоистые и микрослоистые руды. Микрослоистость выражается в распределении рудных минералов, а также в чередовании полос зернистого, почковидного и тонкодисперсного пирита.

Кварц-пирит-сфалеритовая ассоциация пользуется столь же значительным распространением, как и предыдущая, составляя до 50% рудных тел (рис. 6). В её составе главными минералами являются сфалерит II (с размером зёрен 0,1–0,3 мм и эмульсионной вкрапленностью халькопирита, пирротина) и галенит II, который соизмерим со сфалеритом и наблюдается всегда в тесном сростании с ним. Отличительными особенностями данной ассоциации являются широкое развитие арсенопирита в виде довольно крупных кристаллов, а также по существу полное отсутствие в её составе барита [5].

Халькопиритовая минерализация с размером зёрен около 0,3 мм наблюдается главным образом в нижних частях рудных тел в зоне их выклинивания. В ассоциации с халькопиритом в резко подчинённом количестве находятся блёклая руда и пирротин. К местам развития блёклой руды приурочены отдельные очень мелкие выделения кубанита, борнита, а также самородного золота и серебра.

Халькопирит-пиритовая ассоциация распространена крайне незначительно в виде вкрапленности и гнёзд во вмещающих породах и субвулканических телах. Главное значение в её составе имеют крупнозернистые халькопирит, пирит и сфалерит. Пирит в составе этой ассоциации встречается гипидиоморфной до идиоморфной формы.

Ассоциации, совмещаясь друг с другом в пространстве, образуют несколько типов руд. Наиболее развиты колчеданно-полиметаллический, колчеданно-свинцово-цинковый и медно-колчеданный типы, составляющие 90% рудных тел. Характерно, что медно-колчеданные руды тяготеют к нижним частям рудных тел в зоне лежащего бока. В меньшей степени распространены полиметаллические руды, располагающиеся обычно в зоне висячего бока залежей. Серно-колчеданные барит-полиметаллические руды, составляющие менее 1%, встречаются в виде маломощных прослоев среди колчеданно-полиметаллических.

Характерными особенностями Лазурского месторождения являются более широкое развитие медно-колчеданных руд и развитие двух генетических групп текстур и структур.

Первая группа – это седиментационные структуры и текстуры. Они характерны для руд, сложенных галенит-сфалерит-пиритовой минеральной ассоциацией и являющихся отражением гидротермально-осадочного рудообразования, о котором свидетельствует наличие фрамбоидальной и глобулярной структур сульфидов, а также слоистых и микрополосчатых, конседиментационно-брекчиевых текстур руд, широко развитых на месторождении.

Вторая группа характеризует текстуры и структуры, образовавшиеся в результате метасоматического замещения пород и руд. Эта группа наблюдается в рудах, сложенных минералами кварц-пирит-сфалеритовой и халькопиритовой ассоциаций, и отражает процесс метаморфогенно-гидротермального рудообразования стадии мобилизации [4]. Сюда относятся прожилковая, прожилково-вкрапленная, массивная, брекчиевидная, графическая и пятнистая текстуры и структуры разъедания, коррозионная, метазернистая, графическая, пластинчатая.

В рудах проявлена зональность двух видов: текстурная в распределении типов руд и минералогическая, проявленная по мощности и падению рудных тел. По мощности руд прожилково-вкрапленные текстуры тяготеют обычно к лежащему боку рудной залежи, а массивные и слоистые – к зоне висячего бока. По падению рудных тел отмечено, что верхние их части сложены массивными рудами, центральные – слоистыми, а нижние – прожилково-вкрапленными. Наиболее отчетливо текстурная зональность наблюдаются по мощности и падению рудных тел. По мощности проявлена асимметрично-поперечная зональность, отражающая гидротермально-осадочное рудообразование, а по падению сверху вниз происходит смена полиметаллических руд колчеданно-полиметаллическими и медноколчеданными.

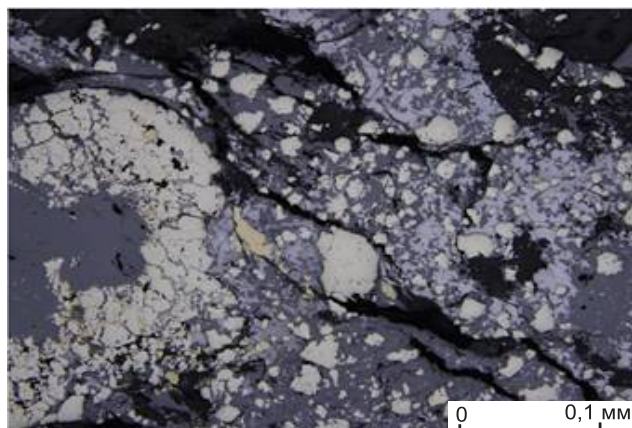


Рис. 6. Пирит-сфалеритовая руда с сохранившимся коллоформным строением

Минералого-геохимическая зональность наблюдается в виде распределения свинца, цинка и меди как по простиранию рудных тел, так и по падению восстанию рудного тела.

Маслянское медноколчеданное месторождение расположено в 1,5 км юго-восточнее от месторождения Лазурское. Разведаны 11 рудных тел до глубины 200 м, наиболее крупное имеет длину по простиранию 600 м, по падению – 265 м, среднюю мощность – 1,52 м. Остальные рудные тела незначительных размеров.

Рудная зона приурочена к нижней части андезибазальтового горизонта и залегает в лежащем боку кислых лав и их пирокластических разновидностей, превращённых в кварц-серицитовые сланцы. Около рудные изменения представлены зонами окварцевания, хлоритизации и пиритизации, часто совмещёнными в пространстве. До глубины 40–60 м руды окислены и представлены малахитом, азуритом и самородной медью.

Минерализация рудной зоны представлена медно-колчеданной (халькопирит-пиритовой), цинково-медно-колчеданной (сфалерит-халькопирит-пирит-пирротиновой), медно-цинковой (сфалерит-халькопиритовой), колчеданно-цинково-медной (пирит-марказит-сфалерит-халькопиритовой) и колчеданной (пиритовой) минерализацией.

Главными рудными минералами являются халькопирит, пирит, марказит, сфалерит и пирротин; второстепенными – галенит, ковеллин, магнетит, гематит, рутил; редкими – пентландит, линнеит, ильменит. Сульфиды встречаются в виде гнёзд размером 1–4 см, извилистых, ветвящихся прожилков невыдержанной мощности шириной от 1 до 7 мм, вкрапленности,

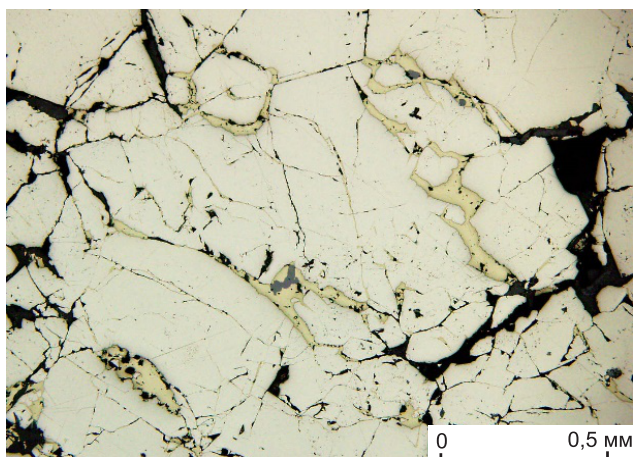


Рис. 7. Раздробленный пирит-1 (белый), по трещинам развивается халькопирит-2 (жёлтый)

тонких просечек, ориентированных под углом к оси зерна, пунктирной вкрапленности, а также полос и линз. Для рудных минералов характерны следующие структуры: гипидиоморфнозернистая, аллотриоморфнозернистая, замещения, цементации, перекристаллизации, интерстициальная, деформационная.

Наиболее ранним минералом в пределах ассоциаций является пирит-1, который в участках, где он представлен в значительном количестве, встречается в виде аллотриоморфных скоплений, а также крупных гипидиоморфных зёрен размером от 0,1 до 3 мм. Зёрна разбиты трещинами, часто раздроблены, сцементированы по трещинам другими сульфидами, в частности халькопиритом (рис. 7). В ассоциациях, где пирит является второстепенным минералом, пирит-1 чаще всего встречается в качестве включений в сфалерите. Здесь он представлен частично замещёнными фрагментами зёрен размером 0,1–0,2 мм. Пирит-2 отмечается в виде поздних тонких прожилков вдоль выделений более ранних сульфидов, иногда развивается вдоль трещин в них.

Халькопиритовая минерализация представлена двумя генерациями. Халькопирит-1 встречается в виде небольших кулисообразно расположенных гнёзд размером 5–8 мм в пределах развития пирит-халькопиритовой ассоциации, образуясь при этом позже пирита-1. Отличительными особенностями халькопирита-1 являются наличие многочисленных, пересекающих его трещин, а также развитие тонких жилок ковеллина по трещинкам и вдоль границ зёрен. Характерно, что халькопирит-1 корродирован кварцем и хлоритом. По тонким трещинкам в халько-

пирите-1 развивается голубовато-серый ковеллин и светло-серый сфалерит.

Халькопирит-2 широко представлен практически во всех халькопирит-содержащих ассоциациях (сфалерит-халькопиритовой, халькопирит-сфалеритовой, пирит-халькопиритовой и др.). Халькопирит-2 при этом образует выделения до 1,5 см в пределах пирит-халькопиритовых гнёзд, цементируя и замещая крупные раздробленные зёрна пирита-1. Для халькопирита-2 характерно тесное прорастание с эпидотом и хлоритом, вследствие чего его выделения приобретают характерный облик.

Сфалерит, как халькопирит и пирит, образует две генерации. Для сфалерита-1 характерно наличие многочисленных трещин, свидетельствующих о деформационных воздействиях.

Сфалерит-1 в пределах халькопирит-сфалеритовых гнёзд в зонах хлоритизации и эпидотизации практически полностью перекристаллизован и встречается только изредка в виде реликтов. В качестве включений в сфалерите-1 наблюдаются идиоморфные кристаллы ильменита размером 0,04 мм. Сфалерит-1 корродирован нерудными минералами, его образование представляется близко одновременным с халькопиритом-1. В пределах развития сфалерит-пирит-пирротиновой ассоциации сфалерит-1 цементирует более ранний пирит-1 и находится в тесном прорастании с пирротинном.

Сфалерит-2 замещает сфалерит-1, а также развивается по краям его выделений. В наиболее богатых сульфидами участках сфалерит-2 тесно ассоциирует с халькопиритом-2 и хлоритом. Халькопирит

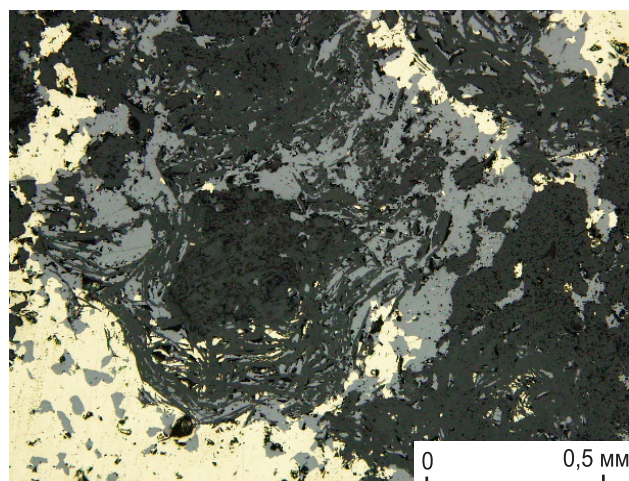


Рис. 8. Выделения сфалерита-2 (серый) в ассоциации с хлоритом и халькопиритом-2 (жёлтый)

в таких участках образует раздувы до нескольких сантиметров. Внутри этих раздувов присутствуют изометричные кварц-хлоритовые образования, придавая гнёздам петельчатый облик. Сфалерит в пределах этих раздувов встречается в качестве включений в халькопирите, концентрируясь ближе к границе с нерудными минералами, а также развивается в пределах кварц-хлоритовых гнёзд в тесном прорастании с хлоритом (рис. 8). Размер скоплений сфалерита до 1 мм. Кроме того, в более бедных участках сфалерит-2 образует вытянутые тонкие просечки в хлорите. В пределах развития сфалерит-халькопиритовой ассоциации сфалерит-2 встречается в прожилках, слагая фрагменты мощностью до 5 мм и протяжённостью до нескольких сантиметров.

Пирротиновая минерализация встречается в нижней части разреза месторождения в пределах сфалерит-пирит-пирротиновой и марказит-пирротин-халькопирит-сфалерит-пиритовой ассоциаций. В пределах сфалерит-пирит-пирротиновой ассоциации пирротин встречается в виде просечек, пунктирной вкрапленности мелких гнёзд и небольших прожилков, где наблюдается в виде вытянутых ветвящихся выделений размером от 0,1 мм до 2 см. В просечках развивается в интерстициях основной массы, но сам корродирован вытянутыми выделениями слюд или хлоритов. Часто находится в тесном прорастании со сфалеритом (рис. 9, А) и арсенопиритом. Однако некоторые просечки сложены полностью пирротинном, в котором наблюдаются пламенеvidные выделения пентландита (см. рис. 9, Б), как правило, частично замещённого линнеитом. Кроме того, изредка по пирротину развивается саффорит. Пирротин относится к моноклинной модификации, что свидетельствует об его образовании в диапазоне температур 140–320 °С.

В пределах марказит-пирротин-халькопирит-сфалерит-пиритовой ассоциации количество пирротина значительно меньше. Как правило, пирротин здесь наблюдается в качестве равномерной вкрапленности изометричных зёрен в пределах выделений сфалерита (см. рис. 9, В). Размер зёрен 0,02–0,05 мм. Арсенопирит, как было отмечено, находится в ассоциации с пирротинном, где образует идиоморфные кристаллы размером 0,2–0,4 мм.

Галенитовая минерализация встречается почти во всех ассоциациях, но в небольшом количестве. Размер выделений от сотых долей миллиметра до 0,2 мм, в единичных случаях встречаются скопления галенита до 0,5 мм. Чаще всего галенит развивается в интерстициях пирита-1 и -2, присутствует в виде небольших включений в халькопирите и сфалерите обеих генераций. Более крупные скопления галенита встречены в полосчатых рудах (рис. 10). Здесь

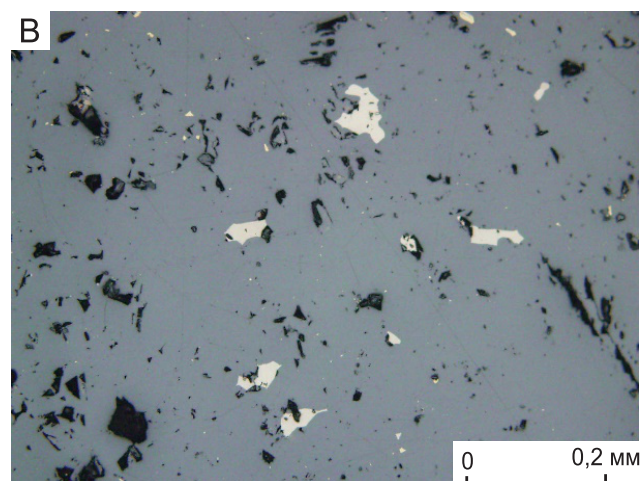
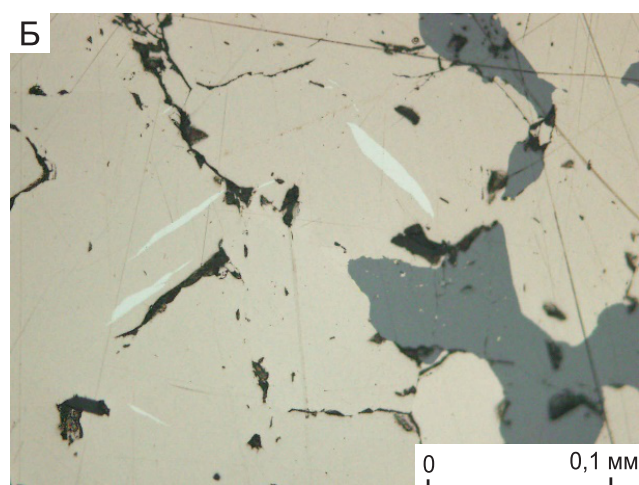
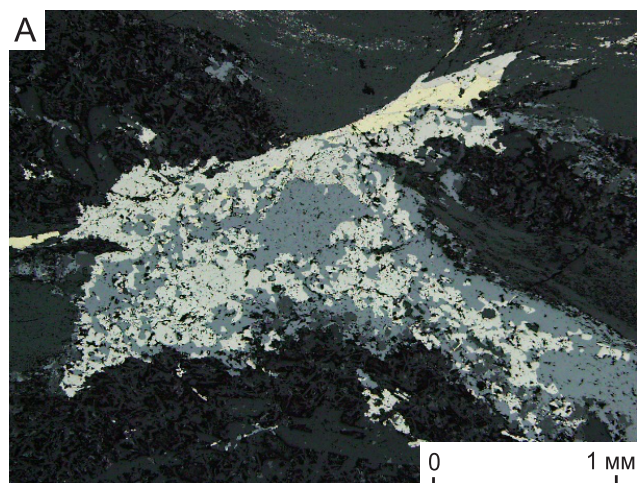


Рис. 9. Морфология выделения пирротина:

А – пирротин (коричневый) в ассоциации со сфалеритом (серый), жёлтый – халькопирит; Б – пламенеvidный росток пентландита (белый) в пирротине (коричневый), серый – сфалерит; В – включения пирротина (жёлтый) в сфалерите (серый)

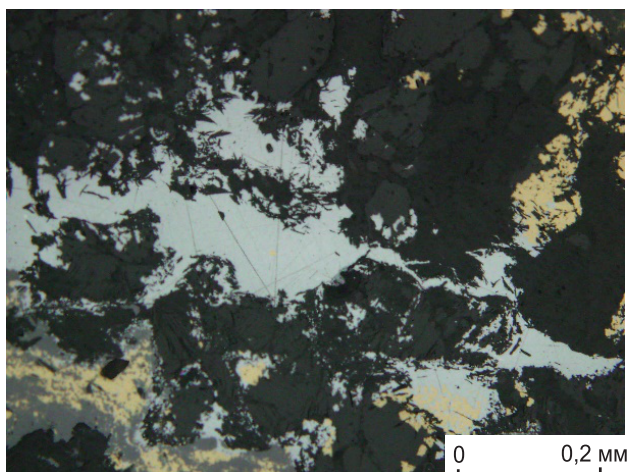


Рис. 10. Морфология выделения галенита (серый) в рудах

галенит образует изометричные выделения в интерстициях нерудных минералов, также в некоторых случаях участвует в тонких прорастаниях в полосчатых рудах.

Магнетитовая минерализация присутствует в пределах сфалерит-халькопиритовой и пирит-марказит-халькопиритовой ассоциаций в качестве скоплений размером около 0,1 мм. Скопления локализованы в кварце, вблизи границы с халькопиритом, иногда в халькопирите, при этом халькопирит цементирует магнетит (рис. 11, А). В ряде случаев магнетит на-

растает на крупные вытянутые кристаллы (до 2 мм) и частично замещает их. Эти кристаллы, скорее всего, были представлены гематитом, тонкие иголки которого присутствуют рядом в кварце. Наиболее крупные скопления магнетита (около 2,5 мм) локализуются в зонах роста крупных кристаллов кварца, близ контакта кварца и халькопирита. В этих скоплениях с магнетитом ассоциирует хлорит. В полосчатых рудах магнетит локализуется либо близ маломощных полос сфалерита в халькопирите (см. рис. 11, Б), либо непосредственно в участках с преобладанием сфалерита.

Гематитовая минерализация наблюдается в виде скоплений тонких иголок в кварце в кварц-хлоритовых метасоматитах, при этом встречаются как самостоятельные его скопления, так и в ассоциации с магнетитом (рис. 12, А). Размер выделений (длина иголок) до 0,05 мм. В ряде случаев наблюдается определённая закономерность, когда гематит развивается в кварце, но на хлоритовой подложке (см. рис. 12, Б).

Кроме того, особенностью некоторых рудных интервалов является полосчатость, обусловленная неравномерным распределением полос с преобладанием халькопирита и сфалерита. При этом в пределах полос наблюдаются структуры тонких халькопирит-сфалеритовых прорастаний (рис. 13, А), концентрация же сфалерита и халькопирита неоднородна, преобладает то один, то другой минерал. Участками изометричные прорастания переходят в струйчатый агрегат тонкодисперсного халькопирита в сфалерите (см. рис. 13, Б), что может быть обусловлено локальными динамическими напряжениями.

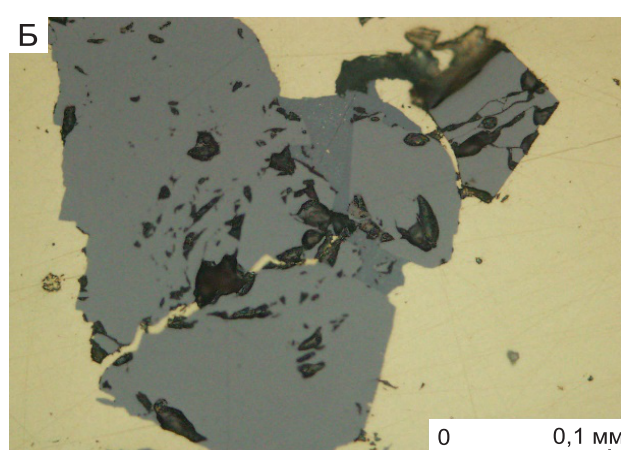
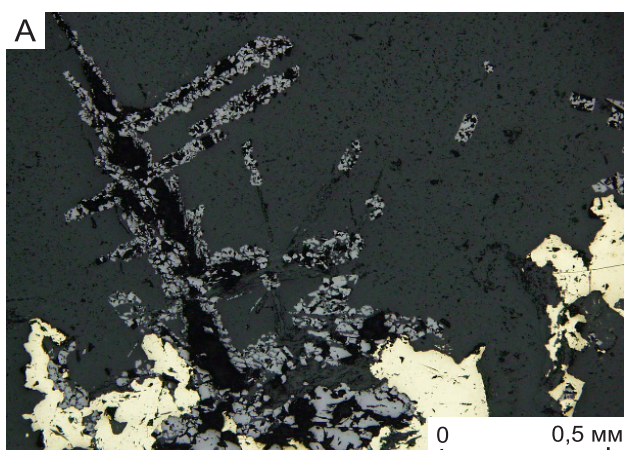


Рис. 11. Морфология выделения магнетита:

А – магнетит (тёмно-серый) в кварце на контакте с халькопиритом (жёлтый); Б – изометричные выделения магнетита (серый) в халькопирите (жёлтый)

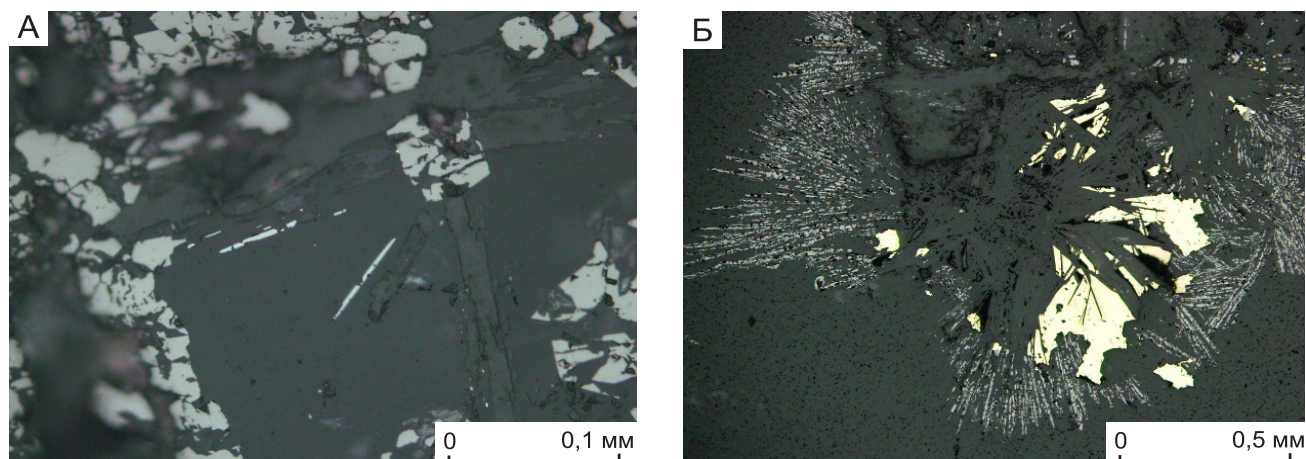


Рис. 12. Морфология выделения гематита:

А – игольчатый гематит (тёмно-серый) в кварце в ассоциации с магнетитом (светло-серый); Б – гематит (светло-серый) нарастает внутри выделений кварца вдоль контакта кварца и хлорита (жёлтый – халькопирит)

Таким образом, для минерализации Масленского месторождения характерна следующая последовательность минералообразования: пирит-1, марказит, арсенопирит – сфалерит-1, халькопирит-1, пирротин, пентландит-ковеллин, линнеит, саффлорит, гематит, магнетит – сфалерит-2, халькопирит-2 – пирит-2 – галенит, кюстелит.

В заключение следует отметить, что основной целью проведённых исследований являлось изучение вещественного состава вмещающих пород и руд ме-

сторождений Лазурского рудного поля для анализа особенностей локализации скрытого и скрытно-погребённого полиметаллического оруденения рудноалтайского типа и повышения эффективности геолого-поисковых работ по выявлению новых, а также оценки флангов и глубоких горизонтов известных объектов.

На Лазурском и Масленском месторождениях в осадочно-вулканогенных толщах базальт-риолит-кремнисто-терригенной формации калиево-натриевой

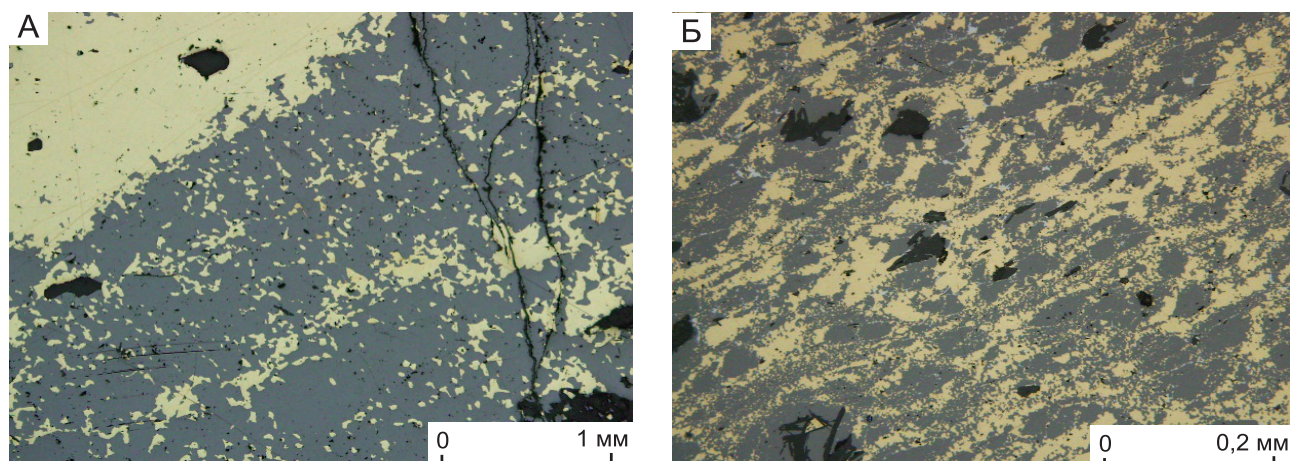


Рис. 13. Морфология выделения халькопирита:

А – тонкие прорастания халькопирита (жёлтый) в сфалерите (серый) в пределах «сфалеритовой полосы»; Б – струйчатый агрегат тонкодисперсного халькопирита (жёлтый) в сфалерите (серый)

серии вскрыты медноколчеданные, медные, цинково-медноколчеданные, колчеданно-цинково-медные, медно-цинковые, колчеданные, цинково-колчеданные, цинковые, колчеданно-медно-цинковые минерало-геохимические ассоциации в различных сочетаниях, что нашло своё отражение в зональности строения рудных залежей, характерной для месторождений рудноалтайского геолого-промышленного типа (ГПТ).

Вместе с тем, в отличие от типовых месторождений рудноалтайского ГПТ, на рассмотренных выше месторождениях установлено более широкое развитие медноколчеданных руд, что свидетельствует о многообразии особенностей колчеданно-полиметаллического рудообразования Рудноалтайской минерогенической зоны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кашин С. В., Молчанов А. В., Шатов В. В.* Гидротермальные метасоматические формации регионального распространения и их использование для прогнозирования скрытого колчеданно-полиметаллического оруденения (на примере Змеиногорского рудного района, Рудный Алтай) // Региональная геология и металлогения. – 2013. – № 56. – С. 65–77.
2. *Кузнецов В. В., Кудрявцева Н. Г., Галямов А. Л.* и др. Геолого-генетические основы прогноза и поисков колчеданно-полиметаллических месторождений рудноалтайского типа // Отечественная геология. – 2014. – № 2. – С. 30–38.
3. *Кузнецов В. В., Кудрявцева Н. Г., Серавина Т. В.* Основы прогноза и поисков колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая. – М.: ЦНИГРИ, 2019. – 207 с.
4. *Кузнецова С. В.* Метаморфические преобразования первичных гидротермально-осадочных руд (на примере Змеиногорского рудного района Рудного Алтая) // Уральская минералогическая школа. – 2014. – № 20. – С. 133–142.
5. *Кузнецова С. В.* Некоторые вопросы генезиса и минералогические особенности стратиформных руд колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая, Алтайский край // Руды и металлы. – 2017. – № 2. – С. 40–50.
6. *Серавина Т. В., Кузнецова С. В.* Рудно-формационные типы месторождений и минералогические особенно-

сти руд Рудноалтайской минерогенической зоны // Уральская минералогическая школа. – 2018. – № 24. – С. 192–196.

REFERENCES

1. *Kashin S. V., Molchanov A. V., Shatov V. V.* Gidrotermal'nyye metasomaticheskiye formatsii regional'nogo rasprostraneniya i ikh ispol'zovaniye dlya prognozirovaniya skrytogo kolchedanno-polimetallicheskogo orudneniya (na primere Zmeinogorskogo rudnogo rayona, Rudnyy Altay) [Hydrothermal metasomatic formations of regional distribution and their use for predicting hidden pyrite-polymetallic mineralization (for example, Zmeinogorsk ore region, Rudny Altai)]. *Regional'naya geologiya i metallogeniya*, 2013, No. 56, P. 65–77. (In Russ.)
2. *Kuznetsov V. V., Kudryavtseva N. G., Galyamov A. L., Kuznetsova S. V., Seravina T. V.* Geologo-geneticheskiye osnovy prognoza i poiskov kolchedanno-polimetallicheskikh mestorozhdeniy rudnoaltayskogo tipa [Geological and genetic foundations of forecasting and prospecting for pyrite-polymetallic deposits of the Altai type ore]. *Otechestvennaya geologiya*, 2014, No. 2, P. 30–38. (In Russ.)
3. *Kuznetsov V. V., Kudryavtseva N. G., Seravina T. V.* Osnovy prognoza i poiskov kolchedanno-polimetallicheskikh mestorozhdeniy Rudnogo Altaya [Fundamentals of forecasting and prospecting for pyrite-polymetallic deposits in Rudny Altai]. Moscow, TSNIIGRI publ., 2019, 207 p. (In Russ.)
4. *Kuznetsova S. V.* Metamorficheskiye preobrazovaniya pervichnykh gidrotermal'no-osadochnykh rud (Na primere Zmeinogorskogo rudnogo rayona Rudnogo Altaya) [Metamorphic transformations of primary hydrothermal-sedimentary ores (On the example of the Zmeinogorsk ore region of Rudny Altai)]. *Ural'skaya mineralogicheskaya shkola*, 2014, No. 20, P. 133–142. (In Russ.)
5. *Kuznetsova S. V.* Nekotoryye voprosy genezisa i mineralogicheskiye osobennosti stratiformnykh rud kolchedanno-polimetallicheskikh mestorozhdeniy Rudnogo Altaya, Altayskiy kray [Some questions of genesis and mineralogical features of stratiform ores of pyrite-polymetallic deposits of Rudny Altai, Altai Territory]. *Rudy i metally*, 2017, No. 2, P. 40–50. (In Russ.)
6. *Seravina T. V., Kuznetsova S. V.* Rudno-formatsionnyye tipy mestorozhdeniy i mineralogicheskiye osobennosti rud Rudnoaltayskoy mineragenicheskoy zony [Ore-formation types of deposits and mineralogical features of ores of the Rudno-Altai mineralogenic zone]. *Ural'skaya mineralogicheskaya shkola*, 2018, No. 24, P. 192–196. (In Russ.)