

УДК 553.44'3'9.044 (571.15)

© Т.В.Серавина, 2014

## ОБСТАНОВКИ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД БЕРЕЗОВОГОРСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ, РУДНЫЙ АЛТАЙ

Т.В.Серавина (ФГУП «ЦНИГРИ»)

*Рассмотрено геологическое строение Березовогорского рудного поля и Майского полиметаллического месторождения. Показано, что в рудоносном разрезе преобладают кремнистые разности вулканогенно-осадочных пород с резкими фациальными переходами, свидетельствующими о существовании на период осадконакопления и рудоотложения сложнорасчлененного рельефа морского дна. Рудовмещающие породы, околорудные метасоматиты и рудные тела контакто-метаморфизованы. Перспективы расширения сырьевой базы и открытия новых месторождений в пределах рудного поля связаны с участками развития туфогенных кремнистых отложений, повышения мощности и фациального замещения их карбонатными породами, зон околорудных метасоматитов.*

*Ключевые слова:* Рудный Алтай, Березовогорское рудное поле, Майское месторождение, вулканогенно-осадочные породы, кремнистые туффиты, фациальные переходы, палеовпадина, полиметаллические руды.

Серавина Татьяна Валерьевна, okt@tsnigri.ru

## ENVIRONMENTS FOR THE LOCALIZATION OF POLYMETALLIC ORES BEREZOVOGORSKOYE ORE FIELD, ORE ALTAI

T.V.Seravina

*The article considers the geological structure of Berezovogorskoye ore field (Ore Altai) and Maiskoye polymetallic deposit. Established that the ore-bearing section is represented by differences of siliceous volcanic-sedimentary rocks. All volcanic and volcano-sedimentary rocks characterized by sharp facies transitions, which suggests that there in the period of sedimentation and ore deposition was difficult dismembered seafloor. The host rocks, near ore metasomatites and ore bodies suffered contact metamorphism. Prospects for expanding the resource base and opening new deposits of ore field associated with areas of development tuffogenic siliceous sediments, increase width and facies replacement of carbonate rocks, identifying zones near ore metasomatites.*

*Key words:* Ore Altai, Berezovogorskoye ore field, Maiskoye deposit, volcano-sedimentary rocks, siliceous tuffites, facies transitions, paleodepression, polymetallic ores.

Березовогорское рудное поле расположено в северо-западной части Змеиногорского рудного района. В его строении участвуют вулканогенно-осадочные породы базальтсодержащей риолитовой известково-кремнисто-терригенной формации и ниже-среднедевонские субвулканические риодациты и андезиты [3]. Структура рудного поля представлена фрагментом северного крыла вулканотектонической депрессии, ядерная часть которой прорвана позднепалеозойскими гранитоидами. Их контакт с девонскими толщами рассматривается как южная граница поля. Вдоль северной границы развиты сланцы ордовик-силурийского метаморфического основания. На территории рудного поля установлены Майское и Тушканихинское месторождения, а также Восточно-Майское, Отрадинское, Никольское, Хлеб-никовское и другие рудопроявления, приуроченные к участкам развития крупных субвулканических тел и сопровождающих их вулканических проксимальных фаций кислого состава [2].

*Ниже-среднедевонская (D<sub>1e</sub>-D<sub>2ef</sub>-gv) базальтсодержащая риолитовая известково-кремнисто-терригенная формация* имеет трехчленное строение [6], а в пределах рудного поля представ-

лена нижней туфогенно-осадочной и средней риолитовой субформациями (рис. 1).

Туфогенно-осадочная субформация — рудовмещающая. Среди разновидностей пород в порядке распространенности встречаются известковистые, известковисто-доломитовые алевролиты и аргиллиты, глинистые углеродсодержащие известняки, глинистые, алевроглинистые иногда углеродсодержащие алевролиты, кремнистые туфогенные алевролиты, кремнистые туффиты, реже туфы и лавы кислого и среднего составов. В разрезе присутствуют фациально не выдержанные вулканогенно-кремнисто-терригенные породы, замещающиеся на коротком расстоянии известково-глинистыми и глинисто-известковистыми, реже доломит-известково-глинистыми.

Риолитовая субформация — надрудная, сложна преимущественно разнообломочными туфами риодацитов и риолитов, а также лавами и лавобрекчиями того же состава.

Интрузивные образования рудного поля — субвулканические тела риодацитов и андезитов.

*Основные разности пород формации.* Известковистые и глинистые алевролиты, иногда углеро-

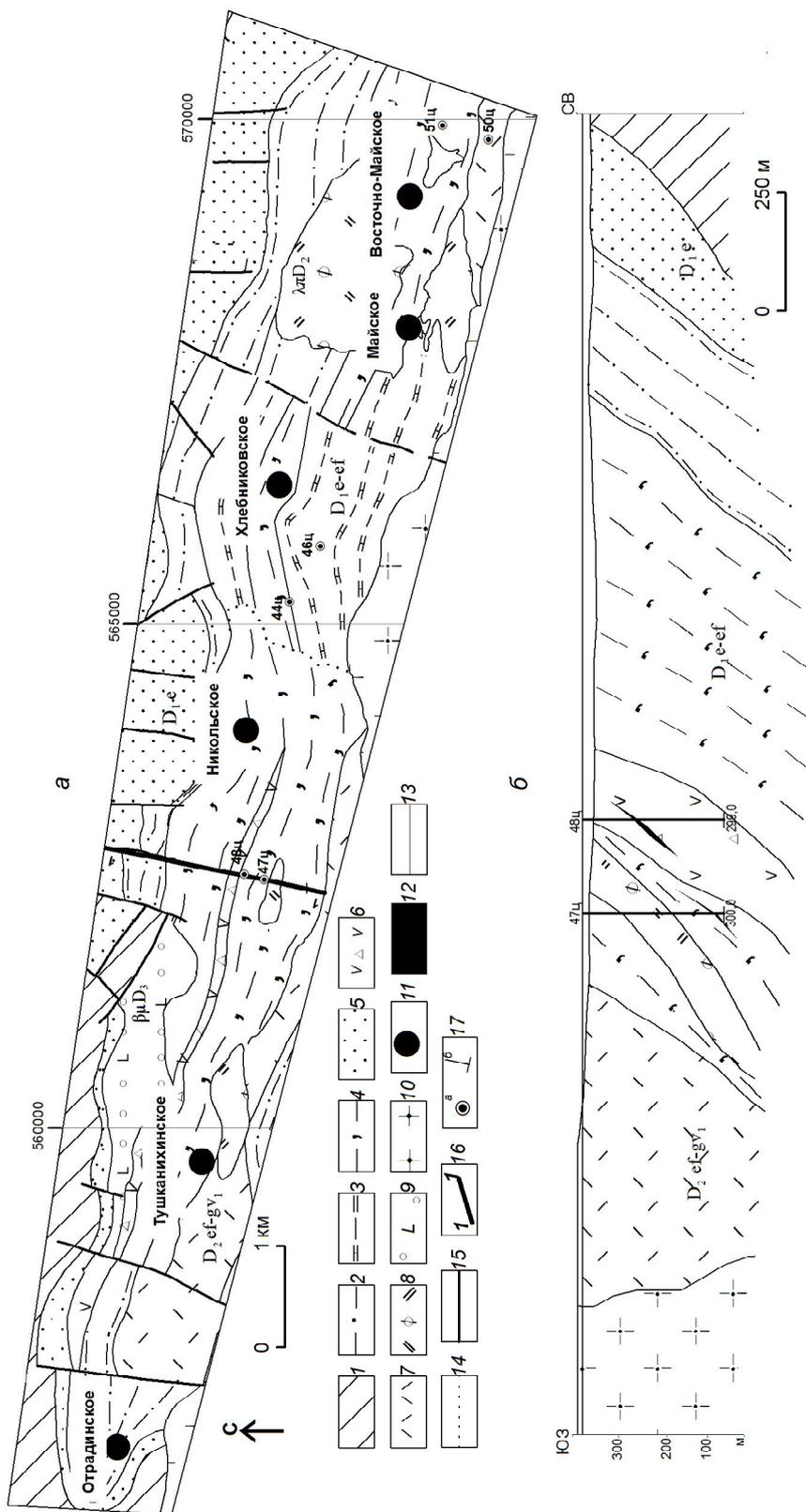


Рис. 1. Литолого-стратиграфическая карта (а), разрез по поikovому профилю 1 (б) Березовогорского рудного поля:

1 — нижнепалеозойская известково-терригенная метаморфизованная формация (кварц-хлоритовые, кварц-серпичит-хлоритовые сланцы); нижне-среднедевонская базальт-содержащая риолитовая известково-кремнисто-терригенная формация; 2-б — туфогенно-осадочная субформация (2 — алевролиты, 3 — известковистые, углеродисто-известковистые и доломитисто-известковистые алевролиты, 4 — переслаивание кремнистых туфогенных алевролитов с туффитами, туфами и лавами кислого состава, 5 — песчаники, 6 — туфы, лавы, лавобрекчии среднего состава); 7 — риолитовая субформация (туфы и лавы кислого состава); верхнедевонская риолитовая субвулканическая формация; 8 — субвулканические риодациты, 9 — субвулканические андезиты; 10 — габбро-гранодиорит-гранитная известково-щелочная формация (граниты биотит-роговообманковые); 11 — месторождения и рудопроявления; 12 — рудные тела без разделения на типы; 13 — геологические границы; 14 — фациальные границы; 15 — тектонические нарушения; 16 — скважины (а — на карте, б — на разрезе)

дистые известняки тонко-, мелкозернистые слоистой текстуры, которая обусловлена чередованием прослоев различного состава или различной зернистости. Карбонат (кальцит, реже доломит) составляет от 50 до 90% от массы пород. Переходы между разностями карбонатных пород постепенные.

Туфопесчаники обычно мелкозернистые, состоят из зерен кварца, плагиоклаза размером 0,1–0,3 мм. Цемент криптозернистый, кварц-хлорит-серицитовый.

Кремнистые туфогенные алевролиты и кремнистые туффиты тонкозернистые существенно кремнистые, сложены криптозернистыми агрегатами кварца с подчиненным количеством хлорита и серицита. Обломочный материал составляет не более 10–15% (иногда до 30%) от массы породы и представлен плагиоклазом, кварцем и альбитизированными породами. Плагиоклазы пелитизированы, серицитизированы.

Лавобрекчии риодацитов содержат обломки кварца, плагиоклаза и различных по составу преобразованных пород (до 80% от объема породы). Основная масса состоит из кварц-полевошпатового агрегата и вулканического стекла микролитовой структуры. Текстура основной массы флюидальная. В лавах и лавобрекчиях кислого состава повышены содержания K, Mg, Mn, Ba и понижены — Na, Al, Ti, Fe. Отношение K/Na составляет 3,64, K/Rb — 411. Из рудных элементов в повышенных концентрациях присутствуют Pb, Mo, Cd.

Андезиты обладают порфировой структурой. Фенокристаллы плагиоклаза размером от 0,3 до 2,0 мм образуют гломеропорфиновые сростки. Цветные минералы не сохранились, они полностью замещены хлоритом. Основная масса состоит из микролитов плагиоклаза и хлоритизированного вулканического стекла. Хлорит местами образует извилистые полосы, которые подчеркивают первичную флюидальную текстуру основной массы. В андезитах повышены содержания петрогенных элементов — Na, Mg, Ti, Mn и понижены — K, Al, Fe. Отношение K/Na составляет 0,14, K/Rb — 27,0.

Туфы андезитов имеют обломочную текстуру. Обломки (плагиоклаз размером 0,3–2,0 мм, редко кварц размером 0,1–0,2 мм) составляют 35% от общей массы породы. Плагиоклаз альбитизирован, серицитизирован, калишпатизирован, местами полностью замещен хлоритом. Основная масса серицитизирована, хлоритизирована, калишпатизирована, слабо окварцована и содержит вкрапленность рудного минерала. Хлорит образует неправильной формы фьяммевидные выделения, развитые по вулканическому стеклу. В основной массе отмечается флюидальность.

Структура риодацитов порфировая. В виде фенокристаллов отмечаются крупные зерна плагиоклаза размером 1,0–3,5 мм. Основная кварц-полевошпатовая масса тонко-мелкозернистая, часто окварцована. В породах повышены содержания петрогенных элементов — Mg, Ti, Mn, Fe и понижены — K, Na. Отношение K/Na 1,51 показывает преобладание K, отношение K/Rb составляет 554.

*Фашии вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород.* Субвулканические тела крупновкрапленных и афировых риодацитов приурочены к жерловой фашиальной зоне с вулканогенными породами кислого состава, лавобрекчии и крупнообломочные туфы риодацитов — к околожерловой, лавы и мелкообломочные туфы андезитов — к промежуточной зоне с вулканитами среднего состава. Жерловая и околожерловая фашии с вулканитами среднего состава в пределах рудного поля установлены в районе Тушканихинского месторождения. Различные туфогенные алевролиты, известняки, туффиты и туфопесчаники отлагались в прибрежно-морских условиях в удаленной зоне вулканизма.

Все литологические разновидности осадочных пород, слагающие формацию, образуют две неравные по объему группы. Первая отвечает карбонатсодержащим (смешанным) ( $\text{CO}_2 > 12\%$ ) породам, вторая — существенно силикатным ( $\text{CO}_2 < 12\%$ ). Они относятся к следующим литолого-фашиальным и генетическим типам:

механогенные отложения карбонатного глинисто-кремнистого и силикатного составов, глинисто-карбонатные турбидиты, тиховодные пелагические отложения силикатного состава;

хемогенные тиховодные пелагические карбонатные отложения со значительной долей эксгальационного материала;

В разрезе трудно выделить значительные участки, сложенные только одним из перечисленных типов отложений, удастся наметить лишь преобладание одного из них.

Наиболее высокие скорости осадконакопления типичны для терригенно-карбонатных пород. Господство в них карбонатных (шламовых) турбидитов, глинисто-карбонатный состав ритмично-слоистых образований, уменьшение содержания углеродистого вещества (вследствие резкого увеличения скорости осадконакопления) позволяют уверенно относить их к карбонатному флишу. Особенностью турбидитов является присутствие значительных количеств мелко-, тонкообломочного (шламового) материала в составе градационных ритмов. Появление в составе формации турбидитов указывает на общий глубоководный характер отложений. Судя по размерности обломочной фракции градационных серий,

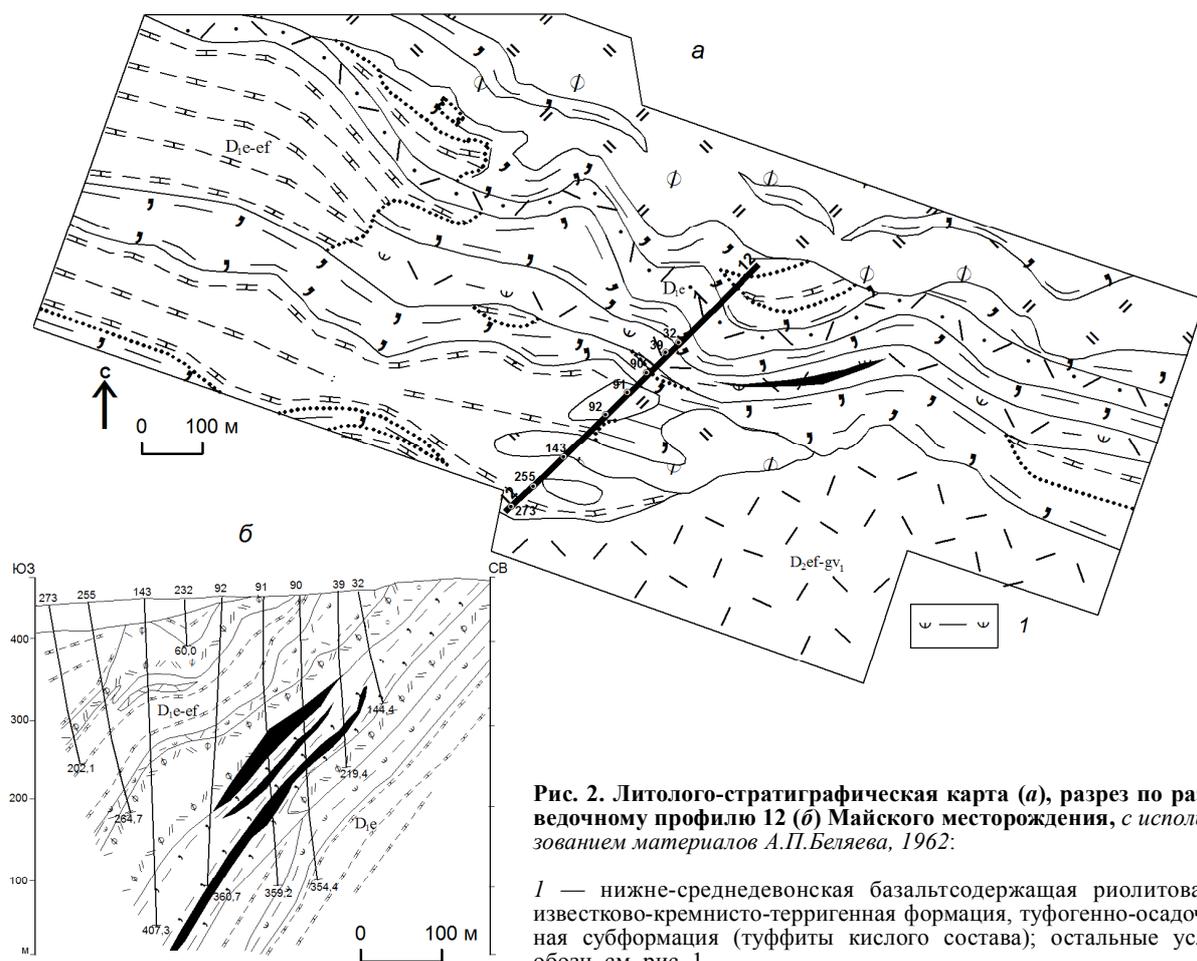


Рис. 2. Литолого-стратиграфическая карта (а), разрез по разведочному профилю 12 (б) Майского месторождения, с использованием материалов А.П.Беляева, 1962:

1 — нижне-среднедевонская базальтсодержащая риолитовая известково-кремнисто-терригенная формация, туфогенно-осадочная субформация (туффиты кислого состава); остальные усл. обозн. см. рис. 1

турбидиты принадлежат к дистальному типу. Часть их отлагалась, вероятно, из низкоплотных мутьевых потоков. Высокие скорости осадконакопления, по-видимому, следует рассматривать как неблагоприятный фактор для формирования синхронного полиметаллического оруденения.

К тиховодным пелагическим отложениям силикатного состава относятся углеродсодержащие кремнистые, алевритоглинистые породы. Причем алевритовая составляющая в них связана с эоловым выносом зрелого кварцевого материала, одновременное обогащение которым вместе с углеродистым планктонным материалом свидетельствует о сравнительно низких скоростях осадконакопления.

Отложения базальтсодержащей риолитовой известково-кремнисто-терригенной формации по данным палеоструктурного анализа приурочены к конседиментационному прогибу, развивавшемуся длительно и многоэтапно, в котором сочетаются структурные элементы седиментационного и тектониче-

ского происхождения. На первом этапе обширный прогиб 1-го порядка разделился на ряд локальных структур (2-й порядок), вмещающих промежуточные вулканогенные и удаленные прибрежно-морские известняково-кремнисто-терригенные фации.

Становление конседиментационных структур происходило в результате быстрого некомпенсированного прогибания в жерловых и склоновых частях вулканических аппаратов и затем длительного выравнивания дна впадин. Палеовпадины несут унаследованный характер и в целом определяются рельефом жерловых, околожерловых и промежуточных фаций вулканитов.

Нижне-среднедевонские породы в современных структурах палеовпадины образуют пологие синклинали. Пликативные и тектонические структуры лишь осложняют конседиментационные.

В пределах рудного поля известно среднее по масштабам Майское месторождение. Его геологическое строение и вещественный состав руд служат

эталоном для поисков полиметаллического оруденения в пределах рудного поля. Описание месторождения приводится на основании материалов детальной разведки месторождения [1] и собственных наблюдений авторов.

Для рудовмещающего разреза типичны кремнистые разности вулканогенно-осадочных пород, состав и характерные особенности которых приведены выше, отметим лишь, что на месторождении преобладают туфогенные кремнистые алевролиты и туффиты, на флангах и по падению фациально замещающие карбонатными отложениями (рис. 2).

В разрезе месторождения присутствуют брекчии обрушения. Мощность их прослоев колеблется от 10 см до 15–20 м, а в отдельных случаях достигает 75–80 м. На восточном фланге месторождения они имеют наибольшие мощности. По латерали и падению брекчии постепенно фациально замещаются глинисто-кремнистыми алевролитами и туффитами. Сульфидная минерализация встречается как в цементе, так и в обломках брекчий в виде мелкой вкрапленности сфалерита, галенита, пирита и халькопирита.

Для Майского месторождения характерно широкое развитие пирокластических образований кислого состава при почти полном отсутствии эффузивных пород. По величине, характеру и составу обломков среди пирокластических пород выделяются: агломератовые туфы риодацитов, кристаллокластические и кристалло-литокластические среднеобломочные туфы, пеплово-витрокластические тонкообломочные туфы. Наиболее широко развиты кристаллокластические и кристалло-литокластические туфы на северном и южном участках месторождения. Агломератовые туфы распространены в северо-восточной части полосы «северных» туфов. При движении на запад обломки в них становятся более однородными и они сменяются кристаллолитокластическими и кристаллокластическими разностями. Это обусловлено, вероятно, механической дифференциацией пирокластического материала по мере удаления от очага эксплозии. Типичные пеплово-витрокластические туфы встречаются среди всех разностей туфов.

Субвулканические образования — альбитизированные риодациты, которым свойственна крупнопорфировая или фельзитовидная структура. Порфировые выделения в количественном отношении обычно преобладают над основной массой и состоят из полевого шпата, кварца и хлоритизированной роговой обманки.

Вмещающие породы месторождения контактово-метаморфизованы с образованием в различной степени ороговикованных пород, а участками скар-

ноидов. Последние характеризуются массивным тонкозернистым сложением и состоят из моноклинного пироксена — геденбергита, с которым ассоциируют мелкие зернышки и скопления аномального граната (андрадита). Всегда присутствуют в виде пя-тен буроватый тонкочешуйчатый стильпномелан и значительное количество кальцита, образующего участки неправильной формы и прожилковые выделения, около которых пироксен перекристаллизован в более крупнозернистый агрегат. Подобные участки являются более поздними образованиями в скарноидах.

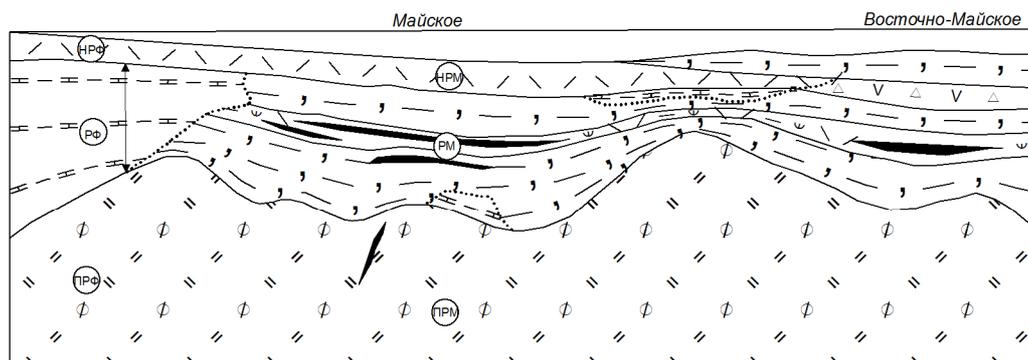
Осадочные и вулканогенные отложения месторождения локализованы в конседиментационной впадине, осложняющей палеопрогиб. Размер впадины (рис. 3), вмещающей рудные залежи Майского месторождения,  $1 \times 0,35$  км. Западный и восточный ее борта, по всей видимости, относительно крутые, южный и северный — довольно пологие. Ее дно осложнено более мелкими отрицательными структурами. Развитие происходило путем быстрого некомпенсированного прогибания в жерловых и склоновых частях вулканического аппарата.

Измененные породы месторождения представлены околорудными метасоматитами и продуктами их преобразования при контактовом метаморфизме. Отмечаются кварц-хлорит-серицитовые, хлорит-серицитовые, хлорит-кварцевые, кварц-хлоритовые, хлорит-тальк-карбонатные, мономинеральные хлоритовые и тальковые породы. Структура околорудных пород содержит неправильные и прожилковидные выделения рудных минералов (сфалерита, галенита, пирита).

Наиболее распространены кварцево-хлоритовые, хлорито-кварцевые и тальковые разности. Мономинеральные хлоритовые породы встречаются в виде небольших реликтовых участков среди тальковых пород, образуя постепенные переходы с ними через хлорит-тальковые и тальк-карбонатные. Особенность хлорит-тальковых и тальковых пород — наличие в них петельчатых выделений хлорито-тальково-карбонатных пород с гипсом.

Образование различных тальковых пород происходило в результате контактового метаморфизма за счет околорудных серицит-хлоритовых и существенно хлоритовых метасоматитов, как показано В.Б.Чекваидзе [7] для Корбалихинского месторождения.

Рудные тела имеют линзовидную форму и существенно свинцово-цинковый состав. Их особенностью является неравномерное содержание основных компонентов и очень низкие содержания Cu. Соотношение Cu:Pb:Zn — 1:6:12. Главные рудные минералы — сфалерит и галенит, второстепен-



**Рис. 3. Модель Майского месторождения:**

элементы рудного и околорудного пространства (в кружках): РМ – рудовмещающая, ПРМ – подрудная, НРМ – надрудная, РФ – рудная фланговая, ПРФ – подрудная фланговая, НРФ – надрудная фланговая формации; остальные усл. обозн. см. рис.1, 2

ные — пирит и халькопирит. Также отмечается наличие небольшого количества пирротина, образованного за счет пирита и блеклых руд.

Типичные окисленные руды на месторождении практически отсутствуют. Смешанные окисленно-сульфидные руды распространены ограниченно. Из окисленных минералов наиболее распространены, кроме гидроксидов Fe и Mn, смитсонит и церуссит. Англезит, аурикальцит и малахит встречаются редко и самостоятельных скоплений не образуют.

Первичные гидротермально-осадочные руды сложены пиритом зонального строения, колломорфной структуры, причем кварц в ассоциации с пиритом также имеет сферическое и радиально-лучистое строение, колломорфные структуры наблюдаются в сфалерите и халькопирите. Текстуры таких руд брекчиевые, линзовидные, слоистые, полосчатые.

Широко распространены гипидиоморфнозернистая, аллотриоморфнозернистая с реликтами колломорфной, разъедания, пересечения и петельчатая структуры, вкрапленные массивные, прожилково-вкрапленные текстуры главных рудных минералов прогрессивной стадии метаморфогенного этапа рудообразования.

Блеклая руда встречается в виде мономинеральных зерен размером от сотых до десятых долей миллиметра, редко около 1 мм среди тонкозернистого полиминерального агрегата, состоящего из сфалерита, галенита, халькопирита, кварца и барита.

Золото и серебро в рудах обычно связаны с сульфидами и блеклыми рудами, образуют в них твердые растворы, реже наблюдаются в самородной форме и в виде теллуридов золота и серебра. Свободные формы золота и серебра возникают в результате очищения от примесей, при контактовом метаморфизме, ранее сформированных сульфидов [3].

Пирротин ассоциируется с пиритом. Магнетит и гематит встречаются в оруденелых скарноидах, находящихся в тесной структурной связи с галенитом, сфалеритом и пиритом, образовавшимися на метаморфогенном этапе минерализации. Замещение галенита магнетитом происходит чаще от центра к периферии зерен. При травлении концентрированной соляной кислотой в магнетите обнаруживается аллотриоморфнозернистая структура. Гематит количественно преобладает над магнетитом, развивается по магнетиту или вокруг сульфидов в виде петельчатых образований. Сульфидно-окисные руды определяют типоморфный комплекс регрессивной стадии метаморфизма на месторождении, как было отмечено Г.В.Ручкиным для докембрийских месторождений [5].

Естественным продолжением месторождения на восток служит Восточно-Майское рудопроявление. Наши исследования последних четырех лет показали, что рудовмещающий разрез прослеживается без существенных изменений состава на восток (см. рис. 2). В пределах рудопроявления откартирована зона околорудно измененных пород кварц-серицитового и кварц-серицит-хлоритового составов. Пробуренная скважина вскрыла рудную зону с промышленными содержанием Pb, Zn и Ag, что подтвердило высокую перспективность восточного фланга Майского месторождения.

Таким образом, изложенный материал позволяет сделать следующие выводы:

рудовмещающие отложения рудного поля и Майского месторождения относятся к тиховодным пелагическим фациям с низкой скоростью осадконакопления;

для всех вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород характерны резкие фациальные переходы

ды, что свидетельствует о существовании на период формирования рудоносной формации сложнорасчлененного рельефа морского дна и барьеров, определяющих резкую смену режима осадконакопления;

рудотложение происходило в палеовпадине с достаточно крутыми бортами, что препятствовало размыву рудного вещества придонными течениями;

рудовмещающие породы, околорудные метасоматиты и рудные тела контактово метаморфизованы при температуре 600 С° (образование пироксеновых скарноидов, переход хлорита в тальк, появление пирротина за счет пирита);

на регрессивной стадии метаморфических преобразований возникла сульфидно-окисная ассоциация, не типичная для промышленных месторождений рудноалтайского типа, зато хорошо известная на свинцово-цинковых месторождениях, где проявлен региональный метаморфизм амфиболитовой фации (Горевское месторождение, Енисейский кряж);

перспективы расширения сырьевой базы и открытия новых месторождений рудного поля связаны с участками развития туфогенных кремнистых отложений, повышения мощности и фациального замещения карбонатными породами, зон околорудных метасоматитов. Наибольший интерес в настоящее время представляет восточный фланг Майского месторождения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Беляев А.П.* О поисках слепых месторождений в закрытых районах // Разведка и охрана недр. 1962. № 8. С. 20–23.
2. *Государственная геологическая карта Российской Федерации м-ба 1:200 000. Изд. 2-е. Сер. Алтайская. Лист М-44-ХІ (Змеиногорск). Объяснительная записка / О.В.Мурзин, В.М.Чекалин, Н.В.Сыроежко и др.* – СПб.: СПб. картфабрика ВСЕГЕИ, 2001.
3. *Кудрявцева Н.Г., Кузнецов В.В., Галямов А.Л.* Структурно-формационное районирование российской части Рудного Алтая как основа среднemasштабных прогнозных построений // Руды и металлы. 2011. № 3–4. С. 103–104.
4. *Кузнецов В.В., Кузнецова С.В.* Минералогические особенности колчеданно-полиметаллических месторождений российской части Рудного Алтая // Мат-лы Международной практической конференции по геологии, поискам и разведке полезных ископаемых. М., 2011. С. 58–59.
5. *Ручкин Г.В.* Стратиформные полиметаллические месторождения докембрия. – М.: Недра, 1984.
6. *Ручкин Г.В., Зайцев А.И., Кузнецов В.В., Галямов А.Л.* Методика прогнозно-металлогенических исследований для обоснования переоценки перспектив полиметаллического оруденения Рудного Алтая (Алтайский край) // Руды и металлы. 2011. № 3–4. С. 150–151.
7. *Чекваидзе В.Б.* Околорудные метасоматиты колчеданно-полиметаллических месторождений и их поисковое значение. – М.: Недра, 1981.