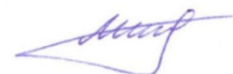


Федеральное государственное бюджетное учреждение
«ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ
ИНСТИТУТ ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ»
(ФГБУ «ЦНИГРИ»)

На правах рукописи



ИНЯКИН Алексей Валерьевич

**УСЛОВИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ ЗОЛОТО-СЕРЕБРО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО
ОРУДЕНЕНИЯ САЛАИРСКО-КАМЕНУШИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ,
САЛАИРСКИЙ КРЯЖ**

Специальность 25.00.11 Геология, поиски и разведка
твердых полезных ископаемых, минерагения.

Диссертация

на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель: доктор
Геолого-минералогических наук
Мигачёв Игорь Федорович

Москва-2020

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ САЛАИРСКОЙ МИНЕРАГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ.....	9
2. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ САЛАИРСКОГО РУДНОГО РАЙОНА И САЛАИРСКО-КАМЕНУШИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ	34
2.1. Геологическое строение Салаирского рудного района.....	34
2.2. Геологическое строение Салаирско-Каменушинского рудного поля.	50
3. ОБСТАНОВКИ ЛОКАЛИЗАЦИИ КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД САЛАИРСКО-КАМЕНУШИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ.....	55
4. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ И ЗОНАЛЬНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД, ОКОЛОРУДНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОРОД	79
4.1. Распределение минеральных типов руд	79
4.2. Характеристика вещественного состава руд	86
4.3. Первые данные по изотопному составу серы сульфидов в рудах	98
4.4. Окolorудные изменения пород.....	99
5. ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВАЯ МОДЕЛЬ ЭТАЛОННЫХ ОБЪЕКТОВ И ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ САЛАИРСКОЙ МЕТАЛОГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ НА ЗОЛОТО-СЕРЕБРО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОЕ ОРУДЕНЕНИЕ	104
5.1. Прогнозно-поисковая модель полиметаллических объектов в вулканогенных ассоциациях	104
5.2. Оценка перспектив Салаирской металлогенической зоны на золото-серебро-полиметаллическое оруденение	129
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	157
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	159

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы

Согласно стратегии развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 года, в перечень основных видов стратегического сырья входят медь, свинец, золото, серебро. Кроме того, весьма значимым полезным ископаемым для экономики России является и цинк.

Салаирская металлогеническая зона (Салаирский кряж) располагается в пределах Алтайского края, Кемеровской и Новосибирской областей, обладает развитой инфраструктурой и представляет собой весьма перспективный регион РФ для развития минерально-сырьевой базы полиметаллических руд. Основными эталонными объектами здесь являются месторождения Салаирско-Каменушинского рудного поля (Кемеровская область), которые рассматриваются в диссертационной работе. Проведенные нами исследования были нацелены на изучение условий локализации полиметаллического оруденения данного рудного поля и на формирование прогнозно-поисковых моделей, которые могут быть использованы для выявления новых колчеданно-полиметаллических объектов на территории Салаирского кряжа.

Цели и задачи работы

Целью настоящей работы является определение условий локализации золото-серебро-полиметаллического оруденения Салаирско-Каменушинского рудного поля с выявлением основных поисковых критериев и признаков, составляющих основу прогнозно-поисковых моделей.

Основными задачами в рамках данной работы являлись:

- выявление и уточнение условий размещения золото-серебро-полиметаллического оруденения в вулканогенных и вулканогенно-осадочных породах Салаирско-Каменушинского рудного поля;
- расчленение пород, слагающих Салаирско-Каменушинское рудное поле, на литолого-фациальные зоны с точки зрения удаленности от центров вулканизма;
- изучение формационных, палеоструктурных и литолого-фациальных особенностей рудовмещающей толщи с определением факторов, влияющих на рудолокализацию и выявление связи различных морфологических типов рудных тел с определенными фациями пород;
- построение прогнозно-поисковых параметрических моделей месторождений рудного поля с созданием палеорекоstructions на момент отложения рудоносных вулканогенно-

осадочных пород, как для Салаирско-Каменушинского рудного поля, так и для Салаирского рудного района;

— разработка поисковых критериев и признаков для обнаружения колчеданно-полиметаллических руд и прогнозные исследования в пределах Салаирской металлогенической зоны на их основе.

Научная новизна исследований

1. На основе палеофациального анализа вулканогенных, вулканогенно-осадочных и осадочных отложений печеркинской свиты в пределах Салаирского рудного района, соответствующего крупной вулканотектонической палеоструктуре, выявлены два этапа формирования, которые соответствуют двум циклам нижнекембрийской вулканической активности в районе. Определено, что на раннем этапе заложилась крупная вулканотектоническая депрессия, выполненная вулканогенными и вулканогенно-осадочными породами последовательно дифференцированной базальт-андезит-дацит-риолитовой формации, слагающими нижнюю часть рудовмещающей печеркинской свиты. На позднем этапе развивались локальные палеовпадины, заложенные в верхах вулканотектонической депрессии первого этапа. Они выполнены вулканогенными и вулканогенно-осадочными отложениями контрастной базальт-риолитовой формации и соответствуют таким месторождениям, как Салаирское и Каменушинское.

2. Построен продольный разрез через Салаирское строение, на котором видно, что рудные зоны некоторых месторождений, ранее считавшихся отдельными, сливаются в единые. Показана целесообразность присвоения Салаирскому рудному полю ранга месторождения, включающего ряд рудных зон: Кварцитовая Сопка, Первомайская, I-Рудник, II-Рудник, III-Рудник, Спорное, Александровское и Слепое. Сделан вывод, что Салаирское и Каменушинское месторождения, находящиеся в одном латеральном ряду с рифогенной постройкой, по своим размерам, а также схожести литолого-фациального состава и химизма пород образуют единое рудное поле.

3. В пределах рудного поля на основании литолого-фациального анализа выделены породы, относящиеся к жерловой, околожерловой, промежуточной, удалённой фациальным зонам по отношению к центрам вулканизма (подводящим каналам) и показана связь с ними различных морфологических типов рудных тел. Штокверковые рудные тела отвечают подводящим каналам и приурочены к субвулканическим и экструзивным породам кислого состава жерловых фациальных зон, а линзообразные и пластовые тела, которые расположены либо проксимально над подводящей зоной, либо дистально на некотором удалении от неё, приурочены к вулканогенно-осадочным горизонтам промежуточных фациальных зон.

4. Получены новые данные для Салаирско-Каменушинского рудного поля по минеральному составу стратиформных руд и стадийности их образования. Рассмотрены и классифицированы окolorудные измененные породы кварц-серицитовая формация по характеру ведущих процессов, при этом для изучаемого объекта выделены метасоматиты гипогенного выщелачивания, осаждения и малоинтенсивного гидrolитического разложения.

5. Проведены первые изотопные исследования серы сульфидов, которые подтверждают вулканогенно-гидротермально-осадочное происхождение сульфидных залежей.

6. Проведены прогнозные исследования и выделен ряд перспективных площадей на территории Салаирской металлогенической зоны.

Практическая значимость

На основе использования разработанных прогнозно-поисковых моделей месторождений Салаирско-Каменушинского рудного поля и выявленных, поисковых критериев и признаков проведена прогнозная оценка четырёх рудных районов Салаирской металлогенической зоны. Выделены перспективные на колчеданно-полиметаллические руды площади, изучены и показаны перспективы фланговых частей и глубоких горизонтов известных месторождений. По наиболее значимым ионно-сорбционным аномалиям АО «СНИИГиМС» проведена заверка, выявлены рудные тела, отвечающие современным оценочным параметрам. Разработаны прогнозные карты-врезки, графики, планы и разрезы, даны рекомендации по направлениям геологоразведочных работ.

Фактический материал, методы исследования и личный вклад автора

Фактический материал, положенный в основу работы, был собран автором при проведении полевых работ с 2015 по 2017 год, в рамках Государственного контракта «Поисковые работы с оценкой перспектив колчеданно-полиметаллического с золотом оруденения основных рудных районов и узлов Салаирской металлогенической зоны», с последующей его обработкой в 2018–2019 гг.

При проведении полевых работ собраны и в последующем проанализированы данные: геологических маршрутов по коренным выходам пород в пределах рудных районов Салаирского кряжа, в том числе в районе стратотипов рудовмещающей печеркинской свиты и подстилающей, а также находящейся в одном фациальном ряду с рудовмещающими отложениями гавриловской свиты; документации естественных и техногенных обнажений коренных пород, стенок и полотна шести отработанных карьеров месторождений Салаирского рудного района (Белоключевское, Ново-Урское, Каменушинское) и рудных зон Салаирского месторождения (Кварцитовая Сопка, Первомайская, Александровская) с полиметаллическими рудами; специализированной документации кернa 14 пробуренных скважин и 4 горных

выработок (канав). Все виды работ сопровождались построением геологических планов, колонок и разрезов различного масштаба, а также тематическими зарисовками и макрофотографиями высокого разрешения. В ходе этих работ автором отобран материал для минералогических и химических исследований из всех разновидностей вмещающих пород, метасоматитов, руд и зон рудной минерализации.

В камеральный период совместно с Кудрявцевой Н.Г. и Кузнецовой С.В. проведено изучение пород и руд в прозрачных шлифах (105 шт) и аншлифах (40 шт).

Использованы результаты масс-спектрометрического с индуктивно-связанной плазмой приближенно-количественного многоэлементного анализа руд и пород (145 шт) Атомно-абсорбционное определение золота и серебра с предварительным экстракционным концентрированием (20 шт), изотопный анализ серы сульфидов (5 шт).

В качестве основного геохимического метода поисков был апробирован для территории Салаирского кряжа ионно-сорбционный метод, разработанный в ФГБУ «ЦНИГРИ» и хорошо зарекомендовавший себя при поисково-оценочных работах на Рудном Алтае и Забайкалье (Миляев и др., 2017). Отобрано и проанализированно 1500 проб.

Анализы выполнены в АЦ ЦНИГРИ.

Путем построения диаграмм автором был проведён петрохимический анализ вулканогенных пород четырёх перспективных на выявление золото-серебро-полиметаллического оруденения рудных районов Салаирской металлогенической зоны.

При изучении флангов и глубоких горизонтов известных месторождений и прогнозировании колчеданно-полиметаллических объектов в рудных районах Салаирского кряжа, применялись составленные автором параметрические прогнозно-поисковые модели эталонных месторождений данного региона.

Для создания электронных карт использовалась программа ESRI ArcGIS.

Защищаемые положения:

1. Структура Салаирско-Каменушинского рудного поля сформировалась в конце раннего кембрия на позднем, из двух выделенных, этапе образования крупной вулканотектонической депрессии, отвечающей Салаирскому рудному району. Геологическое строение рудного поля определяется сочетанием в латеральном ряду локальных палеовпадин, выполненных вулканогенными и вулканогенно-осадочными образованиями контрастной базальт-риолитовой формации натровой серии и палеоподнятий в виде рифогенных построек. В палеовпадинах сформированы Салаирское и Каменушинское месторождения.

2. На основе литолого-фациального анализа установлено закономерное размещение вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород и их фаций по отношению к центру вулканизма, выделены породы жерловой, околожерловой, промежуточной и удалённой фациальных зон. Выявлена связь морфологических типов рудных тел с определенными фациями пород. Штокверковые рудные тела отвечают подводящим каналам и приурочены к породам жерловых фациальных зон, а линзообразные и пластовые тела расположены либо проксимально над подводящими каналами, либо дистально на некотором удалении от них, где приурочены к вулканогенным и вулканогенно-осадочным породам промежуточных и удаленных от центров вулканизма фациальных зон.

3. Рудные тела Салаирского и Каменушинского месторождений были сформированы в два этапа. На конседиментационном этапе были образованы основные рудные залежи. Рудообразование сопровождалось широким развитием околорудных метасоматитов кварц-серицитовой формации. Последующий региональный динамотермальный метаморфизм привел к частичному перераспределению и преобразованию рудного вещества. Гидротермально-осадочный генезис сульфидов подтверждается проведенными минераграфическими исследованиями и изотопным составом сульфидной серы.

4. Созданы прогнозно-поисковые модели месторождений Салаирско-Каменушинского рудного поля, на ее основе разработан комплекс поисковых критериев и признаков: формационных и петрологических, структурно-тектонических, литолого-структурных, рудно-формационных, метасоматических, минералогических, геохимических и геофизических. Определены методы опознания элементов моделей.

На основе применения моделей осуществлён прогноз возможности выявления новых рудных тел на флангах и глубоких горизонтах известных месторождений, а также выделены новые перспективные площади в пределах Салаирской металлогенической зоны.

Апробация диссертации

Основные результаты и защищаемые положения работы обсуждались на научных конференциях: VI Российская молодёжная научно-практическая Школа «Новое в познании процессов рудообразования» (Москва, ИГЕМ РАН, 2016 г.); VII, VIII и IX Международные научно-практические конференции «Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов» (Москва, ФГБУ «ЦНИГРИ», 2017 г., 2018 г., 2019 г.); XI Международный конгресс «Цветные металлы и минералы-2019» (Красноярск, 2019 г.).

Результаты исследований вошли в состав геологических отчетов по теме Государственного контракта: «Поисковые работы с оценкой перспектив колчеданно-

полиметаллического с золотом оруденения основных рудных районов и узлов Салаирской металлогенической зоны» и в обоснования конкурсных поисковых проектов в пределах Салаирского кряжа.

Публикации

По материалам диссертации опубликовано семь работ, из них три статьи в рецензируемых научных журналах.

Структура и объём работы

Диссертация состоит из введения, 5 основных глав и заключения, содержит 98 рисунков и 6 таблиц. Список использованной литературы включает 75 наименований. Общий объём диссертации составляет 164 страницы.

Благодарности

Автор выражает благодарность всем, кто оказывал какую-либо помощь и поддержку в работе над диссертацией. Особую благодарность за наставления по созданию основных положений диссертации и структуры работы, выбор методов исследования, требовательность выполнения задач на разных этапах подготовки выражаю: научному руководителю — доктору геолого-минералогических наук И.Ф. Мигачеву, благодаря опыту и помощи которого работа значительно улучшилась; кандидату геолого-минералогических наук В.В. Кузнецову, который направил меня на написание данной работы и в дальнейшем постоянно поддерживал.

Выполненная работа не могла состояться без активной поддержки, консультаций и требовательности руководства ФГБУ «ЦНИГРИ».

За неоценимую помощь при анализе фондового материала, планировании проведения исследований и обработке фактического материала, конструктивную критику и ценные советы выражаю признательность Н.Г. Кудрявцевой, С.А. Миляеву, Т.П. Кузнецовой, С.В. Кузнецовой, Т.В. Серавиной, С.Г. Кряжеву, Л.К. Филатовой, С.С. Двуреченской, Д.А. Корчагиной, В.Д. Конкину, В.Н. Хасанову. Автор выражает большую благодарность за помощь в оформлении материалов диссертации, моральную и техническую поддержку, помощь в проведение полевых работ своим коллегам, коллективу отдела цветных металлов ФГБУ «ЦНИГРИ»: Н.Н. Богославца, Н.П. Кудрявцеву, А.А. Конкину, Е.В. Иваненкову, С.Л. Елшину, М.Р. Заятдинова, А.А. Петухова, М.Н. Зайцеву.

Автор благодарит сотрудников АО «СНИИГГиМС», предоставивших все необходимые для написания диссертации материалы и оказавших помощь при проведении полевых работ на Салаирском кряже. Хочется почтить память и поблагодарить за помощь в написании диссертации доктора геолого-минералогических наук Г.В. Ручкина, который на первом этапе данной работы являлся научным руководителем, но ушел из жизни в 2017 году.

1. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ САЛАИРСКОЙ МИНЕРАГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

При составлении данной главы использованы материалы Мурзина О.В. за 2017 год по проведенным СНИИГГиМС совместно с ЦНИГРИ работам в пределах Салаирской металлогенической зоны. (Мурзин и др., 2017ф)

Салаирская золото-серебро-полиметаллическая металлогеническая зона (МЗ) протягивается дугообразно (с изгибом в северо-восточном направлении) с северо-запада на юго-восток на расстояние более 450 километров при ширине от 40 до 70 километров. Она расположена в пределах одноименной складчатой зоны Алтае-Саянской складчатой области. Данная металлогеническая зона совпадает с областью распространения каледонских складчатых образований (Рисунок 1.1). В северо-восточной части структуры Салаирской зоны граничат с породами Кольвань-Томской зоны Обь-Зайсанской складчатой области. На востоке они надвинуты на Кузнецкий каменноугольный бассейн, а на юге погружаются под мезокайнозойскую Неня-Чумышскую впадину (Мурзин и др., 2017 ф).

Геологическая структура Салаира формировалась в различных геодинамических обстановках в несколько этапов: позднерифейский, представленный фрагментами океанических прогибов, поднятий и островных дуг; вендский, характеризующийся перерывом в осадконакоплении; ранне-среднекембрийский, включающий формирование рифтогенных прогибов (Кудрявцева, 2017) и Салаирского вулcano-плутонического пояса; среднекембрийско-раннеордовикский, с которым связаны закрытие окраинноморских бассейнов, формирование надвигов, офиолитовых аллохтонов и др., поднекембрийско-силурийский, который отвечал режиму пассивной континентальной окраины; раннедевонский и ранне-среднедевонский, являющиеся определяющими для заложения и эволюции вулcano-плутонических поясов; среднедевонско-раннекаменноугольный, отвечающий одноименному бассейну. Раннекаменноугольно-позднепермский, раннемезозойский и средне-позднемезозойский коллизионные этапы соответствуют накоплению отложений угленосных формаций (Бабин и др., 2006ф, Бабин, 2015).

Формирование металлогенического потенциала Салаирской металлогенической зоны связано, прежде всего, с раннекаледонским рифтогенным этапом эволюции региона. Для Салаирской МЗ характерно наличие медного, свинцового и цинкового оруденения, как правило, содержащего серебро в количестве $n \times 10$ г/т и золото — 0,4 г/т. В пределах зоны выделены

четыре рудных района (с севера на юг): Огнево-Романовский, Еловско-Которовский, Салаирский и Пуштулимский, к которым приурочены рудные поля с многочисленными колчеданно-полиметаллическими месторождениями с золотом и серебром, и которые по комплексу характеристик относятся к колчеданным месторождениям в вулканогенных ассоциациях (VMS).

С метасоматическими кварцитами, развитыми по кислым вулканическим и субвулканическим породам, связаны перспективы МЗ на золото-кварцитовое оруденение. Кроме того, в пределах зоны распространены прямые и косвенные признаки минерализации золото-кварцевой и золото-сульфидно-кварцевой формаций.

С этапом альпийской тектоно-магматической активизации возможно формирование золото-ртутной минерализации. Значительный потенциал золота Салаирской МЗ сосредоточен в россыпных месторождениях и в корах выветривания.

Для проведения минерагенического районирования территории используется разработанная в ЦНИГРИ система критериев и признаков моделей основных металлогенических таксонов: металлогенических зон, рудных районов, полей и месторождений.

Согласно определениям металлогенических таксонов и их ранжирования по соподчиненности площадей следует, что (Металлогенический кодекс, 2012):

Рудный район, определяется как фрагмент металлогенической зоны (площадью $n \times 1000$ км²), отличающийся спецификой геологического строения, которая отражается в масштабах и полноте проявления продуктивных (рудоконтролирующих) геологических формаций и широким развитием структур (разрывных, складчатых, тектоно-магматических и др.), благоприятных для локализации золотого оруденения определенных типов, повышенной концентрации полей метасоматитов, геохимических и шлиховых ореолов золота и его элементов-спутников, золотоносной жильно-прожилковой и прожилково-вкрапленной минерализации. Границы рудного района определяются ареалам развития продуктивных геологических формаций с учетом пространственного размещения рудоконтролирующих структур, полей гидротермально измененных пород, проявлений золотой и попутной минерализации, а также шлиховых ореолов и россыпей золота.

Рудный узел служит элементом геологического строения рудного района (площадью $n \times 100$ км²), соответствующим локальным, положительным или отрицательным структурам, сформированным продуктивными на золото геологическими формациями (локальные вулканотектонические депрессии, кальдеры, вулканотектонические структуры центрального типа, интрузивно-купольные структуры и т.д.).

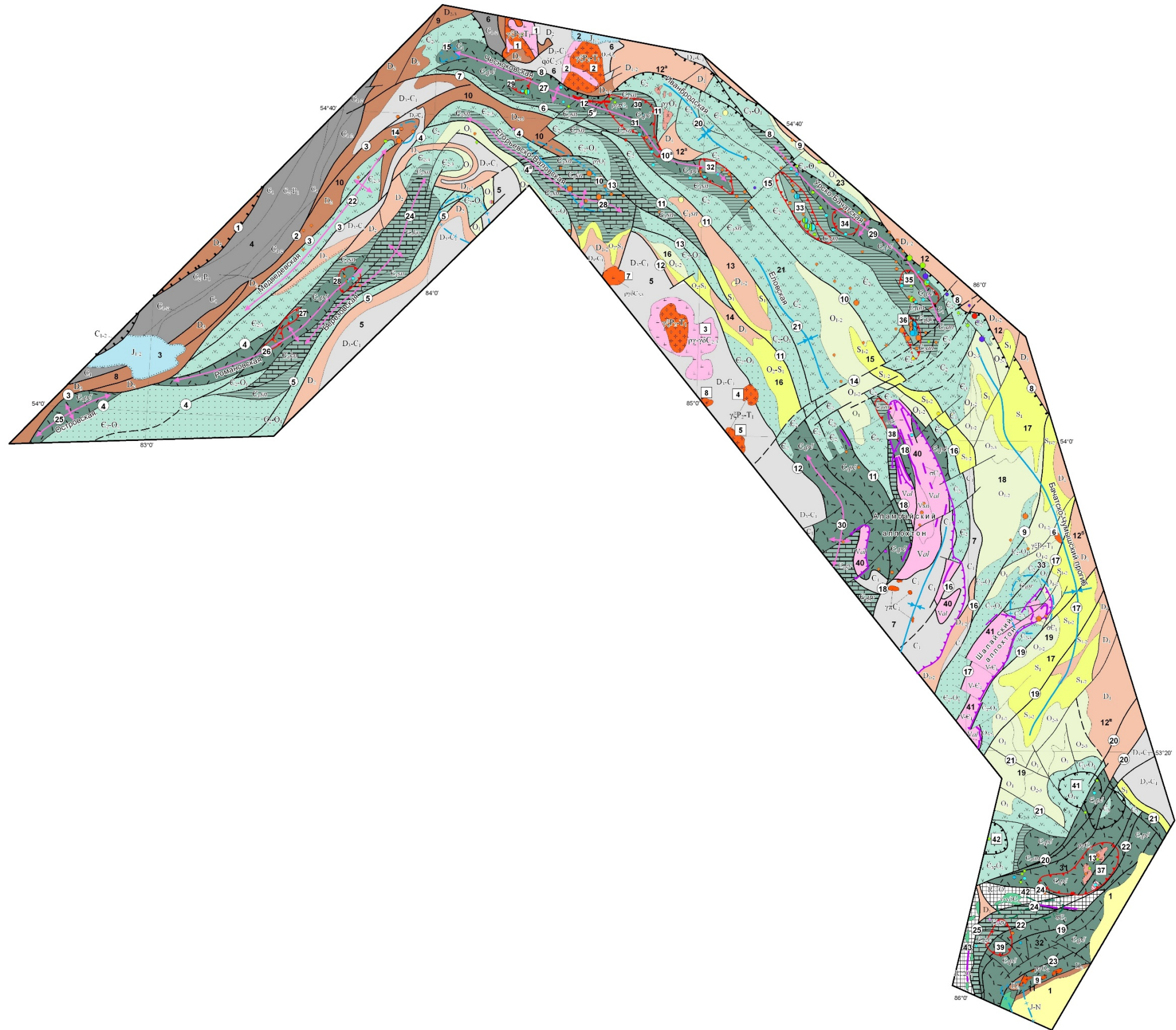


Рисунок 1.1 – Геолого-структурная карта Салаирской металлогенической зоны, по [Мурзину О.В., 2017]

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

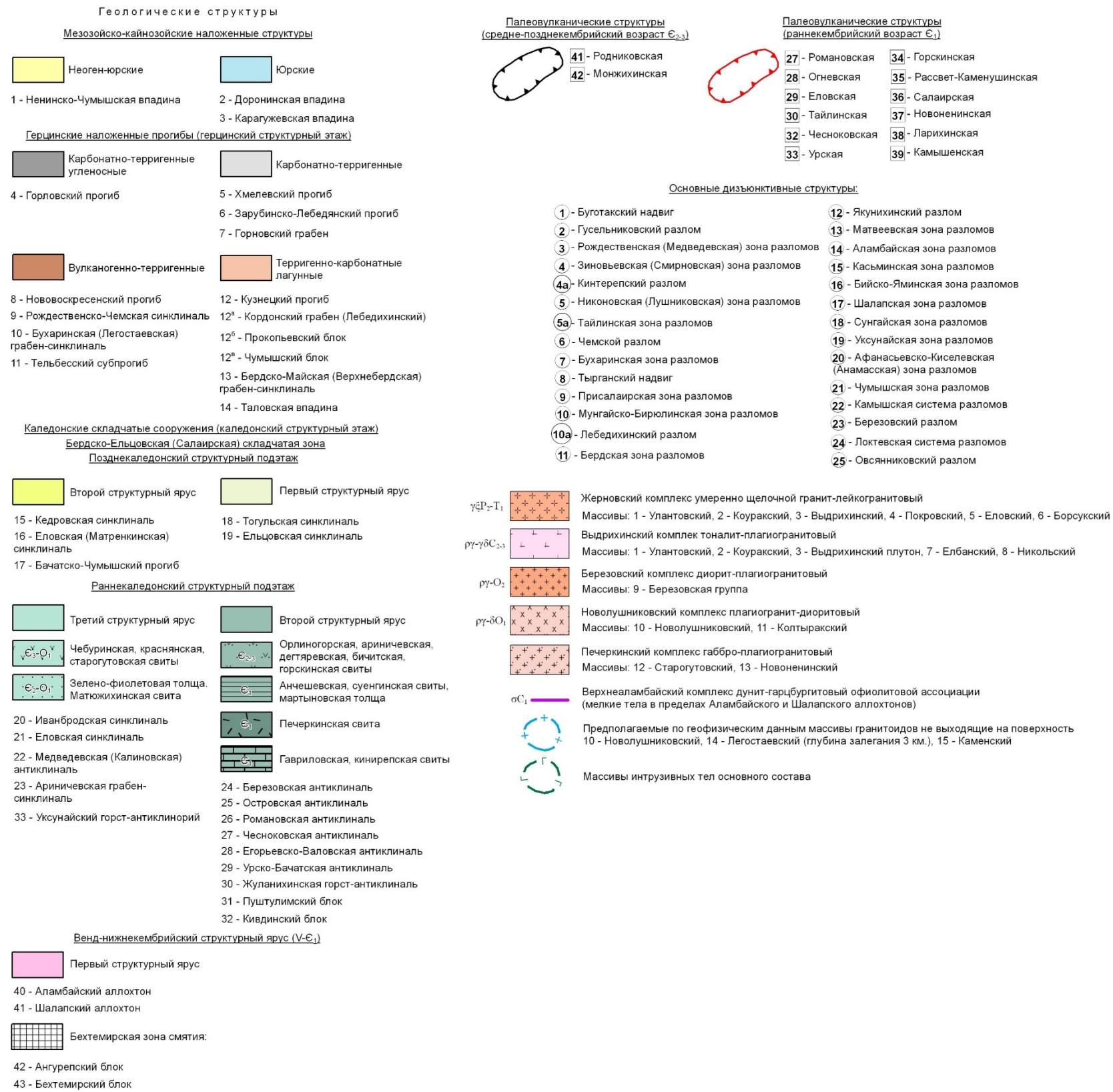


Рисунок 1.2 – Условные обозначения к Рисунку 1.1.

Принципиально границы рудного узла, как правило, совпадают с границами вулканно-плутонических ассоциаций, тектоно-магматических структур (системы дуговых и кольцевых разрывов и др.) и, в общем виде, соответствуют ареалу развития рудно-магматической системы.

Рудное поле определяется как аномальный по геологическому строению блок (площадью $n \times 10$ км²), для которого характерно проявление определенных фаций продуктивной геологической формации, присутствие групп магматических образований, субсинхронных формированию оруденения, тел автомагматических, взрывных и взрывно-гидротермальных брекчий, благоприятное для локализации оруденения сочетание разрывных и складчатых нарушений, высокая концентрация площадных и окорудных метасоматитов, геохимических ореолов и потоков золота (и его элементов-спутников), а также прямые признаки золотоносности. Контуры рудного поля проводятся с учетом геолого-структурных элементов, определяющих размещение полей метасоматитов, геохимических и шлиховых ореолов, участков проявления жильно-прожилковой минерализации и прямых признаков золотоносности (Кривцов, 2002, 2003).

С северо-запада на юго-восток в пределах Салаирской золото-серебро-полиметаллической металлогенической зоны выделяются (Рисунок 1.1):

1. Огнево-Романовский золото-серебро-полиметаллический рудный район, включающий Романовское, Огнево-Заимковское рудные поля.
2. Еловско-Которовский золото-серебро-полиметаллический рудный район, включающий Еловский и Которовский рудные узлы.
3. Салаирский золото-серебро-полиметаллический рудный район, включающий Сухарноложско-Ускандинский линейный и Салаирско-Урской линейный рудные узлы
4. Пуштулимский золото-серебро-полиметаллический рудный район.

В связи с конкретной направленностью данной работы на изучение колчеданно-полиметаллического с золотом оруденения, объектами исследований являлись четыре рудных района (с севера на юг) — Огнево-Романовский, Еловско-Которовский, Салаирский и Пуштулимский. Собственно золоторудные районы и узлы, не связанные с полями распространения раннекембрийского печеркинского вулканического комплекса не рассматривались (Рисунок 1.3).

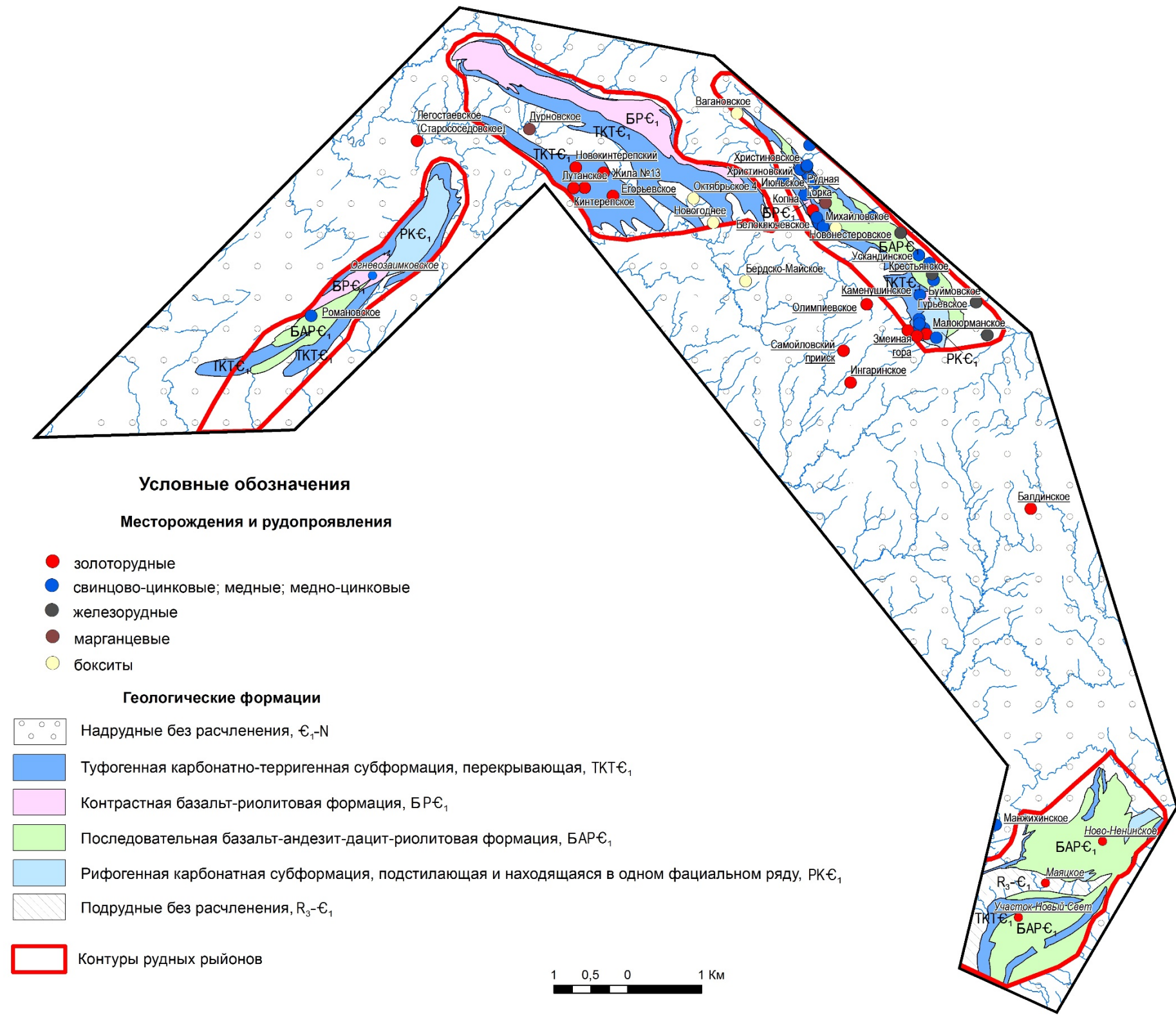


Рисунок 1.3 – Колчеданно-полиметаллические месторождения и минерагеническое районирование Салаирского кряжа

Геологическая структура Салаира отражает обстановки смены ряда геодинамических режимов позднерифейских океанических прогибов, поднятий и рифтогенных зон; пассивной континентальной окраины и островных дуг венд-кембрийской тектоно-магматической активизации; раннепалеозойской тектоно-магматической активизации (коллизонная обстановка); среднепалеозойской активной континентальной окраины (вулкано-плутонических поясов девона); позднепалеозойской и мезозойской тектоно-магматической активизации. Литологический состав пород Салаирской зоны в целом отличается сравнительным постоянством на всей площади распространения стратиграфических подразделений. Вместе с тем, отмечается их сравнительно высокая фациальная изменчивость в отдельных блоках земной коры (Мурзин, 2017ф).

Наибольший интерес вызывает строение рудовмещающих полиметаллическое оруденение отложений, образовавшихся на раннекаледонском рифтогенном этапе эволюции региона и представленных терригенно-карбонатными образованиями гавриловской и кинтерепской свит, вулканогенными и вулканогенно-осадочными образованиями печеркинской свиты и карбонатными и терригенно-карбонатными образованиями анчешевской и суенгинской свит.

Рассматривая соотношения рудовмещающих отложений печеркинской свиты с нижележащими и перекрывающими образованиями, наряду с высокой изменчивостью состава вулканических пород от основного до кислого состава, обнаруживается непостоянство их положения в разрезе нижнего кембрия, вплоть до полного отсутствия. С карбонатными и вулкано-терригенными фациями гавриловской, кинтерепской, анчешевской и суенгинской свит осадочно-вулканогенные образования печёркинской свиты связаны постепенными переходами. Это подтверждается непосредственными наблюдениями в процессе геокартирования, присутствием вулканитов на различных уровнях разрезов перечисленных свит и линз археоциатовых известняков среди образований печёркинской свиты. Имеющийся материал позволяет рассматривать гавриловскую, кинтерепскую, анчешевскую и суенгинскую свиты в качестве фациальных аналогов осадочно-вулканогенных образований печёркинской свиты (Бабин, 2006ф).

Печеркинский лейкобазальт-плагиориолитовый вулканический комплекс на современном эрозионном срезе представлен пятью ареалами: Западно-Салаирским, Старогутовским, Урско-Салаирским, Ларихинским и Чумышским. Покровные фации комплекса и ассоциирующие с ними осадочные породы выделены в *печеркинскую свиту*, в

которую входят лейкобазальты, андезиты, дациты, риодациты, риолиты, их туфы и тефроиды с линзами и прослоями туфогенных песчаников, известково-глинистых и углисто-глинистых сланцев и известняков. Вулканические породы характеризуются дифференциацией от лейкобазальтов до плагиориолитов с преобладанием пород риолитоидной группы, и только в Ларихинском и Чумышском ареалах установлено преобладание базальтоидов (Ярославцева, 1985ф, 1996ф; Токарев В.Н., 1993ф; 2004ф). В Пуштулимском рудном районе в низах разреза установлено преобладание базальтоидов в ассоциации с кремнистыми породами (силицитами). В пределах Салаирского рудного района наблюдается явное преобладание вулканитов кислого состава, причем в западной части участка базальты присутствуют уже в резко подчиненном количестве.

Эффузивы входящие в состав печеркинской свиты прорываются небольшими субвулканическими телами риодацит-порфиров, риолит-порфиров, в том числе крупновкрапленных, плагиогранит-порфиров, габбродолеритов, долеритов субвулканической фации печеркинского комплекса.

Базальтоиды комплекса обладают низкой титанистостью и фосфористостью, умеренной и низкой глинозёмистостью. По щелочности породы, в основном, относятся к нормальному и умеренно-щелочному ряду. В группе кислых пород преобладают низкощелочные разновидности, в меньшей мере нормального ряда. И базальтоиды и риолитоиды характеризуются выдержанным высоконатриевым типом щёлочности (Бабин, 2007ф).

Синхронные вулканическим образованиям вулканогенно-осадочные и осадочные породы отмечаются в разном объеме и различны по составу. Часто наблюдается фациальное замещение эффузивных и вулканокластических пород от центров вулканических построек к периферии вулканогенно-осадочными, терригенно-осадочными и карбонатными породами. Роль последних в разных районах различна. На юге (Пуштулимский участок) в низах свиты резко преобладают кремнистые породы с ограниченным развитием вулканогенно-осадочных (существенно алевритистых фракций) и карбонатных образований. В верхней части их объем возрастает и заметно увеличивается количество песчаных пород. В самой верхней пачке карбонатные породы составляют уже около трети объема разрезов. В Салаирском районе вулканогенно-осадочные и карбонатные породы составляют существенную часть разрезов, в том числе песчаные фракции, отмечаются и туфоконгломераты, грубопсефитовые тефроиды. В пределах Еловско-Которовского участка роль терригенных пород сходная, однако, они развиты преимущественно по периферии Тайлинской

вулканической постройки. На площади Огнево-Романовского участка груботерригенные породы уже не редкость. На Огнево-Заимковском рудопоявлении туфоконгломераты (конгломераты) составляют существенную часть разреза.

Углеродистые разности пород распространены во всех характеризуемых районах с некоторыми вариациями по разрезу и площади. Однако более широкое распространение они имеют в пределах Еловско-Которовского и Огнево-Романовского участков, особенно в верхней части разреза. Отмечаются прослой (или интервалы) углистых сланцев схожих с рассланцованными пластами углей.

Печеркинская свита сложена метаморфизованными лавами, лавобрекчиями, туфами и тефроидами. В подчиненном количестве присутствуют мраморизованные биогенные известняки, и горизонты кремнистых, глинисто-кремнистых и марганцовистых сланцев, доломитистых известняков, обломочных известняков, силицилитов. В целом для рудного района характерно преобладание кислых и средних разностей вулканитов над основными, при достаточно значимом количестве последних. Породы свиты подвержены процессам интенсивного гидротермально-метасоматического поствулканического преобразования березит-пропилитового ряда, несущего рудную золотосодержащую полиметаллическую минерализацию (Токарев В.Н., 2004 ф).

Возраст отложений печёркинской свиты определяется сборами археоциат (натальевский, санаштыкгольский горизонты раннего кембрия) в известняковых линзах, положением в разрезе ниже слоёв с агатинской фауной и корреляцией с образованиями гавриловской, анчешевской и суенгинской свит, в которых собрана фауна археоциат и трилобитов, характеризующая возрастной интервал от натальевского горизонта до обручевского, включительно (Борзенко, 1969ф; Бессоненко, Степанов, 1969ф; Ярославцева, 1985ф, 1996ф; Токарев В.Н., 1992ф). По К-Аг датировкам возраст ранних членов печеркинского комплекса в стратотипе (Урско-Салаирский ареал) составил 572 ± 15 млн лет (Щербаков и др., 1987).

Гавриловская и кинтерепская свиты

Первая картируется в Салаирском и Пуштулимском районах, вторая на северо-западе, в пределах Огнево-Романовского рудного района и южнее Еловско-Которовского рудного района. Они тесно ассоциируют с вулканитами печеркинской свиты.

Кинтерепская свита имеет весьма однообразный состав и представлена, преимущественно, известняками серыми, темно-серыми и черными. В некоторых частях свиты характерны мелкие и тонкие прослойки глинисто-кремнисто-углистых сланцев, алевролитов, иногда алевропесчаников или песчаников, а в Огнево-Романовском районе

гравелитов и конгломератов (Котельников, 2007ф). Здесь верхняя часть свиты сложена пачкой светло-серых, розовато-серых известняков.

Гавриловская свита в районе стратотипа представлена, преимущественно, светло-серыми, редко серыми и темно-серыми массивными мраморизованными рифогенными известняками с остатками археоциат. В верхней части пачка (50–100м) серых, темно-серых водорослевых известняков, отмечаются прослой туфов среднего и основного составов (Токарев В.Н., 2004ф).

В южной части Салаира в районе пос. Овсянниково (Пуштулимский участок) разрез представлен двумя пачками. Нижняя сложена темно-серыми и черными мраморизованными известняками с прослоями пепловых туфов, черных углеродисто-глинисто-кремнистых сланцев, тефроидов, доломитистых известняков. Часто отмечаются туфогенные, глинистые и песчанистые разности известняков, иногда битуминозные. По данным предыдущих исследователей в известняках этой пачки содержатся многочисленные микрофитолиты *Osagia mongolika* Vol., *O. kuvaika* Jaksch., *Gleocapsella gincingeri* Posp.; водорослей *Epiphyton* sp., *Razumovskia* sp., *Girvanella* sp., *Renalcis* sp. *Proaulopora* sp.; проблематики *Chancelloria* sp., крустификаты *Stromatactis palaeozoicus* Posp., и редкие остатки археоциат *Robustocyathus* ? sp., что определяет их раннекембрийский возраст. Верхняя пачка сложена светло-серыми, серыми и розовато-серыми мраморами и мраморизованными известняками, редко доломит-содержащими и доломитистыми известняками. Присутствуют прослой туфов. В известняках верхней пачки собраны и определены многочисленные остатки археоциат плохой сохранности и водорослей атдабанского и ботомского ярусов нижнего кембрия (Мурзин, 2017).

Суенгинская и анчешевская свиты являются полными стратиграфическими аналогами. Вулканогенно-терригенно-карбонатные отложения *суенгинской свиты* пользуются значительным распространением в северо-западной части Салаира. На правобережье р. Ик, в районе пос. Отчиха-Маврино наблюдается наиболее полный геологический разрез суенгинской свиты, представленный переслаиванием песчаников, конгломератов и известняков. В линзах мраморизованных известняков обнаружены многочисленные остатки археоциат. Археоциаты обнаружены в аналогичных отложениях и в других районах северо-западной части Салаира. К северу в геологическом разрезе суенгинской свиты значительное место занимают вулканогенные породы (андезиты, плагиодациты, их туфы, иногда базальтоиды), а также вулканокластические и тефроидные, часто до грубопсефитовых фракций. По простирацию на юго-восток эффузивные породы постепенно утрачивают своё значение и уже преобладают

известняки, песчаники, конгломераты, вулканогенно-осадочные породы псамито-псефитовых фракций. Известняки в составе свиты занимают, примерно, от 20–30% в верхней части, до 40–50% в нижней части разреза. Углеродистые разности пород отмечаются по всему разрезу, количество которых возрастает в нижних частях. Особенно широко глинисто-углеродистые сланцы распространены в переходной части между суенгинской и печеркинской свитами, являясь ее характерной частью.

Анчешевская свита картируется в северо-восточной и южной частях Салаира. Для неё так же характерна фациальная изменчивость от терригенно-карбонатного до карбонатно-терригенно-вулканогенного типа разреза.

На южном Салаире в западной части Пуштулимской вулкано-тектонической структуры (Токарев В.НР., 1993ф) установлен постепенный переход от прижерловой фации с характерными лавами и туфами пироксеновых андезибазальтов разреза печёркинской свиты, к удаленным тефроидным фациям анчешевской свиты, представленным тонкослоистыми алевросаммитовыми тефроидами с обильными (до 30%) кристаллокластами того же пироксена. Далее к западу тефроиды сменяются рифогенными археоциатовыми известняками санаштыгольского и обручевского горизонтов, приуроченными к периферии палеовулканической структуры. В целом для разреза анчешевской свиты характерны карбонатные породы, составляющие 40–60% объема. В терригенных породах преобладают псамито-мелкопсефитовые фракции. Углеродистые разности имеют незначительное распространение.

Тектоническое строение Салаира. Относительно смежных структур Салаирский кряж четко выделяется в региональном плане в физических полях и в первую очередь в поле силы тяжести, что определяется главным образом мощностью земной коры. Салаирский кряж ограничен глубинными разломами, нарушающими подошву земной коры и изменяющими ее мощность. Так по данным В.С. Суркова (Сурков и др., 1973), мощность земной коры в Кузнецком прогибе составляет 38 км, в пределах Барнаульского массива поверхность Махоровичича залегает горизонтально на глубине 40 км, кровля базальтового слоя также горизонтальна и находится на глубине 22 км. В пределах же Салаирского блока мощность земной коры увеличена до 49 км, а кровля базальтового слоя изогнута и находится на глубине 18 км. Эти отличия в мощности земной коры и положении кровли базальтового слоя в значительной степени предопределили особенности геологического строения Салаира и его металлогеническую специфику (Матухин, 2000 ф).

Современная структура Салаирского кряжа имеет дугообразную, почти подковообразную форму с выпуклостью на северо-восток и почти полностью повторяет контуры Барнаульского массива, входящего в вогнутую часть структуры Салаира. Как полагает И.А. Розенфарб «...взаимоотношения структур в пространстве явно свидетельствует о том, что тектонический рисунок района сложился под воздействием Барнаульского массива, нажим которого с запада привел к раздроблению и смещению структурных зон, повторивших в расположении частных блоков очертания массива» (Розенфарб, 1971ф). Максимальный сдвиг блоков происходил в центральной части Салаирского кряжа, где он достигал 70 км, минимальный — в северной и южной — до 15–20 км, в связи, с чем вся структура приобрела дугообразную форму с выпуклостью на восток. Наиболее крупным из широтных разломов, по которым сдвигались блоки, является Аламбайский, ограничивающий с юга первый, северный блок и северное продолжение Салаирского гипербазитового пояса, который срезан этим разломом и погружен в пределах этого блока на 2–3 км (Матухин, 2000ф).

По мнению большинства исследователей Салаирское складчатое сооружение представляет собой аллохтон (тектонический покров), залегающий на угленосных терригенных образованиях Кузнецкого и Горловского прогибов. Мощные тектонические движения при его формировании вызвали интенсивное складкообразование и метаморфизм слагающих его отложений, а также регенерацию и рассеивание рудного вещества. Зоны интенсивного расщепления располагаются, как вдоль основных разрывных нарушений северо-западного простирания, так и по оперяющим нарушениям более высоких порядков. Пликативные нарушения носят в основном приразломный асимметричный характер с нередким опрокидыванием осей складок на северо-восток. Менее всего подвержены пликативным дислокациям центральные части вулканических построек и карбонатные биогенные сооружения.

Салаир, как складчатое сооружение, сформировался в раннем кембрии, т.е. в фазу Салаирского тектогенеза. Значительная фаза складчатости проявилась в середине раннего кембрия, тогда было образовано поднятие на месте Центрально-Салаирского антиклинория. В пределах Восточного Салаира проявление этой фазы выразилось вспышкой вулканической деятельности печеркинского комплекса.

Более мощная фаза тектогенеза имела место в середине среднего кембрия. Завершающая фаза тектогенеза проявилась в позднем кембрии, когда инверсия движений достигла наивысшей стадии (Розенфарб, 1971ф). В дальнейшем, уже в герцинское время,

территория Салаира вновь испытывает общее погружение, прерываемое тремя циклами тектогенеза с накоплением мощного комплекса орогенных отложений (Матухин, 2000 ф).

Как уже отмечалось выше, история Салаира конца палеозоя и в мезозое определяется проявлением значительных горизонтальных сдвигов, когда под давлением Барнаульского массива сформировалась его дугообразная структура с перемещением отдельных блоков на 20–70 км. Именно в это время слагающие Салаирскую структуру образования были сжаты в крутые изоклинальные складки, осложненные нарушениями, по которым происходили надвиги чешуйчатого типа, особенно ярко выраженные в зоне сочленения Салаира с Кузбассом, где отмечаются надвиги кембрийских отложений Салаира на девонские Кузбасса. Срывом толщ общей мощностью не менее 5 км и перемещением их на восток на значительное расстояние объясняется также бескорневой характер залегания гипербазитовых массивов Салаирского комплекса. Корневая часть последних вместе с рудовмещающей зоной глубинного разлома фиксируются в пределах Барнаульского массива, цепочкой высоконапряженных магнитных аномалий, вероятно соответствующих гипербазитовым массивам, перекрытых мощной толщей рыхлых отложений (Матухин, 2000 ф).

Определяющими тектонический рисунок Салаира являются продольные по отношению к общей структуре последнего, разрывные нарушения различных порядков, расположенных кулисообразно и подчеркивающих общую дугообразную структуру Салаира (Рисунок 1.3). Наиболее крупные нарушения, соответствующие глубинным разломам, отделяют Салаир с востока от Кузнецкого прогиба. По этим разломам весь Салаир был приподнят относительно смежных с ним структур. Как свидетельствуют геологические наблюдения, общий план тектонических нарушений в вертикальном разрезе отражает надвигово-чешуйчатую структуру, как крупных блоков так и отдельных их частей.

Продольные нарушения характеризуются длительным временем существования – они заложены, еще на ранних этапах развития Салаира и неоднократно подновлялись до конца палеозоя, о чем свидетельствуют тектонические и вулканотектонические впадины, наиболее ярким представителем, которых является Доронинская в Новосибирской области. Определяя тектоническую структуру Салаира, они являются контролирующими для магматической деятельности, как раннего островодужного так и более позднего коллизионного периодов развития Салаира. Кроме продольных разломов на Салаире широко развиты поперечные (субширотные) нарушения, проявившиеся во время сдвиговых деформаций и отражающие горизонтальные перемещения блоков. По наиболее

крупным из них — Аламбайскому разлому кроме горизонтальных перемещений отмечаются и вертикальные с амплитудой до 3–4 км. Предполагается, что именно эти нарушения контролируют проявление наиболее позднего магматизма – в частности гранитов позднепермского-раннетриасового возраста, а возможно и более древние образования, поскольку заложилась эти нарушения еще в кембрийское время, а позже неоднократно подновлялись (Матухин, 2000 ф).

Метаморфические изменения пород. Для Салаирского кряжа характерно проявление разных типов метаморфизма. Здесь проявлен региональный (динамотермальный) метаморфизм, катакластический или дислокационный метаморфизм (динамометаморфизм) и контактовый (термальный) метаморфизм. В результате микроскопического изучения пород площади установлены ассоциации вторичных минералов по фациям (Мурзин, 2017ф).

Региональный (динамотермальный) метаморфизм представлен тремя фациями: зеленосланцевая фация, эпидот-амфиболитовая фация, амфиболитовая фация. (Кортусов, 2014).

Фация зеленых сланцев распространена по всей площади Салаирского кряжа и проявлена в различной степени. Минеральными ассоциациями фации зеленых сланцев являются: мусковит-хлорит-альбит-кварц, мусковит-хлорит-актинолит-альбит, хлорит-кальцит-кварц, доломит-кварц. Типичные породы: разнообразные хлоритовые и серицитовые сланцы. Сверху фация ограничена существованием парагенезиса хлорита с кварцем.

Эпидот-амфиболитовая фация. Минеральными ассоциациями эпидот-амфиболитовой фации являются: роговая обманка-биотит-эпидот-плагиоклаз (№10-30)-кварц, мусковит-кварц. Типичные породы — эпидотовые амфиболиты, мусковитовые сланцы. Сверху фация ограничивается устойчивостью мусковита с кварцем, а снизу существованием алмандина, который при менее высоких температурах сменяется парагенезисом хлорита с кварцем, а также исчезновением обыкновенной роговой обманки, сменяющейся парагенезисом актинолита с эпидотом.

Амфиболитовая фация. Минеральными ассоциациями амфиболитовой фации для основных и средних пород являются обыкновенная роговая обманка-средний или основной плагиоклаз. Для кислых пород наиболее характерен парагенезис биотит-силлиманит-калиевый полевой шпат-кварц. В этой фации часто присутствует гранат (альмандин). Типичные породы — амфиболиты, слюдяные гнейсы.

В пределах Салаирской площади к этой фации принадлежат образования

ангурепского метаморфического комплекса в Пуштулимском рудном районе. Полоса глубокометаморфизованных пород, протягивается с запада на восток, разделяя на две части кембрийские отложения Пуштулимского рудного района. Полоса метаморфических пород имеет ширину 3–4,5 км и ограничена разрывными нарушениями. Среди метаморфических пород выделяются амфиболиты, амфиболовые, пироксен-амфиболовые и амфиболо-пироксеновые плагиогнейсы, роговообманковые сланцы. Изредка среди них встречаются мраморы. Для большей части метаморфических пород на участке у пос. Бахта характерна кристаллизационная полосчатость.

Дислокационный метаморфизм (динамометаморфизм)

На севере Салаирской площади широко проявлен динамометаморфизм (катакластический или дислокационный метаморфизм), объединяющий процессы изменения пород под воздействием сильного стресса при небольшом участии других факторов.

По кислым породам образуются порфирииды и по основным — порфиритоиды. Образуются порфирокластические структуры. Реликтовые фенокристаллы кварца, плагиоклаза, пироксена подвергаются стрессу. Наиболее хрупкие минералы: кварц, плагиоклаз реагируют в первую очередь. Наблюдаются волнистое угасание, затем грубые трещины по всему зерну, затем идет дробление по периферии минерала (вращение зерен) и более мелкие обломки отделяются и сливаются с основной тканью породы. Далее идут процессы катаклаза и милонитизации. При этом идет образование новых минералов, так образуются «жесткие» таблитчатые листочки хлорита, мусковита и др. В кальците образуются двойники скольжения. Перекристаллизация исходных пород происходит в твердой среде, в ограниченном пространстве.

Процессы динамометаморфизма идут также по осадочным, вулканогенно-осадочным породам, по субвулканическим и интрузивным телам. Аналогичные процессы идут в рудах, т.е. идет разубоживание первичной рудной минерализации и процессы образования новых минералов.

Анализ состояния инфраструктуры и минерально-сырьевой базы

Кемеровская область — крупный территориально-производственный комплекс Российской Федерации. Кемеровская область относится к числу наиболее развитых регионов Сибири, имеющих ярко выраженную сырьевую специализацию. Промышленность является ведущим сектором экономики области. В отраслевой структуре экономики региона преобладает угольная промышленность, черная

металлургия и химический комплекс (Рисунок 1.4). Одна из базовых отраслей промышленности — металлургическая. Она дает 44% от общего объема промышленного производства региона. Химический комплекс области — крупнейший в стране и в Сибири.

Регион характеризуется хорошо развитой инфраструктурой. В пределах Новосибирской области здесь расположены крупные населенные пункты Черепаново, Линево, Маслянино и более 60 сел и поселков. Территория Салаира Кемеровской области наиболее плотно населена. Здесь расположены города Урск, Гурьевск, Салаир и более 25 мелких населенных пунктов.



Рисунок 1.4 – Структура промышленного производства.

В пределах Территории Алтайского края расположены крупные населенные пункты Тягун, Тогул, Ельцовка, Пуштулим и значительное количество (более 50) мелких

населенных пунктов. Населенные пункты связаны между собой шоссейными и грунтовыми дорогами. По территории проектируемых работ проходят шоссе: А349 — Алматы–Новосибирск, Алтай–Кузбасс, Бийск–Новокузнецк с асфальтовым покрытием. Через северо-западную часть площади проходит участок железной дороги Барнаул–Новосибирск, а через центральную часть — Барнаул–Новокузнецк.

Население территории в предгорной части местности, занято в сельском хозяйстве, пищевой, горнодобывающей промышленности и на транспорте.

В городе Салаире работает ЗАО «Салаирский химический комбинат», осуществляющий отработку колчеданно-полиметаллических и медно-колчеданных месторождений Салаирского рудного района Кварцитовая Сопка и Каменушинское. Незначительные объемы добычи полезных ископаемых объясняются в первую очередь слабостью минерально-сырьевой базы цветных металлов Салаира, которая практически не развивалась с конца 60-х годов прошлого века, во вторую очередь устаревшим комплексом горнодобывающего и обогатительного оборудования комбината. В то же время наращивание добычи цветных металлов, золота и серебра на Салаире реально и связано в первую очередь с возобновлением геологических исследований на данной территории, расширении географии размещения месторождений цветных и благородных металлов, не только на северо-восточном склоне кряжа, но и в его северо-западной и южной частях.

Следует отметить, что в благоприятных природно-климатических и географо-экономических условиях Салаира эти месторождения будут обладать весьма большой привлекательностью для горнодобывающих компаний, поскольку даже небольшие по запасам месторождения, расположенные неподалеку от действующих рудников, вызывают интерес у недропользователей. Основной геолого-промышленный тип полезных ископаемых Салаирской минерагенической зоны (МЗ) — колчеданно-полиметаллический с золотом и серебром, главные компоненты которого представлены цинком, свинцом, медью, второстепенные — золотом и серебром. Созданный в настоящее время современный прогнозно-поисковый комплекс методов поисков (Кузнецов и др. 2011), ориентированный на выявление перекрытых и скрытых глубокозалегающих разноранговых объектов золото-серебро-полиметаллического оруденения (рудных узлов, полей, площадей и месторождений), может быть успешно применен и при производстве предлагаемых прогнозно-металлогенических работ в других регионах со сходным типом рудной минерализации. Комплекс включает в себя подготовку геохимической и геофизических основ по ретроспективным материалам; обработку материалов

дистанционного зондирования (дешифрирование); прогнозно-минерагенические исследования; структурно-формационный и литолого-фациальный анализы; наземные электроразведочные геофизические (методом ЭМЗ-ВП) и геохимические (ионно-потенциометрическим методом) исследования; заверочные работы путем поисково-картировочного и структурно-поискового бурения; компьютерные методы количественного прогнозирования золото-полиметаллического оруденения на основе комплексной информации.

Некрупные свинцово-цинковые медноколчеданные объекты находятся в Салаирской металлогенической зоне на территории Кемеровской области. Запасы цинка, заключенного здесь в шести месторождениях, составляют 2,4% российских; и характеризуются различным качеством руд, содержащих от 2,4 до 5,5% цинка. Запасы свинца учтены в четырех месторождениях, содержащих от 0,13 до 0,93% свинца. Запасы меди учтены в четырех месторождениях, содержащих от 1,05 до 1,4% меди.

До 2013 года велась добыча меди и серебра Салаирский химкомбинатом.

Добыча руды была остановлена с 01.03.2013 г. в связи с прекращением производственной деятельности ЗАО «Салаирский химический комбинат» (приказ головного угольного предприятия от 29.03.2013 г. №165) из-за убыточности производства. Руды перерабатывались на Салаирской обогатительной фабрике.

Основные месторождения представлены в таблице (Таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Основные месторождения, формирующие минерально-сырьевую базу Салаирской металлогенической зоны (Кемеровская область)

Месторождения	Минеральный тип	Освоенность*
Кварцитовая Сопка	Золото-серебросодержащий колчеданно-(барит)-полиметаллический	Разрабатываемое
Каменушинское	Медно-колчеданный	Разрабатываемое
Первомайское	Золото-серебросодержащий колчеданно-(барит)-полиметаллический	Подготавливаемые
Первый Рудник	Золото-серебросодержащий колчеданно-(барит)-полиметаллический	Подготавливаемые
Ново-Урское	Медно-колчеданный	Не переданные в освоение
Самойловское	Медно-цинково-колчеданный	Не переданные в освоение
Белоключевское	Медно-цинково-колчеданный	Не переданные в освоение
Копна	Золото-сульфидный	Не переданные в освоение

*Статус месторождения был взят из государственного баланса запасов по состоянию на 01.01.2019

Балансовые запасы месторождений не изменялись с 2013 года, представлены в таблице (Таблица 1.2) и показаны на рисунке (Рисунок 1.5).

Таблица 1.2 – Балансовые запасы металла месторождений категории А+В+С₁+С₂

Месторождения	Запасы в недрах на 01.01.2016					
	Руда	Cu	Pb	Zn	Au	Ag
	тыс. т				кг	т
<i>Распределенный фонд недр</i>						
Кварцитовая Сопка	21 850	—	64,1	505,8	14 220	181,5
Каменушинское	12 479	140,9	—	—	9554	33,5
Первомайское	603	—	3,6	24,2	633	43,3
Первый Рудник	3182	—	27,8	96,1	2 277	96,4
<i>Нераспределенный фонд недр</i>						
Ново-Урское	23 473	246,9	29,8	560,1	22 856	379,4
Белоключевское	6013	100,4	—	116,8	5154	106,2
Самойловское	3386	57,8	—	175,2	2461	100,4
Копна	1960	—	—	—	4010	—
Июньская р.	1264	—	—	—	714	—

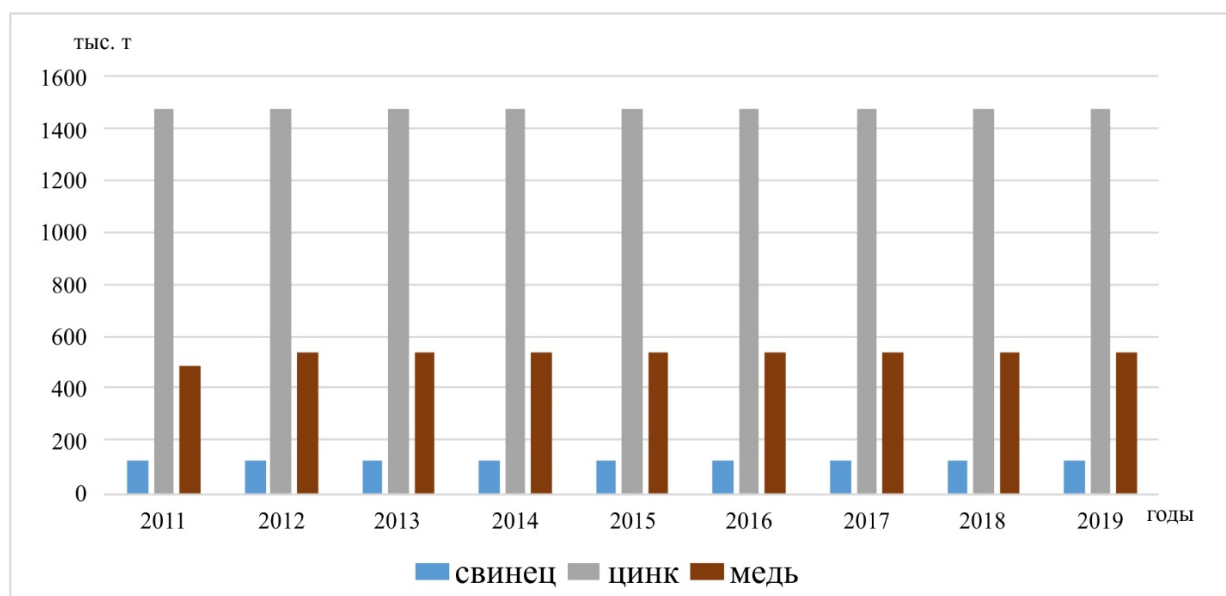


Рисунок 1.5 – Состояние запасов (А+В+С₁+С₂) свинца, цинка, меди (тыс. т) в 2011–2019 гг. (распределенный + нераспределенный фонд)

Сырьевая база нераспределенного фонда недр представлена, в основном, мелкими и средними по запасам месторождениями: Ново-Урское, Белоключевское, Самойловское и Копна суммарные запасы которых, по категории $A+B+C_1+C_2$ составляют: свинец — 29,8 тыс. т; цинк — 852,1 тыс. т; медь — 405,1 тыс. т; серебро — 586 т; золото — 29,3 т.

На территории Кемеровской области за рассматриваемый период добыча **свинца** и **цинка** не производилась. Балансовые запасы **свинца** (металл) составляют: ABC_1 — 66 тыс. т, C_2 — 59,3 тыс. т, забаланс — 32,3 тыс. т; **цинка** (металл) ABC_1 — 1199,5 тыс. т, C_2 — 278,7 тыс. т, забаланс — 262,1 тыс. т.

На 1 января 2019 года согласно данным из Государственного баланса запасов, находится в статусе разработки, которая осуществляется Салаирским ГОКом, на единственной рудной зоне «Кварцитовая Сопка» (фактически добыча и геологоразведочные работы не ведутся).

Медь. До 2013 года велась добыча меди Салаирским химкомбинатом на медноколчеданном месторождении Каменушинское. Руда перерабатывалась на Салаирской ОФ, с фактической производительностью 389,1 тыс. т руды (проектная — 500 тыс. т).

Далее представлены состояние и динамика движения запасов меди, серебра и золота начиная с 2011 года, свинец и цинк в эти годы не добывался.

Динамика движения запасов меди показаны на рисунке (Рисунок 1.6). Добыча меди показана на рисунке (Рисунок 1.7). Добыча руды была остановлена с 01.03.2013 г. из-за убыточности производства.

При возобновлении добычи на месторождении Каменушинское, при сохранении фактической производительности фабрики, обеспеченность запасами составит 10 лет.

Серебро. До 2013 года велась добыча серебра Салаирским химкомбинатом на Каменушинском месторождении и в зоне окисления месторождения кварцитовая Сопка. Руда перерабатывалась на Салаирской ЗИФ.

Динамика движения запасов серебра показана на рисунке (Рисунок 1.8). Добыча серебра показана на рисунке (Рисунок 1.9). Добыча руды была остановлена с 01.03.2013 г. из-за убыточности производства.

Золото. Основным объектом добычи золота на Салаире являются месторождения колчеданно-полиметаллической формации, из которых благородные металлы (золото и серебро) извлекаются попутно. Содержание золота в них колеблется от 0,65 до 2 г/т (среднее 0,94 г/т), серебра от 2,65 до 59 г/т, при среднем 23,5 г/т.

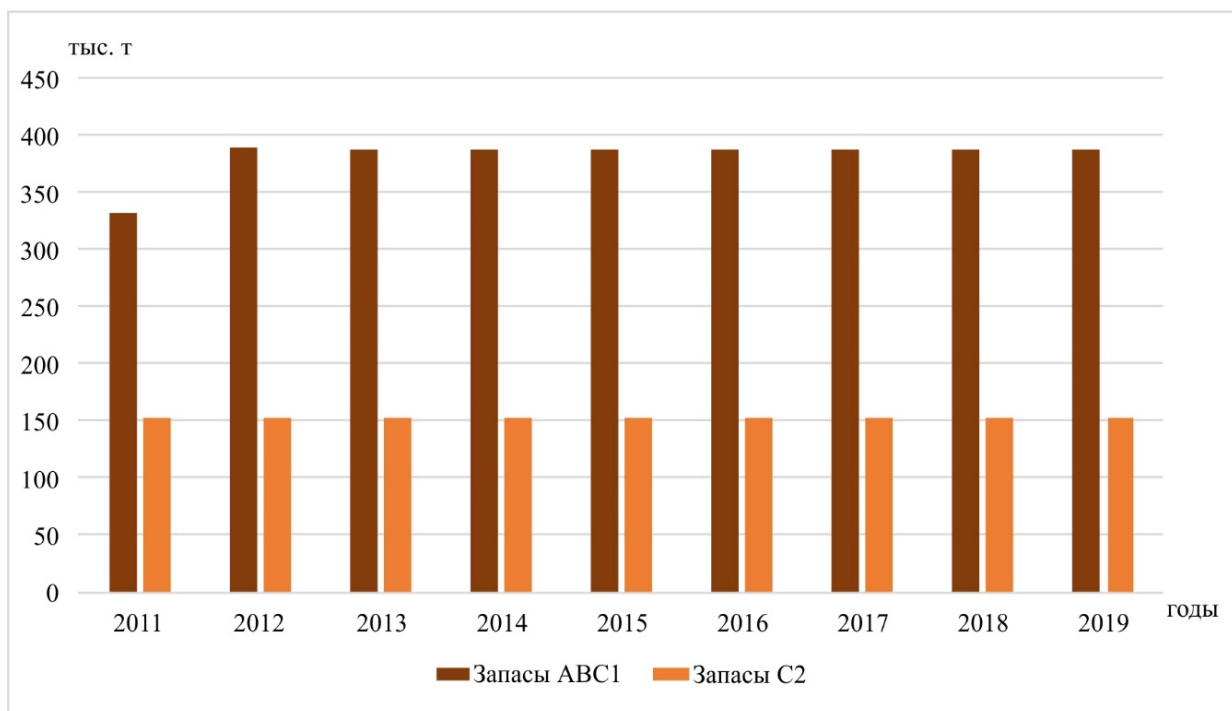


Рисунок 1.6 – Состояние запасов меди в 2011–2019 гг. (распределенный+нераспределенный фонд)

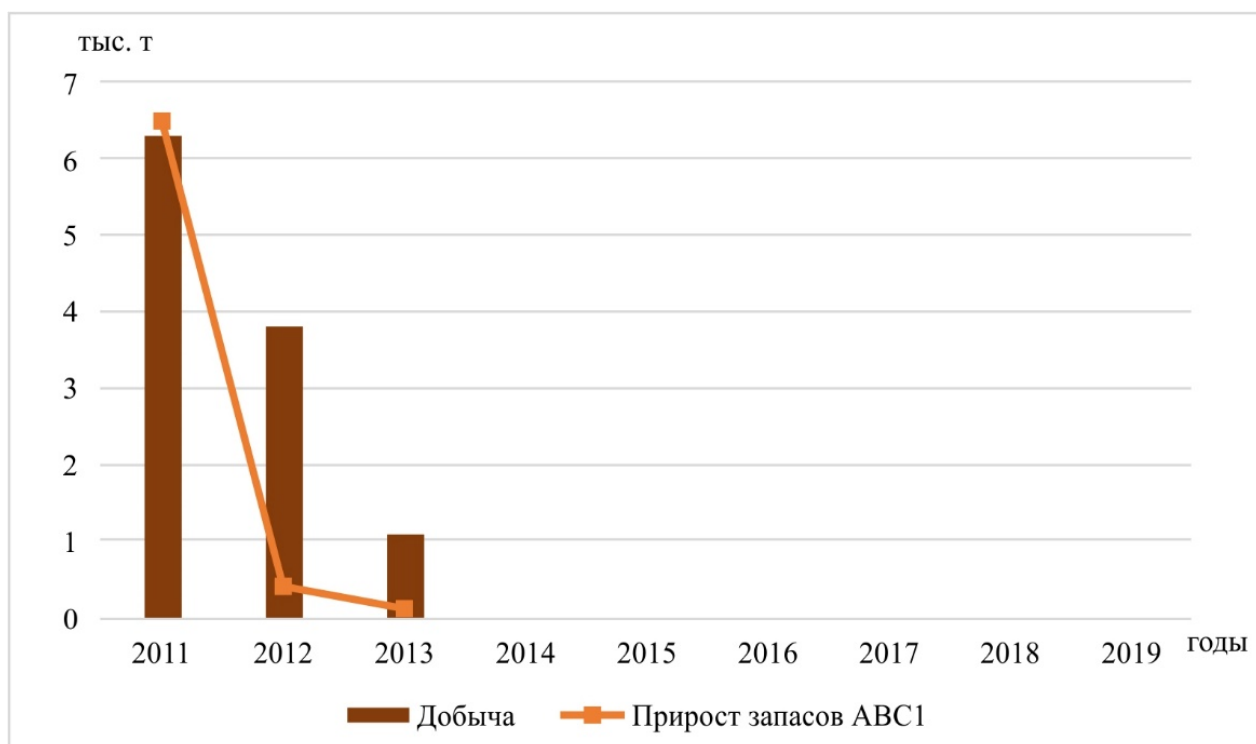


Рисунок 1.7 – Динамика добычи и прирост запасов меди за период 2011–2019 гг.

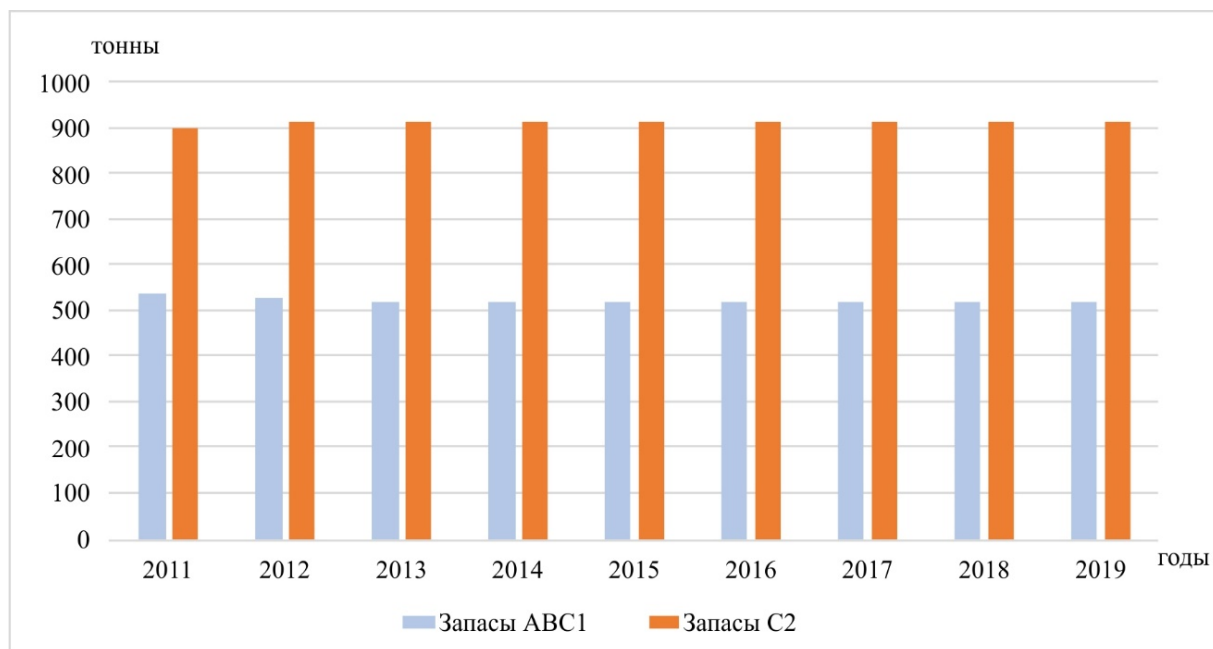


Рисунок 1.8 – Состояние запасов серебра в 2011–2019 гг. (распределенный+нераспределенный фонд)

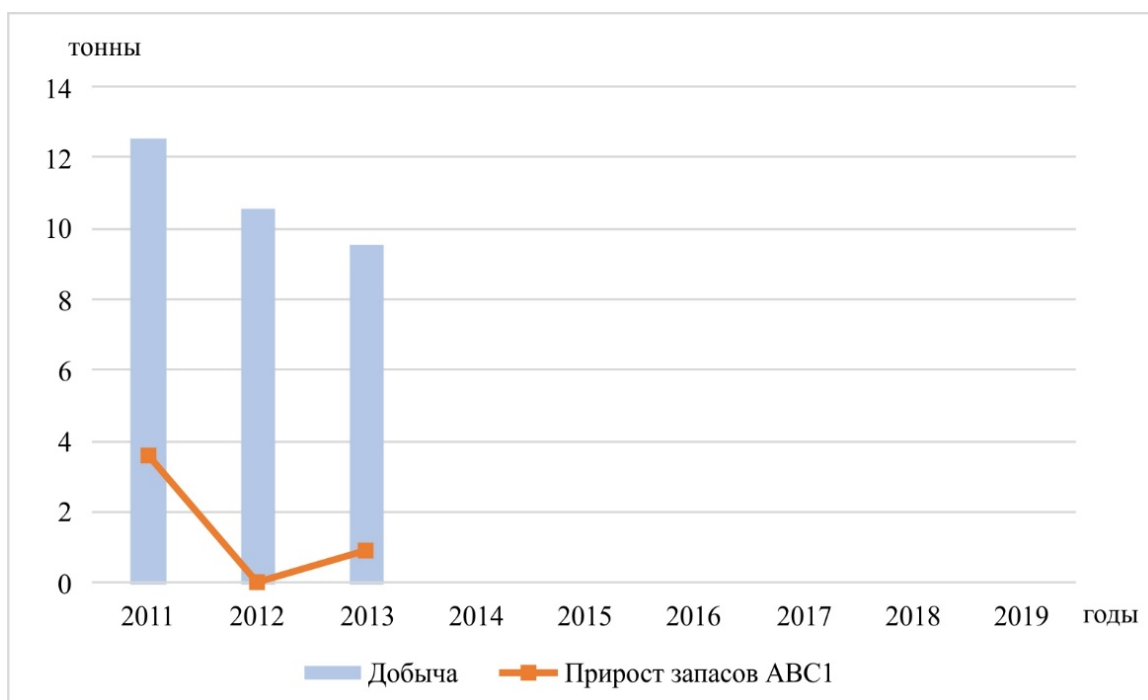


Рисунок 1.9 – Динамика добычи и прирост запасов серебра за период 2011–2019 гг.

Вторым источником золота на Салаире являются россыпные месторождения. Из них на протяжении около 150 лет извлечено 23,1 т золота. Источником благородного металла в россыпях служат месторождения колчеданно-полиметаллической формации и сопровождающие их вторичные кварциты.

Динамика движения запасов золота показаны на рисунке (Рисунок 1.10) Добыча золота показана на рисунке (Рисунок 1.11).

Добыча была остановлена с 01.03.2013 г. на месторождениях Каменушинское (ЗАО «Салаирский химический комбинат») из-за убыточности производства и Копна (ЗАО «НПО «Урское») из-за прекращения права пользования (окончание срока действия лицензии). Приказ федерального агентства (Роснедра) № 60 от 04.02.2014.

Прогнозные ресурсы Салаирской металлогенической зоны составляют (по данным на 01.01.2019): свинец 1457 тыс. т (в том числе 541 тыс. т кат. P₃), цинк 14604,2 тыс. т (из них 7308 тыс. т кат. P₃), медь 2160,5 тыс. т (в том числе 803 кат. P₃); золото коренное 434,9 т (в том числе 313,9 кат. P₃).

Перспективы прироста сырьевой базы свинца и цинка незначительны: прогнозные ресурсы металла, локализованные на территории Салаирской МЗ, кат. P₁ оцениваются 1697,2 тыс. т. (свинец — 73 тыс. т., цинк — 1524,2 тыс. т, медь — 100 тыс. т).

В пределах зоны имеется возможность наращивания запасов только за счет объектов с бедными рудами, их прогнозные ресурсы (свинец, цинк, медь, золото) категории P₁ составляют около 3% российских.

Апробированные прогнозные ресурсы (P₁ и P₂) и проведения поисковых работ с апробированными прогнозными ресурсами P₃ представлены в таблице (Таблица 1.3).

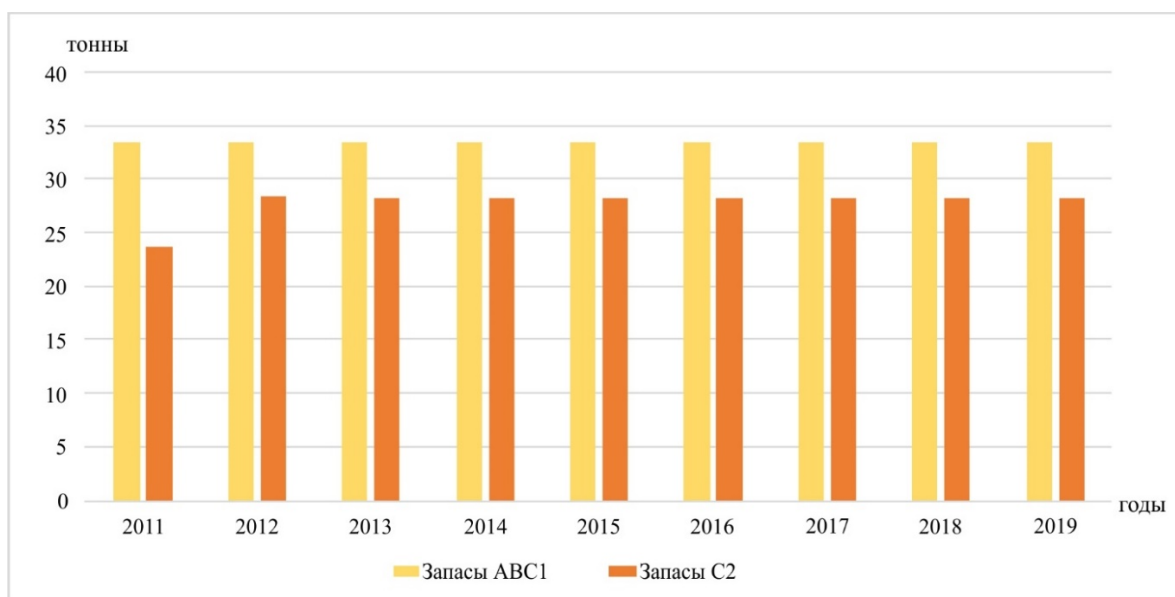


Рисунок 1.10 – Состояние запасов золота в 2011–2019 гг. (распределенный+нераспределенный фонд)

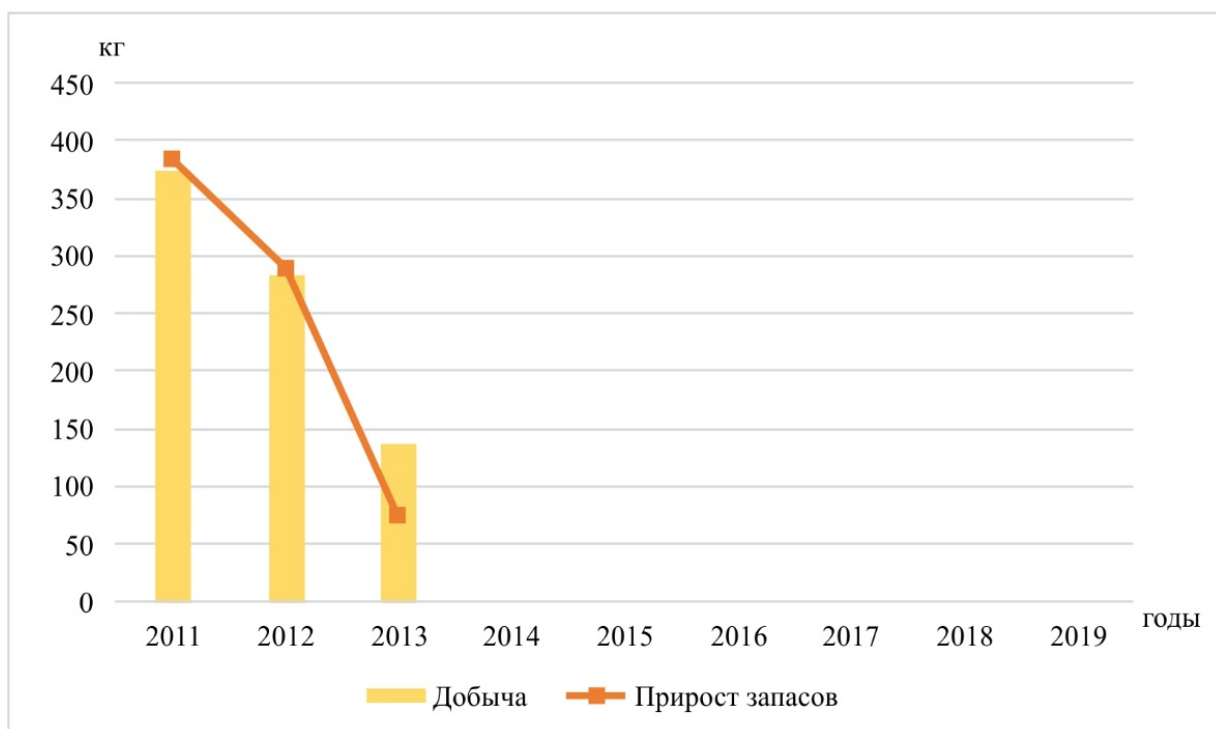


Рисунок 1.11 – Динамика добычи и прирост запасов золота за период 2011-2019 гг.

Таблица 1.3 Апробированные прогнозные ресурсы категории P₁, P₂, P₃

№№ п/п	Площадь	Геолого- промышленный тип	Содержание полезного компонента (%)	Прогнозные ресурсы на 01.01.2019 г. (тыс. т)		
				P ₁	P ₂	P ₃
СВИНЕЦ/ЦИНК/МЕДЬ						
1	Сухарноложское рудное поле, в том числе месторождения:	Колчеданно- полиметалличе- ский в вулканогенных ассоциациях (VAMS)	-2,35/1,04	-	60/747/335	
2	Кварцитовая Сопка		0,2/1,87/-	23/207/-	-	
3	Кварцитовая Сопка-2		-0,78/P2 - 0,3, P1 - 0,24	-/110/35	-/-/30	
	Урское рудное поле, в том числе участки:					
4	№ 1		0,8/2,42/-	-	30/90/-	
5	№ 2		0,8/2,42/-	-	30/90/-	
6	№ 3		0,8/2,42/-	-	30/90/-	
7	№ 4		0,8/2,42/-	-	30/90/-	
8	№ 5		-2,35/1,25	-	-/255/135	
9	Белоключевское рудное поле, в том числе месторождение		0,34/2/1,23	-	20/120/85	
10	Белоключевское		0,34/2/1,23	20/105/65		
11	Июньское рудное поле, в том числе месторождение		0,68/1,47/-	-	30/60/-	
12	Июньское	0,8/2,42/-	30/130/-	-		
13	Еловско-Которовский рудный узел	свинцово- цинковый медно- колчеданный малокавказский	0,3/1,87/0,39			305/2193/453
14	Каневский участок		-1,67/1,27		-/143/109	
15	Придорожный участок		-1/1,35		-/29/39	
16	Огнево-Заимковская пл		0,67/1,1/0,32		613/822/ 239	
17	Огнево-Романовский р.у.		0,3/1,87/0,39			236/1461/350
18	Вершино-Каменушинский		-/-/1,4		-/-/164	
19	Ускандинское р.п		-/1,06/1,32		-/66/77	
ЗОЛОТО						
			г/т	т		
20	Легостаевское рудное поле	золото- сульфидный	9,3		20	40
21	Вершино-Каменушинский		0,45		43	
22	Ускандинское р.п				12	
23	Пуштулимский р.р					78
24	Огнево-Романовский р.у.					52
25	Огнево-Заимковская площадь		0,5		37	
26	Еловско-Которовский р.р		1			66
27	Июньский рудопроявление	золотоносные коры химического выветривания	0,35	9		
28	Левобережная зона		2,1			36
29	Ивановско-Филимоновская зона		2			28
30	Егорьевский		2,25			13,87

2. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ САЛАИРСКОГО РУДНОГО РАЙОНА И САЛАИРСКО-КАМЕНУШИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

2.1. Геологическое строение Салаирского рудного района

В данной главе обобщены результаты изучения фондовых материалов, а также камеральных и полевых исследований выполненных нами в 2015-2017 гг. (Серавина, Инякин и др., 2017).

На территории Салаира добыча полиметаллов (меди, свинца, цинка), золота и серебра с различной интенсивностью ведется более 200 лет. Здесь известны многочисленные колчеданно-полиметаллические месторождения и рудопроявления с повышенными содержаниями в них золота и серебра, основные из которых находятся в пределах Салаирского рудного района (Рисунок 1.3). По комплексу характеристик они относятся к колчеданным месторождениям в вулканогенных ассоциациях (VMS).

Анализ фактического материала показывает, что перспективы выявления новых объектов золото-полиметаллического оруденения в регионе далеко не исчерпаны. На территории Салаира известны многочисленные недооценённые рудопроявления, пункты минерализации цветных металлов, геофизические и геохимические аномалии.

Салаирский рудный район является частью Салаирской металлогенической зоны и расположен в ее северо-восточной части, представляя собой фрагмент Бердовско-Ельцовской складчатой зоны.

Салаирский рудный район представляет собой крупную вулкано-тектоническую депрессию, ограниченную глубинными разрывными нарушениями с северо-восточной и юго-западной стороны. В пределах района развиты вулканогенные, вулканогенно-осадочные, терригенные и карбонатные породы, образование которых приходится на рифтогенный этап (ранний и средний кембрий). Стратифицированные отложения прорваны субвулканическими телами пород кислого состава и габбро-диоритов печеркинского комплекса.

При исследовании колчеданосных провинций сложенных вулканогенно-осадочными породами, сотрудниками ЦНИГРИ была показана эффективность разделения

вулканогенно-осадочных толщ на жерловую, околожерловую, промежуточную и удаленную фациальные зоны, с точки зрения удаленности от подводных каналов, что позволяет детальнее рассмотреть последовательность и условия формирования вулканогенных структур. Границы между фациальными зонами определяются по литологическому и петрографическому составу.

Жерловым фациальным зонам принадлежат субвулканические риолиты, риодациты, дациты, андезибазальты с порфировой, олигофировой и афировой структурами, их автомагматические брекчии и габбро-долериты. К околожерловым фациальным зонам относятся экструзивно-покровные фации, такие как лавобрекчии риолитового, риодацитового, дацитового, андезитового, андезибазальтового, базальтового состава и фации грубообломочных туфов основного и кислого состава.

К промежуточным фациальным зонам относятся покровные фации - лавы кислого и основного состава, игнимбритовидные лавовые потоки риолитов, риодацитов и пирокластические фации - туфы кислого и основного состава с обломками мелкой и средней размерности, туффиты).

К удаленным фациальным зонам относится широкий ряд разновидностей пирокластических пород с примесью осадочно-терригенного материала, таких как – алевролиты и алевропесчаники углеродистые, кремнистые и известковистые, песчаники, туфопесчаники, туфоалевролиты туфогравелиты, туфоконгломераты, туффиты, тефроиды, фтаниты и др.





















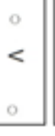






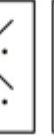
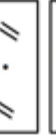

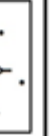


На основании приведенного разделения вулканогенно-осадочных толщ в ходе работ сотрудников отдела цветных металлов ФГБУ «ЦНИГРИ» по проектам в разных регионах с развитием вулканогенно-осадочных толщ, включающих полиметаллическое оруденение была создана литолого-фациальная легенда (Рисунок 2.1).


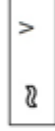













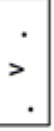






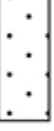

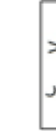










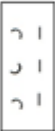


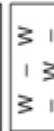
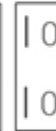

Легенда включает цветовое разделение, которое показывает общее фациальное строение формаций: субвулканические тела кислого и основного состава, риолиты, автомагматические брекчии, лавы и лавобрекчии кислого и основного состава, а также их туфы, терригенные, терригенно-карбонатные и карбонатные фации. При этом фации кислого состава отображаются в розовых тонах, основного состава — в зеленых. Более интенсивная окраска соответствует субвулканическим и жерловым фациям, менее яркая — пирокластическим образованиям. Детализированное отображение особенностей литологического состава вулканогенных и терригенных фаций отображено крапом.

Предварительный анализ размещения вулканогенных фаций показывает, что субвулканические и жерловые постройки формировались в линейных зонах и узлах,

трассирующих глубинные разломы (Кузнецкая зона, Ариничевский блок и др.), в местах замыкания крупных линейных антиклинальных поднятий и купольных структур (Ангурепский блок). При этом накопление лавовых и пирокластических фаций, возможно, происходило на склонах крупных вулканоаппаратов и в прилегающих впадинах.

Все известные в настоящее время на Салаире колчеданно-полиметаллические месторождения и рудопроявления приурочены к вулканогенно-осадочным и субвулканическим образованиям, относимым к печеркинскому вулканическому комплексу нижнего кембрия.

Фашии вулканогенных пород кислого состава	
Жерловая зона	Группа фаций жерловой зоны
<p>Автоматические брекчи риолитов, дацитов, риодацитов, "крупнокрапленные" риолиты, дациты и риодациты, кластолавы риолитового и риодацитового состава</p> 	 Автоматические брекчи риолитов  Автоматические брекчи риодацитов  Автоматические брекчи дацитов  Риолиты "крупнокрапленные" (с крапленниками кварца и полевого шлата)  Дациты "крупнокрапленные"  Риодациты "крупнокрапленные"  Кластолава риолитового состава  Кластолава риодацитового состава
<p>Афировые риолиты, дациты и риодациты</p> 	 Риодациты афировые  Риолиты афировые  Дациты афировые
Околожерловая зона	
<p>Лавобрекчи риолитов, дацитов, риодацитов</p> 	 Лавобрекчи риолитов  Лавобрекчи риодацитов  Лавобрекчи дацитов
<p>Грубообломочные туфы риолитового, дацитового, риодацитового и разного состава</p> 	 Туфы риолитового состава грубообломочные  Туфы риодацитового состава грубообломочные  Туфы дацитового состава грубообломочные  Туфы смешанного состава грубообломочные
Промежуточная зона	
<p>Лавы риолитов, дацитов, риодацитов</p> 	 Лавы риолитов  Лавы риодацитов  Лавы дацитов
<p>Мелкообломочные туфы риолитового, дацитового, риодацитового и разного состава</p> 	 Туфы риолитового состава мелкообломочные  Туфы риодацитового состава мелкообломочные  Туфы дацитового состава мелкообломочные  Туфы смешанного состава мелкообломочные
Фашии вулканогенных пород основного состава	
Жерловая зона	Группа фаций жерловой зоны
<p>Габбро-долериты</p> 	 Габбро-долериты (габбро-диабазы)

Окожерловая зона	Группа фаций окожерловой зоны
 <p>Кластолавы среднего состава</p>	 <p>Кластолава среднего состава</p>
 <p>Грубообломочные туфы андезитового, базальтового, андезибазальтового состава</p>	   <p>Туфы андезитового состава грубообломочные Туфы андезибазальтового состава грубообломочные Туфы базальтового состава грубообломочные</p>
<p>Промежуточная зона</p>	<p>Группа фаций промежуточной зоны</p>
 <p>Лавобрекчии андезитов, базальтов, андезибазальтов</p>	   <p>Лавобрекчии андезитов Лавобрекчии андезибазальтов Лавобрекчии базальтов</p>
 <p>Лавы андезитов, андезибазальтов, базальтов</p>	   <p>Лавы андезитов Лавы андезибазальтов Лавы базальтов</p>
 <p>Мелкообломочные туфы андезитового, базальтового, андезибазальтового состава</p>	   <p>Туфы андезитового состава мелкообломочные Туфы андезибазальтового состава мелкообломочные Туфы базальтового состава мелкообломочные</p>
<p>Фации вулканогенно-осадочных пород (прибрежно-морские и пирокластические)</p>	
<p>Удаленная зона</p>	<p>Группа фаций удаленной зоны</p>
 <p>Туфоконгломераты, туфогравелиты, конгломераты, гравелиты, чередование туфов кислого, среднего составов, туфопесчаников, туфоалевролитов, туфогравелитов</p>	        <p>Туфоконгломераты Туфогравелиты Конгломераты Гравелиты Чередование туфов кислого состава, туфопесчаников, туфоалевролитов Чередование туфов среднего состава, туфопесчаников, туфоалевролитов, туфогравелитов, туфоконгломератов Туффиты кислого состава</p>
 <p>Песчаники, песчаники аркозовые, граувакковые песчаники, туфопесчаники</p>	    <p>Песчаники Песчаники аркозовые Песчаники граувакковые Туфопесчаники</p>
 <p>Туффиты основного и разного составов, туфоалевролиты, алевролиты кремнистые, углистые, чередование алевролитов, песчаников, гравелитов, конгломератов, чередование туффитов кислого, основного составов, туфопесчаников, кремнистых и туфогенных алевролитов, туфопесчаников, чередование известковистых алевролитов, туффитов разного состава, тефроидов, известняков, чередование, алевролитов, аргиллитов, песчаников</p>	        <p>Туффиты основного состава Туффиты смешанного состава Туфоалевролиты Алевролиты Алевролиты кремнистые Алевролиты углистые Чередование алевролитов, песчаников, гравелитов, конгломератов</p>

	<p>Чередование туффитов кислого состава, туфопесчаников, кремнистых и туфогенных алевролитов</p> <p>Чередование туффитов основного состава, туфопесчаников, туфоалевролитов, туфогравелитов, туфоконгломератов</p> <p>Чередование известковистых алевролитов, туффитов разного состава, тефроидов, известняков</p> <p>Чередование алевролитов, аргиллитов, песчаников</p>
<p>Аргиллиты</p>	<p>Аргиллиты</p>
<p>Алевролиты известковистые</p>	<p>Алевролиты известковистые</p>
<p>Известняки</p>	<p>Известняки</p>
<p>Известняки органогенные</p>	<p>Известняки органогенные</p>
<p>Чередование известняков с известковистыми алевролитами</p>	<p>Чередование известняков с известковистыми алевролитами</p>
<p>Формации</p> <p>Надрудные (Є₂₋₃) и моложе</p> <p>Надрудная туфогенно-карбонатно-терригенная (Є₁)</p> <p>Подрудная вулканогенно-карбонатно-терригенная (Є₁)</p> <p>Метаморфический комплекс основания (R₃-Є₁)</p> <p>Рудовмещающие (Є₁)</p> <p>Базальт-андези-риолитовая последовательность дифференцированная</p> <p>Базальт-риолитовая контрастная</p> <p>Рифогенная карбонатная</p>	<p>Интрузивные породы</p> <p>Граниты аляскитовые</p> <p>Граниты биотит-роговообманковые</p> <p>Граниты биотитовые порфиоровидные</p> <p>Гранодиориты</p> <p>Гранит-порфиры</p> <p>Диориты</p> <p>Габбро</p> <p>Габбро-диорит</p>
<p>Другие обозначения</p> <p>Разрывные нарушения</p> <p>крупные надвиговые зоны</p> <p>надвиговые нарушения</p> <p>рядовые нарушения</p> <p>предполагаемые</p> <p>Месторождения</p> <p>Колчеданно-полиметаллические, колчеданно-барит-полиметаллические месторождения</p> <p>Медно-цинково-колчеданные, медно-колчеданные месторождения</p>	<p>Рудная минерализация</p> <p>Рудные тела без разделения на типы</p> <p>Зоны минерализации и некондиционные рудные тела Pb+Zn+Cu<=1%</p>

Окончание Рисунка 2.1.

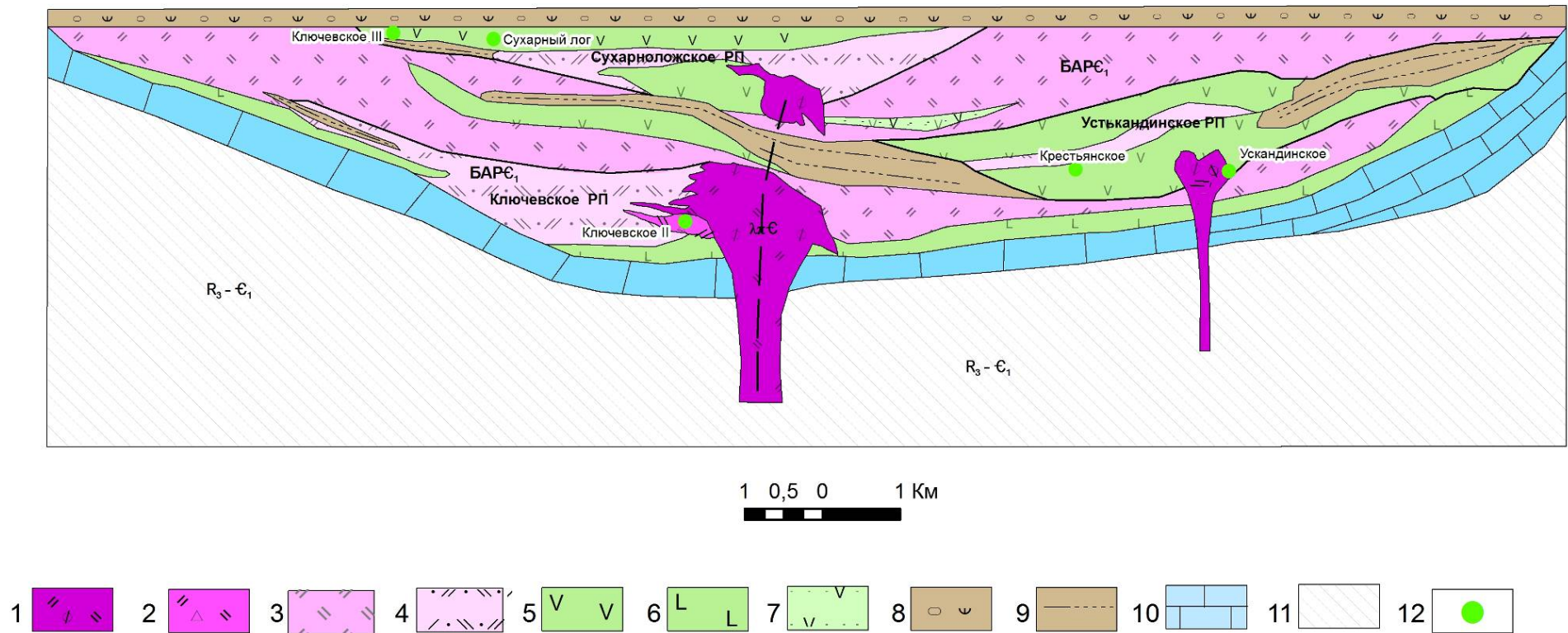
В настоящее время на основании изучения условий накопления вулканогенно-осадочных отложений нижнего кембрия, их литолого-фациальному, петрохимическому, палеоструктурному анализу, а также анализу обстановок локализации рудных месторождений, позволяет обосновать неоднородность вулканогенно-осадочного разреза печеркинского вулканического комплекса и циклический характер проявления вулканической активности в нижнем кембрии.

Для данного рудного района эта неоднородность и цикличность выражена в двух этапах формирования вулканогенно-тектонической депрессии, которые отвечают двум циклам проявления раннекембрийской вулканической активности в районе:

На первом (раннем) этапе на позднерифейско-раннекембрийском фундаменте сформировалась крупная вулканогенно-тектоническая депрессия протяжённостью ~45 км, занимающая основную часть территории Салаирского рудного района и выполненная вулканогенными и вулканогенно-осадочными породами последовательно дифференцированной базальт-андезит-дацит-риолитовой формации (Рисунок 2.2), являющейся нижним уровнем рудовмещающей печеркинской свиты. Мощность вулканитов в наиболее прогнутых частях достигает 3000 м. Вулканогенно-тектоническая депрессия характеризуется относительно пологими бортами, угол наклона которых не превышает 30°. Депрессия осложнена более мелкими вулканическими впадинами, определяющими положение рудных полей, вмещающих известные в настоящее время месторождения и рудопроявления. Характерно, что в их пределах роль средних и основных пород резко возрастает, что, по-видимому, определяет профиль оруденения (медно-колчеданный и медно-цинково-колчеданный). С этим этапом связано также развитие рифогенных построек достигающих крупных размеров, сложенных в основном биогенными известняками с остатками археоциат и водорослей.

Из диаграммы кислотность-щелочность ($\text{SiO}_2\text{--K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$) (Рисунок 2.3) видно, что породы основного состава представлены базальтами (реже трахибазальтами), среднего — андезитами, а кислого — преимущественно низкощелочными риолитами, риодацитами, дацитами и нормального ряда — риолитами, риодацитами и дацитами.

Во всех разностях вулканогенных пород резко преобладает Na_2O над K_2O (Рисунок 2.3), поэтому они относятся к натриевой серии, причем кислые разности характеризуются более высокими содержаниями натрия от 3,5 до 7% и значительной кальциевой составляющей, а основные и средние содержат Na_2O от 1 до 3,5%. Незначительная часть пород попадает в область калиево-натриевой серии и единичные породы в область калиевой, что не меняет общей петрохимической характеристики этой группы вулканитов и скорее всего, связано со значительными вторичными изменениями.



Фации вулканогенных пород: Кислого состава. Группа фаций жерловой зоны: 1 – Афировые риодациты. Группа фаций околожерловой зоны: 2 – Лавобрекчии риодацитов. Группа фаций промежуточной зоны: 3 – Лавы риодацитов с прослоями и линзами вулканогенно-осадочного и осадочного материала удаленных зон; 4 – Мелкообломочные туфы риодацитового состава с прослоями и линзами, туффитов, туфопесчаников и туфоалевролитов удаленных зон *основного и среднего состава*. Группа фаций промежуточной зоны: 5 – Лавы андезитов с прослоями вулканогенно-осадочного и осадочного материала удаленных зон; 6 – Лавы базальтов; 7 – Туфы андезитового состава с прослоями и линзами туффитов, туфопесчаников и туфоалевролитов удаленных зон. **Фации вулканогенно-осадочных пород: Удаленная зона:** 8 – Чередование туффитов, туфопесчаников, туфоалевролитов, туфогравелитов, туфоконгломератов; 9 – Чередование алевролитов, аргиллитов, алевропесчаников и песчаников; 10 – Известняки. **Прочие условные обозначения:** 11 – Породы фундамента; 12 – Медно-цинково-колчеданные, медно-колчеданные месторождения

Рисунок 2.2 – Геометризованная модель (палеорекострукция) Салаирского рудного района на время отложения последовательно дифференцированной базальт-андезит-дацит-риолитовой формации (ранний цикл вулканизма). (Серавина Т.В., Инякин А.В. и др., 2017)

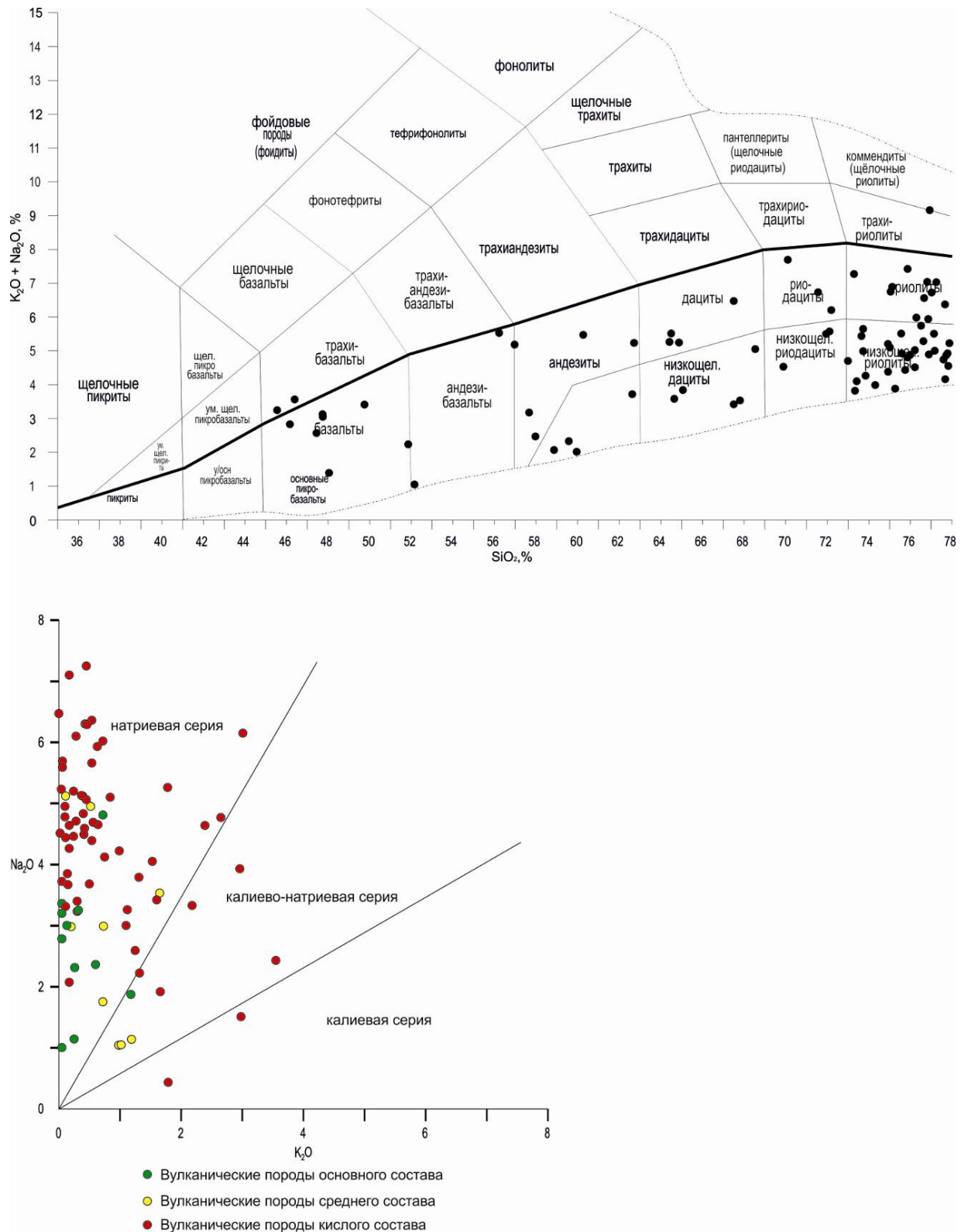


Рисунок 2.3 – Диаграммы в координатах SiO₂–(K₂O+Na₂O) и K₂O–Na₂O, для вулканогенных отложений раннего цикл вулканизма Салаирского рудного района. Серавина Т.В., Инякин А.В. и др., 2017

Таким образом, рудные поля (Ускандинское, Сухарноложское и Ключевское), сформировавшиеся на раннем этапе вулканической активности, выполнены продуктами натровой последовательно дифференцированной базальт-андезит-дацит-риолитовой формации. Последняя характеризуется повышенной железистостью пород кислого состава и известковистостью среднего и основного состава при невысоких содержаниях магния. К вулканогенным породам данной формации приурочен нижний (первый) уровень оруденения.

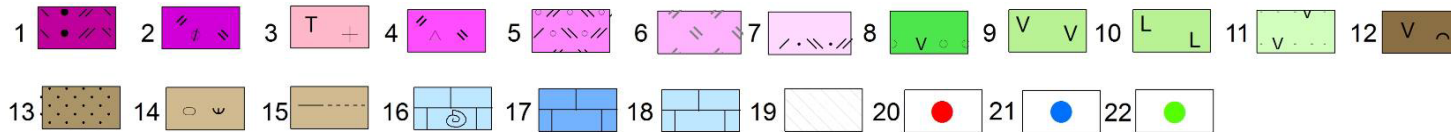
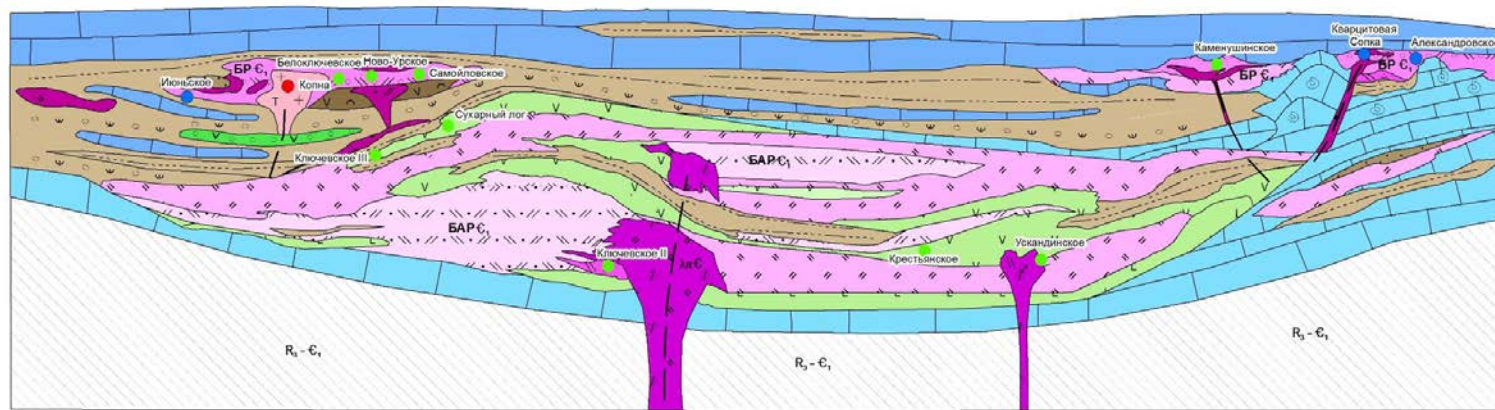
Далее следовало затишье вулканической активности в районе, что обусловило накопление толщ пород, характерных для бассейнов седиментации — известняков, доломитов, песчаников, алевролитов, реже туфов кислого состава, за счёт чего рельеф морского дна выровнялся.

Данные отложения являются промежуточными между первым (ранним) и вторым (поздним) этапами вулканической активности региона и могут рассматриваться в качестве субформации первого (раннего) цикла.

На втором (позднем) этапе заложилась локальные палеовпадины размером порядка 6–8 км, при мощности вулканогенных отложений контрастной формации 500–700 м (с увеличением мощности в центральном сечении) по-видимому, из-за некоторой тектонической активности района, которая способствовала прогибанию вулканогенных образований в краевых частях вулканотектонической депрессии «раннего этапа» (Рисунок 2.4). Палеовпадины выполнены вулканогенными и вулканогенно-осадочными отложениями контрастной базальт-риолитовой формации. На данном этапе продолжили своё развитие рифогенные постройки.

На диаграммах кислотности-щелочности ($\text{SiO}_2\text{--K}_2\text{O+Na}_2\text{O}$) видно (Рисунок 2.5), что породы основного состава соответствуют нормальному и умеренно-щелочному ряду и представлены базальтами и андезитобазальтами. Единичный образец соответствует щелочному ряду. Кислые породы: риолиты, риодациты и дациты, относятся к низкощелочному ряду. Редкие пробы соответствуют риолитам нормального ряда. Все разновидности вулканогенных пород характеризуются резким преобладанием Na_2O над K_2O и относятся к натриевой серии (Рисунок 2.5), причем в отличие от нижнего уровня для кислых разновидностей более характерны низкие содержания Na_2O , чем в основных. Все вулканиты этого этапа содержат высокие концентрации железа. Незначительная часть пород попадает в область калиево-натриевой серии и единичные породы в область калиевой, что не меняет общей петрохимической характеристики этой группы вулканитов.

Для вулканогенных пород Салаирского рудного района дополнительно построены тройные диаграммы в координатах $\text{CaO-(FeO+Fe}_2\text{O}_3)\text{--MgO}$ и $\text{K}_2\text{O--Na}_2\text{O--CaO}$.



Фации вулканогенных пород: *Кислого состава.* Группа фаций жерловой зоны: 1 – крупновкрапленные риодациты; 2 – афировые риодациты; 3 – кварц-топазовые интрузивные породы. Группа фаций околожерловой зоны: 4 – лавобрекчии риодацитов; 5 – грубообломочные туфы риодацитового состава с прослоями и линзами туфов мелкообломочных различного состава, туфогравелитов, туфопесчаников и туфоалевролитов удаленных зон. Группа фаций промежуточной зоны: 6 – лавы риодацитов с прослоями и линзами вулканогенно-осадочного и осадочного материала удаленных зон; 7 – Мелкообломочные туфы риолитового состава с прослоями и линзами, туффитов, туфопесчаников и туфоалевролитов удаленных зон *Основного и среднего состава.* Группа фаций околожерловой зоны: 8 – Туфы андезибазальтового состава. Группа фаций промежуточной зоны: 9 – Лавы андезитов с прослоями вулканогенно-осадочного и осадочного материала удаленных зон; 10 – Лавы базальтов; 11 – Туфы андезитового состава с прослоями и линзами туффитов, туфопесчаников и туфоалевролитов удаленных зон. **Фации вулканогенно-осадочных пород:** *Удаленная зона:* 12 – Чередование туфов среднего состава, туфопесчаников, туфоалевролитов, туфогравелитов, туфоконгломератов; 13 – Песчаники; 14 – Чередование туффитов, туфопесчаников, туфоалевролитов, туфогравелитов, туфоконгломератов; 15 – Чередование алевролитов, аргиллитов, алевропесчаников и песчаников; 16 – Преимущественно археациатовые органогенные известняки гавриловской свиты; 17 – Известняки анчешевского горизонта; 18 – Известняки. **Прочие условные обозначения:** 19 – Породы фундамента; 20 – Золотые месторождения; 21 – Колчеданно-полиметаллические, колчеданно-барит-полиметаллические месторождения; 22 – Медно-цинково-колчеданные, медно-колчеданные месторождения.

Рисунок 2.4 – Геометризованная модель (палеорекострукция) Салаирского рудного района на время отложения контрастной базальт-риолитовой формации (поздний цикл вулканизма). (Серавина Т.В., Инякин А.В. и др., 2017).

Из тройной диаграммы $\text{CaO}-(\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3)\text{-MgO}$ (Рисунок 2.6) видно, что породы соответствуют преимущественно трем областям: первое — с преобладанием железа, второе — с преобладанием железа и магния, третье — с преобладанием железа и кальция. Единичный образец соответствует области с преобладанием кальция и магния.

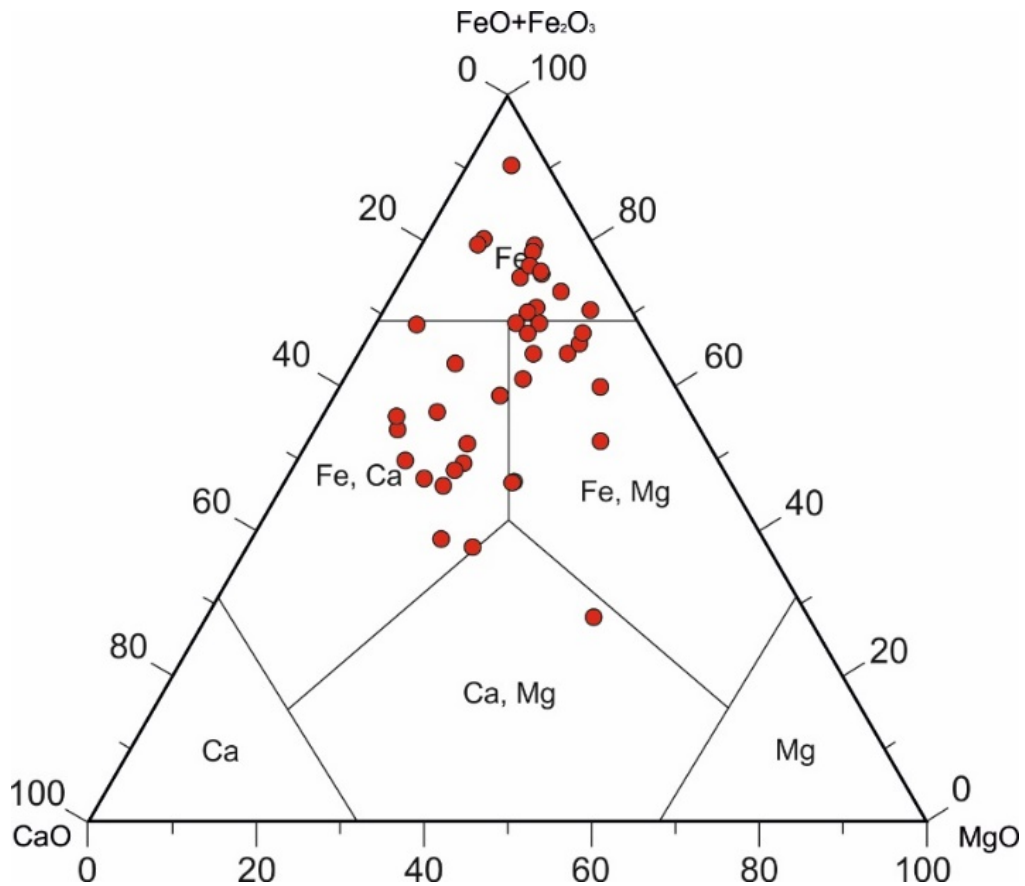


Рисунок 2.6 – Тройная диаграмма ($\text{CaO}-\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-MgO}$) для вулканогенных пород Салаирского рудного района

Из тройной диаграммы $\text{K}_2\text{O}-\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}$ (Рисунок 2.7) видно, что породы соответствуют преимущественно четырем областям: с преобладанием натрия, кальция и натрия, натрия и калия, кальция. Единичный образец соответствует области с преобладанием калия и кальция.

Таким образом, вулканогенные породы Салаирского рудного района относятся к двум натриевым формациям: непрерывной базальт-андезит-дацит-риолитовой и контрастной базальт-риолитовой.

Формации обладают рядом сходных черт: сформированы в пределах одного рудного района, имеют близкий состав однотипных пород, петрохимические параметры и состав оруденения. Для определения сериальной принадлежности вулканитов Салаирского рудного района использована также диаграмма в координатах $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})\text{-SiO}_2$ по (Куно, 1970), из которой следует, что они относятся к толеитовой серии.

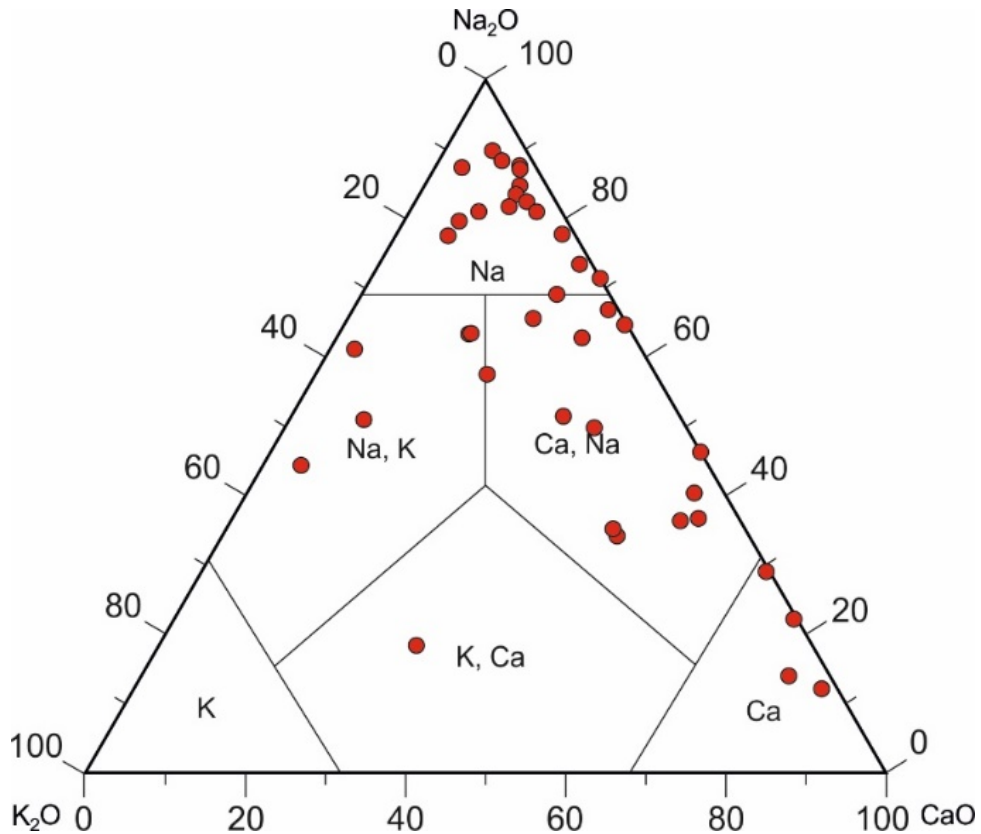
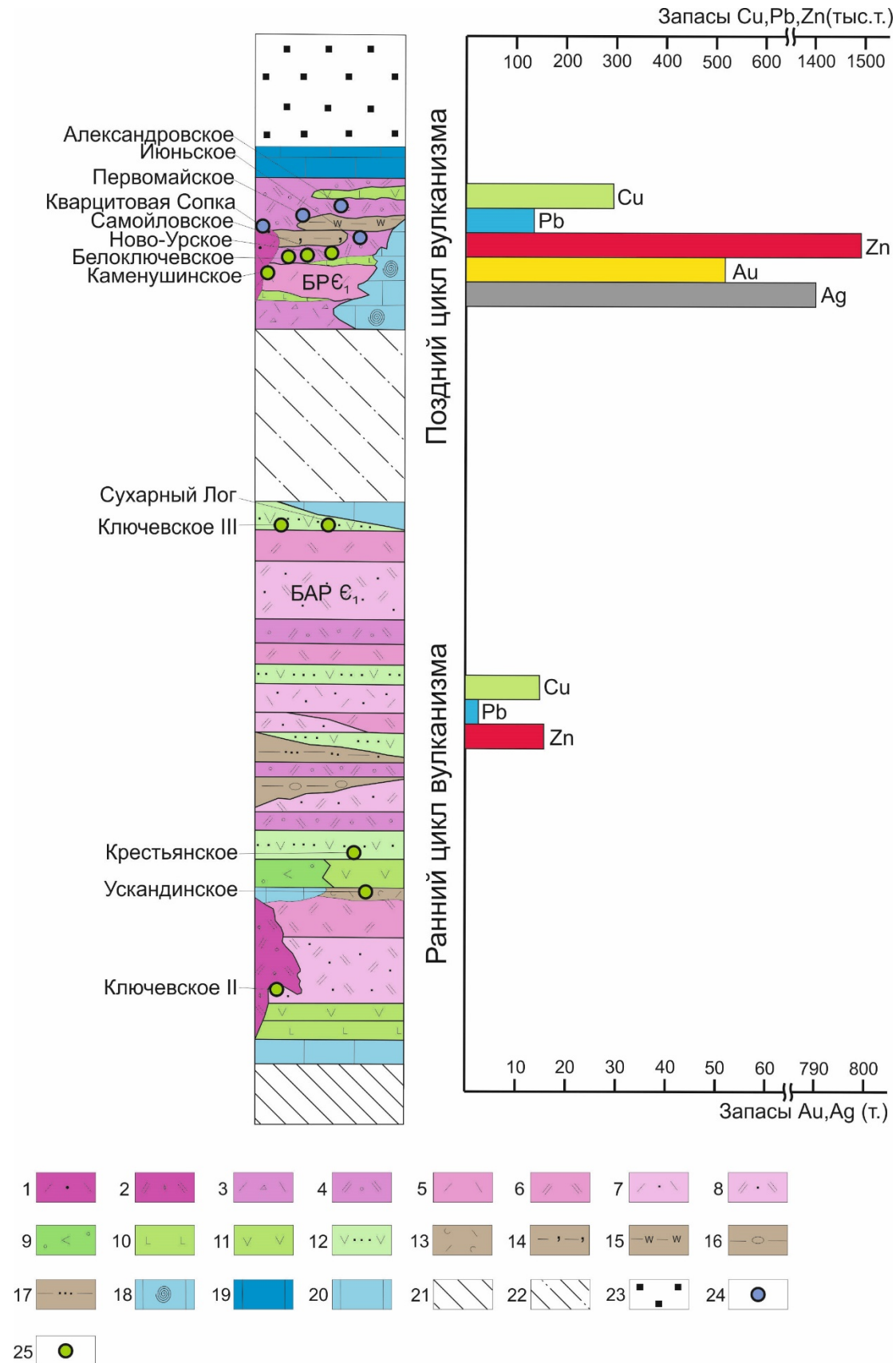


Рисунок 2.7 – Тройная диаграмма ($\text{K}_2\text{O}\text{-Na}_2\text{O}\text{-CaO}$) для вулканогенных пород Салаирского рудного района.

Полиметаллическое оруденение связано с двумя рудоносными формациями натриевого ряда — нижней последовательно дифференцированной базальт-андезит-дацит-риолитовой и верхней — контрастной базальт-риолитовой. Значительная часть рудных зон приурочена к породам фаций, представленных туфогенными кремнистыми алевролитами, кремнистыми туффитами в тонком прослаивании с туфогенными глинистыми, кремнисто-глинистыми алевролитами и мелкозернистыми песчаниками с прослоями туфов среднего состава. Рудовмещающие отложения и руды локализованы в

вулканотектонических депрессиях, занимающих надкупольное, склоновое или надвулканическое положение.

Анализ продуктивности двух уровней рудолокализации эталонного для Салаирской минерагенической зоны Салаирского рудного района (Рисунок 2.8) показывает, что основные промышленные запасы меди, свинца, цинка, серебра и золота связаны с верхней контрастной формацией, продуктивность которой на несколько порядков выше, чем нижней непрерывной, что наряду с другими геологическими факторами имеет значительную поисковую ценность.



Условные обозначения:

Фации вулканогенных пород: *Кислого состава.* Группа фаций жерловой зоны: 1 – Крупновкрапленные риолиты; 2 – Риодациты афировые. Группа фаций околожерловой зоны: 3 – Лавобрекчии риолитов; 4 – Грубообломочные туфы риодацитового состава с прослоями и линзами мелкообломочных туфов, туфогравелитов, туфопесчаников и туфоалевролитов удаленных зон. Группа фаций промежуточной зоны: 5 – Лавы риолитов; 6 – Лавы риодацитов с прослоями вулканогенно-осадочного и осадочного материала удаленных зон; 7 – Мелкообломочные туфы риолитового состава с прослоями и линзами, туффитов, туфопесчаников и туфоалевролитов удаленных зон; 8 – Мелкообломочные туфы риодацитового состава с прослоями и линзами туффитов, туфопесчаников и туфоалевролитов удаленных зон. *Основного и среднего состава:* Группа фаций околожерловой зоны: 9 – Туфы андезибазальтового состава. Группа фаций промежуточной зоны: 10 – Лавы базальтов; 11 – Лавы андезитов с прослоями вулканогенно-осадочного и осадочного материала удаленных зон; 12 – Туфы андезитового состава с прослоями и линзами туффитов, туфопесчаников и туфоалевролитов удаленных зон.

Фации вулканогенно-осадочных пород: *Удаленная зона:* 13 – Чередование туфов кислого состава, туфопесчаников, туфоалевролитов; 14 – Переслаивание туфопесчаников, туфоалевролитов и кремнистых алевролитов; 15 – Переслаивание туфопесчаников, туфоалевролитов и углистых алевролитов; 16 – Чередование алевролитов, песчаников, гравелитов и конгломератов; 17 – Чередование алевролитов, аргиллитов, алевропесчаников и песчаников; 18 – Преимущественно археациатовые органогенные известняки гавриловской свиты; 19 – Известняки анчешевского горизонта; 20 – Известняки.

Прочие условные обозначения: 21 – Породы фундамента; 22 – Туфогенно-терригенно-карбонатные образования, разделяющие ранний и поздний циклы вулканизма и рудообразования; 23 – Надрудные нерасчлененные образования; 24 – Колчеданно-полиметаллические, колчеданно-барит-полиметаллические месторождения; 25 – Медно-цинково-колчеданные, медно-колчеданные месторождений.

Рисунок 2.8 – Литолого-фациальная колонка вулканогенно-осадочных отложений Салаирского рудного района и их продуктивность. (Серавина Т.В., Инякин А.В. и др., 2017)

2.2. Геологическое строение Салаирско-Каменушинского рудного поля

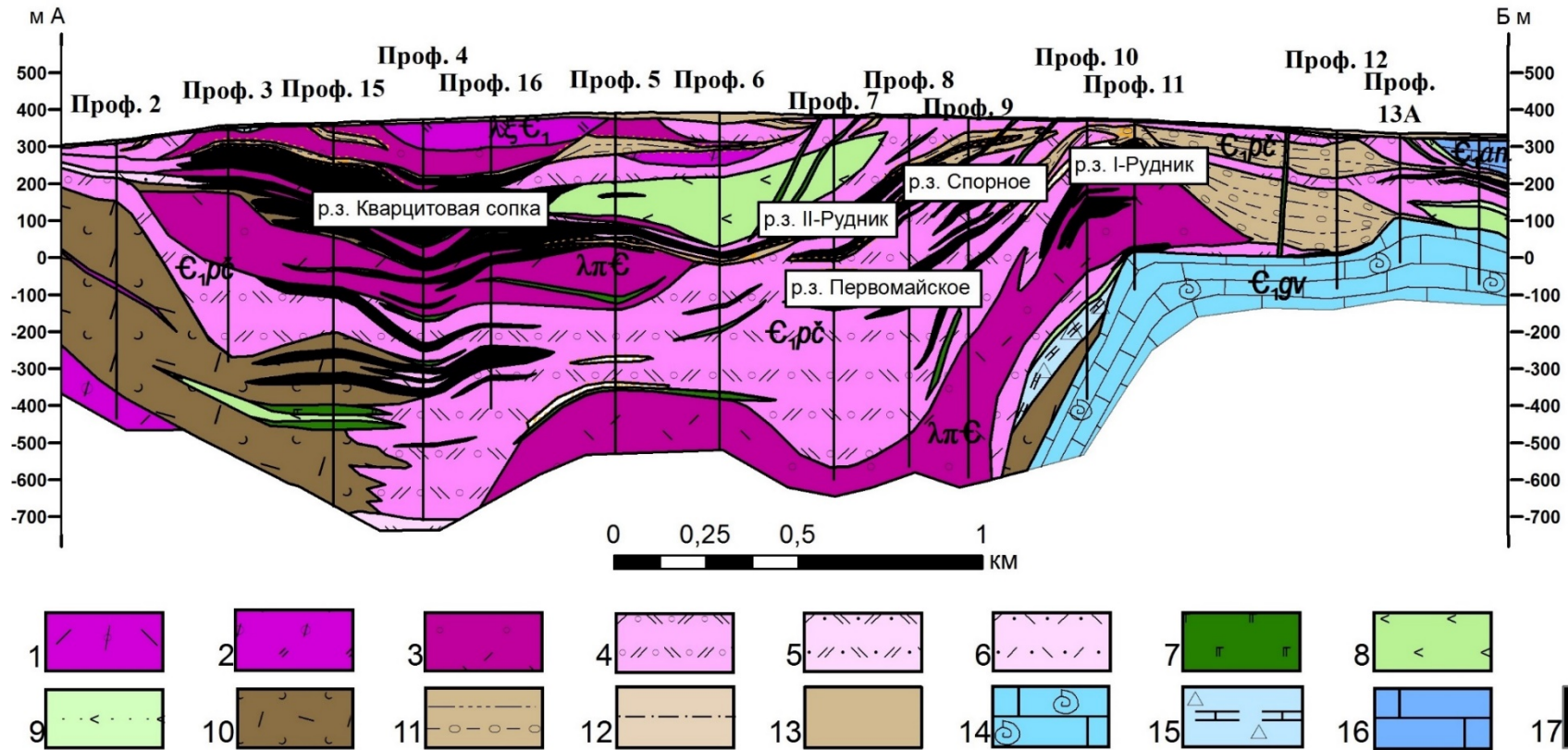
Рудные поля Салаирского рудного района, как было упомянуто выше, представлены вулканогенными прогибами. В сложно построенной вулкано-тектонической депрессии, контролирующей рудный район, они занимают определенное надвулканическое положение по отношению к вулканическим постройкам, сложенным кремнекислыми вулканитами.

В строении рудных полей четко выражена зональность в распределении фаций вулканогенных пород как для первого, так и для второго цикла вулканизма.

Вулканиты жерловой фации расположены в центральных частях палеовпадин, выше и ниже которых залегают покровные лавы, лавобрекчии кислого, основного или среднего состава и их туфы, отвечающие околожерловой и промежуточной фаціальным зонам. На периферии рудных полей развиты породы промежуточной и удаленной фаціальных зон, которые представлены преимущественно осадочными отложениями: алевролитами, песчаниками, туффидами, известняками, часто чередующимися с мелкообломочными туфами кислого и основного составов, туфоалевролитами, туфопесчаниками. Вулканогенно-осадочная толща прорывается дайками габбро-долеритов и долеритов.

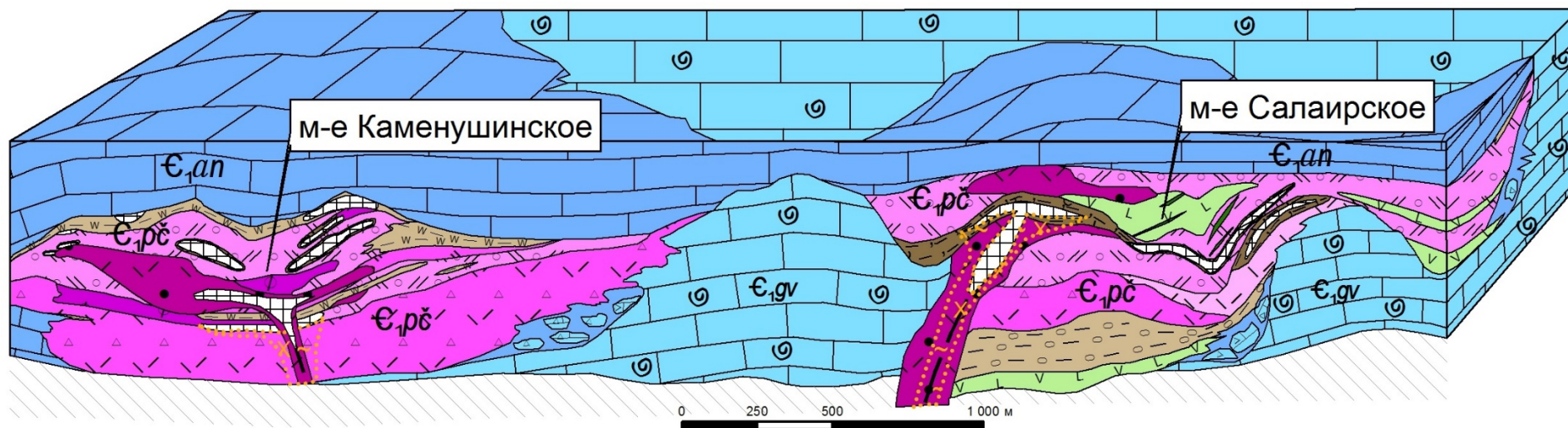
В пределах Салаирского рудного района промышленные колчеданно-полиметаллические месторождения приурочены к вулканическим структурам позднего этапа (локальным палеовпадинам) — Салаирской, Каменушинской и Урской и ранее рассматривались в качестве отдельных рудных полей. При этом на Салаирской установлен ряд месторождений — Кварцитовая Сопка, Первомайское, I-Рудник, II-Рудник, III-Рудник, Спорное, Александровское и Слепое, запасы по которым учтены в Госбалансе. В то же время, по размерам Салаирское рудное поле является месторождением размером примерно 6 км² (Металлогенический кодекс, 2012), а выделенные в его пределах месторождения — рудными зонами. Данный вывод подтверждён построением продольного разреза через Салаирскую структуру (Рисунок 2.9), на котором видно, как рудные зоны некоторых месторождений сливаются в единые.

Салаирская и Каменушинская локальные депрессии сформировались в одном латеральном ряду с крупными рифогенными постройками (Рисунок 2.10), сложенными археоциатовыми и водорослевыми известняками гавриловской свиты. Известняки характеризуются незначительным содержанием окиси магния и железа и высоким содержанием (до 10%) окиси кремния.



Фации пород жерловой и околожерловой зоны вулканизма: 1 – афировые риолиты; 2 – афировые риодациты; 3 – риолиты и риодациты крупновкрапленные включающие лавобрекчии, кластолавы и грубообломочные туфы риодацитового состава; 7 – габбро-долериты и долериты. **Фации пород промежуточной зоны вулканизма:** 4 – чередование горизонтов лав кислого состава, их туфов и туфов разного состава, мелко и среднеобломочной размерности; 5 – туфы мелко и среднеобломочные риодацитового состава; 6 – туфы мелко и среднеобломочные риолитового состава; 8 – лавы андезибазальтов, 9 – туфы мелко и среднеобломочные андезибазальтового состава. **Фации пород удаленной зоны вулканизма:** 10 – чередование туффигов, туфов разного состава, туфоалевролитов, туфопесчаников и туфогравелигов; 11 – чередование углеродистых, известковистых и кремнистых алевролитов, алевропесчаников и песчаников, 12 – алевролиты. 13-приповерхностные коры выветривания. **Известняки:** 14 – рифогенные, гавриловской свиты; 15 – брекчии обрушения; 16 – хемогенно-биогенные, анчешевской свиты. 17 – рудные зоны колчеданно-полиметаллических с золотом и серебром руд

Рисунок 2.9 – Продольный литолого-фациальный разрез через месторождение Салаирское



Условные обозначения Рисунок 2.1

Рисунок 2.10 – Палеорекострукция Салаирско-Каменушинского рудного поля

Возраст постройки определён ещё предыдущими исследователями (Токарев Д.А., 2015) и подтверждён нами по находкам археоциат (Рисунок 2.11), появление, расцвет и вымирание которых в истории Земли приходится на ранний и средний отделы кембрия.

Так же в состав подстилающих отложений входят туфогенно-терригенные разности пород в виде маломощных прослоев и линз. Перекрываемыми (надрудными) для данного района служат туфогенно-карбонатно-терригенные отложения анчешевской свиты. Исходя из вышеизложенного, а также с учётом общности петрохимических характеристик вулканогенных пород и их литолого-фациального состава, можно сделать вывод о наличии единой Салаирско-Каменушинской структуры, отвечающей одноимённому рудному полю. Таким образом, впервые выделенное в ранг месторождения Салаирское включает рудные зоны Кварцитовая Сопка, Первомайское, I-Рудник, II-Рудник, III-Рудник, Спорное, Александровское и Слепое.



Рисунок 2.11 – Фауна в известняках гавриловской свиты

К характерным чертам Салаирско-Каменушинского рудного поля относятся следующие:

— месторождения и рудные зоны сложены вулканогенно-осадочными породами контрастной базальт-риолитовой формации натриевого ряда;

— месторождения приурочены к локальным палеодепрессиям (палеовпадинам), являющимся осложнениями более крупных вулкано-тектонических структур;

— ореолы гидротермального изменения, сопровождающие рудные тела, представлены кварц-серицитовыми, кварц-серицит-хлоритовыми образованиями и метасоматическими кварцитами с баритом.

Первое защищаемое положение

Структура Салаирско-Каменушинского рудного поля сформировалась в конце раннего кембрия на позднем, из двух выделенных, этапе образования крупной вулканотектонической депрессии, отвечающей Салаирскому рудному району. Геологическое строение рудного поля определяется сочетанием в латеральном ряду локальных палеовпадин, выполненных вулканогенными и вулканогенно-осадочными образованиями контрастной базальт-риолитовой формации натровой серии и палеоподнятий в виде рифогенных построек. В палеовпадинах сформированы Салаирское и Каменушинское месторождения.

3. ОБСТАНОВКИ ЛОКАЛИЗАЦИИ КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД САЛАИРСКО-КАМЕНУШИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

Размещение зон рудной минерализации, морфологические особенности рудных тел, минералого-геохимический состав руд в определённой степени обусловлены их приуроченностью к тем или иным фациям рудовмещающих вулканитов. На основании литолого-фациального анализа выделены породы, относящиеся к жерловой, околожерловой, промежуточной и удалённой фациям вулканизма.

Жерловые фации представлены породами кислого состава – субвулканическими и экструзивными крупновкрапленными риолитами, риодацитами и дацитами, реже основного состава — габбро-долеритами, интенсивно изменёнными, рассланцованными и превращёнными практически в кварциты, кварц-серицитовые, кварц-хлорит-серицитовые и другие породы. При макроизучении в породах видна первичная порфировая структура за счёт уцелевших выделений кварца и плагиоклаза, которые нередко перекристаллизованы и замещены крупнозернистым кварц-альбитовым агрегатом. Основная масса сложена вторичными мелкозернистым кварцем, чешуйками хлорита и серицита. С породами этих фаций связаны штокверковые полиметаллические рудные зоны рассматриваемого рудного поля.

Риолиты — породы с порфировой структурой. Порфировые выделения представлены единичными фенокристаллами кварца (Рисунок 3.1) и плагиоклаза, размером от 1,0 до 2,0 мм. Кроме того, плагиоклаз образует гломеропорфировые сростки. Основная масса мелкозернистая кварц-полевошпатового состава, с не ясно выраженной сферолитовой текстурой. Породы повсеместно изменены: преимущественно окварцованы, в меньшей степени хлоритизированы, серицитизированы и содержат вкрапленность пирита.

Риодациты — породы промежуточного состава между риолитом и дацитом. Характеризуются также порфировой структурой, обусловленной наличием крупных (размером 1,0–2,5 мм) фенокристаллов плагиоклаза (Рисунок 3.2, А), калиевого полевого шпата и небольшого количества кварца (Рисунок 3.2, Б). Основная масса мелко-тонкозернистая, состоит из полевых шпатов и кварца, альбитизированная, обладает флюидальной текстурой.

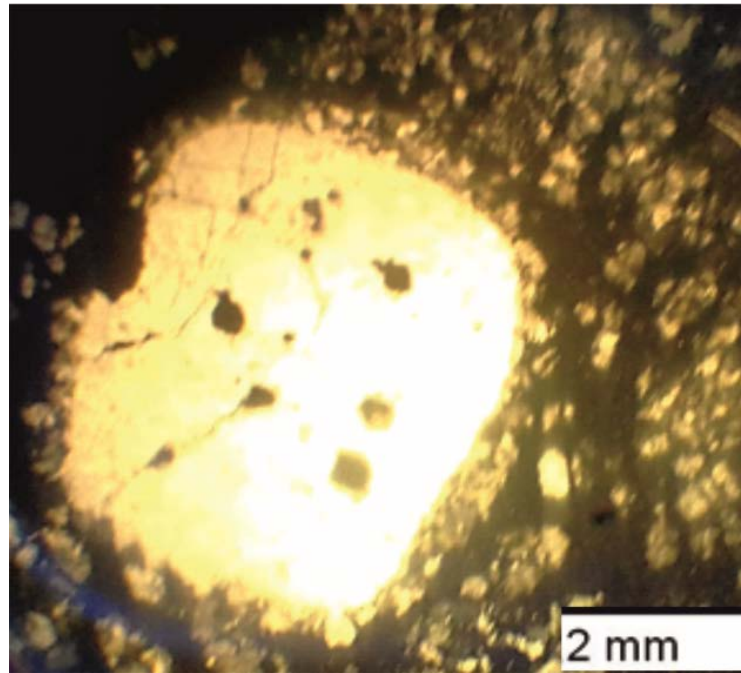


Рисунок 3.1 – Окварцованный риолит с выделениями фенокристаллов кварца; николи скрещены

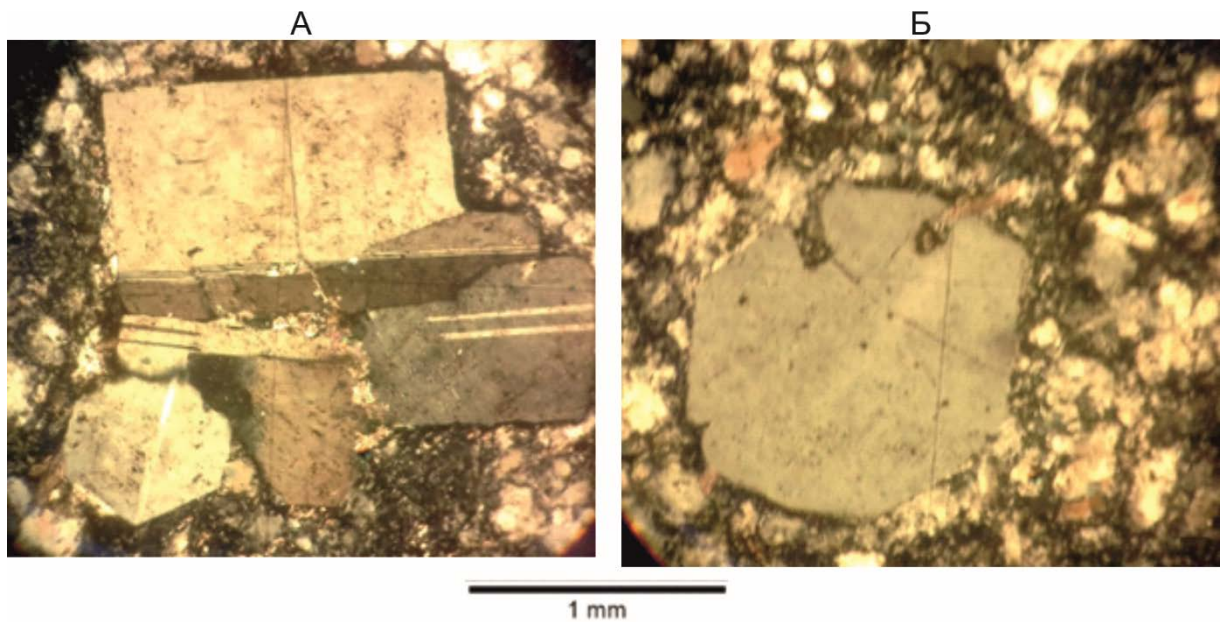


Рисунок 3.2 – Риодацит с выделениями фенокристаллов плагиоклаза (А) и кварца (Б); николи скрещены

Даци́ты — породы порфировой структуры. Фенокристаллы представлены плагиоклазом и кварцем размером от 0,2 до 2,0 мм, составляющими 5–10% от объема породы (Рисунок 3.3). Кварц составляет не более 5% от массы породы. Кроме того, отмечаются гломеропорфировые сростки плагиоклаза. Основная масса состоит из микролитов плагиоклаза, размером 0,1–0,2 мм, промежутки между которыми выполнены хлоритизированным стеклом. Структура основной массы — микролит-фельзитовая. Даци́ты интенсивно альбитизированы, в меньшей степени окварцованы, хлоритизированы и содержат вкрапленность пирита.

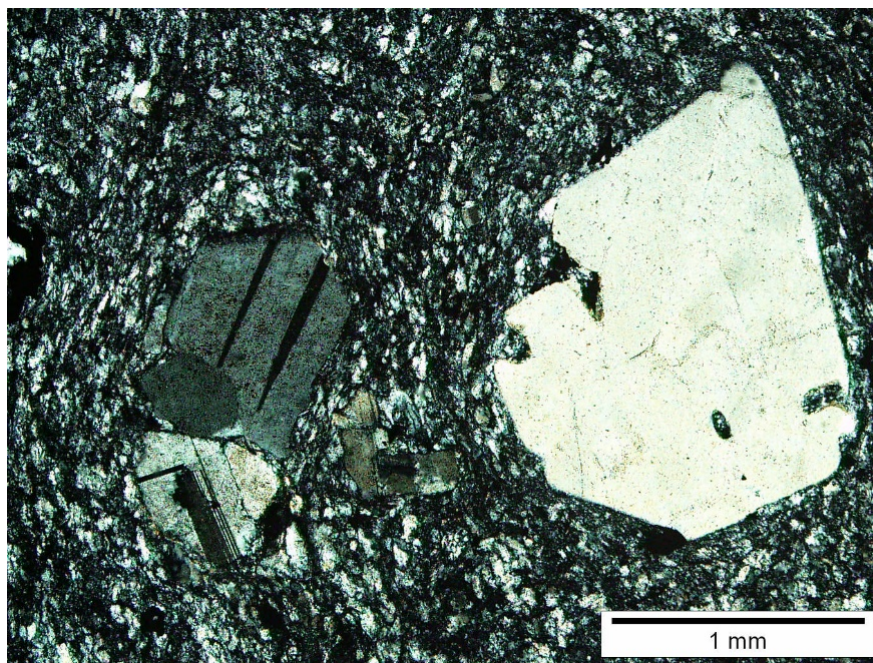


Рисунок 3.3 – Даци́т с выделениями фенокристаллов плагиоклаза и кварца; николи скрещены

Габбро-долериты — породы среднезернистой структуры, массивной текстуры (Рисунок 3.4). Состоят из призм пироксена (размером 0,5–1,5 мм) и идиоморфных лейст плагиоклаза (размером 0,5–1,0 мм), расположенных беспорядочно («диабазово»). Пироксены часто замещены роговой обманкой. В промежутках между плагиоклазами и пироксенами развит хлорит и рудный минерал. Структура породы призматически зернистая. Акцессорные минералы представлены апатитом, сфеном. Габбро-долериты карбонатизированы, хлоритизированы.

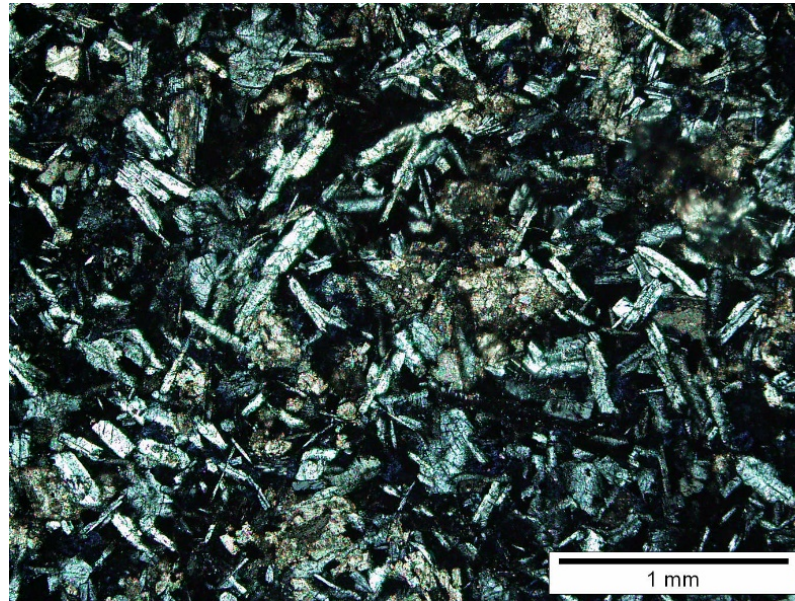


Рисунок 3.4 – Габбро-долериты с беспорядочным («диабазовым») расположением кристаллов; николи скрещены

Околожерловые фации — крупнообломочные туфы риолитов, риодацитов и андезитов, а также лавобрекчии. Диагностируются при макроописании и имеют брекчиевидные и обломочные текстуры, местами включают полиметаллическое оруденение.

Крупнообломочные туфы — состоят из обломков вулканогенных разностей размером от первых миллиметров до десятков сантиметров с вулканогенно-осадочным материалом в цементе, маломощных прослоях и линзах.

Лавобрекчии - измененная обломочная порода. Обломки с нечеткими границами различных размеров. Текстуры брекчиевидные, смятия и течения. Первичные породы претерпели интенсивные изменения: серицитизацию, хлоритизацию, окварцевание с тонкой вкрапленностью пирита. Изменения развиты неравномерно, породы в обломках кислого состава (в основном риодациты).

Промежуточные фации — представлены лавами риолитов, риодацитов, андезибазальтов и их мелкообломочными туфами. Лавы в основном разномзернистой, порфировой или порфировидной структуры. Порфировые выделения представлены плагиоклазом и кварцем размером от 0,2 до 3,0 мм. Количество вкрапленников варьирует от 3 до 10%. Основная масса в разной степени изменённая, серицитизированная, альбитизированная, окварцованная и хлоритизированная. Породы содержат барит и

карбонат. Туфы мелкообломочные с разномасштабной структурой, полосчатой и массивной текстурами. Полосчатость обусловлена чередованием крупнозернистого и мелкозернистого кварца, серицита и гидроксидов железа в разном их сочетании. Первичная порода изменена и превращена в серицит-кварцевый метасоматит. Для промежуточных фаций характерны линзовидные и пластообразные рудные тела.

Лавы кислого состава — породы часто обладают порфировой структурой (Рисунок 3.5). Фенокристаллы составляют не более 15–20% от объема породы и представлены кварцем и альбитом, размером 1,0–2,0 мм. Альбит, развитый по плагиоклазу, образует гломеропорфировые сростки. Основная масса состоит из мельчайших микролитов кварца, плагиоклаза, часто со сферолитовой или флюидальной структурой. Породы окварцованы, серицитизированы. В зависимости от состава плагиоклаза лавы кислого состава соответствуют риолитам или риодацитам.

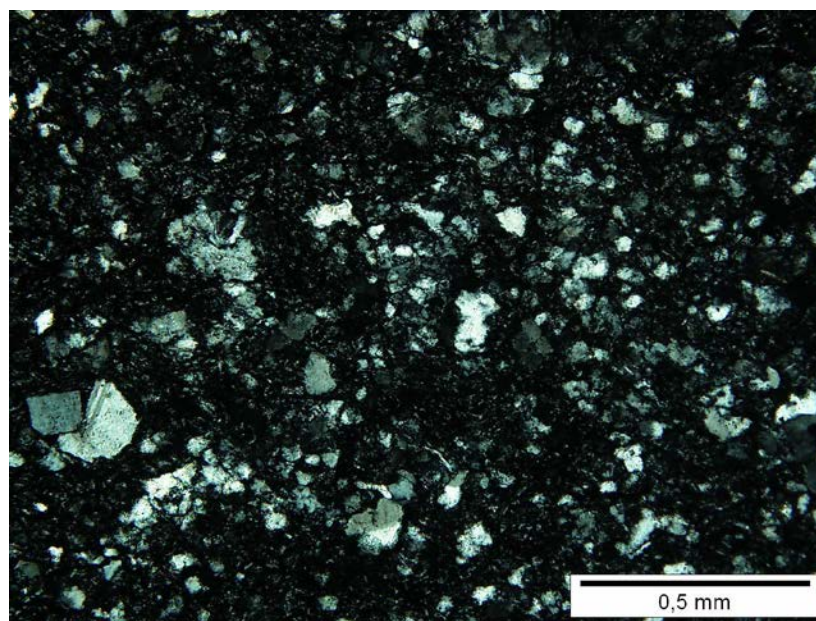


Рисунок 3.5 – Лавы кислого состава; николи скрещены

Туфы кислого состава — породы обломочной текстуры. Обломки угловатой или окатанной формы составляют от 50 до 70% от объема породы (Рисунок 3.6). Представлены они как обломками кристаллов (кварца, плагиоклаза, калиевого полевого

шпата, размером от 1,0 до 2,0 мм), так и пород (кремнистых алевролитов, лав кислого состава, размером до 4,0 мм). Обломки полевых шпатов интенсивно альбитизированы, серицитизированы. Цементирующая масса тонко-мелкозернистая кварц-полевошпатового состава, также измененная: окварцованная, хлоритизированная, серицитизированная. Чешуйки серицита и хлорита образуют лентовидные выделения, подчеркивающие флюидальную структуру основной массы. Породы содержат вкрапленность пирита. Классифицируются данные породы как литокристаллические туфы кислого состава (риолитов либо риодацитов).

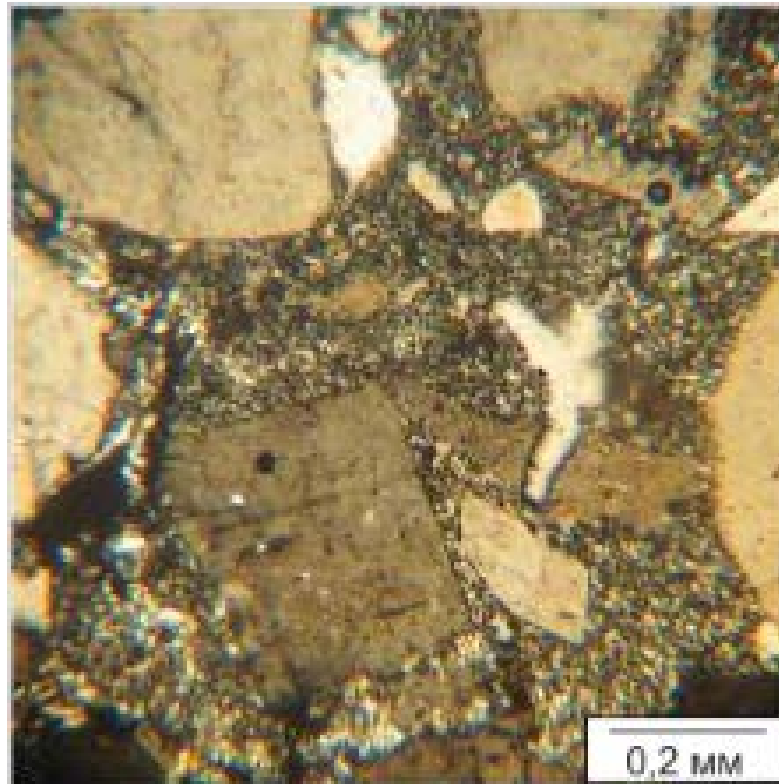


Рисунок 3.6 – Туфы кислого состава; николи скрещены

Лавы андезибазальтов — породы порфировой и порфировидной структуры (Рисунок 3.7). В виде фенокристаллов отмечаются плагиоклазы, размером от 0,5 до 2,0 мм. Вкрапленники составляют до 10% от объема породы. Основная масса микролитовая, состоит из лейст плагиоклаза, размером 0,2–0,3 мм, расположенных беспорядочно. Промежутки между плагиоклазами выполнены хлоритизированным вулканическим стеклом. В основной массе отмечаются редкие сферолитовые выделения, состоящие из

альбита. В виде прожилковидных выделений отмечается биотит, частично хлоритизированный. С биотитом ассоциируют рудные минералы.

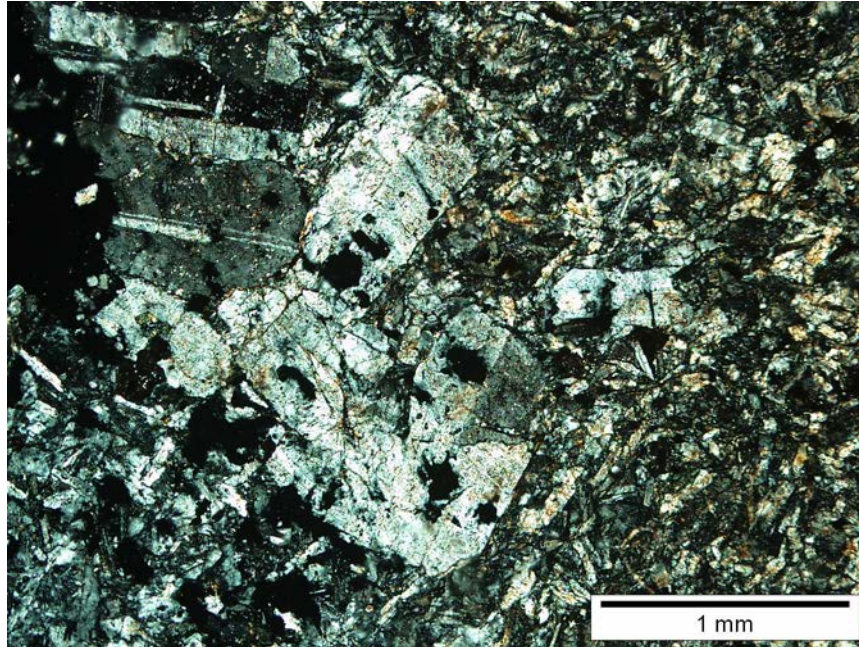


Рисунок 3.7 – Лавы андезитов; николи скрещены

Туфы андезибазальтов — породы обломочной текстуры, обломки составляют от 20 до 40% от общей массы породы и представлены кристаллами плагиоклаза, размером 0,3–0,2 мм, разложенного цветного минерала, замещенного хлоритом и редко кварцем. Плагиоклазы и связующая стекловатая основная масса альбитизированы, серицитизированы, калишпатизированы, иногда слабо окварцованы. Структура основной массы флюидальная. Породы содержат вкрапленность сульфидов, а также акцессорные минералы: апатит, сфен.

Удалённые от центров вулканической активности фации — это прибрежно-морские и шельфовые отложения, представленные преимущественно осадочными породами: алевролитами, песчаниками, туффитами, известняками, часто включающие маломощные прослои и линзы туфов кислого и основного составов, туфоалевролитов, туфопесчаников. Значительная роль среди пород удаленных фаций принадлежит известнякам. Причём они делятся на органогенные, соответствующие рифогенной

карбонатной постройке, и известняки, входящие в состав базальт-риолитовой формации. Осадочные породы также вмещают незначительные рудные тела и зоны минерализации.

Алевролиты — обладают псаммито-алевролитовой структурой. Псаммитовый материал составляет 10–15% от массы породы и представлен мелкими обломками кварца и плагиоклаза 80–85% приходится на материал, состоящий из частиц алевролитовой размерности (0,01–0,1 мм). Часто в породе отмечается полосчатая текстура, обусловленная чередованием полос разного состава или различной зернистости. По составу алевролиты встречаются кремнистые, глинисто-кремнистые, известковистые, углеродсодержащие. Почти все разновидности алевролитов изменены: окварцованы, серицитизированы, хлоритизированы, карбонатизированы, интенсивно рассланцованы и содержат вкрапленность пирита (Рисунок 3.8). Иногда в алевролитах обломки кварца и плагиоклаза составляют до 50% от объема породы, в этом случае они отвечают алевропесчаникам (Рисунок 3.9).

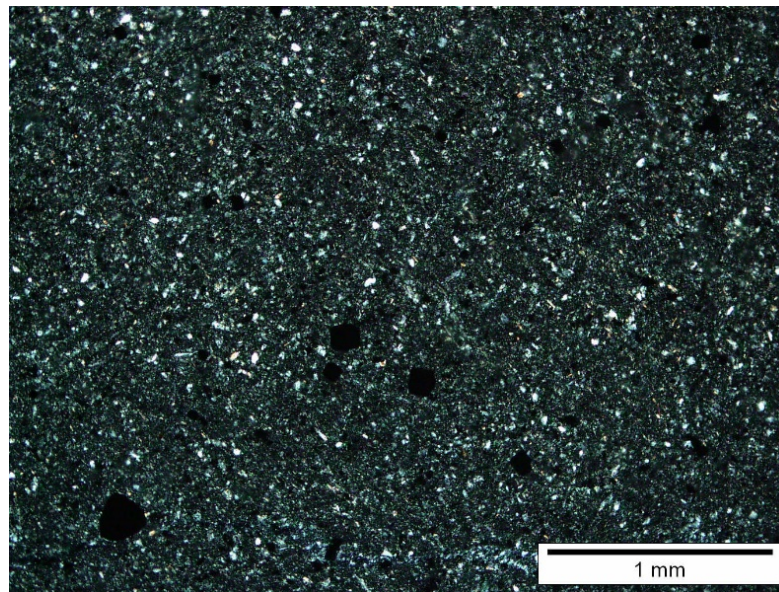


Рисунок 3.8 – Алевролит серицитизированный, хлоритизированный; николи скрещены

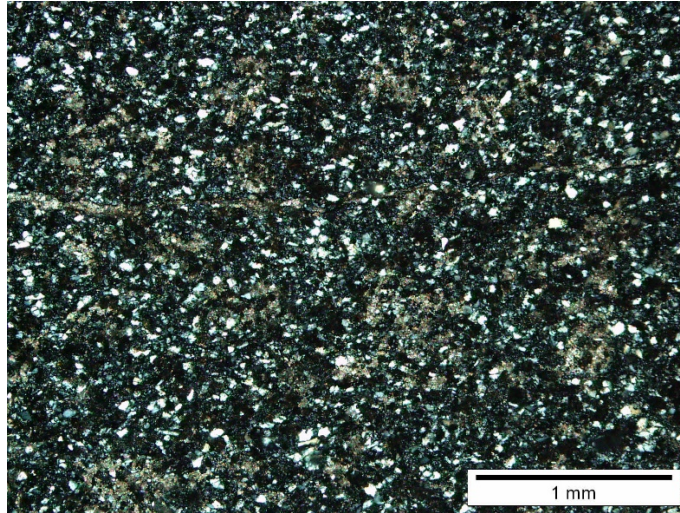


Рисунок 3.9 – Алевропесчаник; николи скрещены.

Когда в алевролитах присутствуют туфогенный материал, составляющий 15–20% от объема породы, то эти породы классифицируются как туфоалевролиты.

Песчаники — породы мелко-среднезернистой структуры, обломочной текстуры. Обломки неправильной или угловатой формы, размером от 0,1–0,2 до 0,5–0,7 мм. Представлены они кварцем и полевым шпатом. Цемент тонкозернистый, кварц-полевошпатового состава, обычно серицитизированный, хлоритизированный. В цемент часто присутствует пирокластический материал, составляющий 5–10% от массы породы. Такие породы классифицируются как туфопесчаники (Рисунок 3.10).

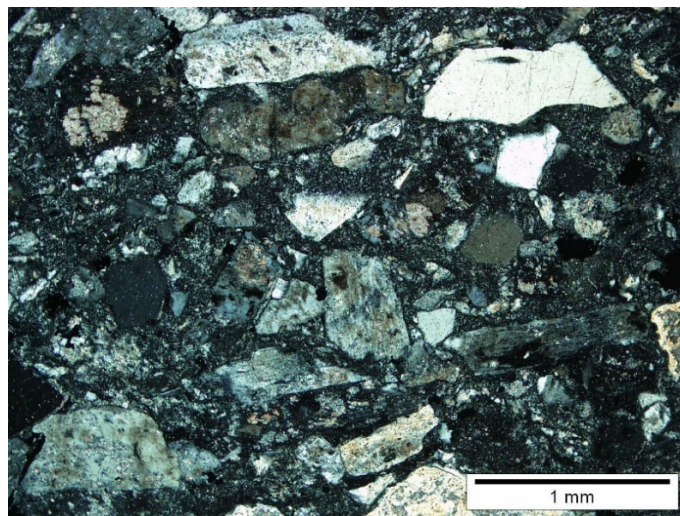


Рисунок 3.10. Туфопесчаник; николи скрещены

Туффиты — породы криптозернистой структуры, обломочной текстуры. В них содержится до 50% пирокластического материала. Состоят из мелких обломков кварца и полевых шпатов, погруженных в кремнистый цемент. Породы обычно окварцованы, хлоритизированы, серицитизированы и содержат тонкую вкрапленность пирита.

Известняки — породы мелко-среднезернистой структуры, массивной (Рисунок 3.11) или полосчатой текстуры. Последняя обусловлена чередованием полос разной зернистости или различным составом. Состоят известняки из 90–95% кальцита и 5–10% кварца и полевого шпата. Иногда в промежутках между кальцитами развит доломит. Такие породы отвечают доломитовым известнякам. В известняках содержится большое количество остатков фауны.

Петрохимический анализ вулканогенных пород Салаирско-Каменушинского рудного поля проведён на основании построений диаграмм в координатах SiO_2 – $(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})$, K_2O – Na_2O , CaO – $(\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3)$ – MgO , K_2O – Na_2O – CaO с использованием фактического материала автора и предыдущих исследователей.

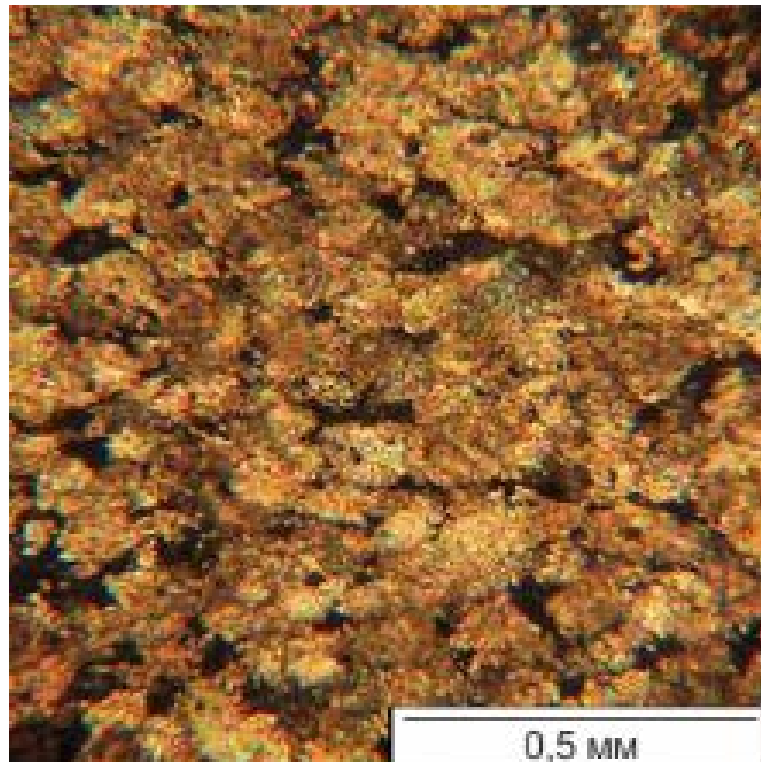


Рисунок 3.11 – Известняк равномерной зернистости; николи скрещены

Са (в среднем 2; максимальное 6,7%), резко преобладает концентрация натрия над калием, и они относятся к натриевой серии.

Для Салаирско-Каменушинского рудного поля отмечается резкое преобладание пород кислого состава над породами основного. В них повышено содержание Fe (FeO+Fe₂O₃ в среднем 6,5; максимальное 15,5%), Mg (в среднем 2,2; максимальное 4,5%), Са (в среднем 2; максимальное 6,7%), резко преобладает концентрация натрия над калием, и они относятся к натриевой серии.

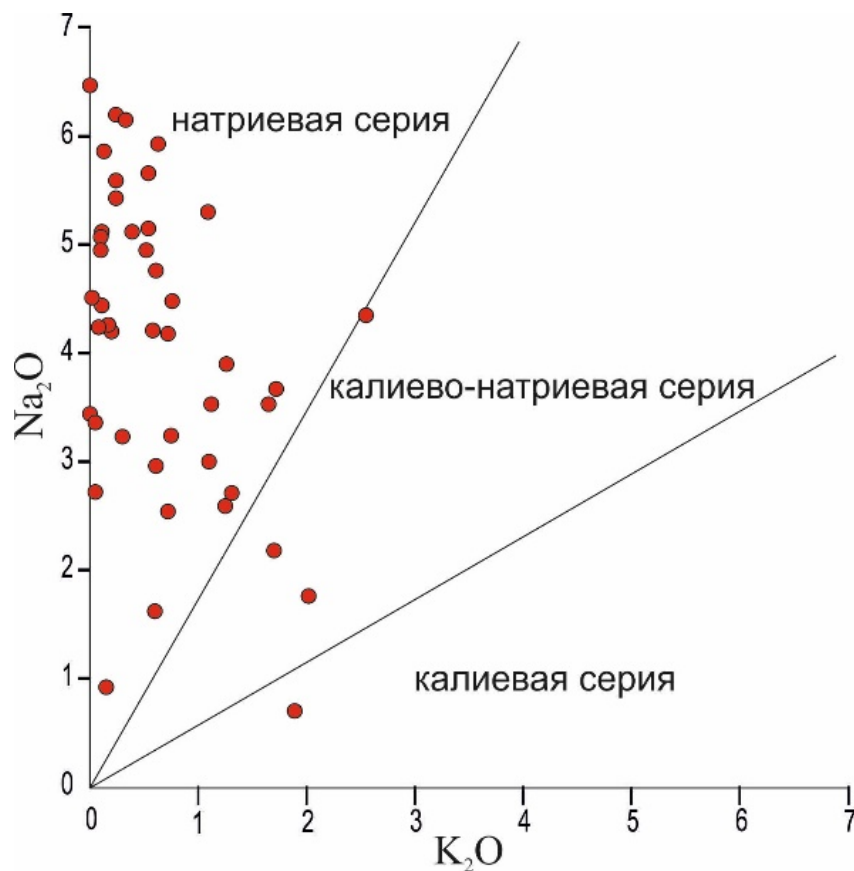
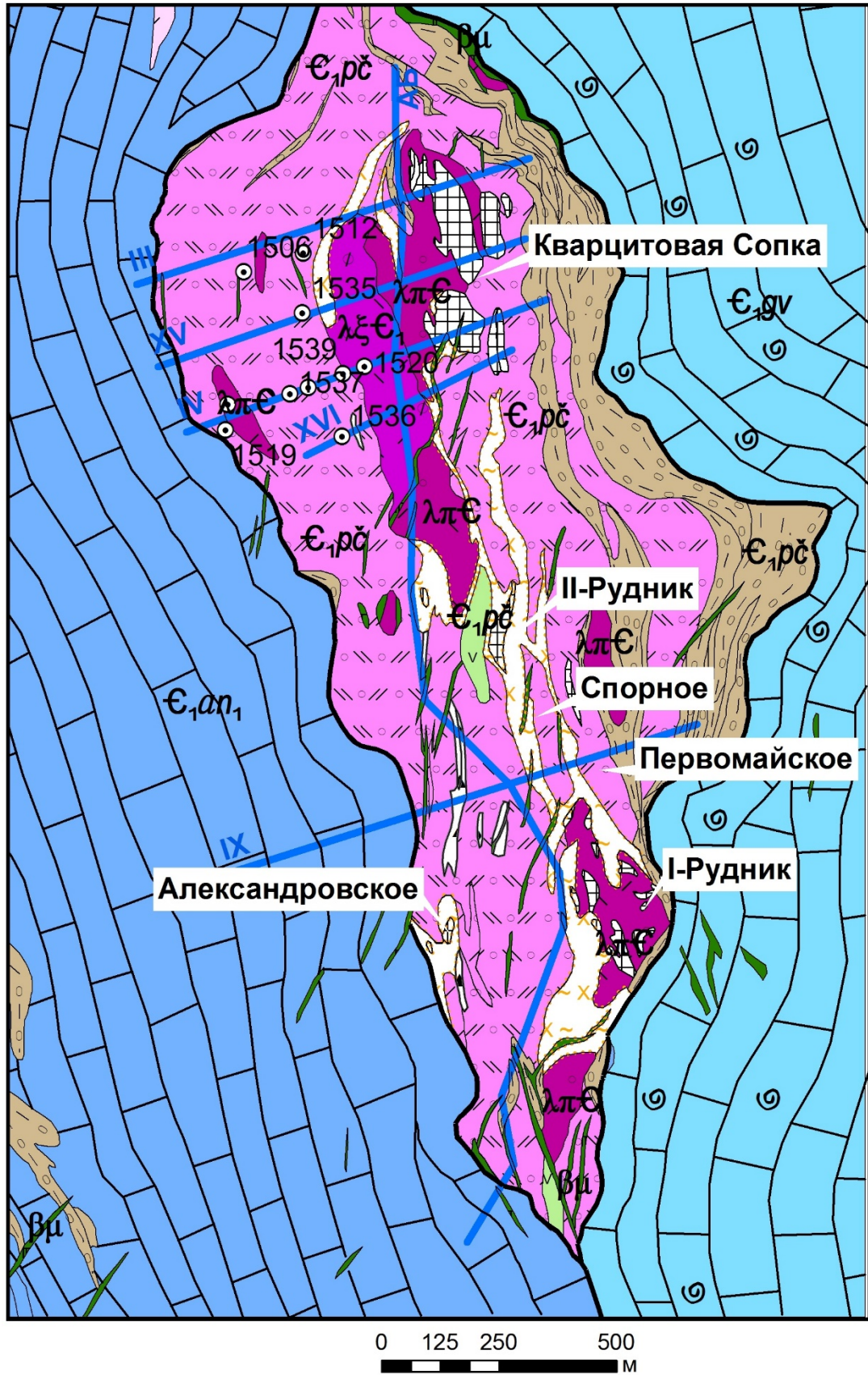


Рисунок 3.13 – Двумерная диаграмма (K₂O-Na₂O) для вулканогенных пород Салаирско-Каменушинского рудного поля

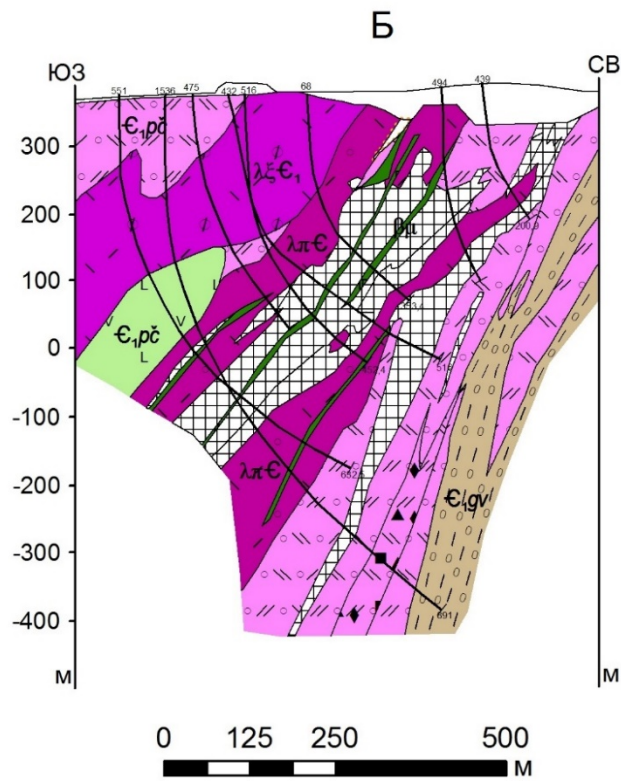
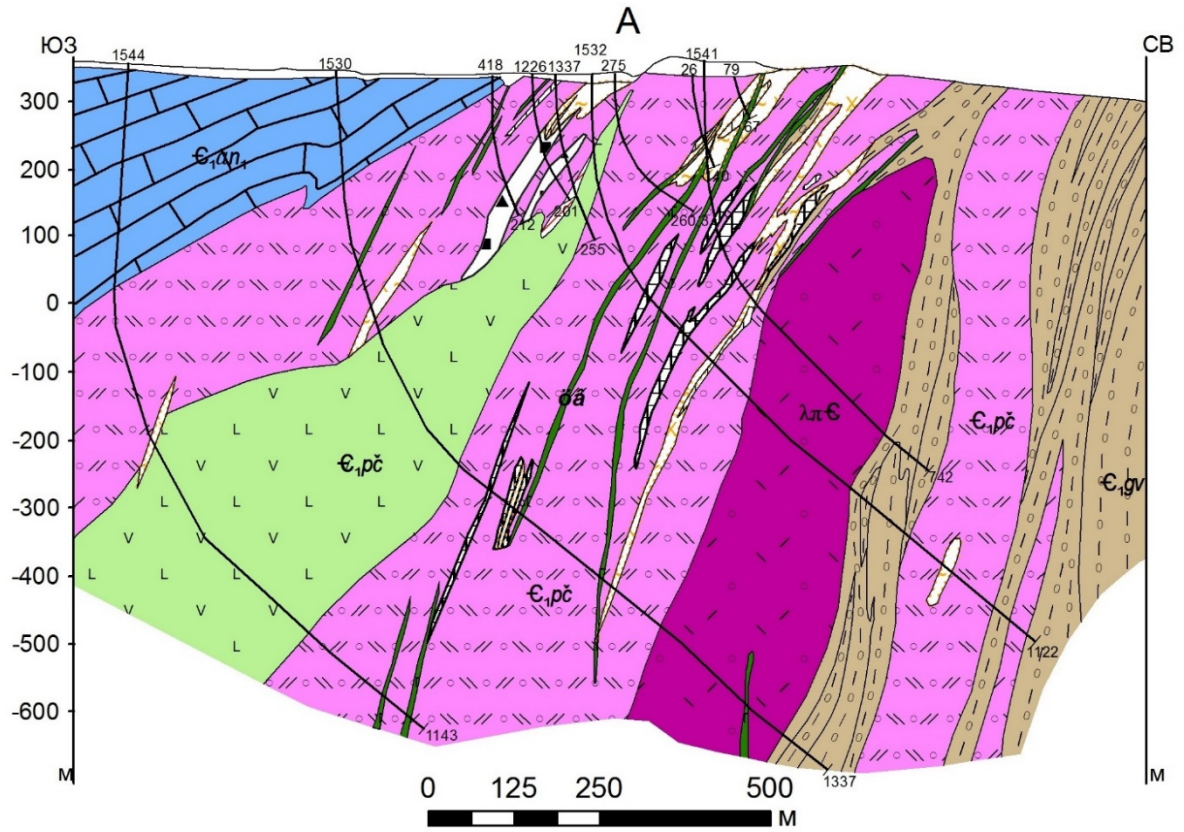
Месторождение Салаирское включает рудные зоны Кварцитовая Сопка, Первомайское, I-Рудник, II-Рудник, III-Рудник, Спорное, Александровское и др. (Рисунок 3.14, Рисунок 3.15). Рудные зоны месторождения относятся к колчеданно-полиметаллическому минеральному типу в вулканогенно-осадочных породах, а по

преобладающему вещественному составу руд они относятся к барит-полиметаллическому минеральному типу. Зональность рудных тел заключается в увеличении доли свинца и уменьшении доли меди от подошвы к кровле тел. Наряду с медью, цинком и свинцом, из них извлекаются золото, серебро, барит. Кроме того, в полиметаллических рудах месторождения определены редкие и рассеянные элементы (кадмий, селен, теллур, висмут, таллий, олово <1%), которые в виде изоморфной примеси присутствуют в рудных минералах. Промышленное значение имеют кадмий в цинковом концентрате, селен и теллур — в свинцовом.



Использованы материалы Агеенко Н.Ф., 1992; условные обозначения Рисунок 2.1.

Рисунок 3.14 – Литолого-фациальная карта месторождения Салаирское



Использованы материалы Агеенко Н.Ф., 1992; условные обозначения Рисунок 2.1.

Рисунок 3.15 – Литолого-фациальные разрезы по линиям IX (А) и XVI (Б) рудной зоны
Кварцитовая Сопка, месторождения Салаирское

Как было сказано выше, по своим размерам Салаирское рудное поле является месторождением, а выделенные в его пределах месторождения, рудными зонами. Рудные тела локализованы в зонах интенсивного расланцевания, преимущественно в осевой части толщи вулканогенных пород, образуя широкую субмеридиональную рудоносную зону.

Они имеют сложную линзо- и жилообразную форму, сложены массивными и прожилково-вкрапленными барит-полиметаллическими рудами, значительно окисленными на верхних горизонтах. Залегают рудные тела в измененных крупновкрапленных дацитах и риолитах, превращенных в кварц-серицит-хлоритовые метасоматиты. На месторождении Салаирское месторождении широко распространены массивные руды, которые практически целиком состоят из барита, кварца, карбонатов и сульфидов (преобладает сфалерит). Большая роль в запасах месторождения принадлежит прожилково-вкрапленным рудам. Последние развиты в виде жил, прожилков, вкрапленности и линзообразных обособлений в расланцованных измененных риолитах и состоит из биотита, кварца, карбонатов и сульфидов (преобладает галенит и сфалерит). Руды месторождений комплексные.

Большинство выявленных к настоящему времени рудных тел Салаирского месторождения разведано до полного выклинивания по падению, поэтому можно проследить изменение морфологии и вещественного состава на всем их протяжении по вертикали (Лапухов, 1975). Здесь известно свыше 50 рудных тел, обособляющихся в виде северной (III-Рудник, Кварцитовая сопка, Слепое и др.), центральной (II-Рудник, Первомайское, Спорное и др.) и южной групп рудных зон (Александровское, Троицкое, Харитоновское, Соймановское, Василье-Поповское и др.), которые характеризуются своеобразными типами морфологии рудных тел, минералого-геохимическими особенностями руд, масштабами оруденения. Из всех рудных зон месторождения более детально изучены две.

Рудная зона Кварцитовая Сопка расположена в северной части месторождения Салаирское. Она приурочена к жерловой и прижерловой части палеовулканической структуры и сложена вулканогенно-осадочными породами риолит-дацитового состава, андезитовыми порфиритами, туффитами, прорванными жерловыми крупновкрапленными риолитами и дайками габбро-долеритов. Вмещающие породы интенсивно изменены и превращены в кварц-серицит-хлоритовые, кварц-серицитовые и альбит-кварц-серицитовые метасоматиты вплоть до образования вторичных кварц-баритовых пород

(Рисунок 3.16–Рисунок 3.19). При изучении изменённых пород в шлифах довольно часто отмечались включения топаза.

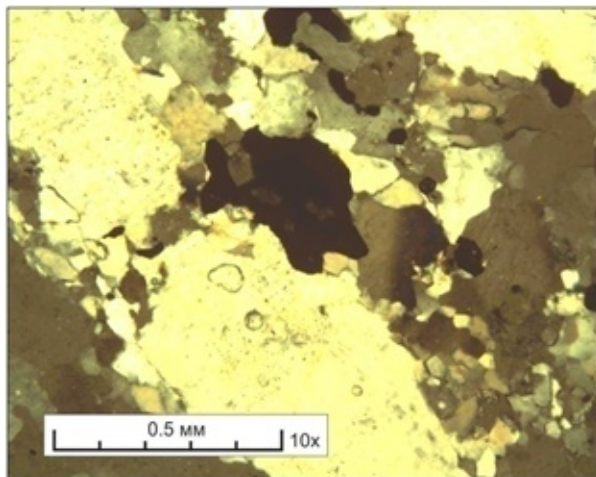


Рисунок 3.16 – Кварц-баритовая порода; николи скрещены

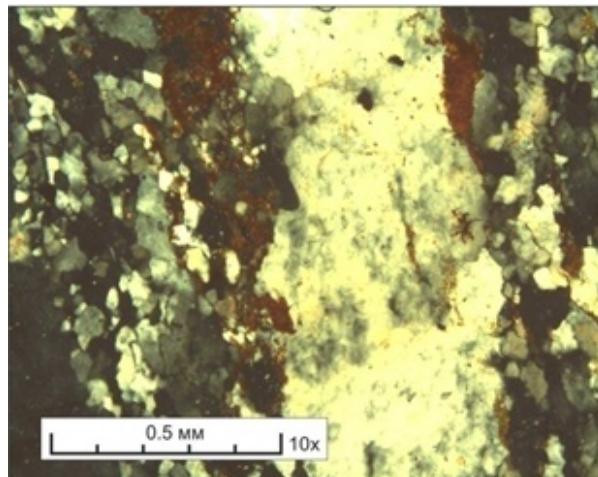


Рисунок 3.17 – Кварц-баритовая порода с рудными минералами; николи скрещены

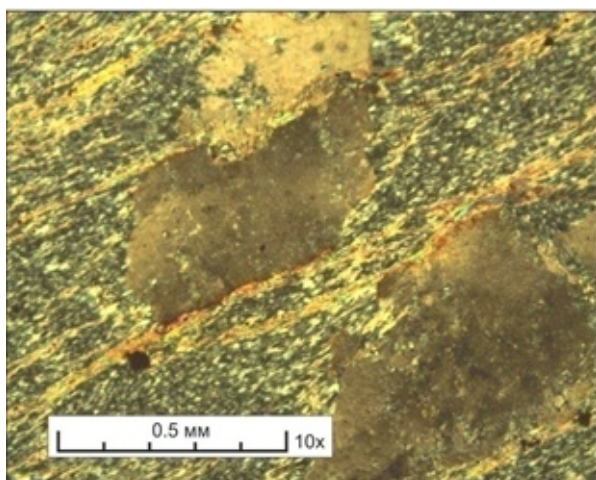


Рисунок 3.18 – Альбит-кварц-серицитовый метасоматит с топазом, рассланцованный, развитый по риолиту; николи скрещены

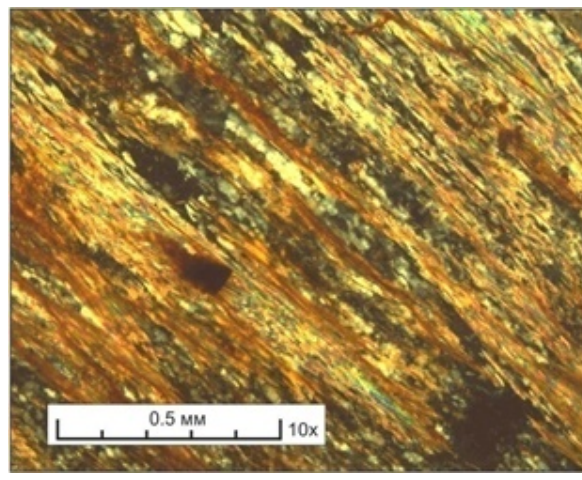


Рисунок 3.19 – Кварц-серицитовый метасоматит рассланцованный, с пятнами карбоната, развитый по алевролиту; николи скрещены

Полиметаллические рудные тела зоны отличаются особенно сложной морфологией. Вскрыты два основных рудных тела — Восточное и Западное. С поверхности до глубины 100–140 м они сложены кварц-баритовыми и барит-кварцевыми рудами, ниже изменяют состав на сульфидно-кварц-баритовый и становятся массивными и вкрапленными. В Западной залежи на глубинах 330–410 и до 810 м прожилково-вкрапленные руды сменяются медно-цинковым с золотом штокверком. Штокверковые руды локализованы в субвулканических риодацитах и являются канальными частями проксимальных линзовидных тел колчеданно-полиметаллического с золотом и баритом состава. Минеральный состав руд: пирит, халькопирит, кубанит, теннантит, теллурид Ag, петцит, самородное золото; нерудные минералы: кварц, карбонат, барит. В рудной зоне помимо повышенных концентраций золота и серебра в основных рудах выявлено серебряное оруденение, приуроченное к зоне баритизации, где содержание серебра в баритовых линзах достигает 200–900 г/т.

Зона окисления развита до глубины 100–150 м от поверхности и представлена кварц-баритовыми и барит-кварцевыми разностями.

В районе рудной зоны Первомайское развиты интенсивно рассланцованные, метасоматически изменённые риолиты, риодациты, дациты и туфы разного состава, вмещающие золотоносные кварц-барит-колчеданные и кварц-барит-колчеданно-полиметаллические руды (Рисунок 3.20–Рисунок 3.23). Первичные породы трудно диагностируются. Рудные минералы — пирит, марказит, сфалерит, блёкляя руда, галенит; аксессуарные минералы — халькопирит, золото, электрум, аргентит, сульфосоли серебра. Рудные тела массивные или плотновкрапленные, линзовидной формы. Главные минералы — пирит и марказит, в качестве включений присутствуют золото и электрум. Кварц-барит-колчеданно-полиметаллические руды: гнездово-вкрапленные, плотновкрапленные, пунктирно-вкрапленные полосчатые, прожилковидные. Наиболее часто встречаются пунктирно-вкрапленные руды, в которых сульфиды располагаются тонкими полосами 1–2 мм в кварце. Данная рудная зона является дистальной по отношению к центру вулканической активности и приурочена к породам промежуточных фаций.

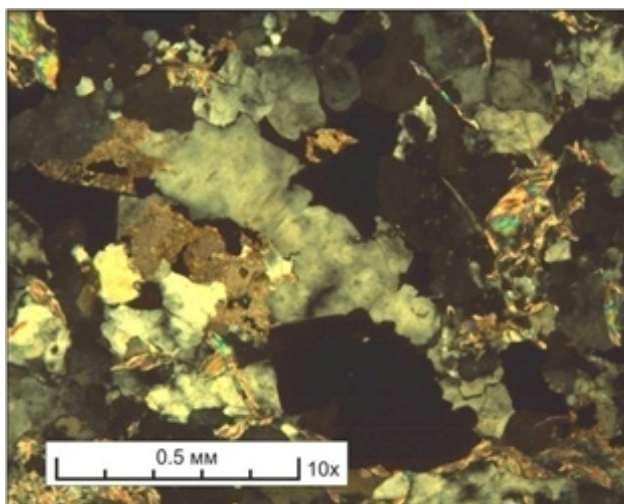


Рисунок 3.20 – Барит-карбонат-кварцевый метасоматит с рудными минералами; николи скрещены

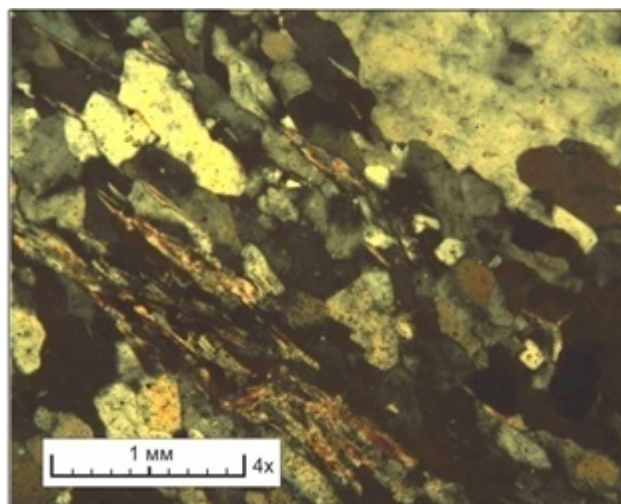


Рисунок 3.21 – Кварц-барит-карбонатный метасоматит с рудными минералами, рассланцованный; николи скрещены

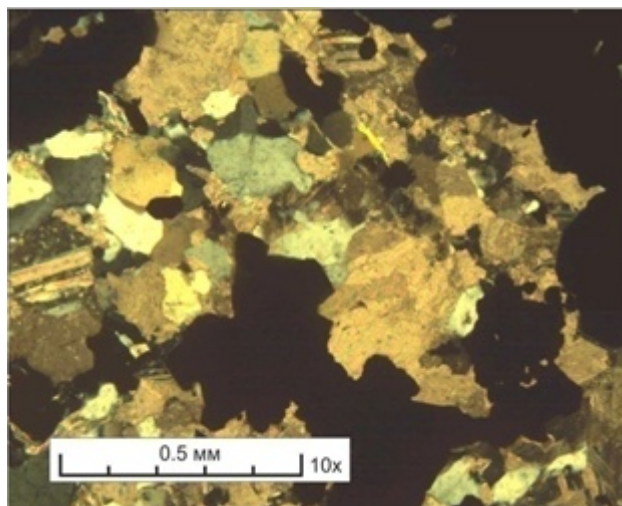


Рисунок 3.22 – Кварц-барит-карбонатный метасоматит с рудными минералами; николи скрещены

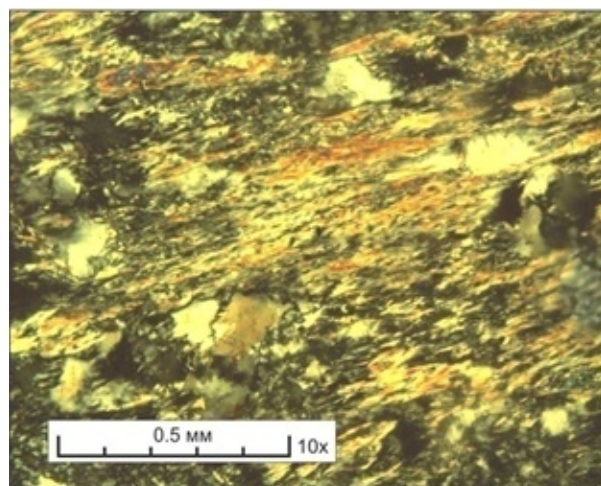
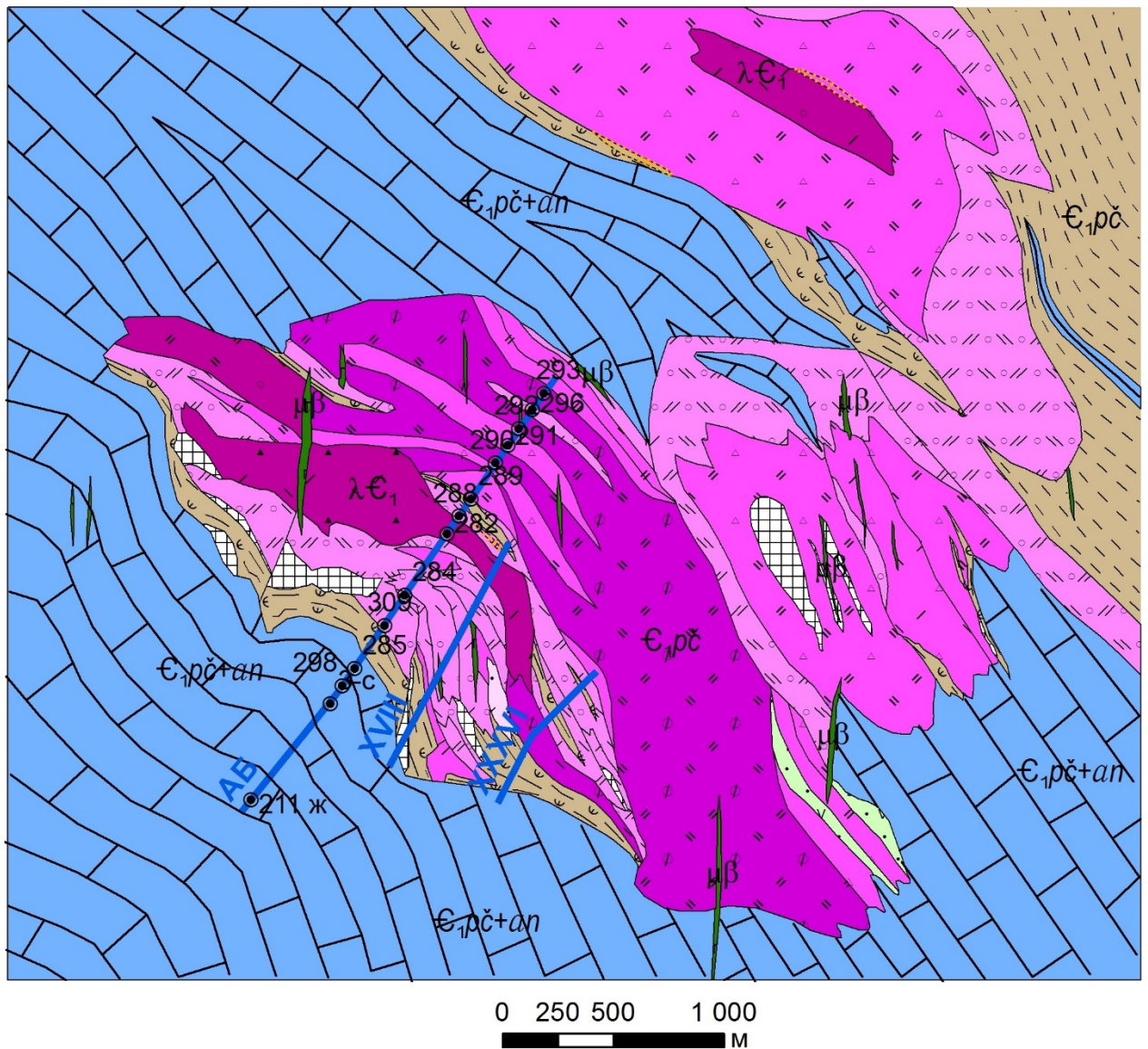


Рисунок 3.23 – Кварц-серицитовый метасоматит, развитый по алевролиту, рассланцованный; николи скрещены

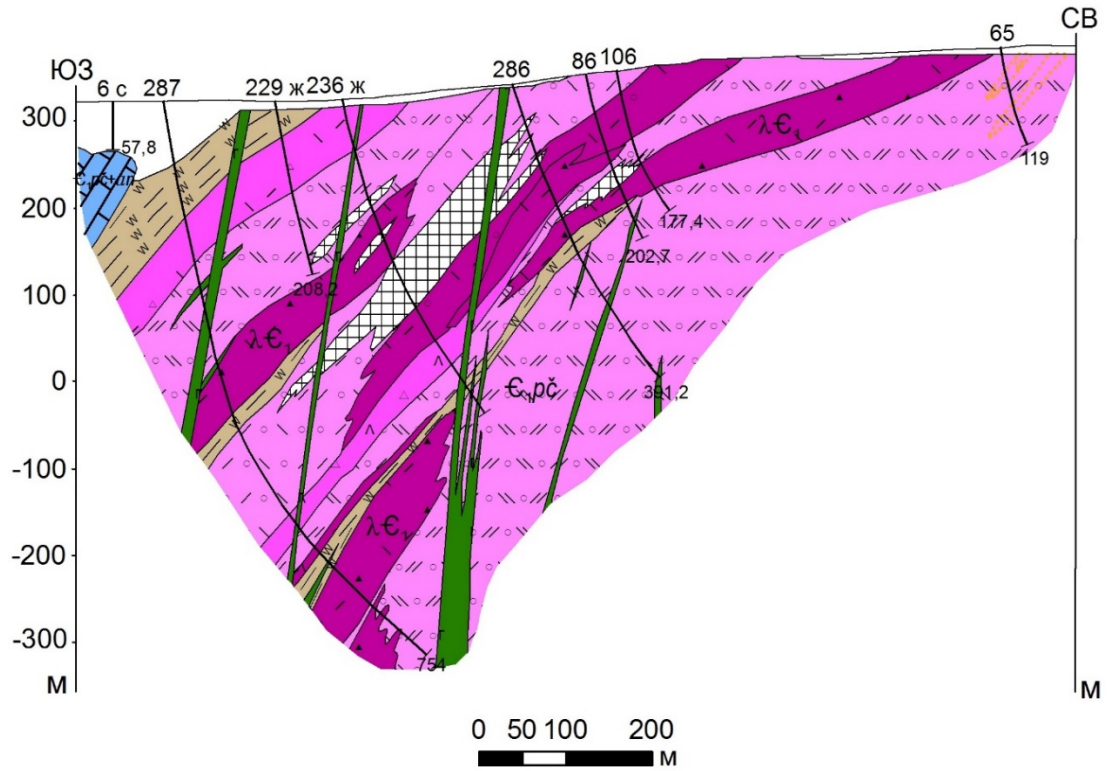
Месторождение Каменушинское размещается севернее Салаирского, имеет с ним сходное геологическое строение (Рисунок 3.24–Рисунок 3.26). Медно-колчеданное с золотом и серебром оруденение локализовано в нижнекембрийских вулканогенно-осадочных породах (печеркинская свита), относящихся к контрастной базальт-риолитовой

формации. Основная площадь месторождения сложена субвулканическими риолитами и риодацитами жерловых фаций, ритмично чередующимися с лавами кислого и основного составов, а также их туфами, принадлежащими к породам промежуточных фаций. Субвулканические разности представлены риолитами и риодацитами средне- или крупновкрапленными. Структура основной массы пород микровкрапленная, микросферолитовая, микрофельзитовая или аллотриоморфнозернистая.



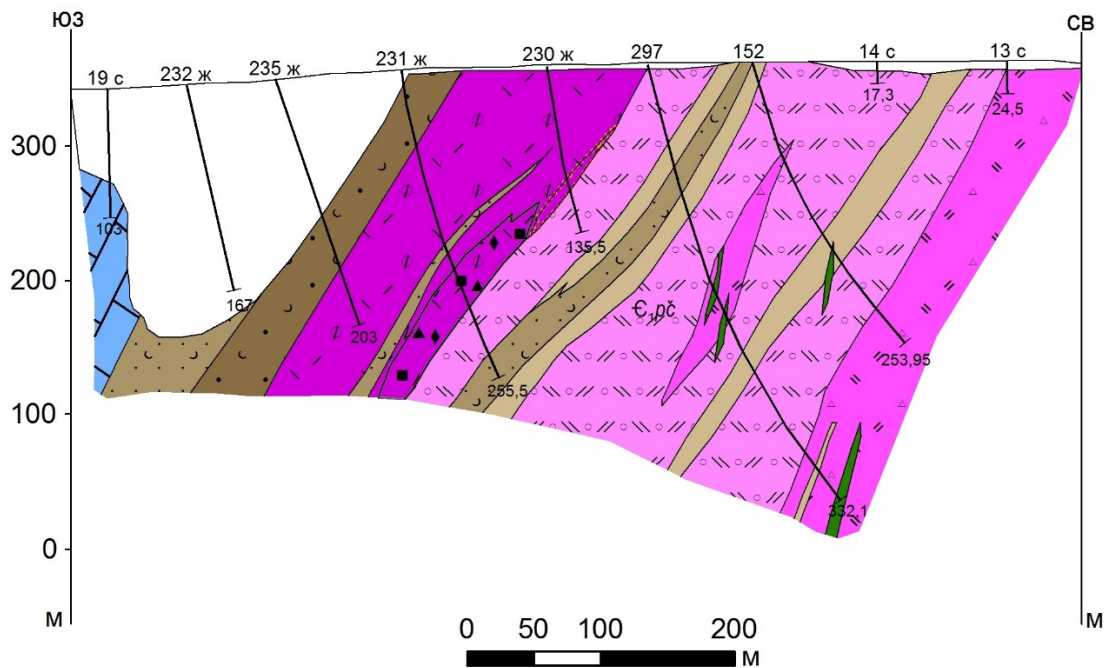
Использованы материалы Ярославцев Ю.Г., 1982; условные обозначения Рисунок 2.1.

Рисунок 3.24 – Литолого-фациальная карта месторождения Каменушинское



Использованы материалы Ярославцев Ю.Г., 1982; условные обозначения Рисунок 2.1.

Рисунок 3.25 – Литолого-фациальный разрез по линии XVIII Каменушинского рудного поля



Использованы материалы Ярославцев Ю.Г., 1982; условные обозначения Рисунок 2.1.

Рисунок 3.26 – Литолого-фациальный разрез по линии XXXVI месторождения Каменушинское

В покровных лавах выделяются риолиты, риодациты, в подчинённом количестве андезибазальты. Среди вышеперечисленных пород залегают маломощные линзы и пласты туфогенно-осадочных пород. Венчает разрез пачка чередования пород удалённых фаций с терригенно-карбонатными морскими отложениями, которая находится на границе с перекрывающими известняками анчевской свиты, что говорит о смене обстановок осадконакопления в палеобассейне седиментации и затишье вулканической активности в данном регионе. Кварц-серицит-хлоритовый метасоматоз, выражен в серицитизации и хлоритизации рассланцованных риолитов, риодацитов и других алюмосиликатных пород (Рисунок 3.27–Рисунок 3.32).

Рудные тела не имеют чётких геологических границ и представляют собой штокверк, состоящий из системы пересекающихся кварц-серицит-хлорит-баритовых прожилков, содержащих переменную вкрапленность сульфидов и постепенно сменяющихся зонами рассеянной сульфидной минерализации, приуроченный к субвулканическим или экструзивным риодацитам. Стратифицированные рудные тела имеют северо-западное простирание, линзовидное строение и кулисообразно заходят друг за друга. Основная масса сульфидов сосредоточена в пределах прожилков, хотя и вмещающие породы содержат то или иное количество тонкодисперсной вкрапленности рудных минералов, особенно пирита. Зоны рассеянной пиритизации сопутствуют рудным телам и охватывают обширные участки.

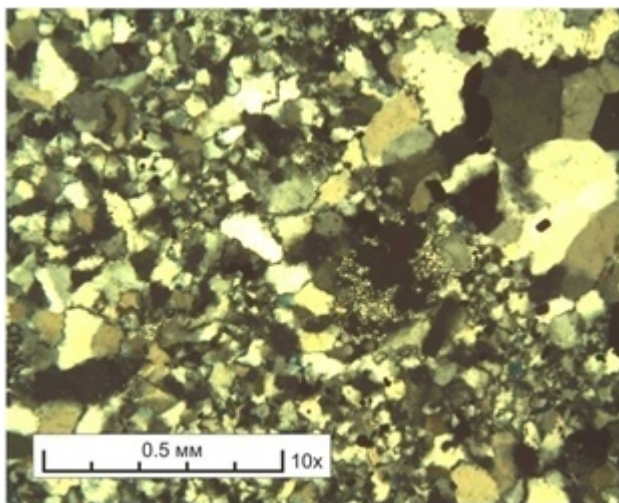


Рисунок 3.27 – Барит-кварцевая порода с пиритом; николи скрещены

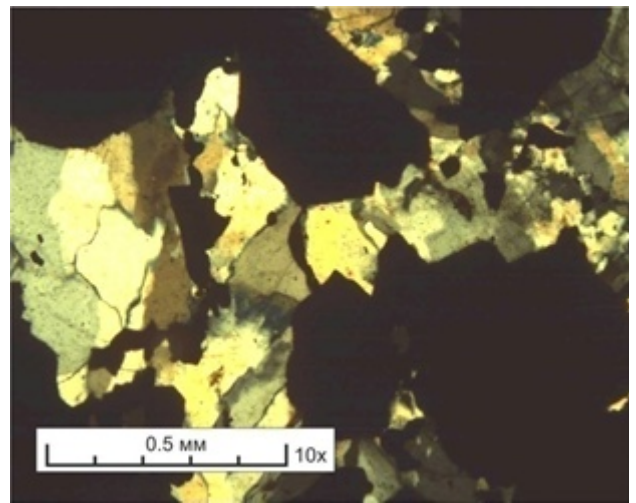


Рисунок 3.28 – Кварцит с колчеданной рудой; николи скрещены

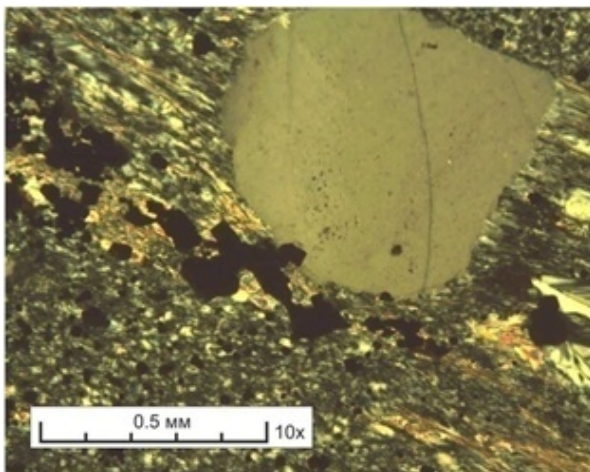


Рисунок 3.29 – Кварц-серицит-хлоритовый метасоматит рассланцованный по риолиту; николи скрещены

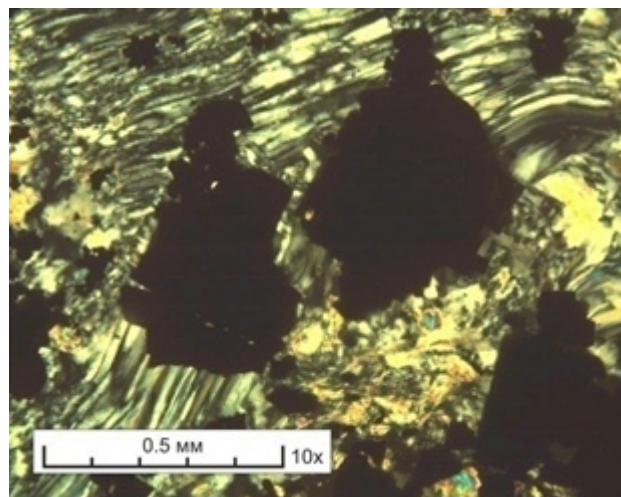


Рисунок 3.30 – Кристаллы пирита, окруженные хлоритом, ориентированным по рассланцеванию; николи скрещены

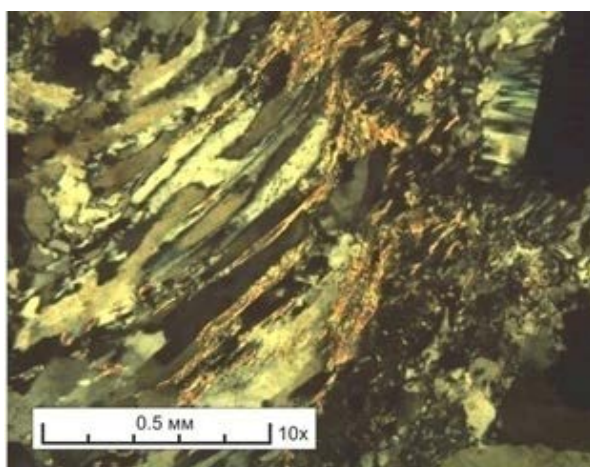


Рисунок 3.31 – Рассланцованный кварц-серицит-хлоритовый метасоматит с пиритом; николи скрещены

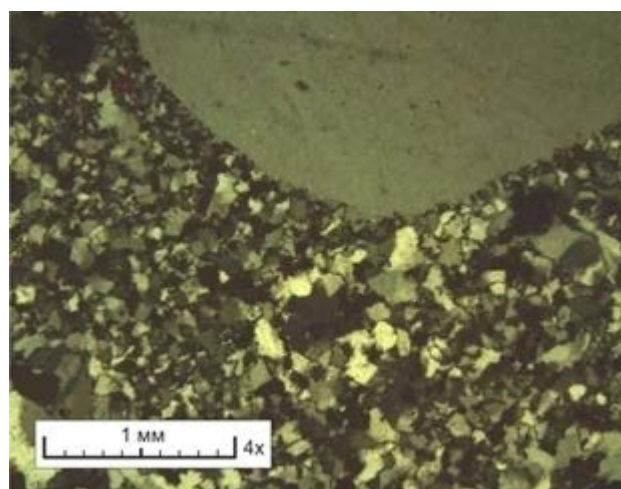


Рисунок 3.32 – Кварцит, развитый по риолиту с топазом; николи скрещены

Верхние зоны всячего бока рудных тел сопровождаются обширными ореолами интенсивной каолинизации и окварцевания вмещающих пород, переходящими с глубиной в зоны пропилитизации. Таким образом, месторождение Каменушинское представляет

собой комбинацию штокверковых руд канальной зоны и стратифицированных проксимальных залежей пластообразной и линзовидной формы.

И так на обоих месторождениях Салаирско-Каменушинского рудного поля развиты сходные морфологические типы руд. Они представлены штокверковыми рудными телами, отвечающими подводящим каналам и приуроченными к субвулканическим и экструзивным породам кислого состава жерловых фаций, а также линзообразными и пластовыми телами, которые расположены либо проксимально над подводящей зоной, либо дистально на некотором удалении от неё и приурочены к вулканогенно-осадочным горизонтам промежуточных фаций. Также незначительные рудные тела приурочены к удаленным от центров вулканизма фациальным зонам.

Второе защищаемое положение

На основе литолого-фациального анализа установлено закономерное размещение вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород и их фаций по отношению к центру вулканизма, выделены породы жерловой, околожерловой, промежуточной и удалённой фациальных зон. Выявлена связь морфологических типов рудных тел с определенными фациями пород. Штокверковые рудные тела отвечают подводящим каналам и приурочены к породам жерловых фациальных зон, а линзообразные и пластовые тела расположены либо проксимально над подводящими каналами, либо дистально на некотором удалении от них, где приурочены к вулканогенным и вулканогенно-осадочным породам промежуточных и удаленных от центров вулканизма фациальных зон.

4. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ И ЗОНАЛЬНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД, ОКОЛОРУДНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОРОД

По преобладающему вещественному составу руд выделяются три минеральных типа месторождений: золото-серебросодержащий колчеданно-(барит)-полиметаллический, медно-цинково-колчеданный и медно-колчеданный. Руды всех минеральных типов месторождений пространственно и генетически связаны с вулканизмом и локализованы преимущественно в промежуточных и удаленных фациях. Впервые данная точка зрения была высказана Усовым М.А. (Усов, 1933). В дальнейшем эти взгляды развивались Домаревым В.С. (Домарев, 1956), Дербиковым И.В. (Дербиков, 1960), Зеркаловым В.И. (Зеркалов, 1953) на основании изучения месторождений Урского рудного поля и месторождения Ускандинское также пришел к выводу о кембрийском возрасте оруденения. Существенная роль в локализации оруденения, по его мнению, принадлежит факторам структурного и литологического контроля.

Точка зрения Дистанова Э.Г. (Дистанов, 1965, 1977, 1985), о том, что залежи барит-полиметаллических и колчеданно-полиметаллических руд Салаира представляют собой постскладчатые гидротермальные образования, наложенные в верхнепалеозойское время на вулканогенный комплекс пород кембрийского возраста, не находит своего подтверждения в настоящее время, поскольку приводимый им фактический материал связан с пострудным динамометаморфизмом, складчатыми деформациями, как это впервые было показано Дербиковым И.В (Дербиков, 1960).

4.1. Распределение минеральных типов руд

Минеральные типы руд месторождения Салаирское.

Зональное распределение компонентов в рудных телах месторождения было рассмотрено А.С. Лапуховым (Лапухов, 1975). В своих работах он отмечал общую тенденцию к возрастанию относительных содержаний свинца по восстанию рудных залежей. Нами в качестве примера изучена зональность распределения рудных минералов одной из рудных зон месторождения, подсечённая профилем скважин IV (Рисунок 4.1).

Скважины пересекают одни и те же рудные подзоны на разных глубинах и рассмотрены по порядку с запада на восток, что позволяет охарактеризовать рудную минерализацию по падению (расположение профилей и скважин на Рисунок 3.14). В скважине 1519 развита преимущественно золоторудная минерализация, представляющая собой интервалы 1–3 м с содержаниями золота от 0,5–3,5 г/т до 24 г/т. Вверх по восстанию скважины 1537 минерализация представлена рудными интервалами золото-медного и золото-медно-цинкового типов, которые ритмично чередуются друг с другом. В скважине 1511 в рудах значительно возрастает роль цинка, исчезают чисто медные интервалы.

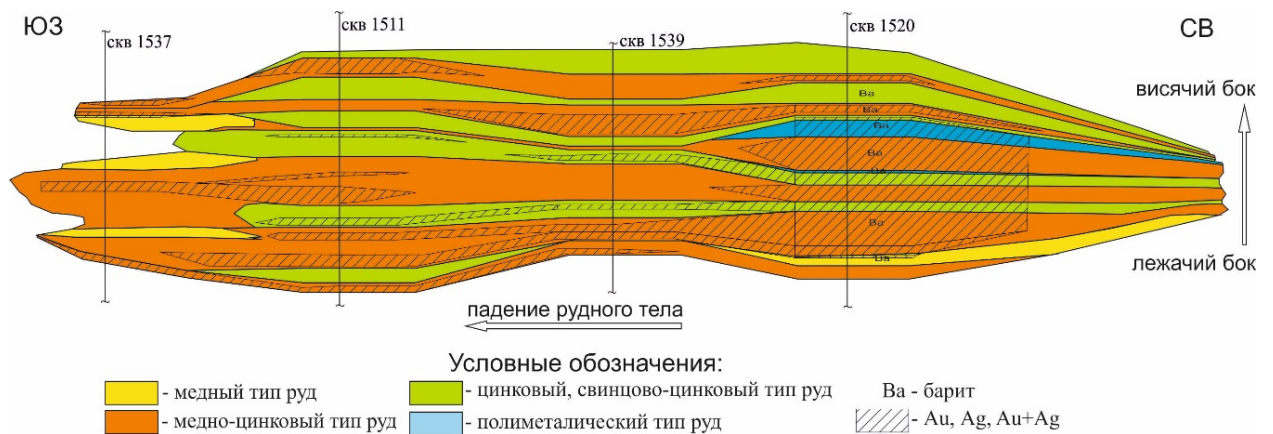


Рисунок 4.1 – Зональность распределения минеральных типов руд месторождения Салаирское по падению и мощностям (профиль IV)

Наблюдается ритмичное чередование цинковых и медно-цинковых типов руд, участками золотосодержащих, в единичном интервале устанавливается повышенное содержание серебра. Далее по восстанию в скважине 1520 появляются золото-барит-медно-свинцово-цинковые и золото-серебро-барит-медно-цинковые интервалы, осложняющие ритмичную зональность по мощностям. Содержание Au в данных рудах ~2,5–3 г/т. В лежащем боку проявлены медно-цинковые золотоносные руды с содержанием Au ~1,5 г/т.

К югу от профиля IV (Рисунок 4.2–Рисунок 4.3) проанализирован профиль XV (Рисунок 4.4). В толще риолитов минерализация заметно беднее и представлена цинковыми и медными интервалами с небольшим содержанием золота.

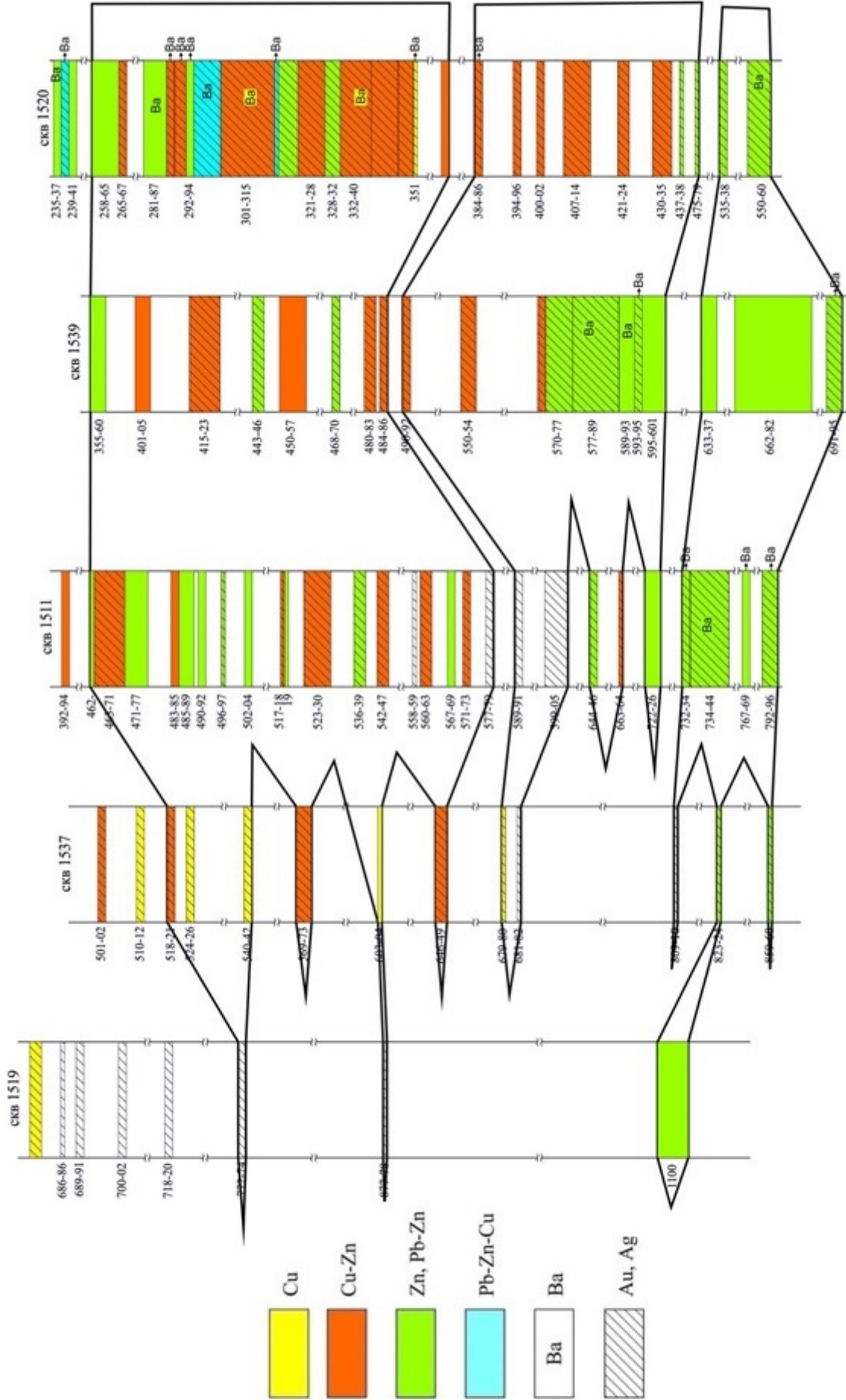


Рисунок 4.2 – Распределения минеральных типов руд месторождения Салаирское по лагерали и мощности — профиль IV

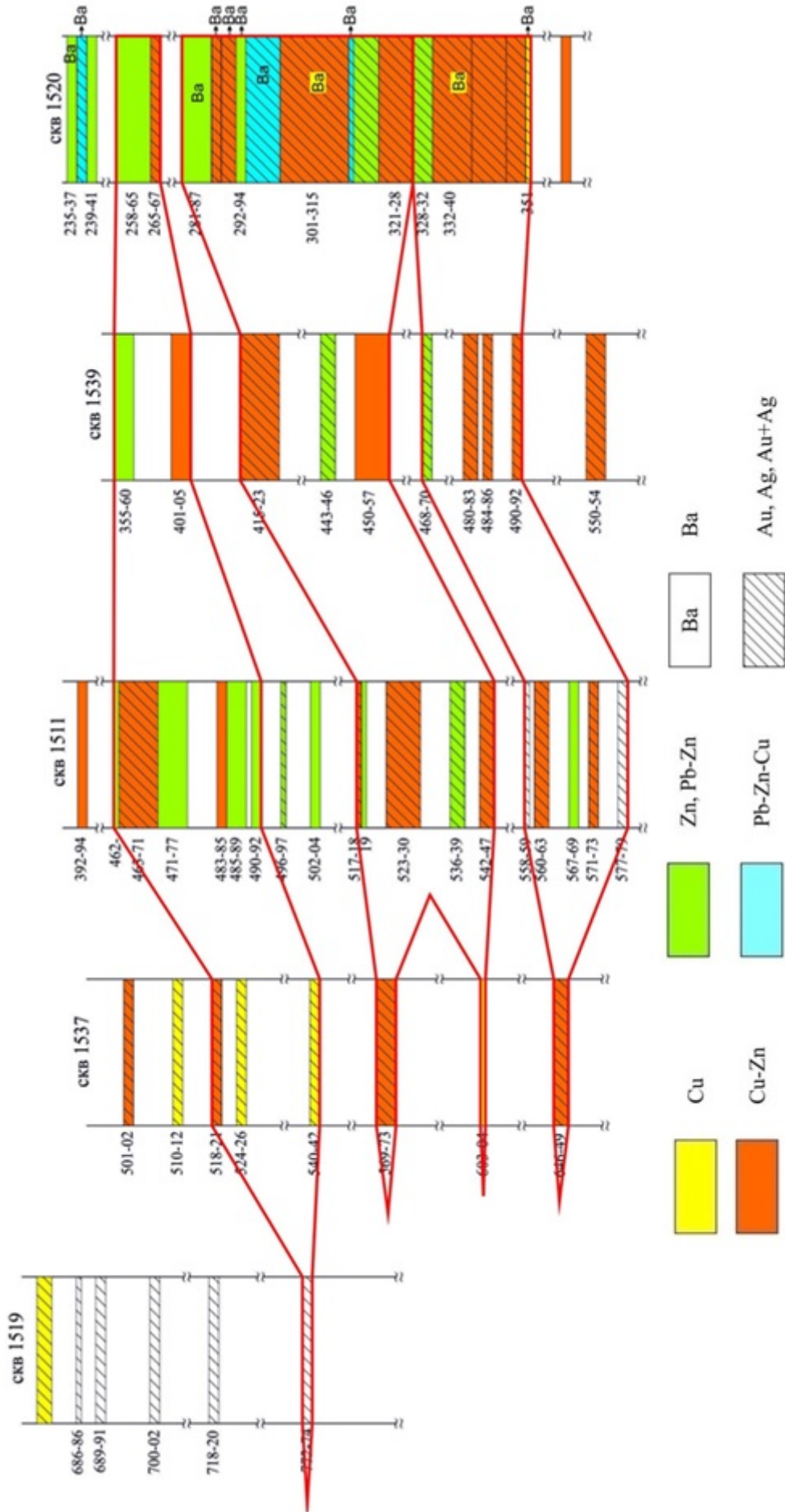


Рисунок 4.3 – Выделение рудных тел в верхней рудной зоне — профиль IV

К северу от профиля IV, по профилю III (Рисунок 4.5) в риолитах наблюдаются преимущественно цинковые и золото-цинковые рудные тела. В толще кислых эффузивов и их туфов развиты в основном рудные тела золото-серебро-барит-полиметаллического состава. При этом в рудных телах выделяются участки с преобладанием свинцово-цинковой и медно-свинцово-цинковой составляющих, а также обеднённые золотом участки, но с повышенным содержанием серебра.

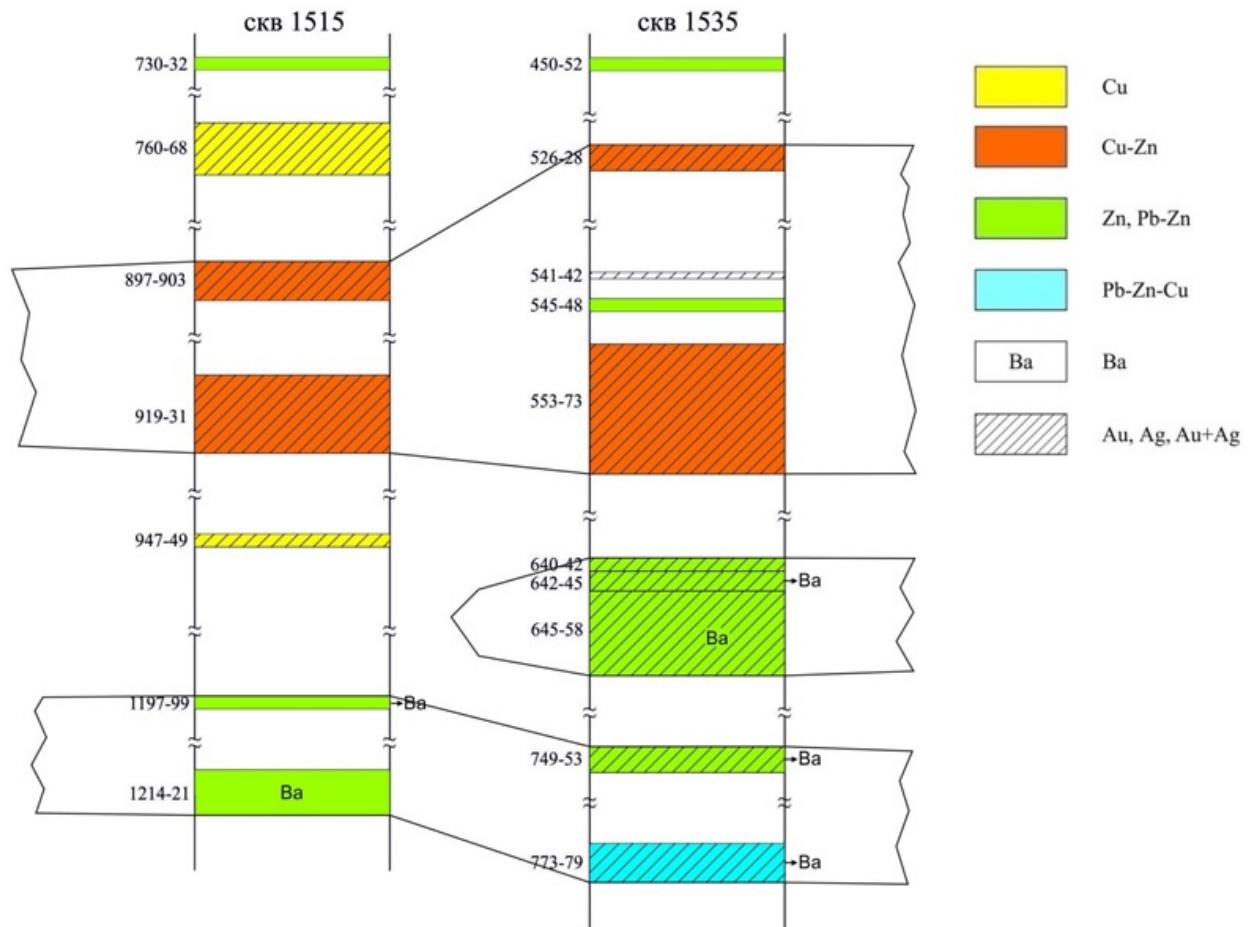


Рисунок 4.4 – Распределения минеральных типов руд рудного месторождения Салаирское по латерали и мощности — профиль XV

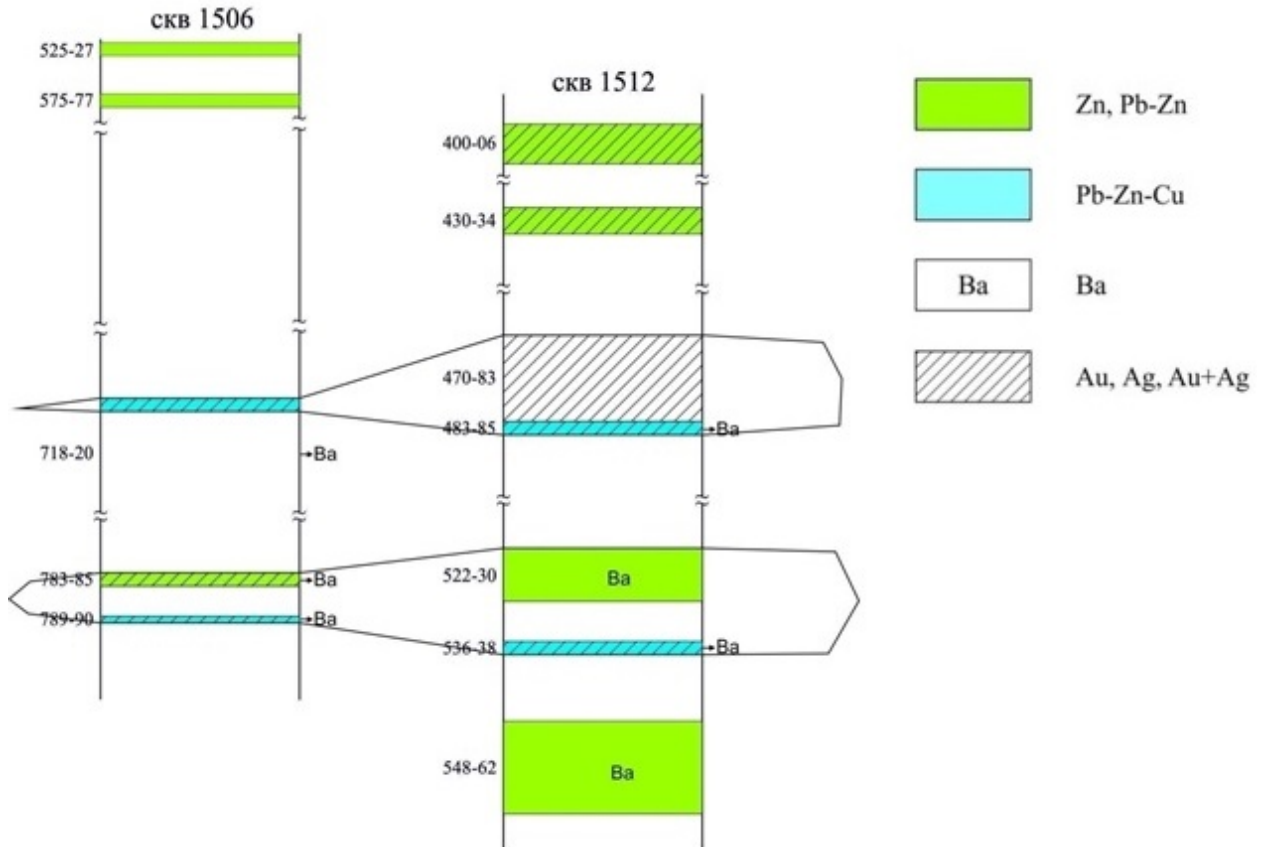


Рисунок 4.5 – Распределения минеральных типов руд месторождения Салаирское по латерали и мощности — профиль III

К северу от профиля IV, по профилю XVI (Рисунок 4.6), также отмечается ритмичное чередование зон, отвечающим различным минеральным типам руд – верх ритма — цинковая и цинково-баритовая зоны, низ — золото-(серебро)-барит-медно-(свинцово)-цинковая. Серебро и свинец в некоторых интервалах отсутствуют.

Из приведённых данных можно сделать вывод о распределении минеральных типов руд по падению и мощности. Зональность проявляется в том, что при удалении от зон подводящих каналов разрез с существенно медной и медно-цинковой ритмичной минерализацией осложняется полиметаллическими интервалами: медные→медно-цинковые→медно-свинцово-цинковые→медно-цинково-свинцовые→полиметаллические. В этом же направлении увеличивается содержание барита, и некоторое увеличение благородных металлов.

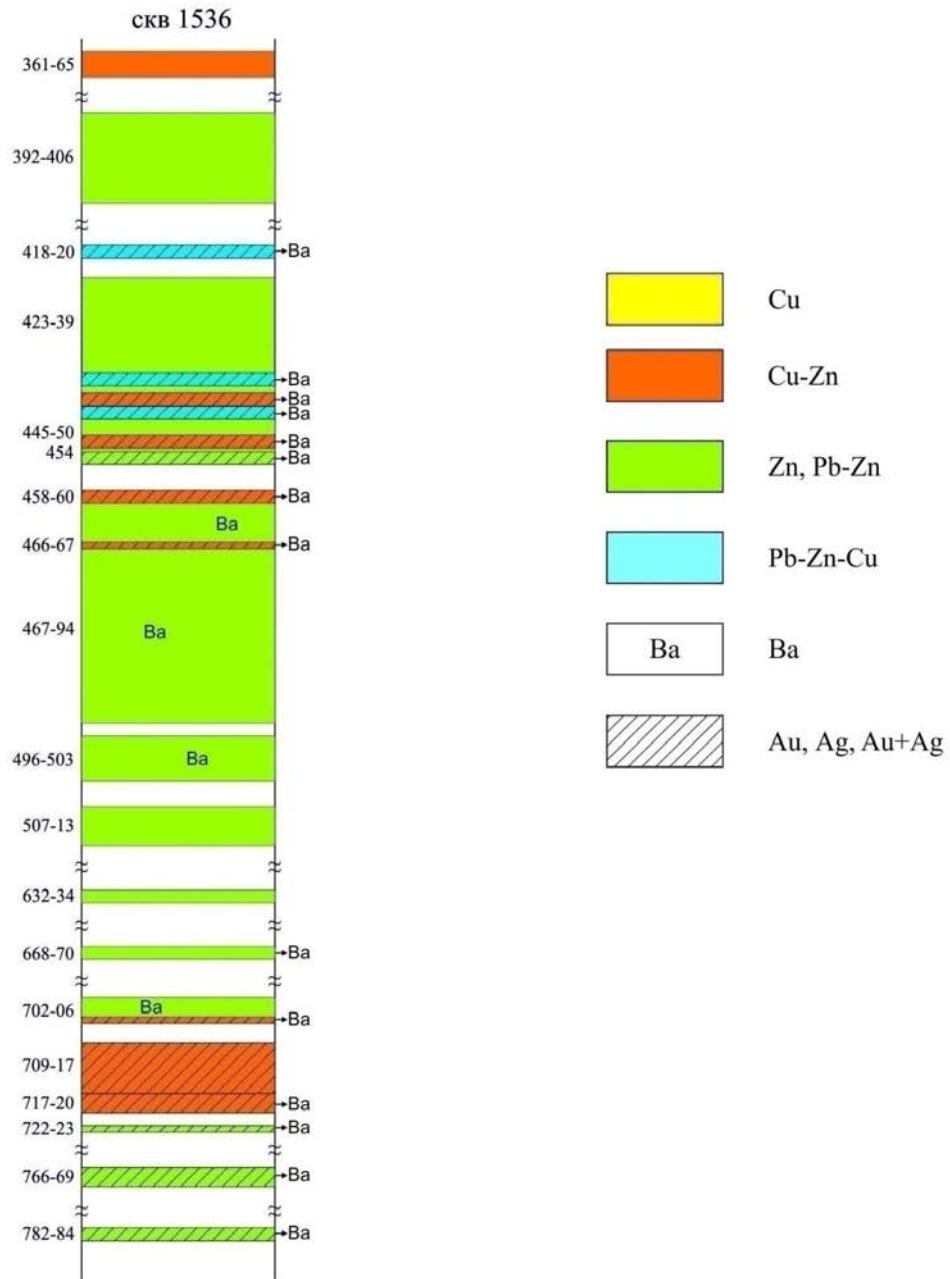


Рисунок 4.6 – Распределения минеральных типов руд месторождения Салаирское по мощности —
профиль XVI

Минеральные типы руд месторождения Каменушинское

Рудные тела месторождения не имеют четких геологических границ и представляют собой штокверк, состоящий из системы пересекающихся кварц-хлоритовых прожилков, содержащих переменную вкрапленность сульфидов и постепенно сменяющихся зонами рассеянной сульфидной минерализации. Участки повышенной сульфидной

минерализации простираются в северо-западном направлении, имеют линзовидное строение и кулисообразно заходят друг за друга. На сводной вертикальной продольной проекции участки минерализации имеют форму асимметричного «пучка» вертикального склонения, выклинивающегося с глубиной. Предварительное изучение зональности распределения минеральных типов руд на месторождении Каменушинское показало, что наиболее распространённый тип руд — медно-колчеданные, среди которых можно выделить собственно медно-колчеданные, медно-колчеданные золотосодержащие (Au 0,1–0,4 г/т) и золото-медно-колчеданные (Au >0,5 г/т) руды. В подчинённом количестве встречаются цинковые, золото-цинковые, свинцово-цинковые, единичные проявления полиметаллических и золото-серебро-медно-колчеданных руд. Рядом скважин вскрыта бедная золотая минерализация. Руды локализованы в туфогенно-осадочных и вулканогенных породах кислого состава.

4.2 Характеристика вещественного состава руд

Особенностью колчеданных месторождений в вулканогенных ассоциациях являются стратиформные «эксгаляционные» залежи, отложившиеся из гидротермальных флюидов, выделяющихся из подземных вод. Эти залежи могут простираться вне границ сульфидного массива и, как правило, состоят из кремния, железа, оксидов марганца, карбонатов, сульфатов, сульфидов (Bishop J.R. and Lewis R.J.G., 1992; Taylor C.D. и др. 1995; Cox D.P., 1986).

В геологической истории земли выделяются четыре основных относительно коротких периода активного колчеданообразования, среди которых крупнейший пик пришелся на кембрий-ордовикский период. С этим периодом связано формирование крупнейших колчеданосных провинций Мира и в том числе Салаирской (Дергачев и др. 2015; Дергачев, Еремин 2008). Важнейшими факторами образования колчеданных руд являются формационный (связь с контрастными или последовательно-дифференцированными вулканогенными формациями, что было показано выше), близость источника рудного вещества, наличие структур, благоприятствовавших накоплению и быстрому захоронению крупных рудных тел, а также большая продолжительность процессов рудообразования на фоне палеовулканического режима (Дергачев, Еремин, 2008, Еремин и др. 2004). Размещение колчеданных месторождений определяется центрами вулканической активности, что обеспечивало достаточную продолжительность активности субмаринных гидротермальных систем (Викентьев, 2004)

Стратиформные рудные тела Салаирско-Каменушинского рудного поля имеют тесную пространственную и парагенетическую связь с контрастной базальт-риолитовой формацией и приурочены к промежуточным или удалённым фациальным зонам.

Особенности состава и строения руд Салаирско-Каменушинского рудного поля ранее изучалась многими исследователями Лапуховым А.С. (Лапухов, 1975), Ковалевым К.Р. (Ковалев, 1969ф) и др.

Новые данные по минеральному составу стратиформных руд и стадийности их образования получены при изучении рудной зоны Первомайская, которая приурочена к интенсивно рассланцованным, метасоматически измененным вулканогенно-осадочным породам.

Золотосодержащие кварц-барит-колчеданные и кварц-барит-колчеданно-полиметаллические рудные тела имеют пластообразную и линзовидную формы. Главные рудные минералы: пирит, марказит, сфалерит, блёклая руда, галенит; в качестве аксессуарных минералов встречаются: халькопирит, золото, электрум, аргентит и сульфосоли серебра. Структуры руд: колломорфная, гранобластовая, идиоморфнозернистая, гипидиоморфнозернистая, аллотриоморфнозернистая, метазернистая, коррозионная, эмульсионная, интерстиционная, структуры дробления, замещения, перекристаллизации. Текстуры руд: прожилково-гнездово-вкрапленная, густо-вкрапленная до массивной, полосчатая, пятнистая, брекчиевидная.

Фактический материал свидетельствует о двух этапном процессе рудообразования — на первом этапе сформированы основные гидротермально-осадочные рудные залежи, а на втором — метаморфогенном — рудные залежи претерпели интенсивный региональный динамотермальный метаморфизм и как результат, перекристаллизацию и частичную мобилизацию рудного вещества.

Гидротермально-осадочный этап рудообразования. На этом этапе сформировалась галенит-сфалерит-пиритовая-марказитовая минеральная ассоциация переменного состава, иногда с халькопиритом. Минералы ассоциации встречаются в виде реликтов среди перекристаллизованных и наложенных образований. Наиболее ранними минералам в составе ассоциаций, отвечающих данному этапу, являются пирит-1 и марказит, которые встречаются в виде массивных аллотриоморфных скоплений, а также сфалерит-1. В скоплениях пирит разбит многочисленными трещинами, участками сильно раздроблен. Как правило, пирит имеет гранобластовое строение (Рисунок 4.7, Рисунок 4.8), однако, при диагностическом травлении были обнаружены и реликты концентрически-зонального, почковидного строения (Рисунок 4.9). На представленных фото можно видеть, как реликты зонального строения в гранобластах, так и начало (неполное) превращения первичных почек в гранобластовый агрегат. Близко одновременно с пиритом выделялся сфалерит-1, который образовался отчетливо раньше других полиметаллов. При травлении сфалерита в парах «царской водки» обнаруживается его двойниковое строение (Рисунок 4.10).

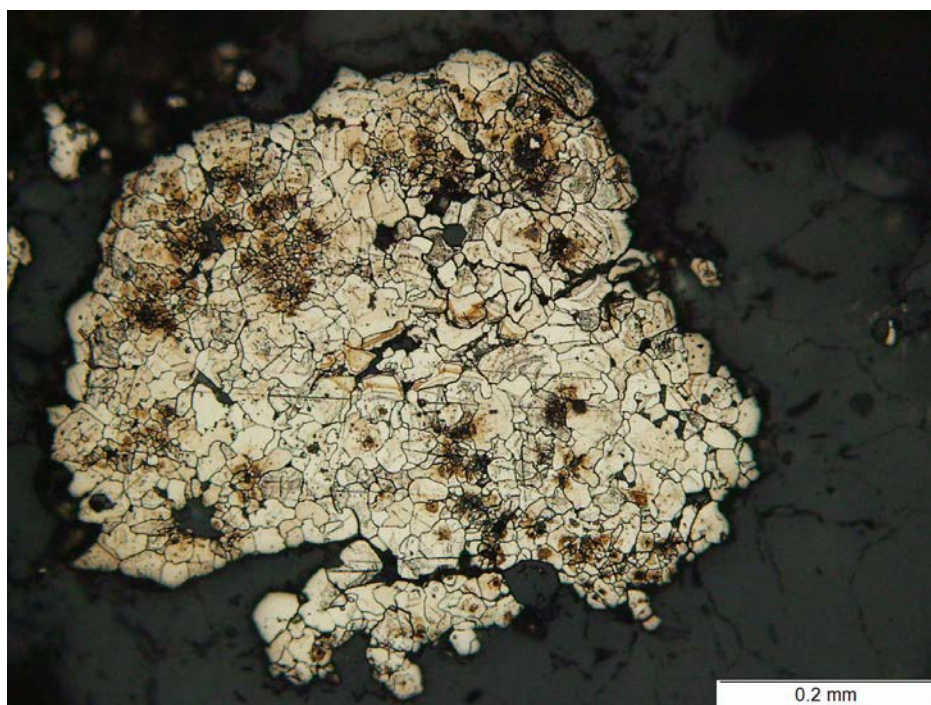


Рисунок 4.7 – Гранобластовая структура пирита с реликтами почковидной
Протравлено концентрированной азотной кислотой.

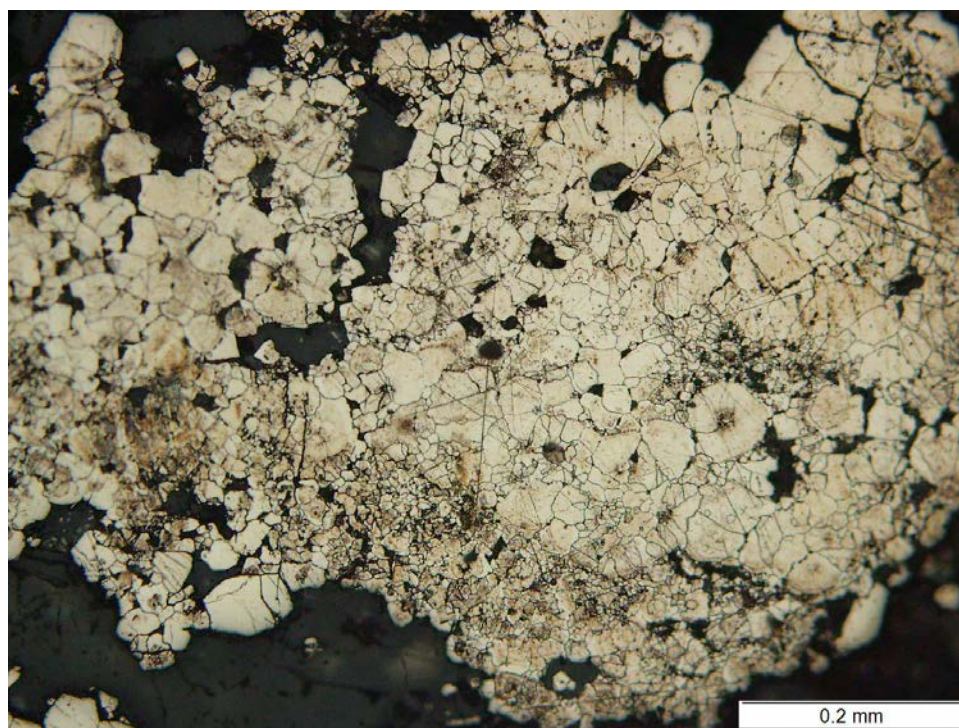


Рисунок 4.8 – Превращения первичных почек в гранобластовый агрегат
Протравлено концентрированной азотной кислотой.

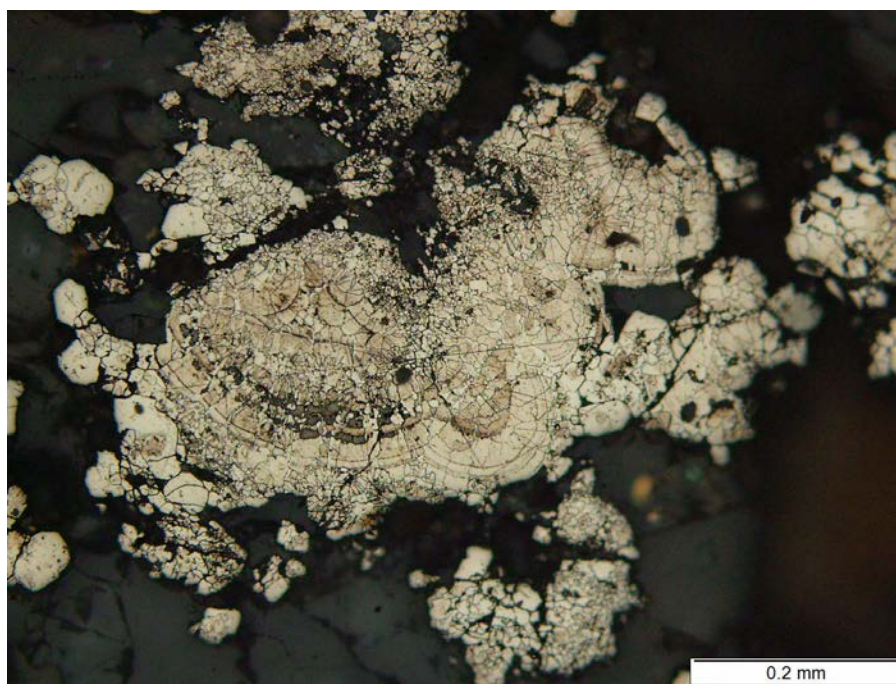


Рисунок 4.9 – Концентрически-зональная, почковидная структура пирита, участками видно начало превращения в гранобластовый агрегат

Протравлено концентрированной азотной кислотой.

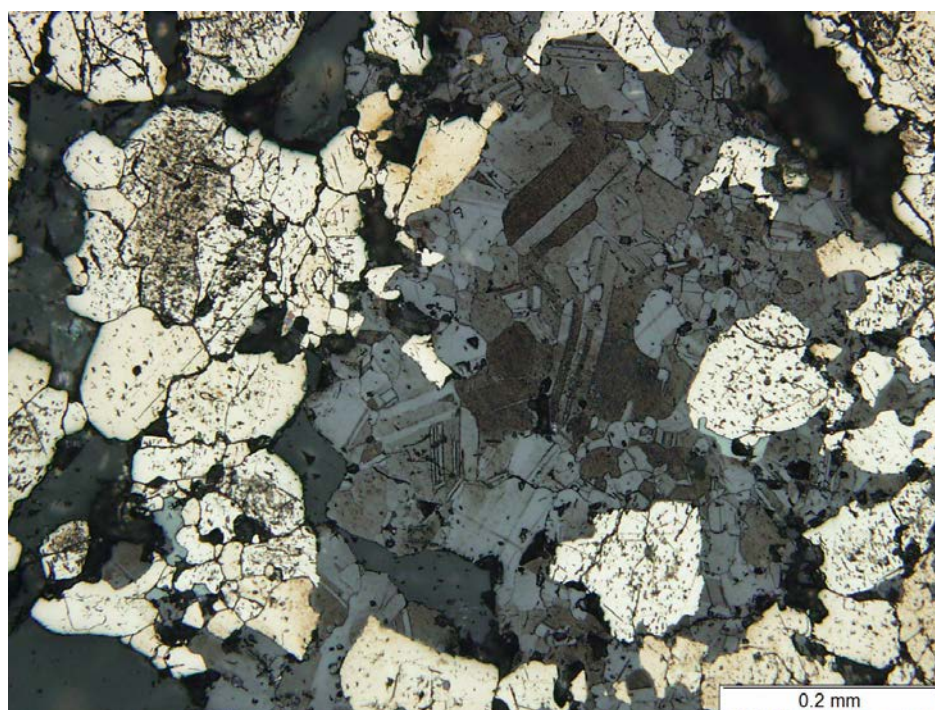


Рисунок 4.10 – Двойниковое строение сфалерита-1

Протравлено в парах «царской водки».

Кроме того, сфалерит, галенит и халькопирит в резко подчинённом количестве присутствуют в микрослоистых рудах и локализируются в зональных почках. На этом этапе также сформированы руды имеющие розеточное строение колломорфного пирита в баритовой оболочке, описанное ранее К.Р Ковалевым (Ковалев, 1969ф) и Э.Г. Дистановым (Дистанов, 1977). Подобные образования В.В. Масленниковым (Масленников, 2006) на колчеданных месторождениях Урала трактуются как стенки трубок «курильщиков».

Метаморфогенный этап

Стадия перекристаллизации. Данная стадия метаморфических преобразований имеет тесную связь с первичными гидротермально-осадочными рудами. В связи с значительными дислокационными преобразованиями вмещающих вулканогенно-осадочных пород и первичных руд, последние, как это было показано выше, практически не сохранились. Единственный информативный минерал показывающий, что данная стадия существует — пирит, гранобластовой и порфиробластовой структуры которые встречаются повсеместно во всех типах руд (Рисунок 4.7, Рисунок 4.8). На этой стадии сфалерит и особенно галенит подвержены частичной мобилизации из-за их большей пластичности.

Стадия мобилизации. На данной стадии образованы сфалерит-2, галенит-2, который развивается в интерстициях и вдоль границ зерен сфалерита, затем блёклая руда, которая замещает и цементирует другие сульфиды (Рисунок 4.11). Полиметаллы образуют структуры интерстициальные, цементации, коррозионные. Хотя блёклая руда и галенит постоянно ассоциируют со сфалеритом-2, но откладывались несколько позднее. Образование сфалерита-2 и других полиметаллов, которые цементируют и корродируют ранние минералы в рудах, а также образуют самостоятельные пунктирно-вкрапленные полосчатые и вкрапленные руды, происходит гидротермально-метасоматическим путём за счет мобилизации рудного вещества в процессе метаморфизма.

Таким образом на метаморфогенном этапе руды были подвергнуты метаморфическим воздействиям, деформации, дроблению и перекристаллизации, в некоторых случаях полной мобилизации, о чем в частности свидетельствует выполнение барит-колчеданно-полиметаллическими рудами ядерных частей мелких складок, где колчеданно-полиметаллическая руда находится в внутренней части ядра, а внешняя его зона выполнена кварц-баритовым агрегатом (Рисунок 4.12).

В пределах залежи можно выделить два минеральных типа руд — кварц-барит колчеданно-полиметаллический и колчеданно-полиметаллический с преобладанием колчеданной составляющей.

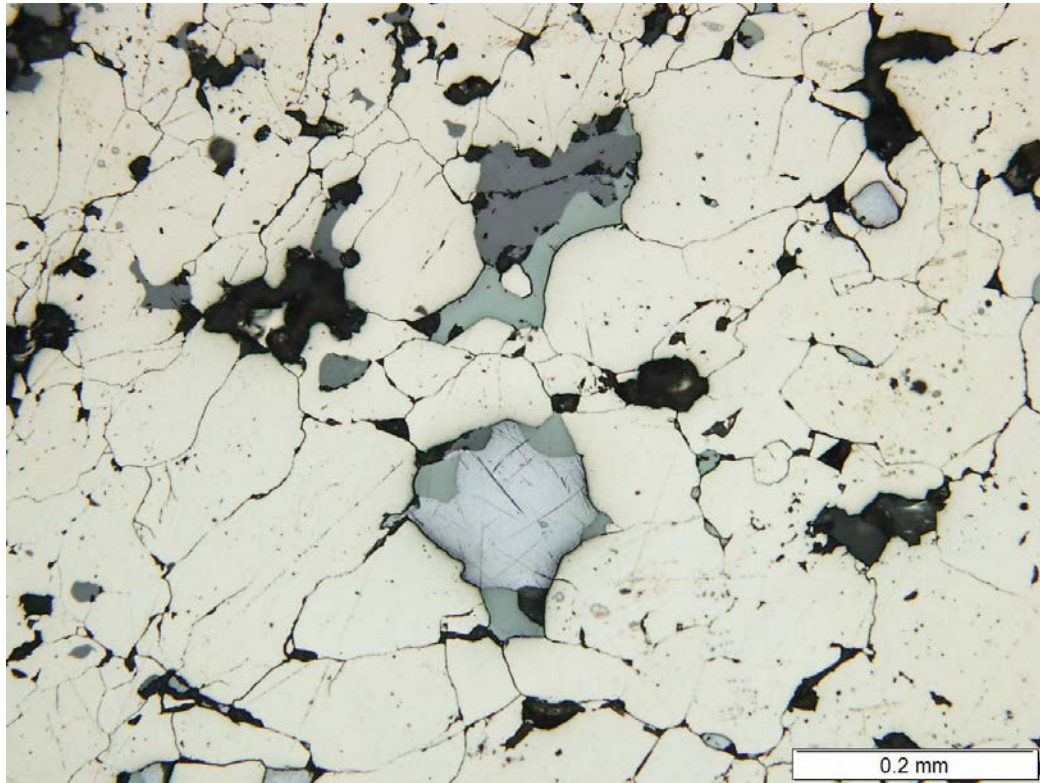


Рисунок 4.11 – Замещение галенита и сфалерита блёклой рудой во включениях в пирите



Рисунок 4.12 – Колчеданно-полиметаллическая руда во внутренней части ядра складки выполненной кварц-баритовым агрегатом

Колчеданно-полиметаллический с преобладанием колчеданной составляющей минеральный тип руд. Текстура их обычно массивная, полосчатая (Рисунок 4.13) или плотно-вкрапленная.

Главными минералами здесь являются пирит-1 и марказит, находящиеся в тесном прорастании и образующие крупные аллотриоморфные выделения, цементируемые кварц-баритовым агрегатом. Пирит и марказит интенсивно раздроблен, часто превращен в гранобластовый агрегат. В некоторых случаях наблюдается регенерация зерен пирита. Сфалерит-1 ассоциирует с пиритом, образуя изометричные, разбитые трещинами выделения.



Рисунок 4.13 – Полосчатая текстура колчеданно-полиметаллической руды

По пириту развиваются сфалерит-2, блеклая руда и галенит, замещающая его. Размер этих выделений 0,1–0,4 мм, иногда до нескольких миллиметров. Кроме того, эти минералы развиваются в интерстициях зерен пирита и зон его роста, образуя мелкую

вкрапленность и ветвящиеся скелетные выделения. На некоторых участках вкрапленность может быть очень насыщенной (Рисунок 4.14). Во вкрапленности также иногда встречается халькопирит.

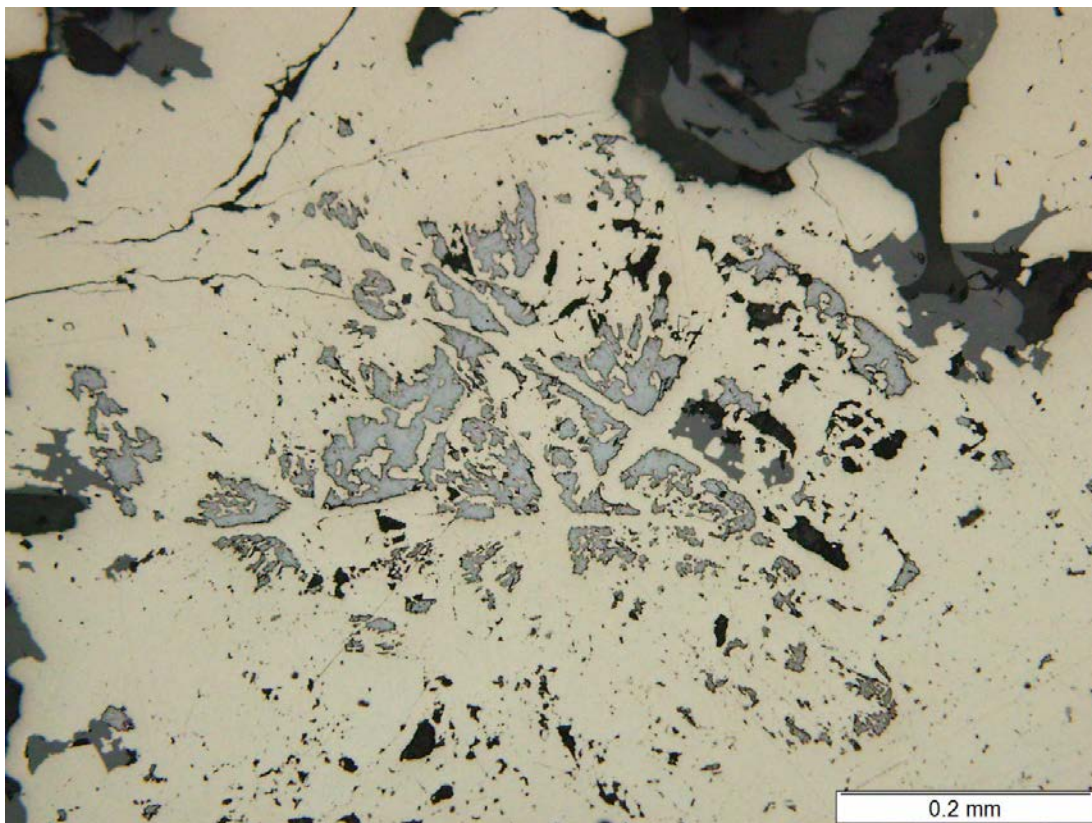


Рисунок 4.14. Включения галенита в пирите

Наблюдаются практически полностью колчеданные руды, где другие минералы находятся в виде включений в пирите или марказите, иногда развиваются вдоль границ зерен. Именно в таких рудах в ряде шлифов нами наблюдалось золото и электрум в качестве включений в пирите вместе с блёклой рудой или сфалеритом-2 (Рисунок 4.15–Рисунок 4.17). Золотины размером 0,02–0,1 мм, располагаются в интерстициях зерен пирита, образуя срастания с блёклой рудой или сфалеритом. Форма золотин обычно угловатая, изометричная, иногда встречаются золотины вытянутой, округлой формы, в зависимости от формы интерстиции.

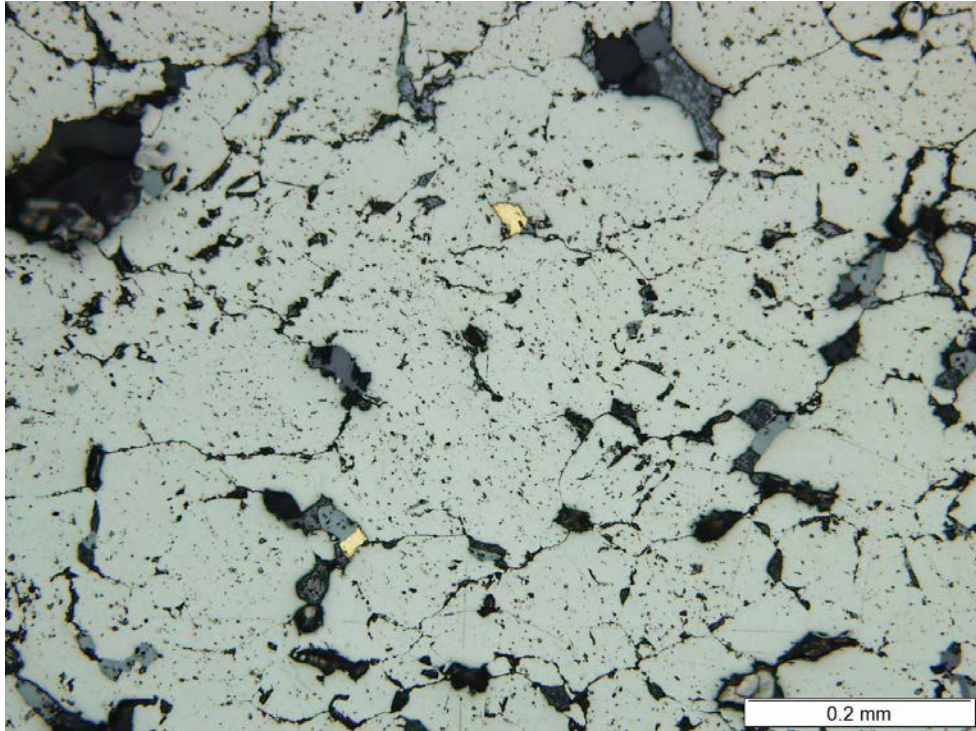


Рисунок 4.15 – Включения золота и сфалерита (тёмно-серый) в пирите

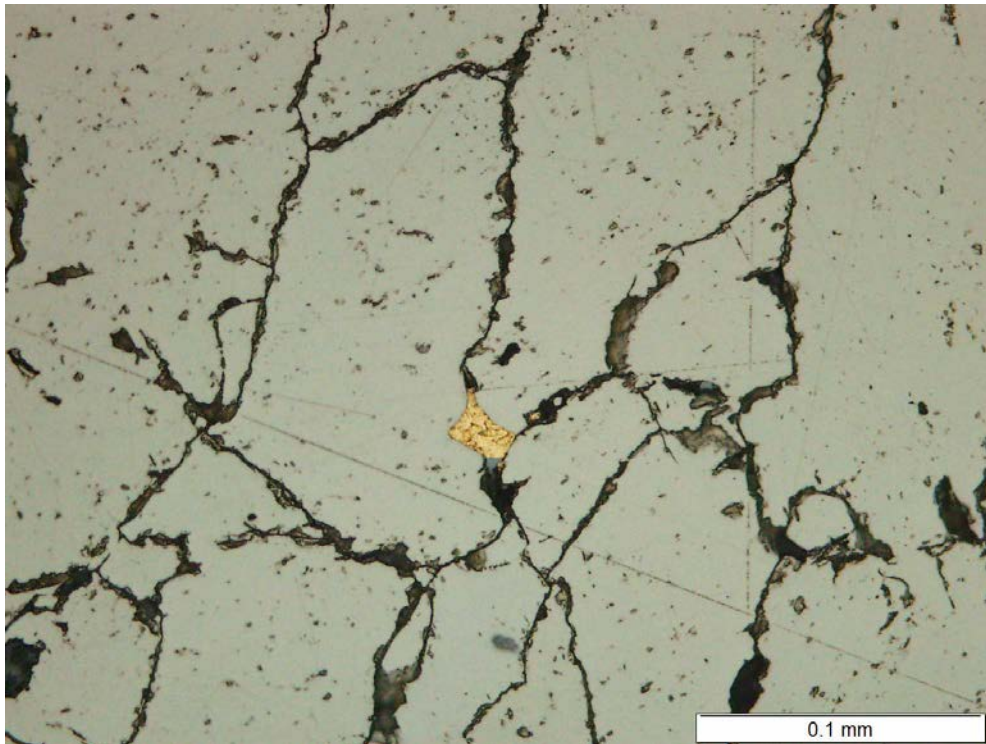


Рисунок 4.16 – Морфология выделения золота в пирите

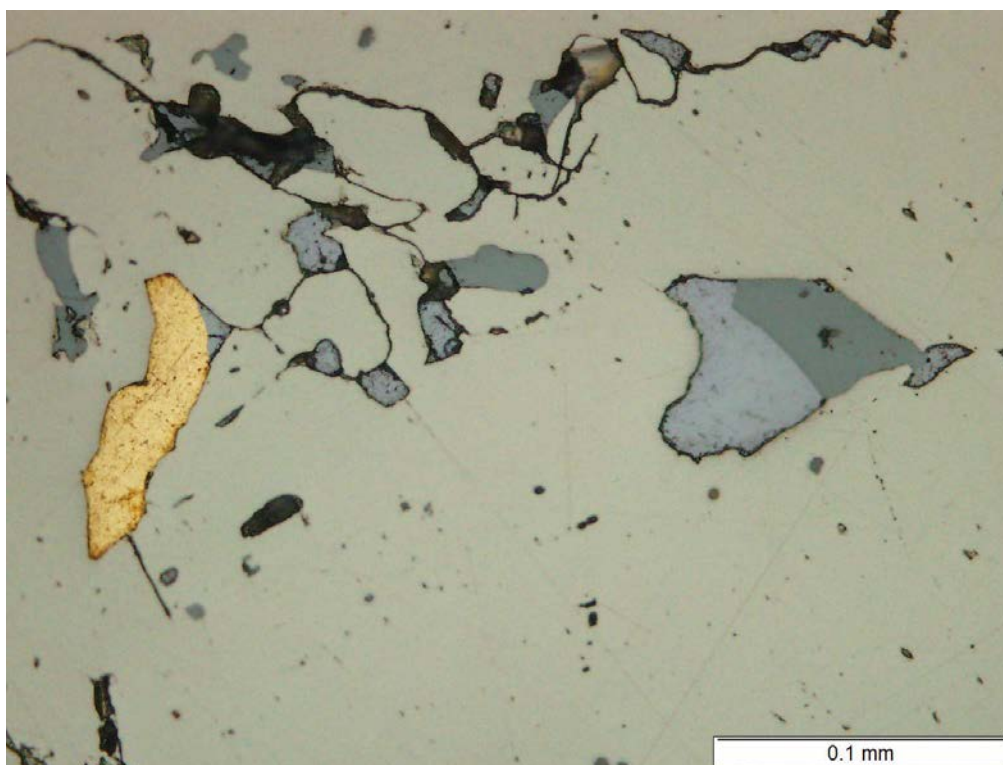


Рисунок 4.17 – Морфология выделения золота в пирите; включения в пирите галенита (голубоватый), блёклой руды (серая) и сфалерита (тёмно-серый)

Как показано А.Л. Дергачевым и Н.И. Ереминым для вулканогенных колчеданных месторождений образование золота происходило одновременно с образованием сульфидов, синхронно вулканизму, а метаморфизм приводил его укрупнению, частичной мобилизации и переотложению (Дергачев, Еремин, 2018).

На юго-западном фланге Первомайской рудной зоны вскрыта массивная пиритовая залежь, в которой хорошо сохранились первичные текстурные формы. Она представлена сплошными почечными колломорфными агрегатами пирита радиально-лучистого облика и зонального строения, пропитанного по порам и трещинам усыхания и дробления более поздними сфалеритом, галенитом, блёклой рудой и халькопиритом (Дистанов, 1977).

Кварц-барит колчеданно-полиметаллические руды: гнездово-вкрапленные, плотно-вкрапленные, пунктирно-вкрапленные полосчатые, прожилковидные. Наиболее часто встречаются пунктирно-вкрапленные руды, где сульфиды располагаются тонкими полосами размером 1–2 мм в кварце. Полосы состоят из вытянутых, пунктирных выделений сульфидов, среди которых чаще всего преобладает сфалерит-2 (иногда большую роль играет блёклая руда), образуя зерна до 1,5 мм (Рисунок 4.18, Рисунок 4.19).

Эмульсионная вкрапленность в сфалерите отсутствует. Другие сульфиды находятся со сфалеритом в тесном прорастании. Пирит-2 находится в сфалерите в виде включений (скоплений) изометричных гипидиоморфных и аллотриоморфных зерен, размером 0,1–0,3 мм, Пирит цементируется и корродируется сфалеритом и блёклой рудой (Рисунок 4.20). Блеклая руда и галенит образуют сростания со сфалеритом-2, при этом блеклая руда и галенит корродируют сфалерит и образуют вростки в интерстициях сфалерита. В галените изредка наблюдаются включения очень близкого по виду минерала, слабо анизотропного, рельеф ниже, чем у галенита, предположительно акантита.

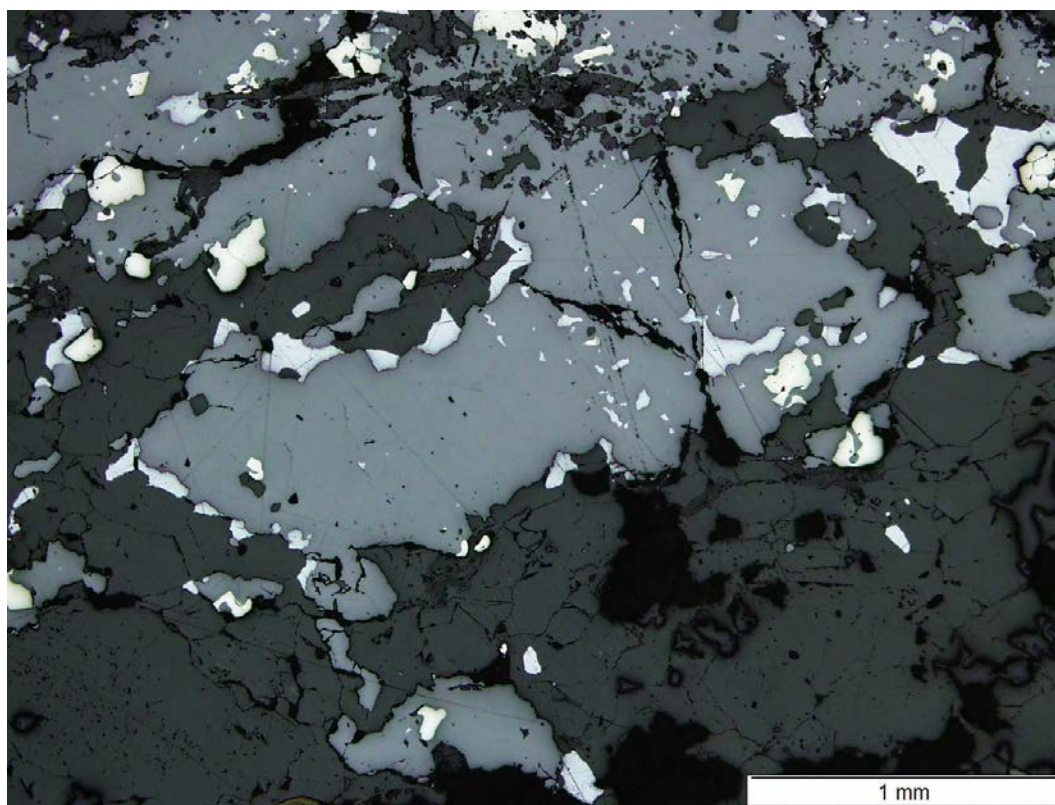


Рисунок 4.18 – Вытянутые выделения сфалерита (темно-серый) с вростками галенита (голубоватый) и реликтами пирита (белый)

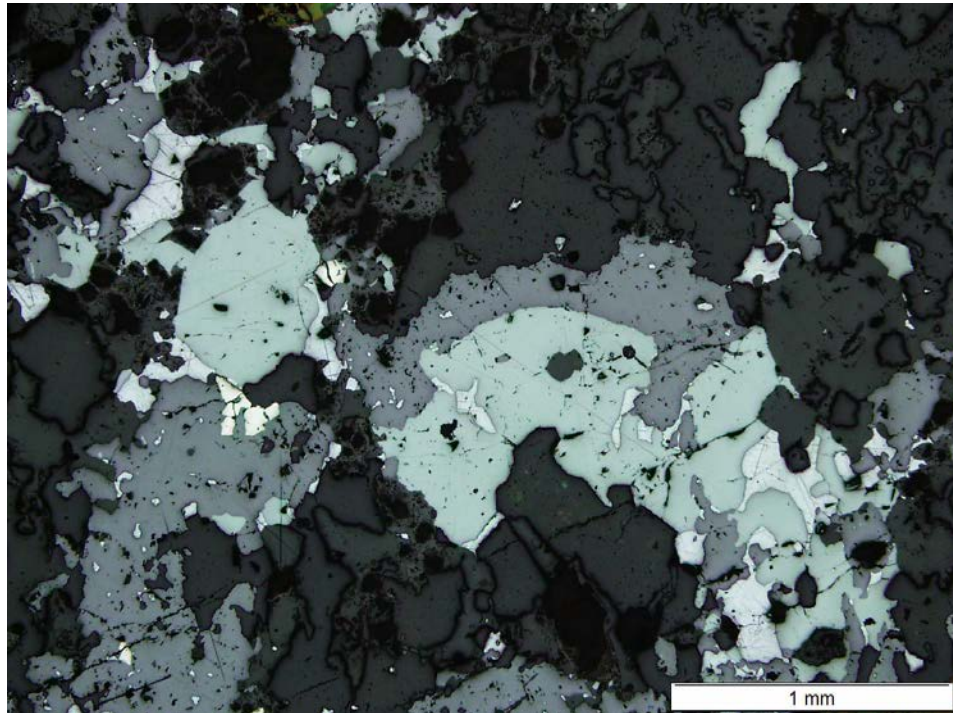


Рисунок 4.19 – Морфология выделений сульфидов

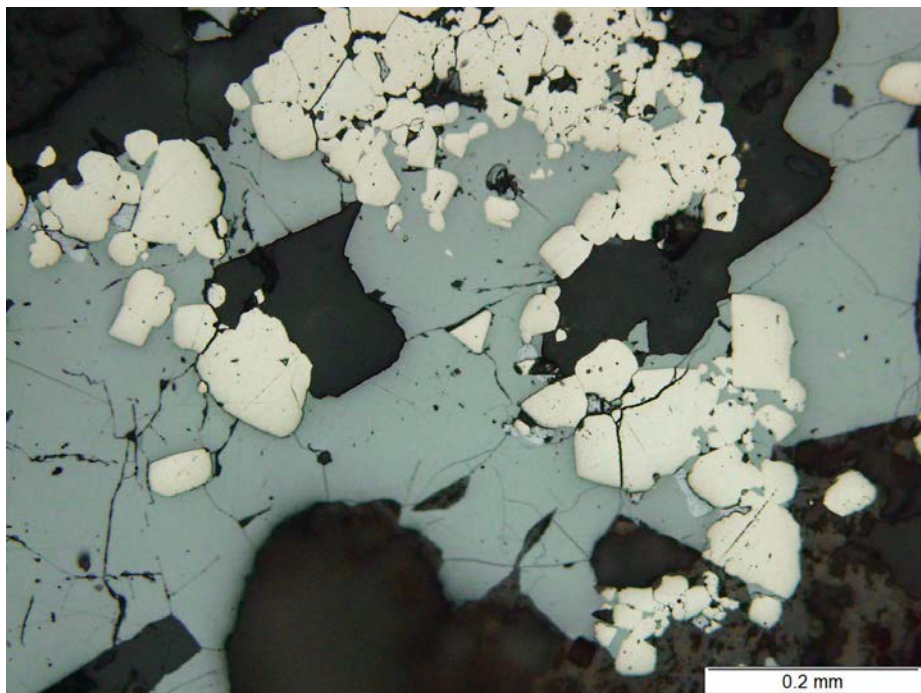


Рисунок 4.20 – Блѣклая руда (серая) цементирует пирит

Таким образом фактический материал свидетельствует о двух этапном процессе рудообразования — на первом этапе сформированы основные рудные залежи гидротермально-осадочным путем, на втором — метаморфогенном — рудные залежи претерпели интенсивный региональный динамотермальный метаморфизм с частичным перераспределением вещества и перекристаллизацией рудных минералов.

4.3. Изотопный состав серы сульфидов в рудах Салаирского месторождения

Изотопные исследования сульфидной серы для Салаирско-Каменушинского рудного поля проведены впервые.

Аналитика показала, что сульфидная сера в рудах месторождения Первомайское существенно обогащена изотопом ^{34}S (Таблица 4.1), что свидетельствует об участии в рудообразовании изотопно «тяжелого» сульфата морской воды (Гриненко В.А., Гриненко Л.Н., 1974).

Таблица 4.1 Изотопный состав сульфидной серы в рудах Первомайской рудной зоны месторождения Салаирское

Номер образца	Минерал	$\delta^{34}\text{S}$ СДТ, ‰
2080/1	Пирит	+2.3
2079	Пирит	+5.1
2077/1	Пирит	+6.9
2075	Пирит	+7.2
2074	Пирит	+5.2

Известно (Лапухов А.С. и др., 1991), что среди всего ряда вулканогенных колчеданных месторождений подобными наиболее высокими значениями $\delta^{34}\text{S}$ выделяются золото-колчеданно-полиметаллические месторождения типа Куроко (а также

и рудноалтайские месторождения). При этом объекты типа Куроко характеризуются отчетливо проявленной изотопно-геохимической зональностью: от подошвы к кровле рудных тел $\delta^{34}\text{S}$ снижается от $+7\pm 1\text{‰}$ (прожилково-вкрапленные кварц-халькопирит-пиритовые руды) до $+5\pm 1\text{‰}$ (пластовые халькопирит-пиритовые и вышележащие барит-полиметаллические руды). Над рудными телами (в зоне развития гематита) $\delta^{34}\text{S}$ пирита резко снижается. Обоснована модель, согласно которой в рудообразовании принимала участие исключительно сера морской воды, а изотопно-геохимическая зональность обусловлена ростом окислительного потенциала среды от нижней части рудообразующей системы к верхней.

Как следует из полученных нами данных (Таблица 4.1), в изученном разрезе месторождения Первомайское наблюдается аналогичное распределение изотопов серы, что служит дополнительным указанием на **вулканогенно-гидротермально-осадочное происхождение сульфидных залежей**. Следует также отметить, что сохранение первичной изотопной зональности свидетельствует об отсутствии процессов привноса-выноса серы при последующем метаморфизме руд.

4.4. Околорудные изменения пород

Колчеданно-полиметаллические месторождения Каменушинское и Салаирское и их рудные зоны (Кварцитовая сопка, Первомайское, Александровское и др.) повсеместно сопровождаются околорудноизменёнными породами, которые формируются в процессе кислотного выщелачивания и отвечают кварц-серицитовой формации, выделенной Омеляненко Б.И. (Омеляненко, 1978) По характеру ведущих процессов различаются метасоматиты гипогенного выщелачивания, осаждения и малоинтенсивного гидролитического разложения (Чекваидзе, 1981).

Подобные типы метасоматических изменений выделяются нами для Салаирско-Каменушинского рудного поля (Рисунок 4.21).



Рисунок 4.21 – Схема размещения околорудных метасоматитов месторождения Салаирское

Метасоматиты гипогенного выщелачивания

Метасоматиты гипогенного выщелачивания развиты практически во всех рудных зонах Салаирско-Каменушинского рудного поля. Они представлены кварцитами, кварц-серицитовыми и кварц-серицит-хлоритовыми породами. Состав продуктов выщелачивания в существенной степени определяется составом вмещающих пород. По породам кислого состава (риолитам, лавам и туфам риолитов) образуются кварциты и кварц-серицитовые метасоматиты, а по породам основного состава (долеритам, лавам и туфам андезитов) — кварц-серицит-хлоритовые, реже кварц-серицит-хлорит-карбонатные.

Метасоматиты гипогенного выщелачивания в результате воздействия динамометаморфизма рассланцованы, преобразованы и зачастую превращены в кварц-серицитовые и кварц-серицит-хлоритовые сланцы. При этом в распределении продуктов выщелачивания, в поперечном к рудоносным структурам направлении, отмечается зональность, выраженная в развитии в центральной зоне кварцитов и кварц-серицитовых пород, а во внешней серицит-хлорит-(карбонатно)-кварцевых. На месторождениях

сохранивших первичную структуру, продукты гипогенного выщелачивания приурочены к подводющему каналу, где концентрируются обычно кварциты и кварц-серицитовые метасоматиты, а за его пределами кварц-серицит-хлоритовые. Метасоматиты выщелачивания почти всегда содержат рассеянную сульфидную вкрапленность.

Кварц-серицитовые метасоматиты — состоят из кварца и серицита, количество которых варьирует. Пирит составляет 10–15% от объема породы. Когда кварц-серицитовая порода развита по риолиту или онгону, то в ней сохраняются единичные порфиновые выделения плагиоклаза, частично или полностью замещены серицитом и кристаллами топаза. Когда кварц-серицитовый метасоматит развит по туфу кислого состава, то в нем просматривается обломочная текстура, где в виде обломков отмечается только кварц, а плагиоклазы полностью изменены.

При преобразовании туфогенного алевролита кварц-серицитовыми метасоматитом, в нем сохраняются следы полосчатой текстуры, в направлении которой породы рассланцованы.

Кварц-серицит-хлоритовые породы, развитые по туфам кислого состава, зеленовато-серого цвета, состоят из кварца (10–15%), серицита (30–35%), хлорита (45–55%) и пирита (5%). В породе отмечается обломочная текстура, обусловленная сохранившимися обломками кварца. Если кварц-серицит-хлоритовый метасоматит замещает риолит, то в нем отмечается реликтовая порфировая структура. Кварц-серицит-хлоритовые метасоматиты, развитые по алевролитам, состоят из 10% кварца, 40% серицита и 50% хлорита и рудного минерала. Количество серицита и хлорита колеблется, то преобладает хлорит, то серицит. Породы обычно рассланцованы.

Существенно окварцованные породы (кварциты) — мелко-среднезернистая порода от светло-серого до практически белого цвета, состоящая из кварца (85–90%), серицита (10%) и хлорита (5%). Часто рудные минералы в кварците составляют до 50%. В случае, когда кварцит развивается по онгону, сохраняются единичные фенокристаллы кварца и кристаллики топаза.

Кварциты наиболее широко распространены в пределах рудной зоны Кварцитовая сопка. Здесь вблизи рудных тел в кварцитах развиты жильно-метасоматические проявления барита, кварца и карбоната, в результате чего формируются кварц-баритовые, барит-кварцевые, барит-кварц-карбонатные породы с рудными минералами.

Кварц-баритовые и барит-кварцевые породы состоят из кварца и барита, количество которых не постоянно. Кристаллы барита, размером 2,0–4,0 мм, хорошо выделяются на фоне кварца. Рудные минералы (галенит, сфалерит, пирит) составляют от 10%, иногда до

50–60% от объема шлифа. Кристаллы пирита часто окружены чешуйками хлорита, кварца или серицита.

Кварц-барит-карбонатные породы — порода светло-серого с желтоватостью цвета, равномернoзернистая. Состоит из кварца, барита, карбоната, небольшого количества серицита и рудных минералов (пирита, сфалерита, галенита). Породы часто рассланцованы. Направление рассланцевания подчеркивается вытянутыми кристаллами кварца, барита, карбоната. И даже пятнистые выделения рудных минералов ориентированы по направлению рассланцевания.

Метасоматиты осаднения

Процесс гипогенного выщелачивания сопровождается процессом выноса и переотложения основных компонентов из вмещающих пород, в результате чего формируются метасоматиты осаднения: хлоритовые, серицитовые, хлорит карбонатные. На колчеданно-полиметаллических месторождениях Рудного Алтая эти породы образуют крупные метасоматические тела и линзы длиной от 50–100 до 500 м при мощности от 0,5 до 100 м (Кудрявцева Н.Г., 1992), приуроченные непосредственно к рудным телам. На Салаирско-Каменушинском рудном поле, в связи с интенсивным динамометаморфизмом и рассланцеванием, метасоматиты осаднения сохраняются в усеченном виде. Здесь сформированы только компактные серицитовые, хлоритовые линзочки и жилы небольших размеров, с которыми ассоциируют кварц, барит и сульфиды.

Метасоматиты малоинтенсивного гидrolитического разложения.

Метасоматиты малоинтенсивного гидrolитического разложения пользуются наибольшим распространением по сравнению с метасоматитами гипогенного выщелачивания и отложения. По своему составу эти продукты близки к таковым в периферических зонах окolorудных метасоматитов гипогенного выщелачивания. В зависимости от состава вмещающих пород преимущественное развитие приобретают ассоциации кварца, серицита, хлорита, альбита (по вулканитам кислого состава и осадочным породам) либо серицита, хлорита, карбоната, альбита (по вулканогенным породам среднего и основного состава).

Такие новообразования образуют пятнисто-вкрапленные скопления, составляющие не более 20–25% от объема пород.

Ореолы продуктов малоинтенсивного гидrolитического разложения распространены от рудных зон на 300–500 м до нескольких километров и они фиксируют не только месторождения, но и рудные поля. Сложность диагностики метасоматитов образованных данными процессами заключается не только в схожести набора вторичных

минералов с метасоматитами гипогенного выщелачивания и осаждения, но и в том, что периферические метасоматические зоны смыкаются с продуктами поствулканических и региональных метаморфических преобразований. Главными чертами регионально и поствулканически измененных пород являются: площадное распространение, выдержанный состав на больших площадях, отсутствие зональности, особенности состава главных породообразующих минералов (хлорита и серицита).

Третье защищаемое положение

Рудные тела Салаирского и Каменушинского месторождений были сформированы в два этапа. На конседиментационном этапе были образованы основные рудные залежи. Рудообразование сопровождалось широким развитием околорудных метасоматитов кварц-серицитовой формации. Последующий региональный динамотермальный метаморфизм привел к частичному перераспределению и преобразованию рудного вещества. Гидротермально-осадочный генезис сульфидов подтверждается проведенными минераграфическими исследованиями и изотопным составом сульфидной серы.

5. ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВАЯ МОДЕЛЬ ЭТАЛОННЫХ ОБЪЕКТОВ И ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ САЛАИРСКОЙ МЕТАЛОГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ НА ЗОЛОТО-СЕРЕБРО- ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОЕ ОРУДЕНЕНИЕ

5.1. Прогнозно-поисковая модель полиметаллических объектов в вулканогенных ассоциациях

Методика построения прогнозно-поисковых моделей разработана сотрудниками ЦНИГРИ (Кривцов и др., 1995) и описана в ряде работ по Рудному Алтаю (Кузнецов, 2011), где для Березовогорского рудного поля была применена в диссертационной работе Серавиной Т.В. (Серавина, 2016). Для Салаирского кряжа данная методика впервые была применена автором.

При анализе и оценке новых изучаемых объектов используются различные модели, среди которых по Кривцову (Кривцов и др., 2002) можно выделить следующие: месторождений (генетические, классификационно-признаковые, статистические, количественные); рудных тел (морфологические, концентрационные, многофакторные — оценочные и разведочные); металлогенических обстановок; рудных формаций; рудообразующих процессов (например, конвективно-рециклинговые плутоногенные и субмаринные) и прогнозно-поисковые.

Генетические модели месторождений характеризуют процессы рудообразования и используются в теории рудогенеза. Классификационные модели основаны на различных классификациях месторождений (генетическая, геотектоническая, формационная, геохимическая и другие). Эти модели применяются при металлогеническом анализе и прогнозировании и в них для всех типов месторождений используются комплекс характеристик (элементов модели). Количественные (статистические) модели отражают в цифровом виде распределение полезных компонентов и другие характеристики в пределах месторождений и рудных тел, уровни концентрации. Данные модели имеют широкое применение в региональном и локальном прогнозировании и поисках. Морфологические и концентрационные модели учитывают неоднородность внутреннего строения рудных тел (изменение мощности и содержания рудных компонентов) и позволяют оценивать это через градиенты (увеличение либо уменьшение между точками, заданными на

определенных расстояниях). Соответствующие построения проводятся как по осям роздиаграмм (поля изменчивости), так и по осям рудного тела (эллипсы изменчивости). Модели рудообразующих процессов основываются на математическом моделировании совокупности взаимосвязанных факторов и параметров, которые приводят к образованию месторождений с точки зрения вещественного выражения рудообразующих геологических процессов (Кривцов., 2008).

Для выделения металлогенических таксонов ранга рудного узла–рудного поля–перспективного участка (площади потенциального месторождения) и оценки их прогнозных ресурсов исследуются следующие основные характеристики:

— формационные и формационно-петрологические, с выделением продуктивных формаций и комплексов, а также рудовмещающих образований (интрузивных и стратифицированных);

— структурно-тектонические, с отражением структурных элементов с которыми установлена или предполагается связь рудных проявлений (складчатые, купольные и купольно-блоковые структуры, их фрагменты, региональные и прочие разломы с опережающими их разрывными нарушениями высоких порядков, эндо- и экзоконтакты, надинтрузивные зоны гранитоидных массивов, ареалы и пояса даек и малых интрузий);

— литолого-структурные, с отражением формационно-фациальных и /или петрологических, в том числе субвулканических фаций и/или интрузивных комплексов пород, а также структурных элементов, в том числе тектонических, с которыми установлена или предполагается связь золоторудных проявлений;

— рудноформационные, с выделением групп проявлений оруденения, однотипных по элементному и минеральному составу руд и характеризующихся близкими обстановками нахождения (состав руд и рудной матрицы, морфология рудных залежей);

— околорудные гидротермально-метасоматические, отражающие состав, этапность формирования, зональность метасоматических ореолов;

— минералогические, включающие состав, стадийность минералообразования, структурно-текстурные особенности минеральных агрегатов;

— геохимические, отражающие спектр ассоциируемых элементов, зональность первичных ореолов, их морфологию и размеры;

— геофизические (комплекс геофизических аномалий, соответствующий природе рудоконтролирующих тел).

Достоверность и результативность прогнозных построений решающим образом зависят от наблюдаемых характеристик объектов прогноза и поисков. При локальном

прогнозе наиболее применимы такие модели месторождений, которые по совокупности образующих их элементов определенного ранга могут с необходимой полнотой характеризовать участки скопления рудного вещества как объекты прогноза и поисков и позволяют вычленять соответствующие перспективные площади из геологического пространства. Прогнозно-поисковые модели требуют непротиворечивого сочетания факторов и признаков, следующих из теории рудогенеза, с одной стороны, закономерностей размещения месторождений и их характеристик, с другой. При этом набор элементов, описывающих модели, должен соответствовать разрешающим возможностям методов, используемых при проведении геологоразведочных работ (ГРР).

Основой для прогнозирования, геолого-минералогического картирования и поисков рудных объектов являются прогнозно-поисковые модели.

Прогнозно-поисковые модели представляют собой систему таких характеристик месторождения, которые являются главными прогнозно-поисковыми критериями и признаками и могут быть достоверно опознаны современными методами ГРР. Особенности строения разреза рудоносных формаций вместе с рядом основных характеристик, отражающих геолого-генетическую общность месторождений, составляют основу их прогнозно-поисковых моделей. В качестве главных элементов таких моделей выделяются: рудовмещающие части разреза рудоносной формации с подрудными (дорудными) и надрудными (пострудными) вулканогенными, осадочно-вулканогенными и вулканогенно-осадочными толщами; субпластовые (линзовидные, пластообразные и комбинированные) залежи массивных руд, расположенные согласно со слоистостью на одном или нескольких литолого-стратиграфических уровнях; рудоконтролирующие и рудовмещающие структуры; метасоматиты кварц-серицитовой формации; горизонты сульфидоносных осадочных пород и обломочных руд, а также кремнистые отложения, несущие оксидные формы Fe и Mn, над залежами массивных руд и на их флангах; эндогенные геохимические ореолы и геофизические аномалии (Авдонин, 1995; Ваганов и др., 1989).

Важным элементом прогнозно-поисковой модели колчеданных месторождений является отчетливо выраженное зональное строение рудных тел, околорудных метасоматитов и геохимических ореолов. Зональность руд проявляется в закономерном увеличении доли рудообразующих минералов ряда пирит-халькопирит-сфалерит-галенит-барит от лежачего бока залежей к висячему и по латерали по мере удаления от рудоподводящего канала. Этот ряд подтверждается соответствующим распределением Fe, Cu, Zn, Pb, Ba и элементов-примесей в рудных телах.

Породы лежачего и висячего боков существенно различаются по характеру метасоматических преобразований: в первых на фоне пропилитовых изменений широко развиты метасоматиты кварц-серицитолитовой формации, а также воронко- и трубообразные тела выщелоченных пород с прожилково-вкрапленной сульфидной минерализацией, фиксирующие положение рудоподводящего канала; во вторых преобладают зеленокаменные изменения со стратиформными зонами надрудной гематитизации и горизонтами кремнистых пород с оксидами железа и марганца (Кривцов, 1989).

Высокая геохимическая индивидуализированность рудных объектов позволяет выделять ореолы месторождений на фоне аномальных геохимических полей и с учетом геохимической зональности уверенно опознавать их надрудные, подрудные и фланговые зоны. Современными геофизическими методами достоверно опознаются такие элементы прогнозно-поисковой модели как толщи кислых вулканитов в рудовмещающей части разреза рудоносной формации, околорудные метасоматиты с вкрапленностью сульфидов, а также собственно колчеданные залежи. Таким образом, прогнозно-поисковые модели отражают геологическое строение, а также геофизические и геохимические характеристики конкретного месторождения. В некоторой степени они содержат обобщающий анализ признаков, характерных для оруденения данного типа (Кривцов, 1989; Кривцов и др., 1995).

С целью оптимизации поисковых и поисково-оценочных работ, особенно на ранних стадиях, когда геологическое пространство вскрывается, изучается и оценивается по единичным пересечениям, формируются *параметрические модели*. Особенностью этих моделей является количественная (параметрическая) оценка признаков, критериев и систем соподчиненных элементов, характеризующих геологическое пространство месторождения применительно к различным его частям. При построении параметрических моделей производится деление геологического пространства месторождения на следующие его части или зоны: собственно, рудоносная (РМ), рудоносная фланговая (РФ), собственно надрудная (НРМ), надрудная фланговая (НРФ), надрудная периферийная (НРП), собственно подрудная (ПРМ), подрудная фланговая (ПРФ) и подрудная периферийная (ПРП). В рамках современных геолого-генетических построений и разработанной на их основе методики прогноза, поисков и оценки месторождений колчеданного семейства каждое геологическое пространство описывается системой факторов и признаков, в число которых входят: стратиграфо-литолого-фациальные, магматические и структурные (в первую очередь конседиментационные и

синвулканические). Также учитываются такие характеристики как: состав, зональность и интенсивность гидротермально-метасоматических изменений; морфологию, состав и положение рудных тел в структурах месторождений и разрезах рудовмещающих толщ; геохимические и геофизические аномалии, сопровождающие месторождения. (Кривцов и др., 1995)

Каждая из зон пространства имеет количественные оценки следующих признаков и критериев или отдельных их элементов: мощность рудоносных, подрудных и надрудных частей рудовмещающего разреза, а также отдельных слагающих их горизонтов и разновидностей пород; соотношение литологических разностей пород; размеры рудоносных структур (выражаются через отношения размеров по горизонтали (по простиранию (L), вкрест простирания (H)) и по вертикали (M), а также через мощности выполняющих структуры пород). На некоторых месторождениях учитываются углы падения бортов структур, полученные при расчете углов выклинивания рудных залежей и рудоносных горизонтов вкрест простирания и по простиранию; параметры зон развития гидротермально-метасоматических пород и рудных тел, выраженные через величины отношений L:H:M; интенсивность проявления рудной минерализации через процентное содержание сульфидов к общему объёму вмещающих пород и величины соотношения главных рудообразующих компонентов; интенсивность первичных и вторичных геохимических ореолов, и их количественные значения (Кривцов и др., 2011).

Вышеописанные параметрические прогнозно-поисковые модели были эффективно применены ЦНИГРИ в перспективных регионах РФ по развитию минерально-сырьевой базы полиметаллических руд: Рудный Алтай, Забайкалье, Енисейский кряж и Салаир. В результате работ по созданию моделей месторождений золота, меди, свинца и цинка, еще в начале девяностых годов прошлого века, сотрудниками ЦНИГРИ, были представлены модели некоторых колчеданно-полиметаллических месторождений рудноалтайского типа на бумажных носителях. При этом была разработана структура моделей, выбраны основные параметры, начато сопоставление наиболее крупных объектов. Продолжая эти работы, с применением современных методов и технологий цифровой картографии, удалось разработать принципиально новый подход к созданию моделей, основанный на литолого-фациальном анализе околорудного и рудного пространства. При этом увеличилось число сопоставляемых объектов и объем графических материалов, характеризующих параметры рудных тел (добавлены пресс-проекции рудных тел на горизонтальную и вертикальную плоскость, детальные колонки составов и структурно-текстурных особенностей руд и др.). Важной особенностью моделей нового поколения

стало объединение всего комплекса информации в единой геоинформационной системе с использованием баз и банков данных.

Сформированные модели состоят из нескольких блоков:

1) геолого-фациальная карта масштаба 1:10 000, включающая следующий набор тематических слоев:

- геологические формации;
- литолого-фациальный состав пород,
- зонирование околорудного пространства (с выделением собственно рудоносной, рудоносной фланговой, собственно надрудной, надрудной фланговой, надрудной периферийной, собственно подрудной, подрудной фланговой и подрудной периферийной зон);

- гидротермально-метасоматические изменения;

- формационные, геологические, фациальные границы и тектонические нарушения;

- линии разрезов или сеть опробования и др.;

2) литолого-фациальные разрезы продольные и поперечные, включающие тот же набор тематических слоев, что и карта, масштаба 1:10 000–1:5000;

3) продольная пресс-проекция рудных тел на вертикальную, а при необходимости (при горизонтальном залегании) и на горизонтальную плоскость, масштаба 1:10 000;

4) стратиграфическая колонка с указанием положения оруденения;

5) колонка рудной зоны;

6) геометризованная модель месторождения, являющаяся наглядным сопровождением табличной формы параметрических моделей.

Геофизические параметры моделей базируются на данных физических свойств горных пород и руд, а также на показателях, характеризующих локальные аномалии различных геофизических методов.

Литолого-фациальный и структурно-формационный анализ рудоносных отложений

Структурно-формационный анализ основывается геологических материалах. Формационное расчленение вулканогенно-осадочных комплексов позволят выделить рудоносные формации, вмещающие колчеданно-полиметаллические месторождения. Рудоносные формации подразделены на субформации, которые соответствуют набору фаций вулканогенно-осадочных пород (пачкам). Изучение петрохимических особенностей вулканогенных пород показывает, что они характеризуются: значительной дисперсией в

содержании основных породообразующих окислов пересыщенностью кремнекислотой и глиноземом; низким содержанием кальция и щелочей; преобладанием натрия над калием.

Литолого-фациальный анализ основан на разделении вулканогенно-осадочных толщ на жерловую, околожерловую, промежуточную и удаленную фации. В соответствии с этим рудоносные формации разделяются на фациальные зоны. Границы между зонами четко фиксируются по литологическому и петрографическому составу. К жерловым фациям относятся субвулканические (порфировые и олигофиновые риолиты, риодациты, дациты и их автомагматические брекчии) и экструзивно-покровные (лавы и лавобрекчии риолитов, риодацитов, дацитов) фации. К околожерловым относятся покровные фации (лавы и лавобрекчии риолитов, риодацитов, дацитов, андезитов, андезибазальтов, базальтов) и грубообломочные туфы кислого и основного составов. К промежуточным относятся покровные (лавы и лавобрекчии кислого и основного состава), игнимбритовидные лавы риолитов, кластолавы и пирокластические (туфы мелко-среднеобломочные кислого и основного составов, туффиты) фации. К удаленным фациям относятся осадочно-пирокластические (чередование алевролитов кремнистых, известковистых, песчаников, туфопесчаников, туфоалевролитов, туффитов, тефроидов, фтанитов, туфогравелитов, туфоконгломератов, туфов кислого и основного состава). К удаленным и промежуточным фациям обычно приурочено золото-серебро-полиметаллическое оруденение стратиформного типа. Штокверковые руды зоны подводящих каналов характерны для жерловых фаций вулканогенных отложений.

Палеоструктурный и металлогенический анализы определяют условия первичного накопления рунного вещества и зональность в распределении рудно-формационных и минеральных типов месторождений и выявления на этой основе обстановок и типов прогнозируемых рудных полей и месторождений. Рудные поля, как правило, представлены прогибами. В сложнопостроенных вулcano-тектонических депрессиях, контролируемых рудными районами, они занимают различное положение по отношению к поднятиям, имеющим вид вулканических построек, сложенных кремнекислыми вулканиками. Выделяются три типа прогибов: межвулканические, надвулканические и склоновые, отличающиеся друг от друга морфологией, размерами и составом выполняющих их отложений.

Геохимическая характеристика колчеданно-полиметаллических месторождений Салаирского кряжа.

Общие закономерности состава и строения первичных ореолов

Все колчеданно-полиметаллические месторождения сопровождаются эндогенными геохимическими ореолами полиэлементного состава, из которых Cu, Zn, Pb, Ag, Mo, Co присутствуют в ореолах практически всех месторождений (Баранов, 1987).

Первичные ореолы Салаира помимо перечисленных элементов сопровождаются также повышенными содержаниями Ba, As, Cd, Bi, Sn, V, Mn, Cr. Ряд элементов (V, Mn, Cr, Co) помимо участия в составе рудных зон, могут формировать ореолы выщелачивания с переотложением в зонах окolorудных метасоматитов в виде слабоконтрастных ореолов привноса.

Первичные ореолы Салаира обладают значительными размерами в десятки раз превосходящими размеры рудных тел. Морфология ореолов характеризуется сочетанием протяженных стратифицированных зон, включающих основное оруденение, и относительно локальных секущих зон, фиксирующих подводящие каналы в подрудных толщах.

Зональность ореолов весьма однотипна как по латерали, так и по мощности ореолов (поперечная зональность). Вектор максимальной изменчивости в ореолах имеет однонаправленную ориентировку — вкост напластования вмещающих пород и определяет асимметричность поперечной зональности (в направлении от тыловых зон к фронтальным): Cu-Zn-Pb(Ag)-Ba. Латеральная (продольная) зональность ореолов имеет центробежно-концентрический тип (Баранов, 1987) с локальными центрами, которые отвечают зонам подводящих каналов. В целом, латеральная зональность первичных ореолов Салаира, близка к ряду осевой зональности, установленному С.В.Григоряном (Григорян, 1987) для медно-колчеданных месторождений: Mo, Co, As₁, Cu, Zn, Pb, Ag, As₂, Ba. Мышьяк-1 и -2 отражает особенности минерального состава ореолом на различных уровнях рудной минерализации: мышьяк-1 представлен арсенопиритом; мышьяк-2 — блёклыми рудами.

Рудные тела занимают определенное положение, в зональной структуре первичных ореолов комплексного состава преимущественно располагаясь над тыловыми зонами ореолов. Пространственно разобщенные рудные тела разного минерального состава находятся в различных зонах ореола в зависимости от его состава. Геохимические ореолы пространственно и генетически связаны с гидротермально-метасоматическими изменениями пород.

Поисковые геохимические особенности вторичных наложенных ореолов рассеяния на площади Салаиро-Каменушинского рудного поля

Геохимические поиски рудных месторождений на территориях, где рудоносные породы перекрыты чехлом покровных отложений, ведутся путем выявления над ними вторичных наложенных ореолов рассеяния. В текущем столетии в связи постепенным сокращением потенциала прироста запасов на открытых территориях, возросли объемы работ по совершенствованию методов поисков месторождений полезных ископаемых, перекрытых чехлом покровных отложений, залегающих в сложных геологических и ландшафтных условиях.

Новые возможности обнаружения колчеданно-полиметаллических объектов в сложных ландшафтно-геологических обстановках открывает применение ионно-сорбционного метода литохимических поисков, который разработан в ЦНИГРИ. Апробация метода на территории Салаирского кряжа проводилась при непосредственном участии автора, в пределах четырех перспективных на полиметаллы рудных районах, в том числе на площади Салаиро-Каменушинского рудного поля.

Геохимический метод выявляет широкий спектр дополнительных характеристик, прогнозно-металлогеническое значение которых может оцениваться через отражение рудоносных обстановок в соответствующих полях и их структурных элементах.

Соответственно, на площадях, располагающихся за пределами типовых металлогенических обстановок, выделяются признаки, фиксирующие рудоносность последних, а также участки с негеологическими характеристиками, для которых обосновано совпадение с теми или иными признаками рудоносности, т.е. их отражение.

Участки, расположенные в пределах Салаирского кряжа, на которых проводились поисковые работы, являются закрытой территорией с значительной мощностью перекрывающих отложений. В этих условиях рудные месторождения способны образовывать в рыхлом чехле и на его поверхности, вторичные наложенные лито-, атмо- и биогеохимические ореолы рассеяния. Основные процессы, формирующие вторичные наложенные ореолы рассеяния, диффузия солевых и газовых компонентов, в том числе паров металлов, процессы фильтрации и электрохимического переноса, а также капиллярное и биогенное распространение солевой составляющей наложенных ореолов с последующей фиксацией на геохимических барьерах (сорбционном, биогенном, испарительном, окислительно-восстановительном, кислотном-щелочном и т. д.) (Миляев и др., 2015).

Наиболее благоприятные условия для образования вторичных наложенных (солевых) ореолов рассеяния возникают при гипергенных изменениях сульфидных, в частности колчеданно-полиметаллических, месторождений, имеющих многокомпонентный состав и относительно высокие коэффициенты концентрации химических элементов в рудах. Для выявления вторичных наложенных ореолов рассеяния над слепо-погребенными колчеданно-полиметаллическими применена методика частичного извлечения рудных и петрогенных химических элементов азотнокислотными вытяжками с ICP MS-анализом полученных растворов (Миляев и др., 2017).

В условиях обводненной среды глинистые и органические коллоиды почв с отрицательным электрическим зарядом обладают высокой избирательной сорбцией катионов рудных и петрогенных элементов. Извлечение элементов слабокислым раствором HNO_3 , основано на свойстве электролита, диссоциировать в водных растворах с образованием положительно заряженного иона водорода и аниона NO_3^- , способного к активному извлечению катионов из пористой влагонасыщенной почвы с образованием хорошо растворимых солей азотной кислоты, которые могут быть проанализированы (Миляев и др., 2019).

Для проведения анализа были отобраны пробы из почвенных горизонтов по профилям, пройденным вкрест простирания основных структур. Профиля пройдены с учетом рельефа, обнаженности и других особенностей местности, влияющих на качество литохимического опробования ионно-сорбционным методом. Шаг опробования составил 50–25 м. Глубина отбора в 0,1–0,2 м, начальная масса пробы 0,2–0,3 кг.

Отобранные пробы были высушены до воздушно-сухого состояния. Для высушенных проб проведен ситовой анализ для получения фракции $<0,25$ мм (навеска 5–10 г), пригодной для проведения химической пробоподготовки путем смачивания пробы 5% раствором азотной кислоты в соотношении 1:10, в одноразовых пластиковых пробирках. Полученная вытяжка, после центрифугирования направлялась на ICP MS-анализ.

Геофизические характеристики колчеданно-полиметаллических месторождений Салаирского кряжа (по О.В. Мурзину (Мурзин, 2017)).

Рудные поля полиметаллических месторождений находят четкое отражение в гравитационном поле в виде локальных отрицательных аномалий (или цепочки аномалий). Площади этих аномалий составляют от менее квадратного километра до нескольких квадратных километров. Природа их связана с наличием палеовулканических построек

преимущественно кислого состава, к которым приурочены рудные поля. На этом фоне выделяются положительные локальные гравитационные аномалии третьего (или выше) порядков, фиксирующие породы рудовмещающих блоков, которые претерпели интенсивный динамический и гидротермальный метаморфизм и насыщены рудными минералами и баритом, что обусловило избыточную плотность пород и наличие локальных положительных аномалий.

Участки пересечения ортогональных тектонических структур, к которым часто тяготеют месторождения, отмечаются знакопеременными *магнитными полями*.

Применение гравиразведки и магниторазведки при поисках рудных полей и месторождений Салаира должно быть направлено на выявление и прослеживание рудоконтролирующих структур и рудовмещающих блоков.

Выполненные на северо-восточном Салаире исследования показали, что рудные поля полиметаллических месторождений отчетливо проявляются в естественных и, особенно, вызванных электрических полях в виде линейных вытянутых зон, при соотношении длины к ширине 4:1–6:1. Размеры аномальных зон по простиранию достигают нескольких километров, а в крест простирания до 1–1,5 км.

Наблюдаемые электрические поля являются суммарными и обусловлены эффектом от гидротермально измененных пород в рудоконтролирующих тектонических зонах смятия и рассланцевания за счет обогащения их сульфидами, графитизированным материалом и непосредственно рудами месторождений.

Необходимыми предпосылками для возникновения и существования стабильных во времени естественных электрических полей вокруг месторождений и рудных полей являются значительные размеры минерализованных зон по простиранию и в глубину, различия в электрических свойствах руд, оруденелых и вмещающих пород, наличие вертикальной и горизонтальной минералогической зональности, как у отдельных рудных тел, так в пределах рудных полей.

Поляризуемость колчеданно-полиметаллических руд и оруденелых пород является высокой и измеряется от единиц до нескольких десятков процентов, в среднем превышая поляризуемость безрудных пород в 10–20 раз. Характерной особенностью рудных полей Салаира является обязательное широкое распространение в них околорудных гидротермально измененных пород, несущих обильную сульфидную (преимущественно пиритовую) минерализацию, а часто и графитизацию. Такие минерализованные зоны измеряются километрами по простиранию и сотнями метров по мощности и в глубину. Они и являются предметом поисков методом ВП. При поисках методом ВП находят

отражение крупные аномальные зоны, свойственные рудным полям в целом, а не отдельным месторождениями или рудным телам.

В поле кажущихся сопротивлений месторождения и рудопроявления колчеданно-полиметаллических руд располагаются в контуре аномалий относительно высоких значений ρ_k , расположенных, аналогично аномалиям ВП, в виде линейных вытянутых зон близ границы с зонами пониженных сопротивлений, часто располагаясь в «зонах градиента». При этом, положение зон пониженных сопротивлений относительно залегания рудных тел может быть разным. Данные зоны могут располагаться, как висячем, так и в лежащем боку относительно положения рудных тел.

В целом колчеданно-полиметаллические месторождения Салаира являются благоприятными объектами для применения методов электроразведки (вызванной поляризации, а при детализации - метода переходных процессов).

Ниже приведены поисковые геофизические признаки полиметаллического оруденения Салаирской металлогенической зоны, которые использованы в настоящей работе для выделения перспективных геофизических зон и участков в пределах рудных узлов (районов):

1. Положительные локальные линейно вытянутые в направлении основных геологических структур магнитные аномалии третьего (или выше) порядка.
2. Положительные локальные гравитационные аномалии третьего (или выше) порядка, на общем пониженном фоне наблюдаемого поля силы тяжести.
3. Положительные локальные линейно вытянутые в направлении основных геологических структур аномалии кажущегося электрического сопротивления.
5. Локальные линейно вытянутые в направлении основных геологических структур отрицательные аномалии комплексных мультипликативных аномалий КТн/U.
6. Повышенные значения $>2\%$ поля вызванной поляризации

Параметрические прогнозно-поисковые модели месторождений Салаирско-Каменушинского рудного поля

Под прогнозно-поисковой моделью понимается взаимоувязанная система индикаторов оруденения и методов их выявления в окружающем пространстве, выраженная в графической, табличной и текстовой формах и позволяющая осуществлять последовательное приближение к рудным объектам по латерали и вертикали, а также производить оценку типа, ранга и масштаба ожидаемого оруденения.

В практической работе при составлении моделей эталонных месторождений возможно использование значительных объемов ранее накопленной информации с необходимыми дополнительными исследованиями по отдельным направлениям.

Графическая модель эталонного объекта суммирует наиболее общие черты отдельных групп параметров с той или иной степенью абстрагирования от конкретных значений. В большинстве своем графическая модель носит иллюстративный характер, хотя по целому ряду позиций она представляется весьма важной для восприятия и целенаправленного применения поисково-оценочных критериев.

Обычно для составления модели рассматривается наиболее изученный разрез через месторождение (при необходимости возможно и дополнение планом поверхности и погоризонтными планами). Проводится реставрация эродированной части месторождения с отображением реальных или предполагаемых надрудных продуктов. Если при этом на модель выносятся шкала фактических расстояний по латерали и фактических глубин по вертикали, а в прилагаемых к моделям таблицах даются значения наиболее важных параметров, то этот комплект материалов может быть использован не только в иллюстративных, но и в практических поисково-оценочных целях.

Комплект таблиц прогнозно-поисковой модели является основным инструментом при выходе на новые площади. Полный перечень включает в себя достижение следующих целей: а) идентификацию типа оруденения; б) идентификацию ранга ожидаемого рудного объекта; в) приближение к местам рудолокализации по латерали; г) оценку уровня эрозионного среза и приближение к рудному объекту на глубине; д) оценку масштаба оруденения.

Далее представлены параметрические табличные данные и геометризованные модели месторождений Салаирское и Каменушинское, литолого-фациальные карты и разрезы для этих месторождений были приведены выше (Таблица 5.1, Рисунок 5.1 Таблица 5.2, Рисунок 5.2).

Таблица 5.1 – Параметрическая прогнозно-поисковая модель месторождения Салаирское

№№ пп	Элементы пространства и их параметры	НРП	НРФ	НРМ	РФ	РМ	ПРП	ПРФ	ПРМ	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1.	Формация (субформация)									
1.1.	Название	Туфогенно-терригенно-карбонатная (ТКТ)			Рифогенная карбонатная (РК)	Контрастная базальт-риолитовая (БР)	Вулканогенно-карбонатно-терригенная (ВКТ)			
1.2.	Возраст	Нижний кембрий								
1.3.	Рудоносная, над- и подрудная части разреза	Пачка известняков, туфов, туфопесчаников, сланцев			Пачка переслаивания туфогенно-осадочных пород, эффузивов кислого и среднего состава, фациально переходящая в рифогенные известняки, известковистые доломиты, известковистые брекчии			Пачка известняков, часто мраморизованных, с прослоями сланцев		
1.3.1.	Мощность, м	Свыше 250			700—950			Свыше 1000		
1.3.2.	Литологические различия и их соотношения, в %	Известняки — 75 Алевролиты — 10 Сланцы — 5 Туфогенно-осадочные породы — 5 Терригенные породы — 5			Туфы и лавы риолит-дацитового, дацитового и андезитового сост.-70 Углисто-глинистые сланцы, алевролиты, туфоконгломераты, туфопесчаники — 15 Риолиты, андезиты — 10 Туффиты — 5			Известняки, прослои туфов, сланцев и доломитов		
1.3.3.	Элементы залегания	Юго-западное 30–80°								
2.	Интрузивные и субвулканические образования									
2.1.	Название	1. Крупновкрапленные кварцевые, кварц-плагиоклазовые субвулканические риолиты раннекембрийского возраста (печеркинский комплекс.) 2. Габбро-долериты раннекембрийского возраста								
2.2.	Формы и параметры	1. Штокообразные тел, а реже субпластовые тела мощностью до 100 м. 2. Маломощные дайки мощностью от 1–2 до 20–30 м								
2.3.	Ориентировка магматических тел	1. Косо секущие слоистость вмещающих пород, реже субсогласные. 2. Субсогласные, реже секущие								
2.4.	Контактный метаморфизм	Вторичные кварциты, ороговикованные породы углисто-глинистые, углисто-туфогенные, кварц-альбит-серицитовые, кварц-альбит-хлоритовые сланцы								
3.	Структура									
3.1.	Складчатые структуры									
3.1.1	Типы складок и их параметры	Урско-Бачатская антиклиналь, осложненная флексурами и складками 2 и 3 порядка								

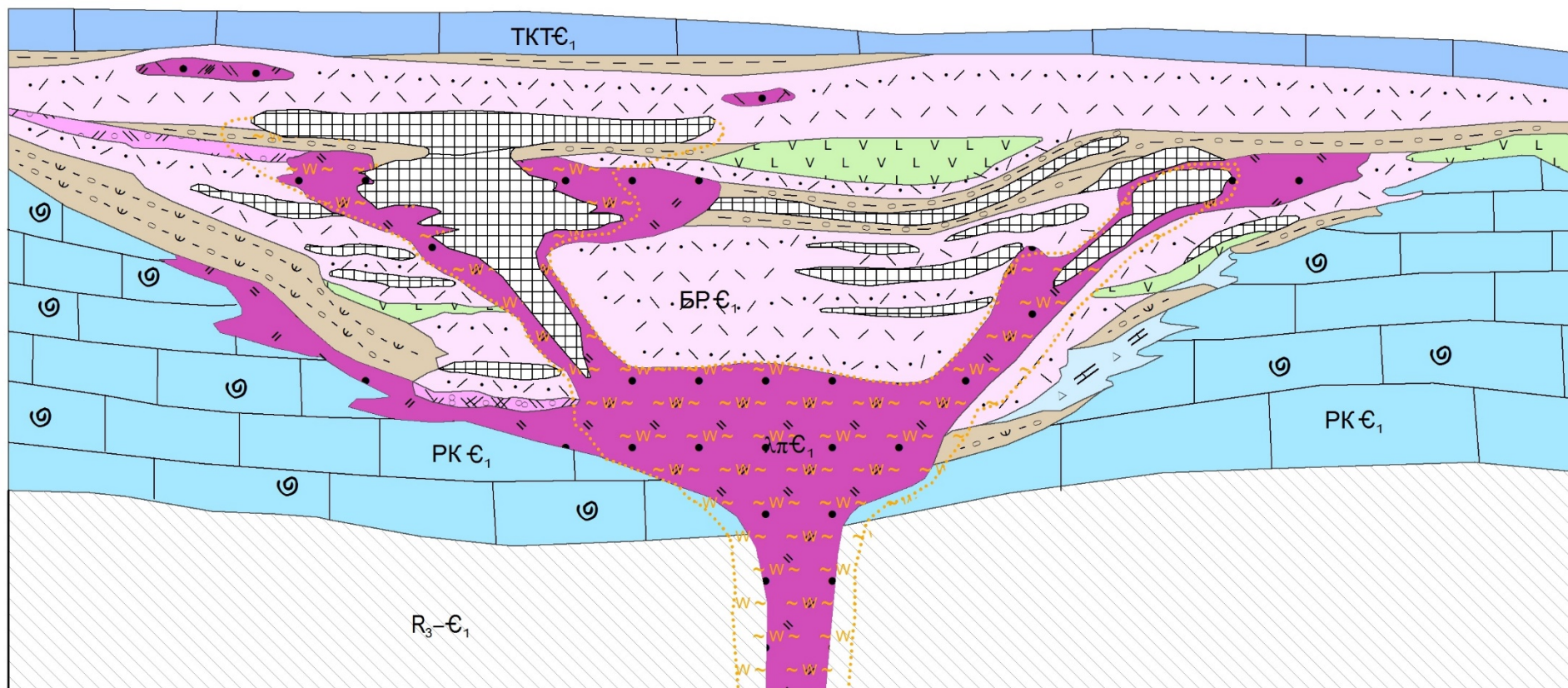
Продолжение Таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.2.	Разрывные нарушения:								
3.2.1	Типы нарушений и их параметры	Взбросы, сбросы, сдвиги (основные - северо-западного простирания, секущие - северо-восточного направления)							
3.2.2	Морфология нарушений	Крутопадающие 70–80°, прямолинейные							
3.2.3	Магматическое и минеральное заполнение	Слабо проявленные зоны брекчирования, реже расланцевания, маломощные дайки габбро-долеритов							
3.3.	Конседиментационные и синвулканические структуры и их параметры	Прижерловая часть Салаирского палеовулкана, конседиментационная депрессия (Салаирско-Каменушинская вулкано-тектоническая структура, размером 2,0×1,0 км, с углом наклона бортов 70–80°), на склоне рифогенной постройки							
4.	Гидротермальные и метасоматические изменения								
4.1	Состав и морфология	Отсутствуют		Кварц-серицит-хлоритовые метасоматиты. Прерывистые линзы субсогласные, по масштабам они в десятки раз превышают размеры рудных залежей				Практически отсутствуют	
4.2.	Зональность	—		Имеют зональное строение: кварц-серицит-хлоритовые, кварц-серицитовые, кварциты				—	
5.	Рудные тела и проявление рудной минерализации								
5.1.	Морфология и параметры					Здесь известно свыше 50 рудных тел, обособляющихся в виде северной (Третий рудник, Кварцитовая сопка, Слепое п др.), центральной (Второй рудник, Первомайское, Спорное и др.) и южной групп рудных зон (Александровское, Троицкое, Харитоновское, Соймановское, Василье-Поповское и др.), которые характеризуются своеобразными типами морфологии рудных тел, минералого-геохимическими особенностями руд, масштабами оруденения. Несколько обособленное положение занимает группа рудных тел Александровской рудной зоны, залегающее в юго-западной части Салаирского месторождения. Рудные тела образуют широкую субмеридиональную рудоносную зону. Они имеют пластовую и линзообразную форму, сложены массивными, слоистыми и прожилково-вкрапленными барит-полиметаллическими рудами, значительно окисленными на верхних горизонтах. Широко распространены массивные руды. Ведущая же роль принадлежит прожилково-вкрапленным рудам. Линзовидные тела имеют четкие границы; штокверковые рудные тела, располагающиеся, как правило, в нижних частях рудных зон и состоящий из системы пересекающихся кварц-хлоритовых прожилков с переменной сульфидной вкрапленностью не имеют четких геологических границ			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5.2.	Положение в элементах структуры					Рудные тела приурочены к субсогласным слоистости зонам расланцевания, в надапикальной части риолитовых субвулканических тел или непосредственно в ней. На ряде рудных зон наблюдается также пространственная приуроченность сливных рудных тел к вулканогенно-осадочным отложениям, примыкающим к отдельным субвулканическим риолитам, от которых они удаляются на сотни метров.			
5.3.	Количество рудоносных уровней	Два							
5.4.	Минеральные типы руд и состав зон минерализации					Руды состоят из барита, кварца, карбонатов и сульфидов (преобладает сфалерит). На долю сульфидов в сливных рудах приходится порядка 20%. Среди сульфидов преобладает сфалерит (до 11%) и галенит. Руды комплексные. Зональность рудных тел заключается в увеличении доли свинца от подошвы к кровле рудных тел и уменьшении доли меди в этом же направлении. Наряду с цинком и свинцом из них извлекаются золото, серебро, барит. Есть редкие и рассеянные элементы (кадмий, селен, теллур, висмут, таллий, олово). Промышленное значение имеют кадмий в цинковом концентрате, селен и теллур в свинцовом. Кварцитовая Сопка: Минеральный состав руд: пирит, халькопирит, кубанит, теннантит, теллурид Ag, петцит, самородное золото; нерудные минералы: кварц, карбонат, барит. Помимо повышенных концентраций золота и серебра в основных рудах выявлено серебряное оруденение, приуроченное к зоне баритизации, где содержание серебра в баритовых линзах достигает 200–900 г/т. Средние содержания: цинк – 2,37 %, свинец – 0,31 %, серебро – 62 г/т (в зоне окисления) и 7,94 г/т (в рудах), золота – 0,98 г/т (в зоне окисления) и 0,65 г/т (в рудах)			
6.	Первичные геохимические аномалии								
6.1.	Аномальные значения основных элементов-индикаторов в целом для месторождений					Колчеданно-полиметаллический тип объектов отличается значительным разнообразием эндогенных геохимических ореолов. Полиметаллическая ассоциация характеризуется следующим набором элементов: Zn, Pb, Au, Cu, Ag, Ba, As, Sb, Mo. Серебро-полиметаллическая с золотом ассоциация: Pb, Zn, Ag, Au, Cu, Ba, As, Sb. Ионно-сорбционные ореолы Pb×Zn×Cu×Ba от 25 до 120 единиц фона			

Окончание Таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7.	Геофизические поля								
7.1.	Гравитационное	Осевая часть вулканической постройки соответствует отрицательная аномалия интенсивностью до –2 мгл на фоне нулевых значений. Юго-западный склон, сложенный вулканогенно-осадочными породами, характеризуется положительным гравиметрическим полем и знакопеременным.							
7.2.	Аэромагнитное	Отрицательное. Юго-западный склон характеризуется интенсивными положительными линейными аэромагнитными аномалиями.							



Условные обозначения Рисунок 2.1.

Рисунок 5.1 – Геометризованная модель месторождения Салаирское

Таблица 5.2 – Параметрическая прогнозно-поисковая модель месторождения Каменушинское

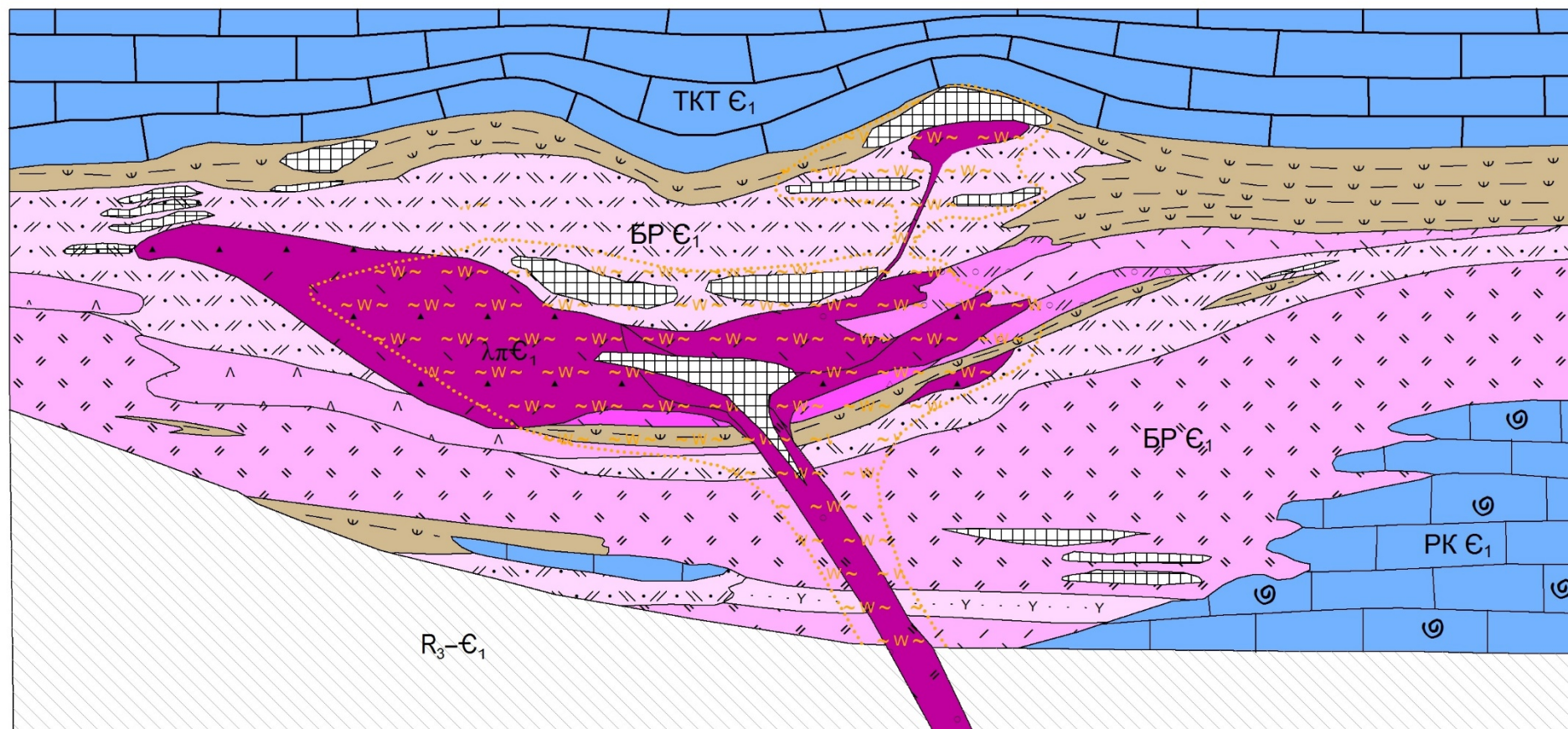
№.№ пп	Элементы пространства и их параметры	НРП	НРФ	НРМ	РФ	РМ	8	ПРП	ПРФ	ПРМ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	100	11
1.	Формация (субформация)									
1.1.	Название	Туфогенно-терригенно-карбонатная (ТКТ)			Рифогенная карбонатная (РК)	Контрастная базальт-риолитовая (БР)		Вулканогенно-карбонатно-терригенная (ВКТ)		
1.2.	Возраст				Нижний кембрий					
1.3.	Рудоносная, над и подрудная части разреза	Пачка известняков, туфов, туфопесчаников,			Пачка переслаивания туфогенно-осадочных пород, эффузивов кислого и среднего состава, фациально переходящая в рифогенные известняки, известковистые доломиты, известковистые брекчии			Пачка известняков, часто мраморизованных, с прослоями сланцев		
1.3.1.	Мощность, м	Свыше 250			700–950			Свыше 1000		
1.3.2.	Литологические разности и их соотношения в %	Известняки — 80 Туфогенно-осадочные породы — 15 Сланцы — 5			Туфы и лавы риолит-дацитового, дацитового и андезитового состава — 70 Углисто-глинистые сланцы, алевролиты, туфоконгломераты, туфопесчаники — 15 Риолиты, андезиты — 10 Туффиты — 5			Известняки рифогенные, археоциатовые, водорослевые, прослой туфов, сланцев и доломитов		
1.3.3.	Элементы залегания				Юго-западное 30–80°					
2.	Интрузивные и субвулканические образования									
2.1.	Название				1. Крупновкрапленные кварцевые, кварц-плагиоклазовые субвулканические риолиты раннекембрийского возраста (печеркинский комплекс) 2. Габбро-долериты раннекембрийского возраста					
2.2.	Формы и параметры				1. Штокообразные тел, а реже субпластовые тела мощностью до 100 м. 2. Маломощные дайки мощностью от 0,5 до 45 м субмеридионального простирания, падающих на юго-запад					
2.3.	Ориентировка магматических тел				1. Кососекущие слоистость вмещающих пород, реже субсогласные. 2. Субсогласные, реже секущие					
2.4.	Контактный метаморфизм				Вторичные кварциты, ороговикованные породы углисто-глинистые, углисто-туфогенные, кварц-альбит-серицитовые, кварц-альбит-хлоритовые сланцы					

Продолжение Таблицы 5.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3.	Структура									
3.1.	Складчатые структуры									
3.1.1	Типы складок и их				Урско-Бачатская антиклиналь, осложненная флексурами и складками 2 и 3 порядка					
3.2.	Разрывные нарушения:									
3.2.1	Типы нарушений и их параметры				Взбросы, сбросы, сдвиги (основные - северо-западного простирания, секущие — северо-восточного направления)					
3.2.2	Морфология нарушений				Крутопадающие 70–80°, прямолинейные					
3.2.3	Магматическое и минеральное заполнение				Слабо проявленные зоны брекчирования, реже рассланцевания, маломощные дайки габбро-долеритов					
3.3.	Конседиментационные и синвулканические структуры и их параметры				Прижерловая часть Салаирского палеовулкана, конседиментационная депрессия (Салаирско-Каменушинская вулcano-тектоническая структура, размером 3,5×2,5 км, с углом наклона бортов 30—50°), рифогенная постройка					
4.	Гидротермальные и метасоматические изменения									
4.1	Состав и морфология	Отсутствуют			Кварц-хлорит-серицитовые метасоматиты. Верхние зоны висячего бока рудных тел сопровождаются обширными ореолами интенсивной каолинизации и окварцевания вмещающих пород, переходящими с глубиной в зоны пропилизации. Интенсивный магнезиальный метасоматоз, который сопровождался доломитизацией известняков и хлоритизацией рассланцованных риолитов и других алюмосиликатных пород				Практически отсутствуют	
4.2.	Зональность		—		Имеют зональное строение: кварц-серицит-хлоритовые, кварц-серицитовые, кварциты				—	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5.	Рудные тела и проявление рудной минерализации									
5.1.	Морфология и параметры				Рудные тела линзообразной формы, расположены кулисообразно относительно друг друга, имеют северо-западное простирание. Часто рудные тела не имеют четких геологических границ и представляют собой штокверк, состоящий из системы пересекающихся кварц-хлоритовых прожилков, содержащих переменную вкрапленность сульфидов и постепенно сменяющихся зонами рассеянной сульфидной минерализации. Основная масса сульфидов сосредоточена в пределах прожилков, хотя и вмещающие породы содержат то или иное количество тонкодисперсной вкрапленности рудных минералов и особенно пирита. Падение зоны на ЮЗ под углами 60–65°. Видимая мощность зоны 110–120 м.					
5.2.	Положение в элементах структуры				Рудные тела приурочены к вулканогенно-осадочной толще, субсогласно со слоистостью, интенсивно расланцованы совместно с вмещающими породами. Часто они располагаются в надпикальной части субвулканических тел риолитов или приурочены к их краевым частям.					
5.3.	Количество рудоносных уровней				Два					
5.4.	Минеральные типы руд и состав зон минерализации				В рудной зоне при бортовом содержании меди 0,7 г/т выделено 69 рудных тел, из них 20 разведано на «Западном» участке, 40 – на «Восточном», 9 – на «Северо-западном». Наиболее крупными являются тела 1, 2, 3, 4 на Западном участке. В них сосредоточено 89% запасов. Золотоносные медные руды месторождения Каменушинское преимущественно вкрапленные, реже прожилково-вкрапленные. Сложены руды пиритом, халькопиритом. В значительно меньших количествах присутствуют теннантит, сфалерит, галенит, молибденит.					

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
					Наиболее распространенным типом являются медно-колчеданные руды, среди которых можно выделить собственно медно-колчеданные, медно-колчеданные золотосодержащие (золото 0,1–0,4 г/т) и золото-медно-колчеданные (золото более 0,5 г/т) руды. В подчиненном количестве встречаются цинковые, золото-цинковые, свинцово-цинковые, единичные проявления - полиметаллических руд и золото-серебро-медно-колчеданных, также рядом скважин вскрыта бедная золотая минерализация.					
6.	Первичные геохимические аномалии									
6.1.	Аномальные значения основных элементов-индикаторов в целом для месторождений				Медно-колчеданный тип объектов отличается значительным разнообразием эндогенных геохимических ореолов. Полиметаллическая ассоциация характеризуется следующим набором элементов: Zn, Pb, Au, Cu, Ag, Ba, As, Sb, Mo. Серебро-полиметаллическая с золотом ассоциация: Pb, Zn, Ag, Au, Cu, Ba, As, Sb. Ионно-сорбционные ореолы $Pb \times Zn \times Cu \times Ba$ от 25 до 120 единиц фона					
7.	Геофизические поля									
7.1.	Гравитационное				Осевая часть вулканической постройки соответствует отрицательная аномалия интенсивностью до –2 мгл на фоне нулевых значений. Юго-западный склон, сложенный вулканогенно-осадочными породами, характеризуется положительным гравиметрическим полем и знакопеременным.					
7.2.	Аэромагнитное				Отрицательное. Юго-западный склон характеризуется интенсивными положительными линейными аэромагнитными аномалиями.					



Условные обозначения Рисунок 2.1.

Рисунок 5.2 – Геометризованная модель месторождения Каменушинское

Из краткого обзора колчеданно-полиметаллических месторождений эталонного для Салаирской металлогенической зоны Салаирского рудного района видно, что общими чертами являются следующие:

— процесс рудообразования тесно связан со становлением вулканогенных формаций раннего кембрия: нижней последовательно дифференцированной базальт-андезит-дацит-риолитовой и верхней — контрастной базальт-риолитовой;

— месторождения приурочены к локальным палеодепрессиям или экструзивным куполам, являющимися осложнениями более крупных вулкано-тектонических структур, в некоторых случаях к склонам рифогенных построек;

— рудовмещающими породами служат метасоматически измененные кварцевые и кварц-плагиоклазовые дациты и риолиты, серицитизированные туфы кислого состава, кремнистые туффиты и кварц-хлорит-серицитовые породы;

— промышленные рудные залежи сформировались в два этапа: 1) гидротермально-осадочный; 2) метаморфогенный;

— характерное кулисообразное расположение рудных зон и рудных тел;

— преобладающая линзовидная форма рудных тел;

— две формы границ руд и вмещающих пород: а) линзовидные тела имеют четкие границы; б) штокверковые рудные тела, располагающиеся, как правило, в нижних частях месторождений и состоящий из системы пересекающихся кварц-хлоритовых прожилков с переменной сульфидной вкрапленностью не имеют четких геологических границ;

— главные минеральные типы руд: колчеданно-полиметаллические, колчеданно-свинцово-цинковые, медно-колчеданные, барит-полиметаллические, часто с золотом;

— зональное размещение медных и медно-цинковых руд в центральных и нижних частях рудных залежей, а в их верхних и периферийных частях — цинковых, свинцово-цинковых, полиметаллических;

— отрицательные аномалии гравиметрического поля осевой части вулканической постройки; ареалы вулканогенно-осадочных пород, характеризуется положительным гравиметрическим полем и знакопеременными линейными аэромагнитными аномалиями.

— наличие комплексных гипергенных геохимических аномалий рудных и сопутствующих элементов, характерных для колчеданно-полиметаллического оруденения Салаирского кряжа.

Геохимический спектр и коэффициенты концентраций основных и сопутствующих элементов в сорбционно-солевых ореолах рассеяния на фланге месторождения Салаирское, принятого за эталон, приведены на рисунке (Рисунок 5.3). Сравнение полученных результатов с локальным фоном позволяет выделить 13 типоморфных

элементов, содержания которых в колчеданно-полиметаллических рудах Салаирского месторождения постоянно превышают их фон. Элементы перечислены в порядке убывания их коэффициентов концентраций (указаны в скобках): Zn(290)–Cu(160)–Pb(120)–Ag(85)–As(46)–Sb(32)–Ba(25)–Cd, Mo(20)–Bi(18)–Hg (8)–Sr(5)–Se(3).

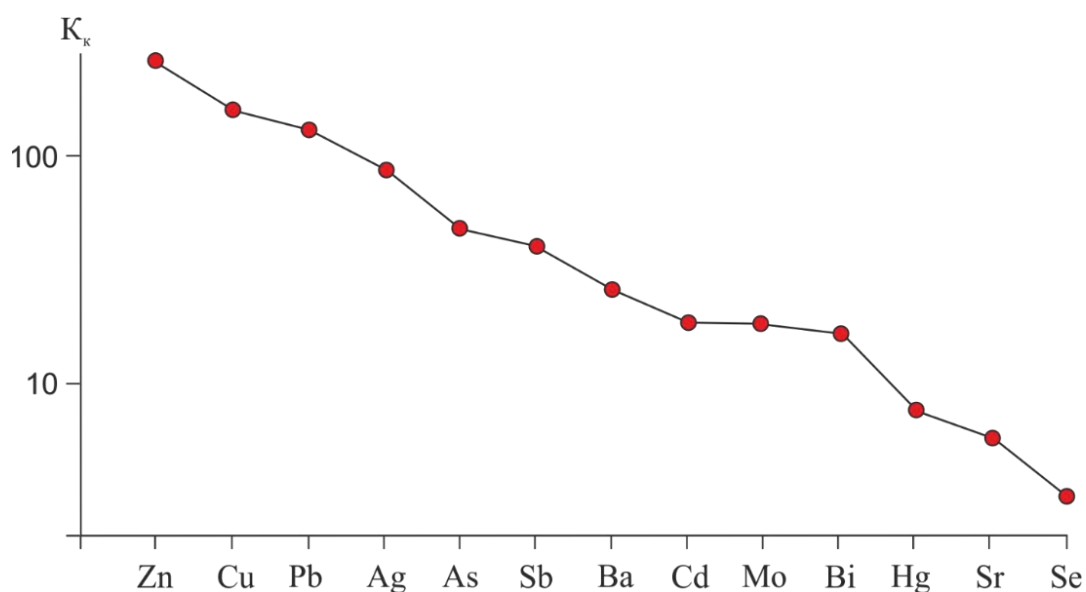


Рисунок 5.3. Геохимический спектр и коэффициенты концентрации типоморфных элементов в сорбционно-солевых ореолах — фланг месторождения Салаирское

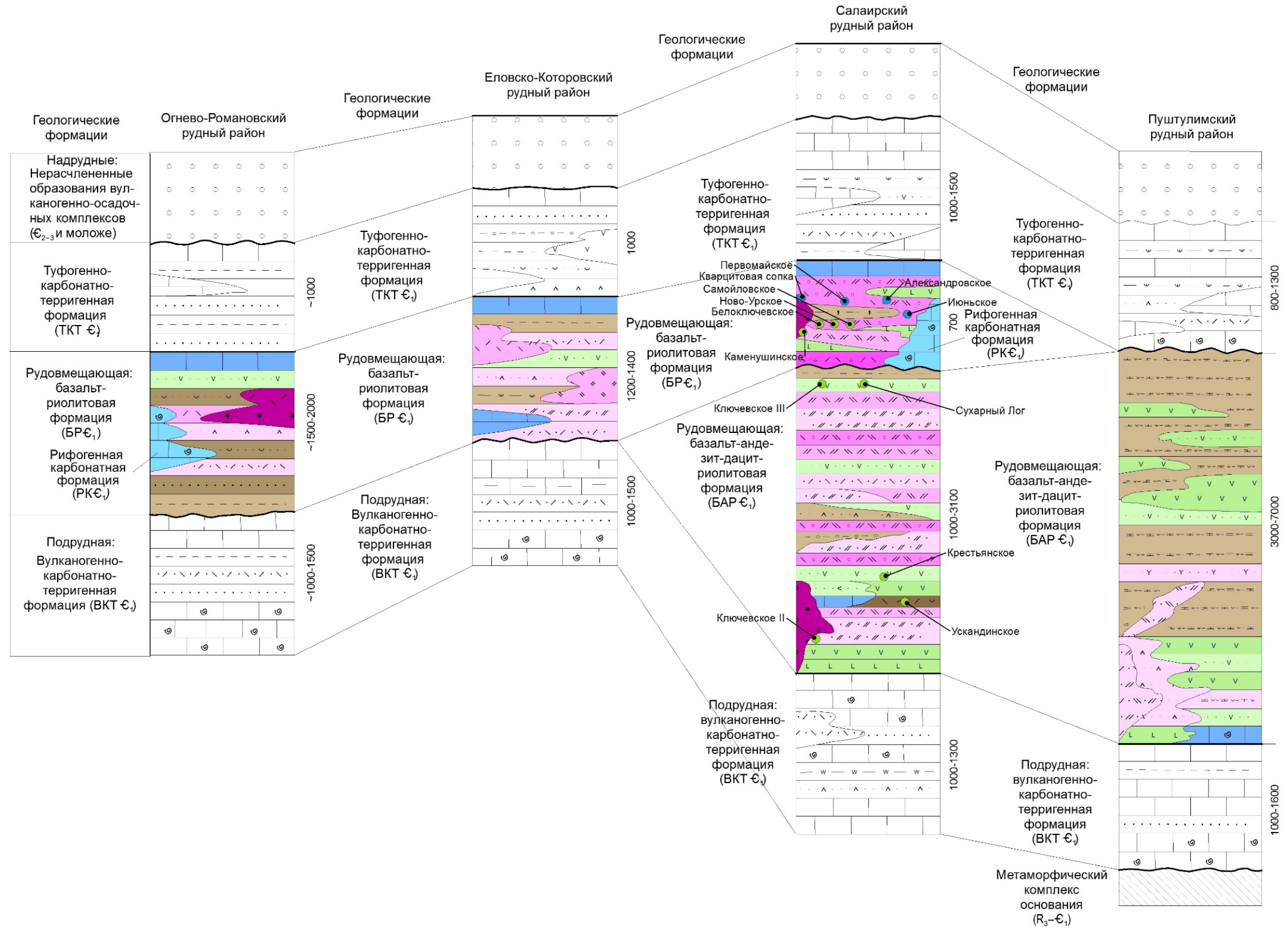
Решение вопроса о генетической близости двух (или нескольких) объектов могут производиться в предположении об их сходном эрозионном срезе. Поскольку по одному признаку не могут одновременно решаться два вопроса, для устранения неопределенности следует принимать во внимание абсолютные содержания главных рудных элементов.

5.2. Оценка перспектив Салаирской металлогенической зоны на золото-серебро-полиметаллическое оруденение

На основе разработанной прогнозно-поисковой модели с учетом выше приведенного фактического материала по вещественному составу рудоносных вулканогенно-осадочных пород, зон околорудных метасоматитов и руд, проведена прогнозная оценка Салаирского, Еловско-Которовского, Пуштулимского и Огнево-Романовского рудных районов Салаирской минерагенической зоны. В результате выделен ряд перспективных площадей на обнаружение колчеданно-полиметаллических месторождений салаирского типа. На выделенных площадях проведены опережающие геохимические работы ионно-сорбционным методом и небольшой объем буровых работ.

По результатам опережающих и заверочных работ, литолого-фациального и петрохимического анализов, изучения геологической обстановки, выявлено что в пределах сопоставляемых рудных районов в разной мере развиты те же формации, что и на территории Салаирского рудного района (Рисунок 5.4). Огнево-Романовский рудный район представлен отложениями верхней формаций нижнего кембрия, печёркинской свиты. Еловско-Которовский рудный район сложен отложениями верхней контрастной базальт-риолитовой формации, а в пределах Пуштулимского рудного района развиты отложения нижней, последовательно дифференцированной базальт-андезит-дацит-риолитовой формации.

Таким образом если оценивать рудные районы Салаирской минерагенической зоны в целом, наиболее перспективными на обнаружение крупных колчеданно-полиметаллических месторождений являются Огнево-Романовский, Еловско-Которовский и Салаирский рудные районы.



Условные обозначения Рисунок 2.1

Рисунок 5.4 – Литолого-фациальная колонка вулканогенно-осадочных отложений Огнево-Романовского, Еловско-Которовского, Салаирского и Пуштулимского рудных районов

Прогнозируемый геолого-промышленный тип

В пределах Салаирского рудного района развито оруденение медно-свинцово-цинковой колчеданной рудной субформации, месторождения которой относятся к полиметаллическим и колчеданно-полиметаллическим месторождениям в вулканогенных ассоциациях (VMS).

Месторождения Салаирского рудного района по типам делятся на колчеданно-полиметаллические и медно-колчеданные. Колчеданно-полиметаллические представлены месторождением Салаирское с рудными зонами Кварцитовая Сопка, Первомайское, Первый рудник и месторождениями Ново-Урское, Белоключевское и Самойловское. А медно-колчеданным является месторождение Каменушинское.

В колчеданно-полиметаллических месторождениях и их отдельных рудных зонах выделены те или иные различия по некоторым характеристикам. Рудные зоны Кварцитовая сопка, Первомайское и Первый Рудник месторождения Салаирское отличаются низкими содержаниями меди и преобладанием Zn над Pb в 3,2–8 раз. Месторождения Белоключевское и Самойловское характеризуются малыми содержаниями свинца и преобладанием Zn над Cu в 1,9–3,5 раз. На месторождение Ново-Урское отмечено преобладание Zn над Cu в 2,3 раза. Все данные колчеданные объекты имеют близкие показатели отношения Au/Ag от 3,7 до 4,4 и отношения Au/(Cu+Pb+Zn) от 0,17 до 0,21.

Существенно отличается от предыдущих месторождение Каменушинское, которое относится к медно-колчеданным и резко выбивается из общей массы по показателям отношений Au/Ag равному 28,6 и Au/(Cu+Pb+Zn) равному 0,54.

Рудные объекты в своем размещении подчиняются формационному, стратиграфическому, литолого-фациальному и структурному контролю, сопровождаются околорудными метасоматитами и отражаются в геохимических и геофизических полях.

Формационный контроль обусловлен приуроченностью месторождений к ареалам развития рудоносной контрастной базальт-риолитовой формации.

Стратиграфический контроль выражается в приуроченности месторождений к нижнекембрийскому стратиграфическому уровню.

Литолого-фациальный — отражен в преимущественной локализации руд в толще тонкого переслаивания вулканогенно-осадочных пород промежуточных и удаленных фаций вулканизма: алевролитов, кремнистых туффов, туфопесчаников, известняков, туфов кислого состава, лав и лавобрекчий риолитов, риодацитов, реже андезитов.

Структурный контроль обусловлен приуроченностью колчеданно-полиметаллических месторождений к конседиментационным структурам второго порядка, которые осложняют

палеовулканические депрессии. Важным элементом палеоструктур являются синвулканические разломы, игравшие роль рудоподводящих каналов;

Околорудные изменения проявлены повсеместно и представлены продуктами кислотного выщелачивания (кварц-серицит-хлоритовыми породами), относящимися к кварц-серицитовой метасоматической формации.

Геохимический контроль оруденения заключается в фиксировании рудных зон, полей, месторождений высокоинтенсивными комплексными геохимическими ореолами Cu, Pb, Zn, Be, Ag, Co, Mo, Sn, Ni, As, Cd, Bi.

Геофизический фактор обусловлен приуроченностью рудных зон и отдельных рудных тел к переходным зонам от максимума к минимуму в электроразведочных методах (ЕП, ВП, ЕЭП, МЭК, РВП, метод заряда).

В Пуштулимском рудном районе, имеющиеся свинцово-цинковые рудопроявления расположены на периферии ареалов выходов пород субвулканических и жерловых фаций кислого состава.

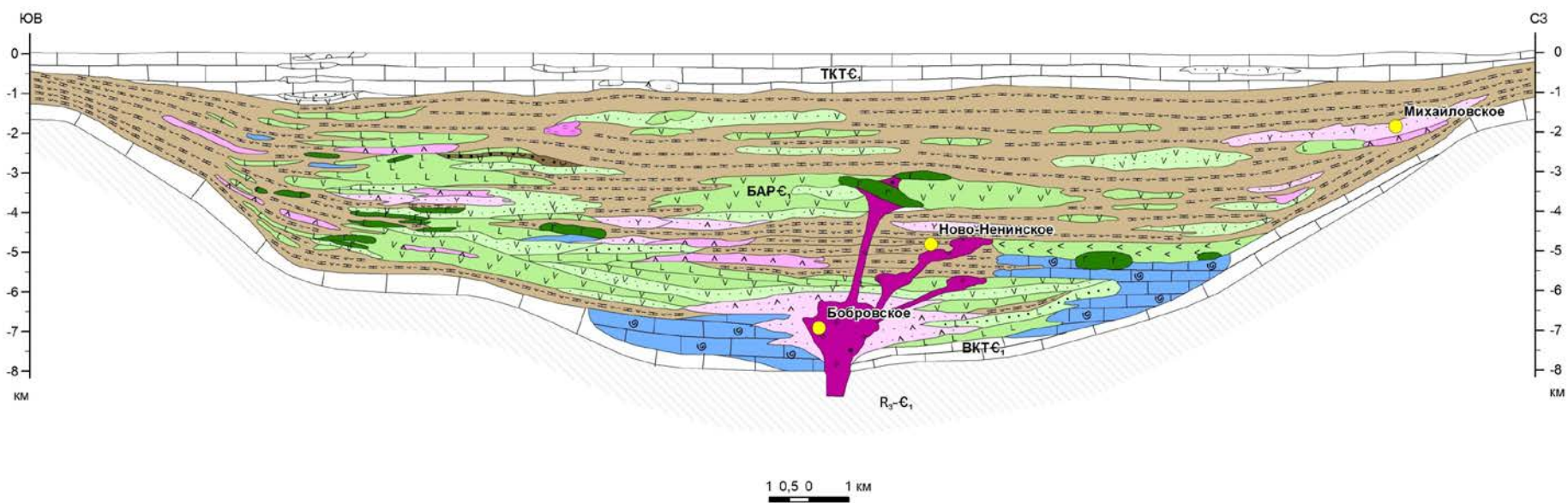
Пуштулимский рудный район представляет собой крупную вулcano-тектоническую депрессию (Рисунок 5.5), сложенную вулcanoгенно-осадочными породами нижнего кембрия и ограниченную с востока и с запада разрывными нарушениями северо-восточного направления. Кроме того, данная структура разбита субширотными разломами, которые ограничивают в ее центре вытянутый блок древних пород метаморфического комплекса (R_{3a}-Є_{1al}), являющихся подрудными отложениями. Данный блок разделяет вулcano-тектоническую депрессию как бы на две части: северную и южную. Эта структура, сложенная нижнекембрийскими породами, окружена более молодыми (надрудными) отложениями от среднего кембрия и моложе.

В пределах района жерловые фации представлены породами основного состава — габбро-диабазами и в меньшей степени — крупновкрапленными риодацитами; околожерловые — грубообломочными туфами андезитового и андезибазальтового состава; промежуточные — лавами андезитов, андезибазальтов, базальтов и их туфами и в резко подчиненном количестве — лавами дацитов, риодацитов и их туфами. Удаленные фации представлены алевролитами, песчаниками и их туфогенными разностями, известняками, органогенными известняками, чередующимися с туффитами, тефроидами и туфами преимущественно основного состава.

Литолого-фациальный анализ вулcanoгенно-осадочных пород Пуштулимского района позволил выявить значительное преобладание среди вулканитов пород основного состава и подтвердить сделанный по петрохимическим данным вывод о принадлежности их к последовательной базальт-андезит-дацит-риолитовой формации. (Заятдинов М.Р., 2016)

В Пуштулимском рудном районе в полевой сезон 2016 г. автором и другими сотрудниками отдела цветных металлов ЦНИГРИ были проведены геохимические работы ионно-сорбционным методом.

Выявлен ряд аномалий показателя $Cu \times Zn \times Pb$ которые могут представлять поисковый интерес и требуют заверки в точках с максимальными значениями геохимического показателя для определения рудно-формационной принадлежности коренной минерализации.



Условные обозначения Рисунок 2.1.

Рисунок 5.5 – Геометризованная модель Пуштулимского рудного района

Петрохимический анализ вулканогенных пород Пуштулимского рудного района проведен на основании построений диаграмм в координатах $\text{SiO}_2-(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$, $\text{K}_2\text{O}-\text{Na}_2\text{O}$, $\text{CaO}-(\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3)-\text{MgO}$, $\text{K}_2\text{O}-\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}$.

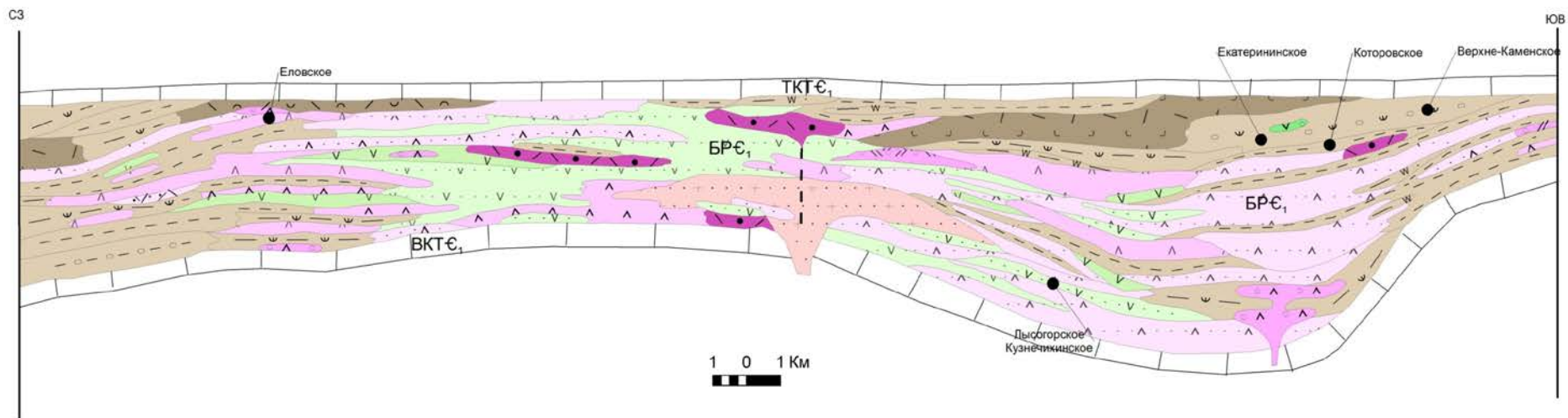
Проанализированный материал по химизму вулканогенных пород Пуштулимского рудного района показал, что среди вулканитов Локтевского района преобладают породы кислого и в меньшей степени среднего состава, и они характеризуются повышенными содержаниями железа, кальция, магния, натрия и калия. При этом натрий резко преобладает над калием, в связи с чем, они относятся к натриевой серии.

Среди вулканитов северо-западной части Пуштулимского рудного района (Овсянниковский участок) преобладают породы основного состава, характеризующиеся повышенными содержаниями железа, магния, кальция, резким преобладанием натрия над калием и относящиеся к натриевой серии.

Еловско-Которовский рудный район представляет собой крупную вулканотектоническую депрессию (Рисунок 5.6), сложенную вулканогенно-осадочными породами нижнего кембрия и ограниченную с востока и с запада разрывными нарушениями северо-восточного направления. В пределах Еловско-Которовского рудного района печеркинская свита сложена риолитами, риодацитами, их туфами и тефроидами, сланцами по кислым вулканитам, с горизонтами и линзами углеродистых и глинистых сланцев, метасоматических кварцитов. Породы повышенной основности играют резко подчиненную роль. Породы свиты интенсивно рассланцованы. Мощность отложений свиты достигает 1500–2000 м. [Беляев, 2001 ф]. Породы свиты подвержены преобразованиям пропилитового ряда. По сети мелких разломов на региональные пропилиты накладываются линейные приразломные метасоматиты березит-лиственитовой формации.

Петрохимический анализ вулканогенных пород Еловско-Которовского рудного района проведен на основании построений диаграмм в координатах $\text{SiO}_2-(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$, $\text{K}_2\text{O}-\text{Na}_2\text{O}$, $\text{CaO}-(\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3)-\text{MgO}$, $\text{K}_2\text{O}-\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}$.

В пределах Еловско-Которовского рудного района примерно в равных количествах развиты вулканиты основного и кислого составов. Для них характерны повышенные содержания железа, магния, кальция, преобладание натрия над калием и соответствие натриевой серии. Ряд пород относятся к калиево-натриевой серии.



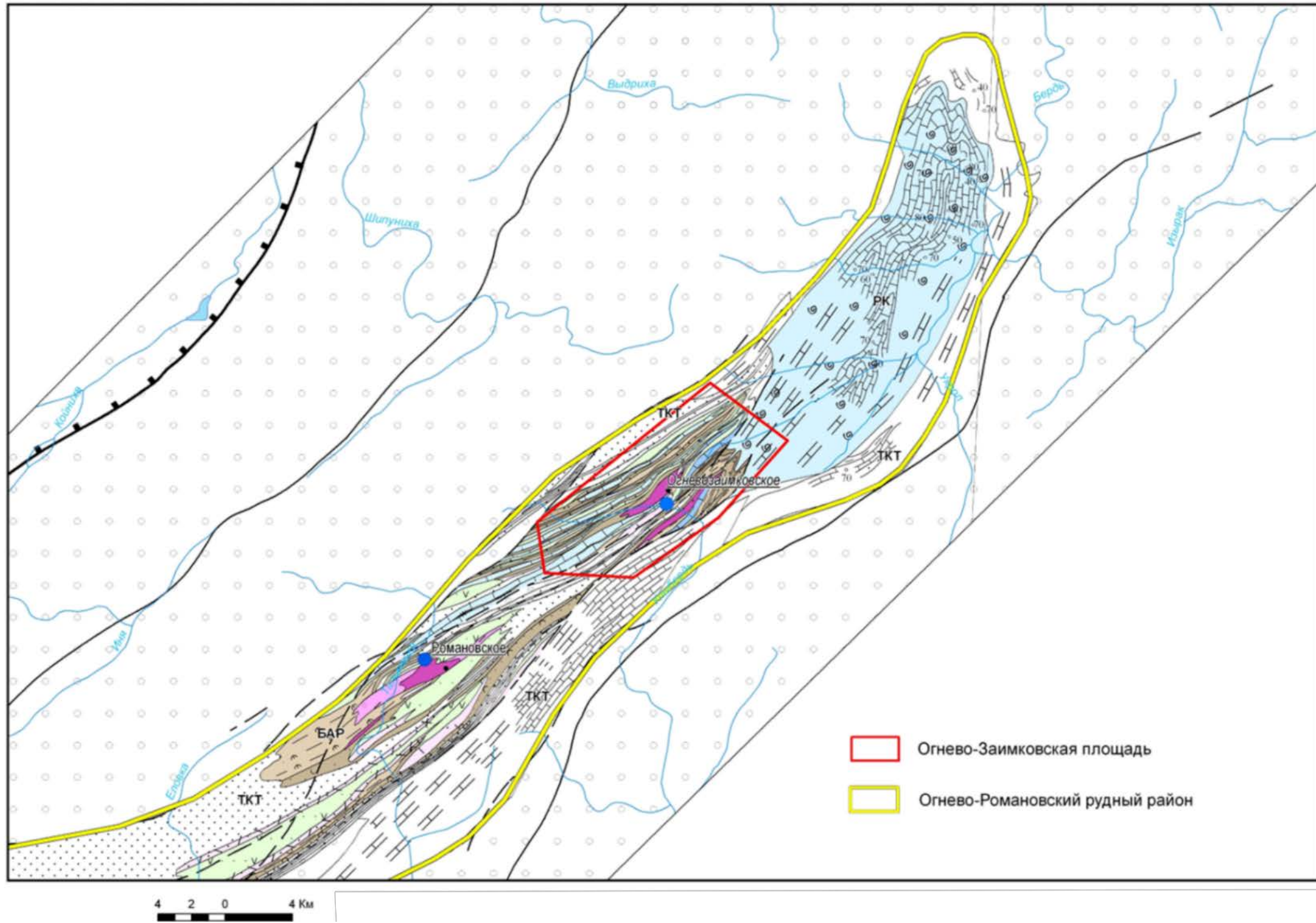
Условные обозначения Рисунок 2.1.

Рисунок 5.6 – Геометризованная модель Еловско-Которовского рудного района

Огнево-Романовский рудный район представляет собой крупную вулканотектоническую депрессию (Рисунок 5.7), вытянутую по простиранию почти на 40 км и ограниченную разрывными нарушениями северо-восточного направления. Данная структура выполнена вулканогенно-осадочными породами нижнего кембрия и обрамлена более молодыми (надрудными) отложениями от среднего кембрия и моложе.

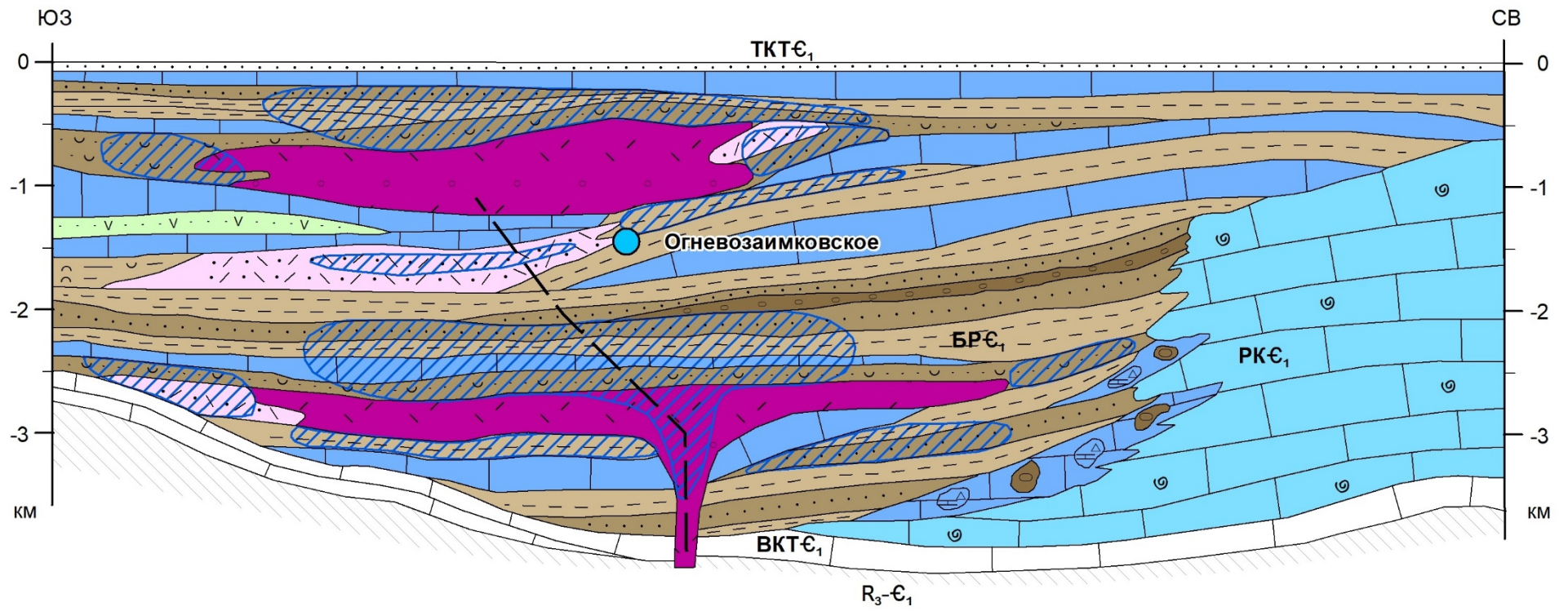
Жерловые фации представлены преимущественно крупновкрапленными риолитами; околожерловые — грубообломочными туфами риолитового и андезитового состава; промежуточные — мелкообломочными туфами риолитового и андезитового состава. Удаленные фации представлены алевролитами, песчаниками и их туфогенными разностями, туффитами кислого и основного состава, а также конгломератами, граувакковыми песчаниками и рифогенными известняками.

Литолого-фациальный анализ вулканогенно-осадочных пород Огнево-Романовского рудного района (Рисунок 5.8) позволил выявить значительное преобладание среди вулканитов пород кислого состава и сделать вывод о принадлежности их к контрастной базальт-риолитовой формации (БР). Особенностью данной формации является наличие значительного количества осадочной составляющей. Вулканогенно-осадочные отложения, относящиеся к базальт-риолитовой формации, выше по разрезу сменяются туфогенно-осадочными (туфогенными алевролитами, песчаниками, гравелитами, конгломератами, известняками) породами туфогенно-карбонатно-терригенной (ТКТ) формации.



Условные обозначения Рисунок 2.1.

Рисунок 5.7 – Литолого-фациальная карта Огнево-Романовского рудного района с контуром Огнево-Зайковской площади



Условные обозначения Рисунок 2.1.

Рисунок 5.8 – Геометризованная модель Огнево-Заимковского рудного поля

Огнево-Заимковская площадь (рудное поле)

В Огнево-Романовском рудном районе наиболее перспективной является Огнево-Заимковская площадь, соответствующая рудному полю, изученность которого в настоящее время остается недостаточной.

Результаты опережающих и заверочных работ, анализ литолого-фациальной и геологической обстановки Огнево-Заимковского рудного поля подтверждают наличие печеркинского уровня локализации оруденения и развитие потенциально рудоносных фаций вулканогенно-осадочных пород, аналогичные которым в пределах Салаирского рудного поля вмещают полиметаллическую рудную минерализацию.

Петрохимический анализ вулканогенных пород Огнево-Заимковского и Салаирско-Каменушинского рудных полей проведен на основании построений диаграмм в координатах $\text{SiO}_2-(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$, $\text{K}_2\text{O}-\text{Na}_2\text{O}$, $\text{CaO}-(\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3)-\text{MgO}$, по которым также можно судить о схожести рассматриваемых объектов (Рисунок 5.9–Рисунок 5.12).

Из диаграмм в координатах $\text{SiO}_2-(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ видно, что основная часть анализов попадает в поле кислых пород и соответствуют низкощелочному ряду. Они представлены низкощелочными риолитами, низкощелочными риодацитами, низкощелочными дацитами. Лишь единичные образцы попадают в поля основных и средних пород, они представлены базальтами, андезибазальтами, андезитами, щелочными пикробазальтами и трахибазальтами (Рисунок 5.9).

Из диаграмм в координатах $\text{K}_2\text{O}-\text{Na}_2\text{O}$ видно, что породы характеризуются резким преобладанием Na_2O над K_2O и относятся к натриевой серии. Незначительная часть пород попадает в область калиевой и калиево-натриевой серии (Рисунок 5.12).

Тройные диаграммы $\text{CaO}-(\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3)-\text{MgO}$ показали, что большинство образцов соответствуют областям с преобладанием железа, железа и магния, железа и кальция (Рисунок 5.11).

Для вулканитов Огнево-Заимковского рудного поля характерно: преобладание пород кислого состава над основными; повышенные содержания в них железа, и в меньшей степени магния и кальция; отношение к натриевой серии, хотя часть пород попадают в поле калиевой серии.

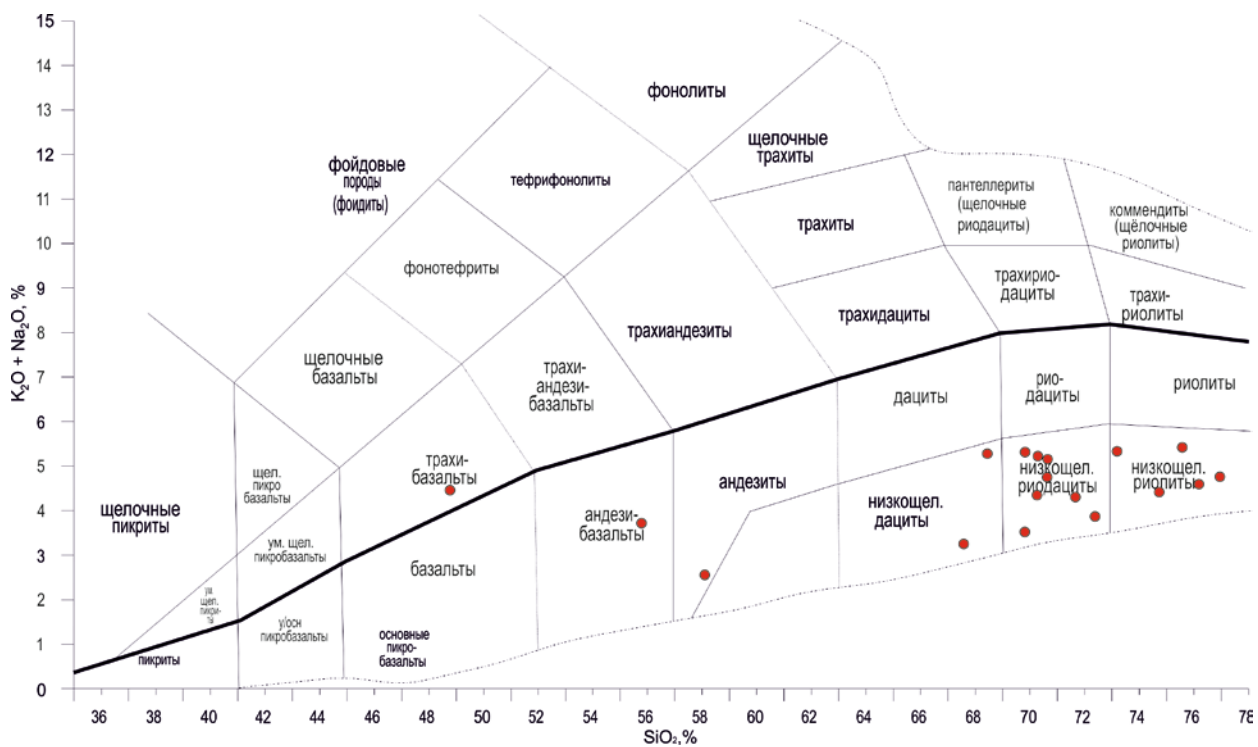


Рисунок 5.9 – Состав вулканогенных пород в координатах SiO_2 –($\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$) Огнево-Зайковского рудного поля.

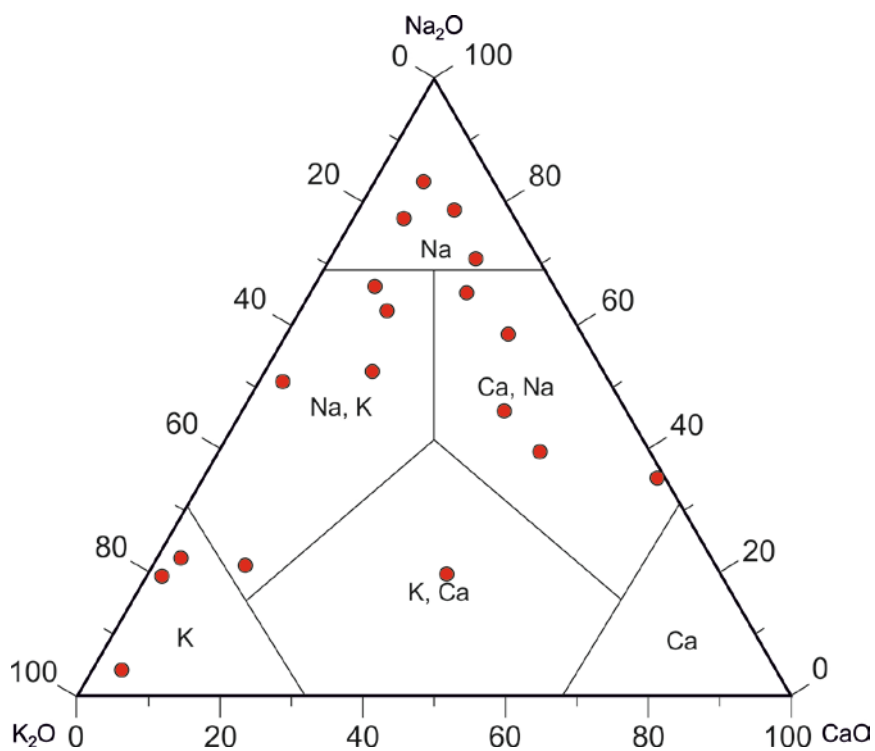


Рисунок 5.10 – Тройная диаграмма (K_2O – Na_2O – CaO) для вулканогенных пород Огнево-Зайковского рудного поля.

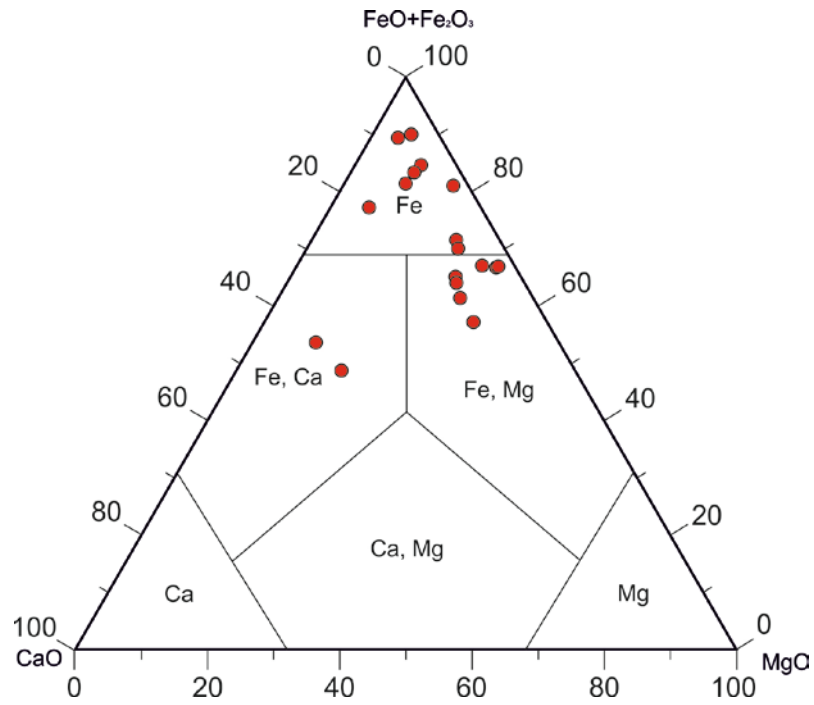


Рисунок 5.11– Тройная диаграмма (CaO–FeO+Fe₂O₃–MgO) для вулканогенных пород Огнево-Заимковского рудного поля.

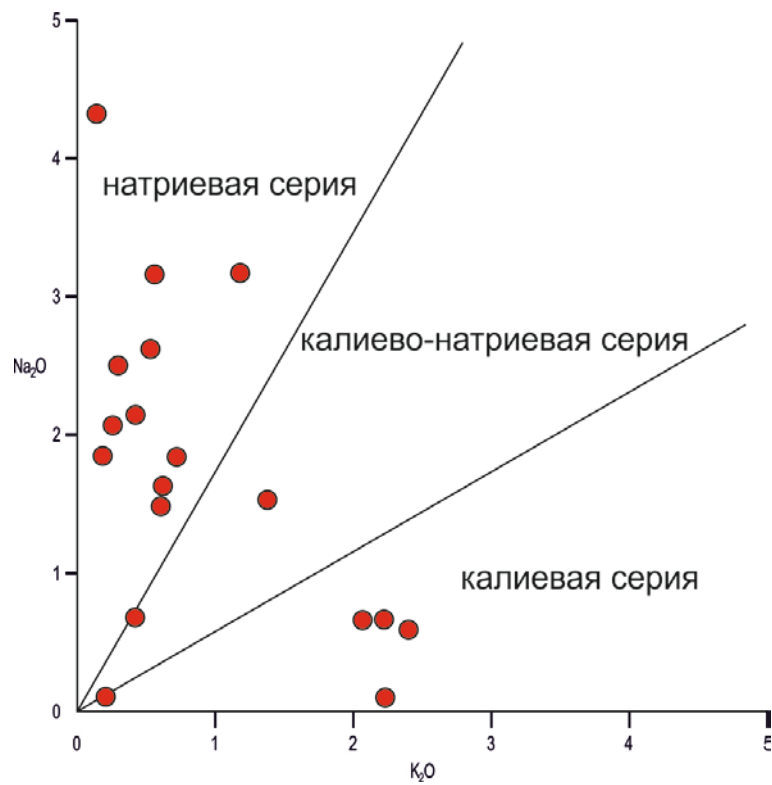
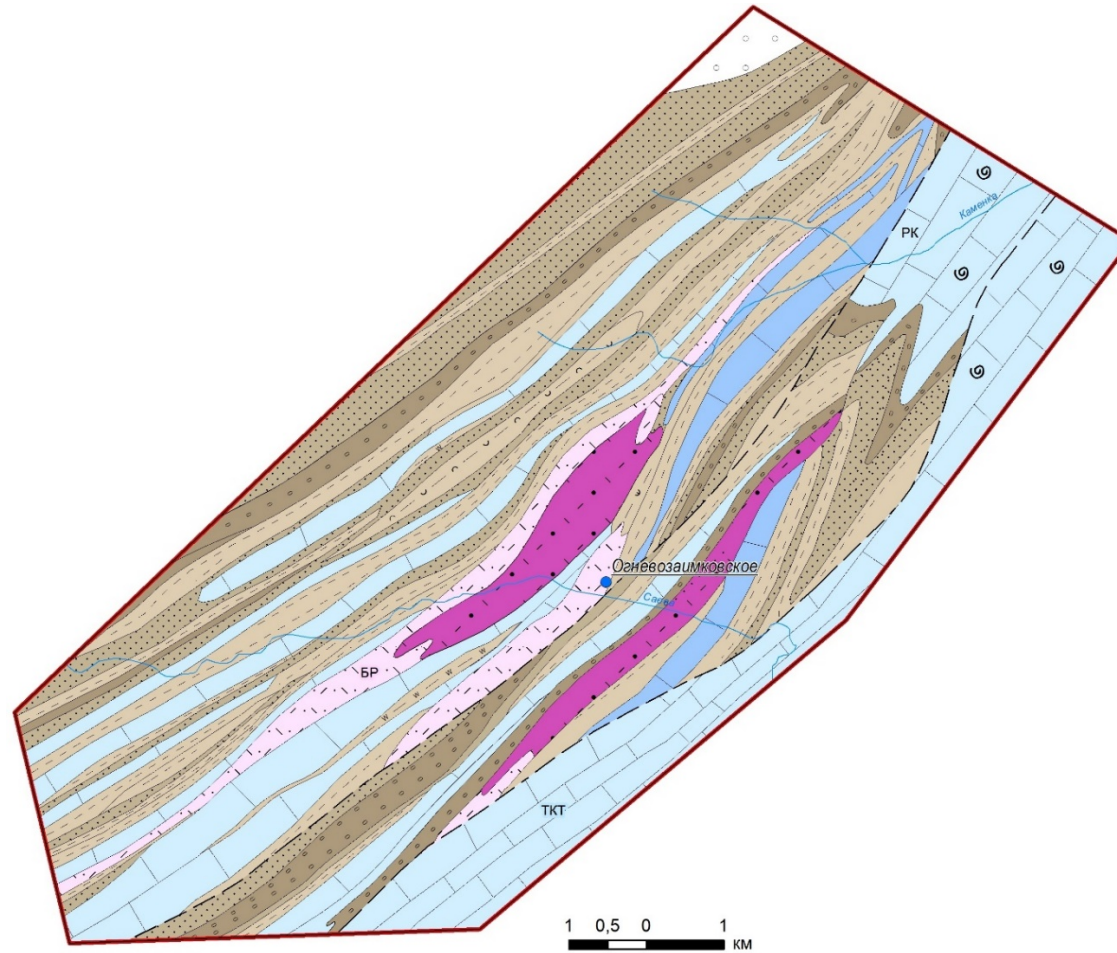


Рисунок 5.12 – Двумерная диаграмма (K₂O–Na₂O) для вулканогенных пород Огнево-Заимковского рудного поля.

Геологическое, геохимическое и геофизическое строение территории Огнево-Заимковской площади детально проанализировано на основании комплектов карт (Рисунок 5.13–Рисунок 5.17) из отчета О.В.Мурзина (2017).

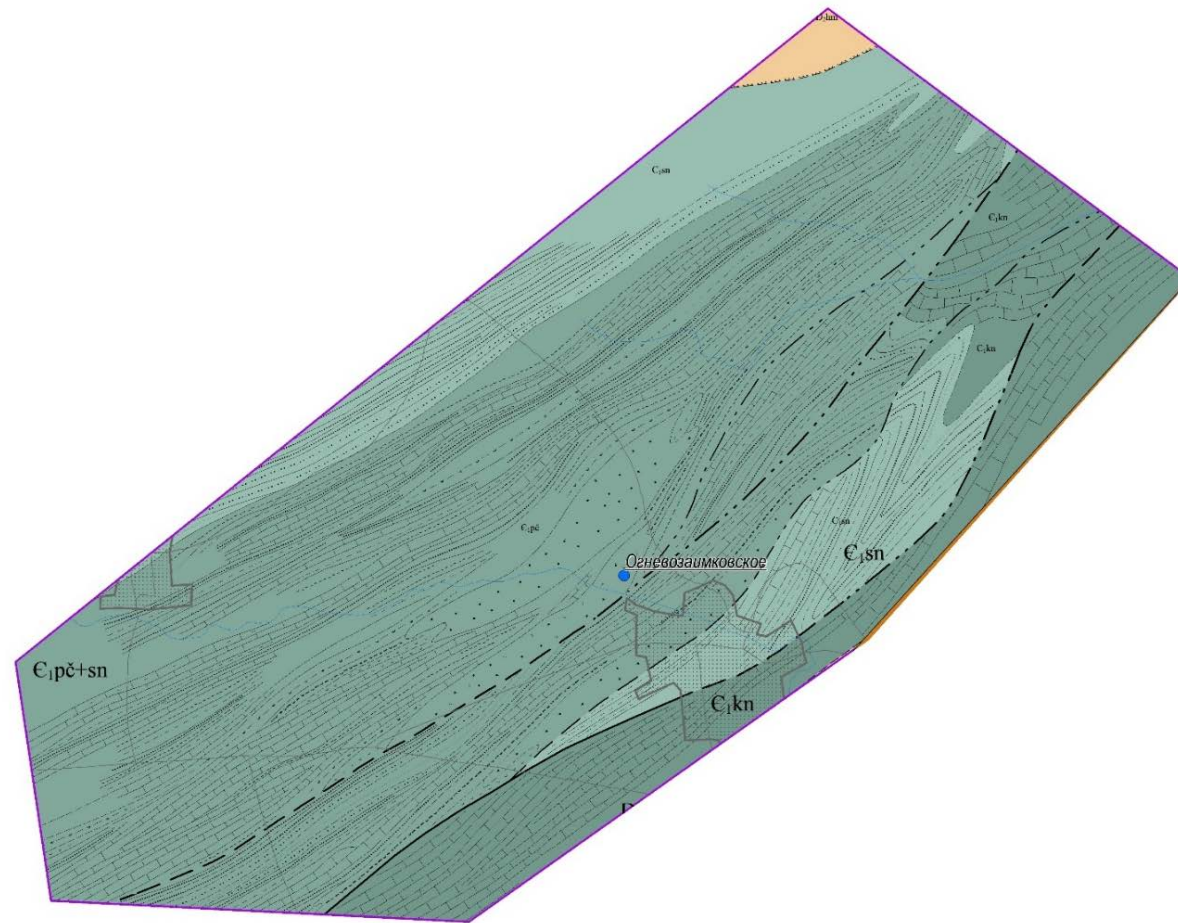
Анализ распространения жерловых, околожерловых, промежуточных и удаленных фаций вулканогенно-осадочных пород показывает, что в пределах крупной вулканотектонической депрессии, соответствующей Огнево-Романовскому рудному району, выделяются две более мелкие вулканические впадины (западная — Романовская и восточная — Огнево-Заимковская), которые, определяют положение рудных полей с продуктами рудовмещающей базальт-риолитовой формации. К данной формации по аналогии с Салаирским рудным районом, приурочен верхний уровень колчеданно-полиметаллического оруденения.

В строении участка принимают участие риолиты и их туфы, в нижней части горизонта с жилами и линзами барита и вторичных кварцитов, а также жилами кристаллического кальцита. Сверху эффузивная толща перекрывается горизонтом осадочных пород, состоящих из алевролитов с редкими прослойками, в нижней части нижнего слоя ороговикованных сланцев, алевролитов, песчаников и кремнисто-глинистых алевролитов (Рисунок 5.13).



Условные обозначения Рисунок 2.1.

Рисунок 5.13 – Литолого-фациальная карта Огнево-Займовской площади (с использованием материалов О.В.Мурзина и др., 2017)



Условные обозначения Рисунок 2.1.

Рисунок 5.14 – Геологическая карта Огнево-Зайковской площади, по О.В. Мурзину и др., 2017 г.

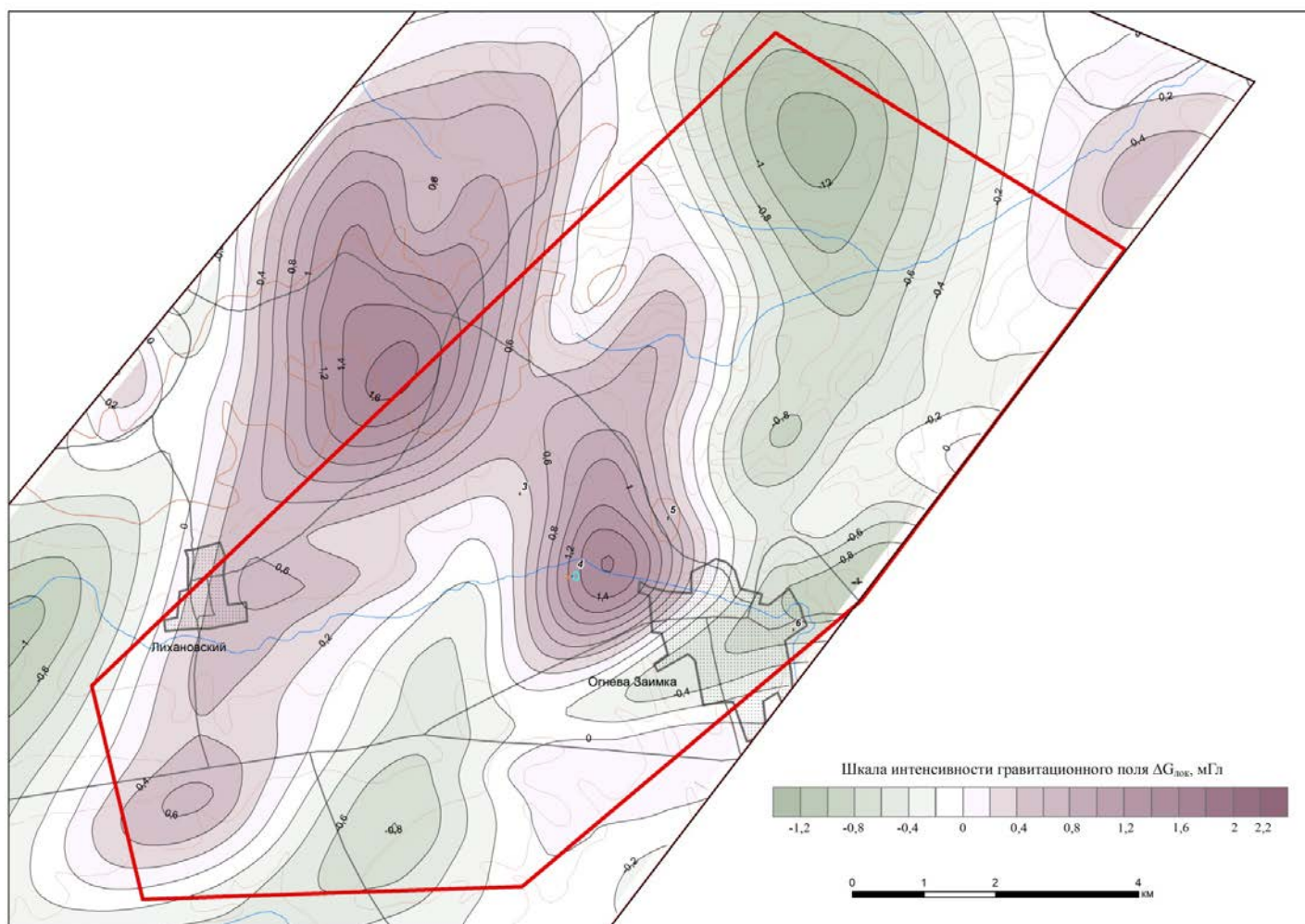


Рисунок 5.15 – Карта аномального гравитационного поля Огнево-Заимковской площади (материалы О.В. Мурзина и др., 2017)

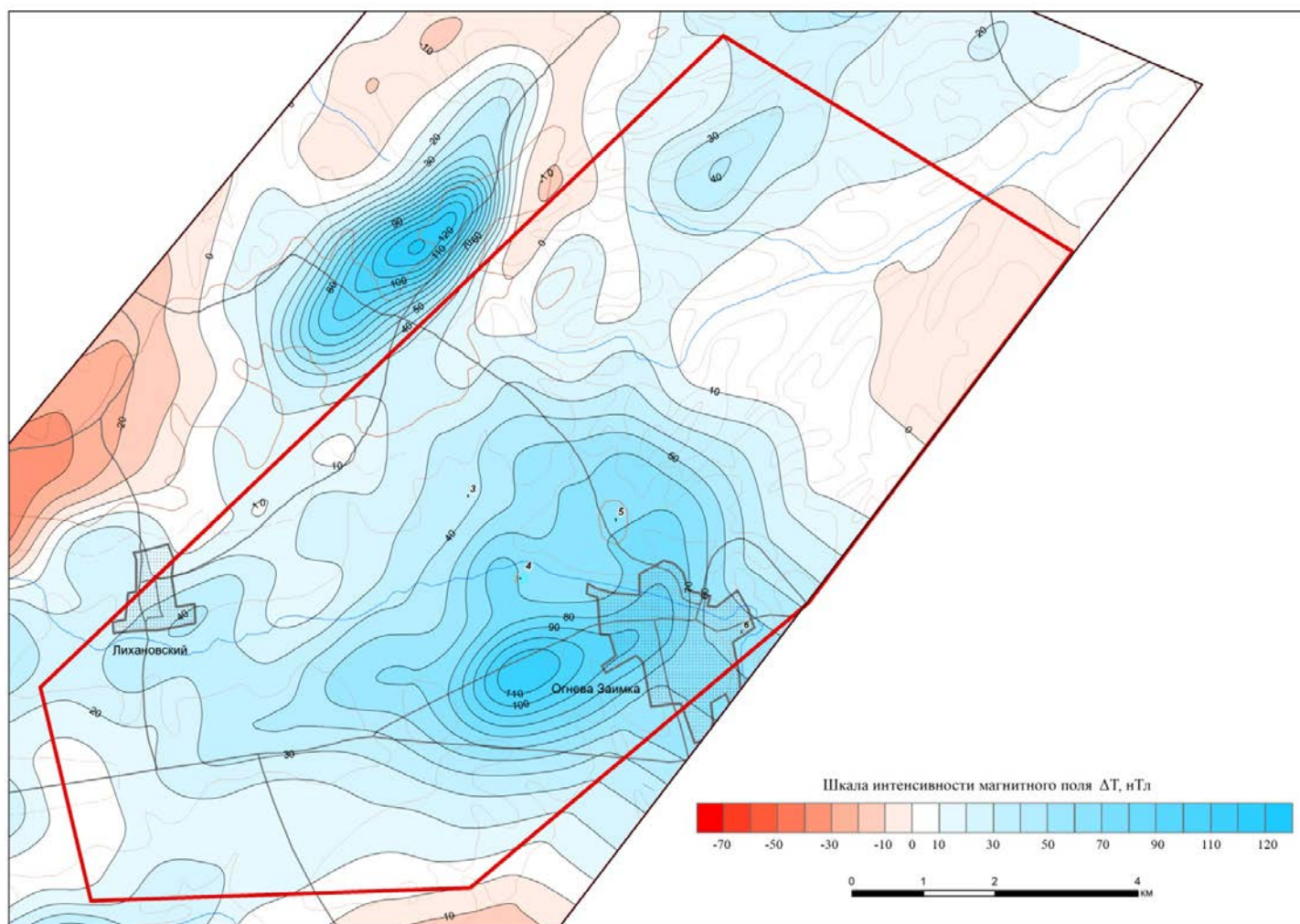


Рисунок 5.16 – Карта аномального магнитного поля Огнево-Заимковской площади (материалы О.В. Мурзина и др., 2017)

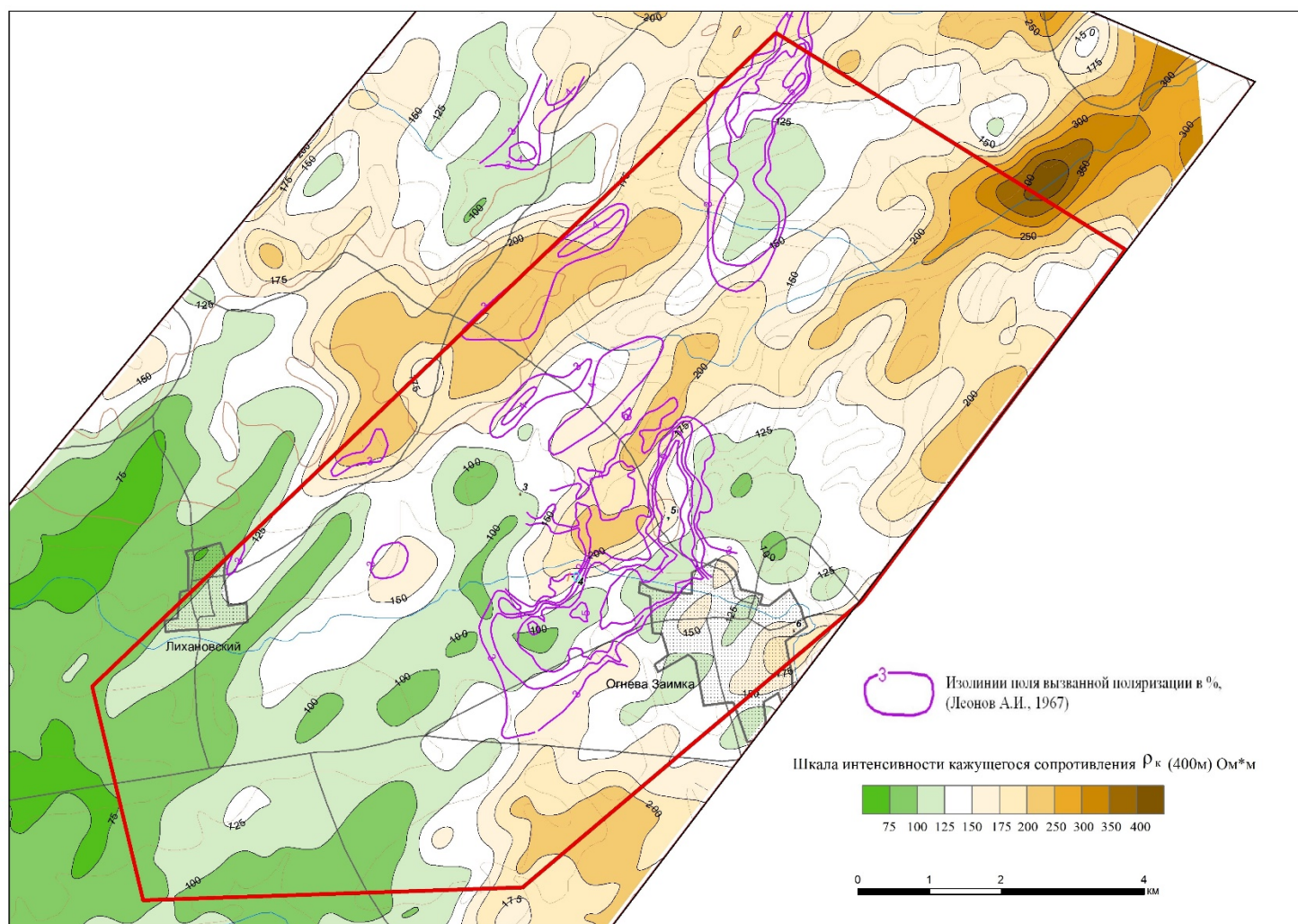


Рисунок 5.17 – Карта изолиний r_k по данным метода ВП Огнево-Заимковской площади (материалы О.В. Мурзина и др., 2017)

Изученность литохимическими работами Огнево-Заимковской площади, как и всей территории Огнево-Романовского рудного района низкая. Потенциально перспективное Огнево-Заимковское рудное поле в рыхлых отложениях отмечено комплексной литохимической аномалией меди, свинца, цинка и бария. В коренных породах по материалам геолого-съёмочных работ (Борзенко, 1969) установлены аномальные содержания меди, свинца, цинка, бария, мышьяка и ряда других элементов.

В Огнево-Романовском рудном районе пройдено 10 км литохимической съёмки и отобрано 398 почвенных проб. Наиболее широкая аномалия $\text{Cu}\times\text{Zn}\times\text{Pb}\times\text{Ba}$ (450 м) отмечена в интервале точек 781–799 (Рисунок 5.18). Из них 250 м приходится на содержания более 10 единиц фона. Максимальные значения показателя 30 единиц фона. Эта аномалия прослеживается в северо-восточном направлении, и фиксируются на следующем профиле в интервале точек 1016–1025. Такого же уровня аномалия отмечена в районе точек 863–865, в интервале точек 869–876 значения показателя составляют более 10 единиц с максимумом 36 единиц фона. Эта аномалия при тех же значениях содержаний фиксируется на втором профиле (точки 1078–1087) с максимумом значений геохимического показателя 38 единиц фона. Помимо этих, выявлен еще целый ряд менее широких и контрастных аномалий, заслуживающих пристального внимания. На всех профилях Огнево-Романовского рудного района отмечается значимая положительная корреляционная связь между всеми элементами, входящими в геохимический показатель. Особенно сильная корреляционная связь отмечается для пар Cu-Zn , а также Cu-Ba и Zn-Ba .

На основании выявленной принадлежности по многим характеристикам (Рисунок 5.19) Огнево-Заимковской площади к салаирскому типу полиметаллического оруденения, составлена её прогнозная карта на литолого-фациальной основе и рекомендуется продолжение поисков полиметаллов в данном районе. Прогнозная карта Огнево-Заимковской перспективной площади на литолого-фациальной основе приведена на рисунке (Рисунок 5.20).

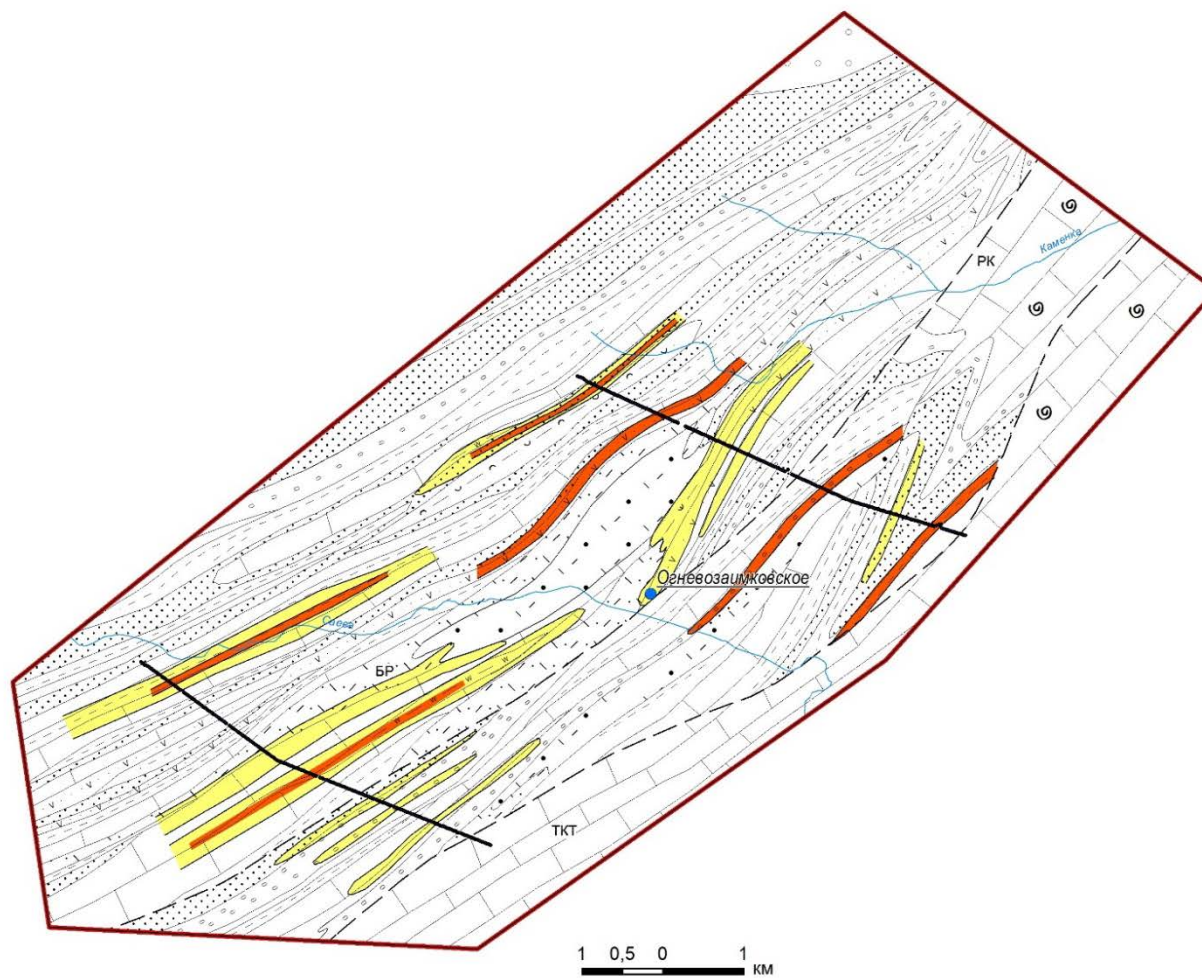
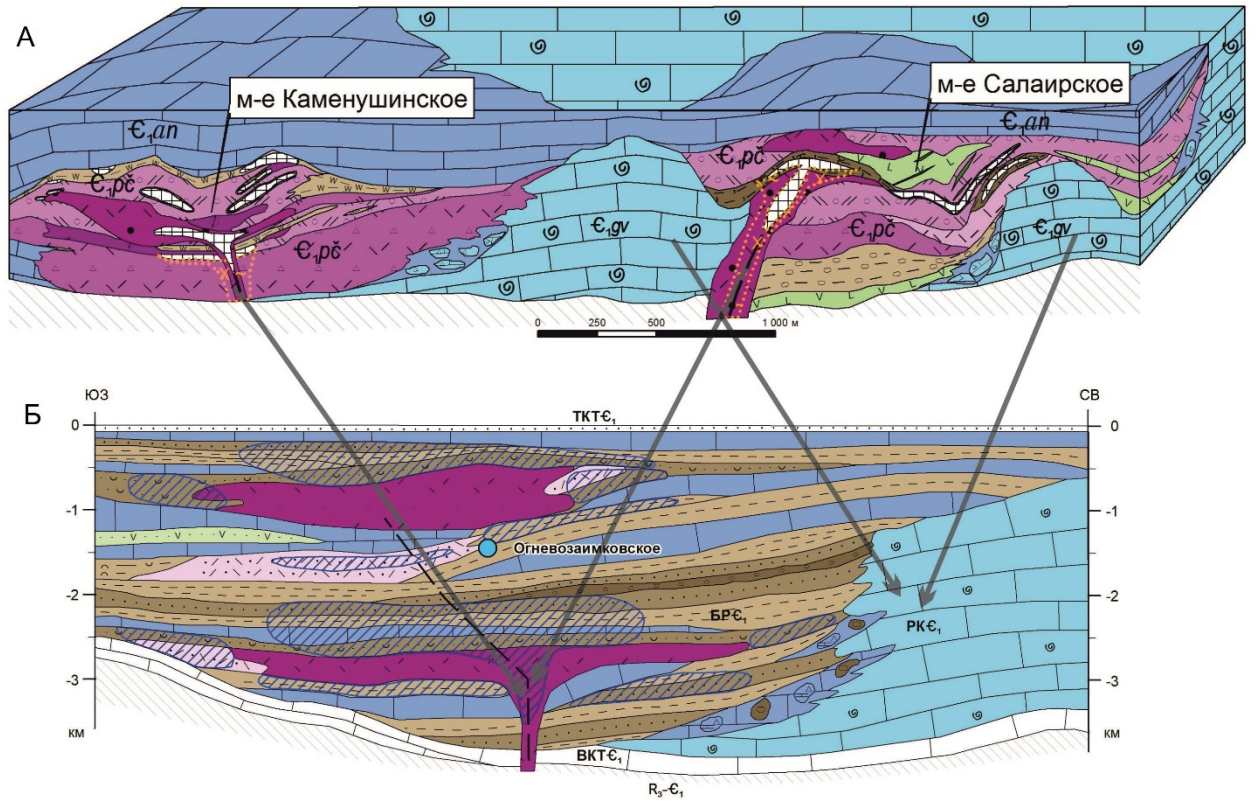
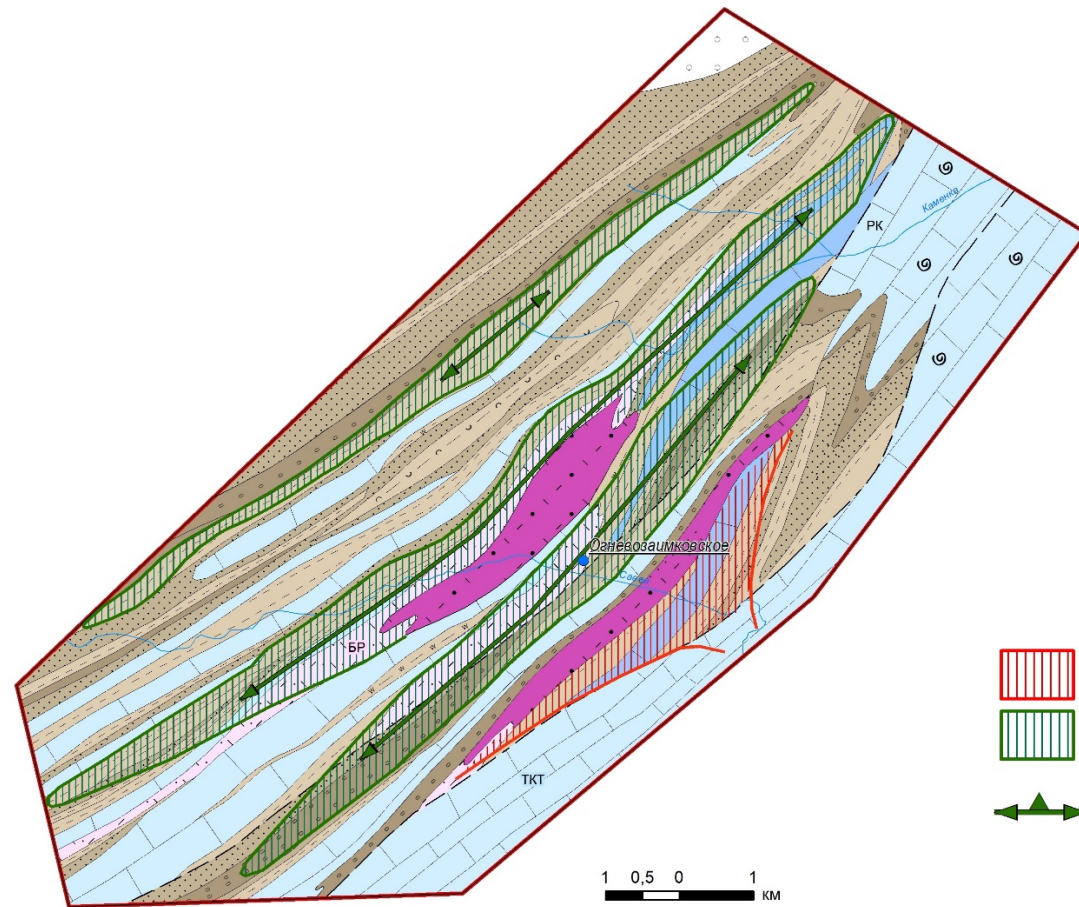


Рисунок 5.18 – Аномалии $\text{Cu} \times \text{Zn} \times \text{Pb} \times \text{Ba}$ Огнёво-Зайковской площади (использованы материалы О.В. Мурзина и др., 2017)



Условные обозначения Рисунок 2.1.

Рисунок 5.19 – Сопоставление палеореконструкций изученного Салаирско-Каменушинского рудного поля (А) и потенциально рудовмещающего Огнево-Зайковского рудного поля (Б)



1 — предполагаемая рудная минерализация в зоне подводящего канала штокеркового типа; 2 — предполагаемая стратифицированная рудная зона; 3 — положение рудоносного уровня в пределах выделенных перспективных площадей (стрелки показывают направление склонения и падения рудоносных отложений); остальные условные обозначения Рисунок 2.1.

Рисунок 5.20 –. Прогнозная карта Огнево-Займовской площади на литолого-фациальной основе

*Прогнозирование на участке между месторождением Каменушинское и
рудопроявлением Вершинное*

Рудопроявление Вершинное залегает в толще пород нижнего кембрия, сложенной вулканогенно-осадочными образованиями. Зоны с прожилково-вкрапленной и рассеянной рудной минерализацией вмещают маломощные тела барит-колчеданно-полиметаллических руд. По вулканогенным образованиям развивается пестроцветная кора выветривания, представленная пластичными глинами мощностью 25–50 м. Кора выветривания перекрыта дальнеприносными отложениями преимущественно глинистого состава мощностью 30–60 м, по которым развиваются серые лесные и подзолистые почвы.

В условиях промывного водного режима эта группа сиалитных почв характеризуется интенсивным выносом из почвенного разреза целого ряда химических элементов (Cu, Zn, Ag, Pb, As и др.), являющихся типоморфными для колчеданно-полиметаллических месторождений.

Анализ почвенных вытяжек позволил установить над проекцией рудных зон слабоконтрастные ореолы рассеяния Cu, Zn, Pb, Ag, As, Sb, Cd, Ba (Рисунок 5.21). Усиление слабых аномалий достигалось сглаживанием данных анализа методом «скользящего среднего» с числом точек в окне равным 3 с последующей мультипликацией рудных компонентов. На рисунках представлены графики распределения комплексных показателей основных (Cu, Zn, Pb, Ba) и сопутствующих (Ag, As, Sb, Cd) химических элементов. Уровень максимальных концентраций комплексных показателей над фоном составляет 25 раз. Ширина выявленных аномалий 160–180 м.

Геологическое строение месторождения Каменушинское близко к геологическому строению Вершинного рудопроявления. Месторождение Каменушинское выведено своими рудными интервалами под маломощный (до 5 м) чехол рыхлых отложений. По пройденному профилю, расположенному на северо-западном фланге месторождения, в почвах выявлены сорбционно-солевые ореолы рассеяния Cu, Zn, Pb, As, Sb, Ag, Ba, Cd, Sr, Mo, Se. Максимальные концентрации комплексной аномалии Cu×Zn×Pb×Ba (Рисунок 5.22) превышают их фоновые значения более чем на два порядка. Ширина аномалии Cu×Zn×Pb×Ba 500 м. Распределение элементов-спутников близко к распределению основных компонентов руд. Ширина ореола Ag×As×Sb составила 450 м, максимальные концентрации превышают фон почти на два порядка.

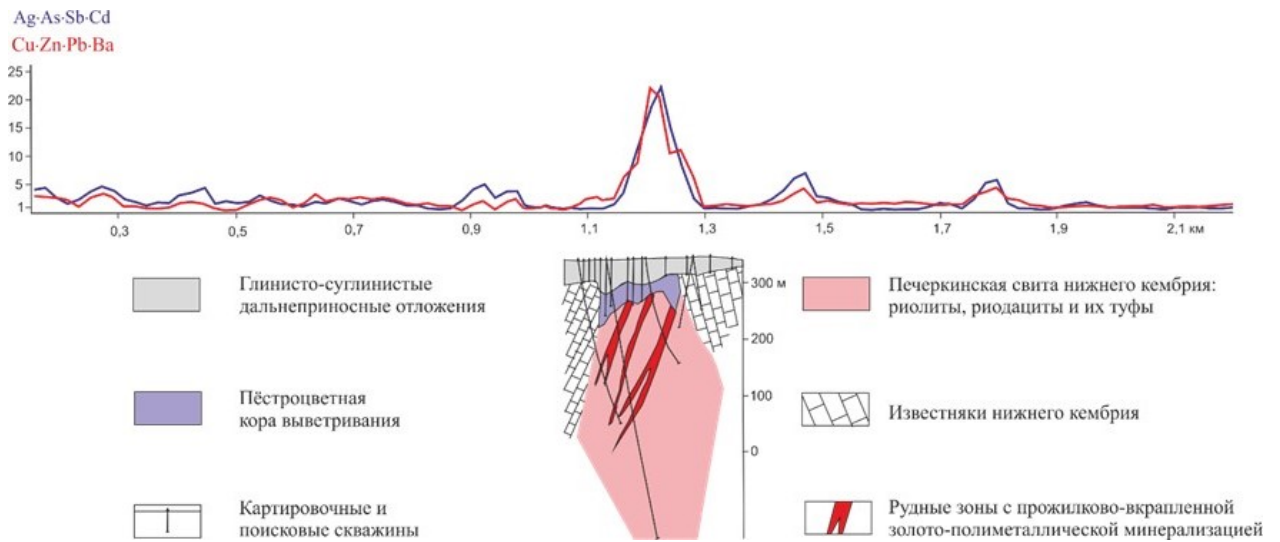


Рисунок 5.21 – Графики распределения основных и сопутствующих элементов погребенного рудопроявления Вершинное. (Миляев и др., 2019)

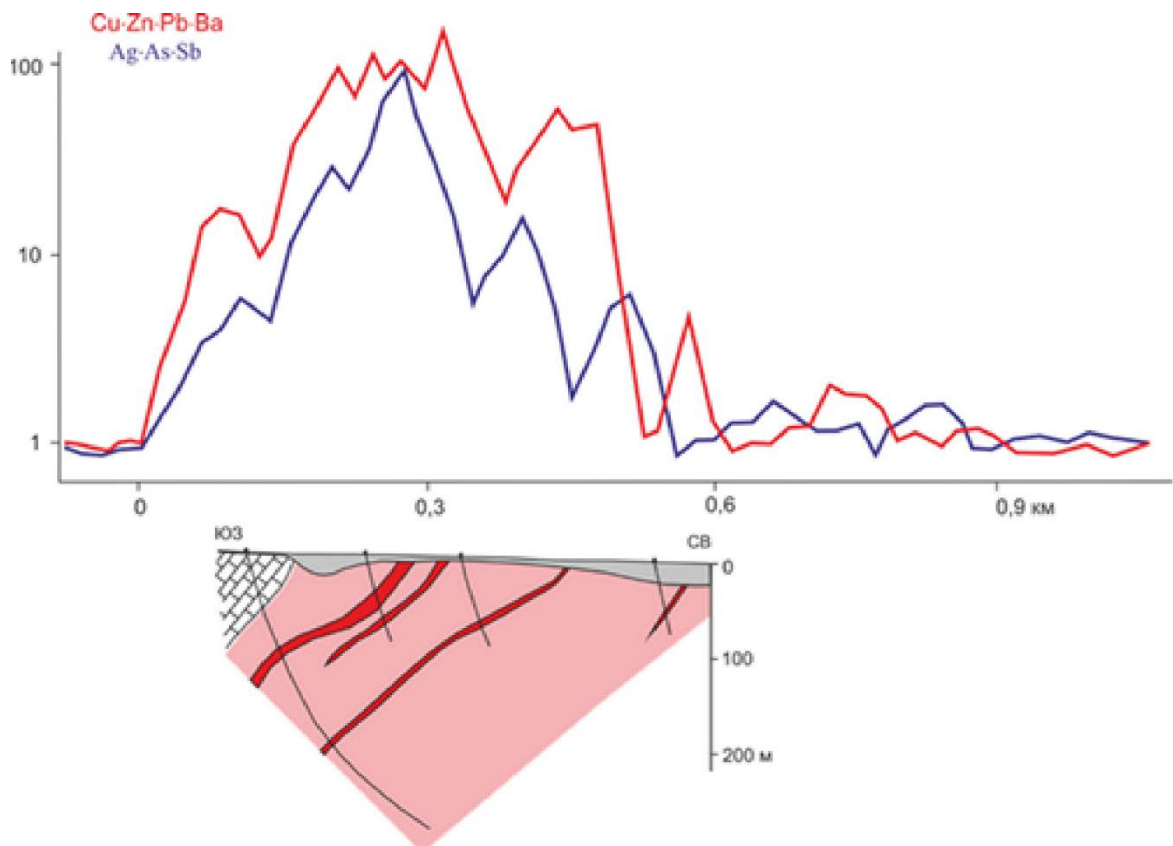
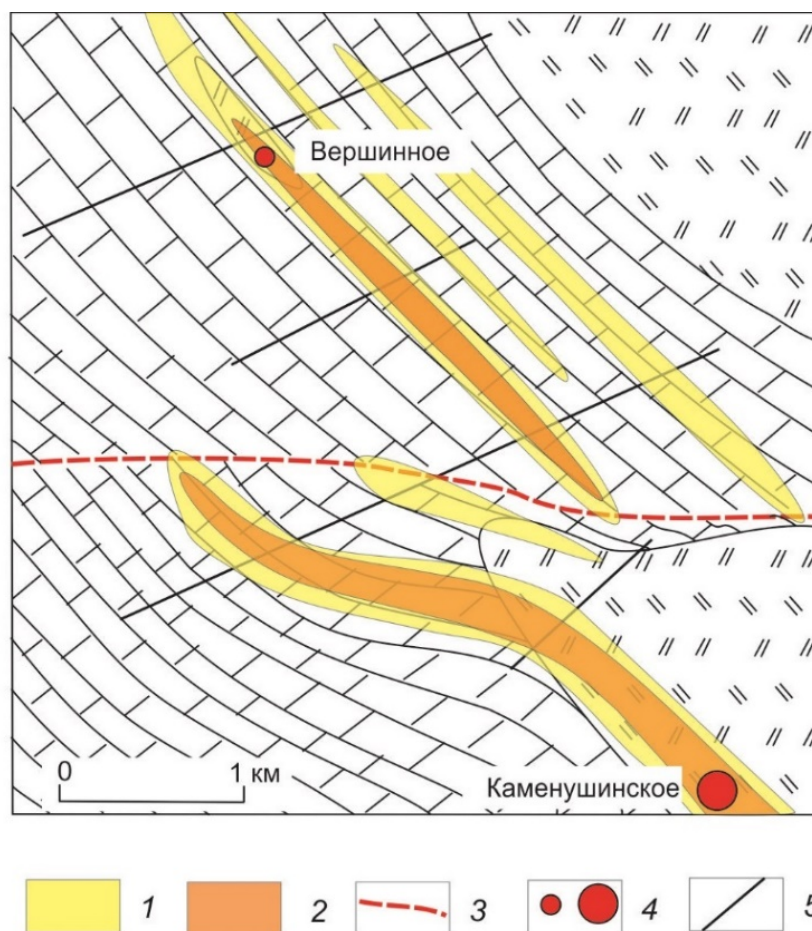


Рисунок 5.22 – Графики распределения основных и сопутствующих элементов месторождения Каменушинское

Использование результатов ионно-сорбционного геохимического метода, как прямых поисковых признаков обнаружения колчеданно-полиметаллической минерализации, позволило дать положительный прогноз наличия скрытой рудной минерализации на участке, входящем в состав Салаирско-Каменушинского рудного поля, между месторождением Каменушинское и рудопроявлением Вершинное.

Для проверки предположения о продолжении рудовмещающих структур к северо-западу от месторождения Каменушинское в сторону рудопроявления Вершинное было задано 4 профиля литохимической съемки. Результаты геохимических работ отражены на рисунке (Рисунок 5.23). Получено, что ось наиболее широкой аномалии $Cu \times Zn \times Pb \times Ba$ на двух ближайших к месторождению Каменушинское профилях имеет резкий разворот в запад-северо-западном направлении. Ширина аномалии составляет 500 и 300 м при максимальных значениях геохимического показателя соответственно 118 и 74 единиц фона. Вторая группа из трех аномалий прослеживается в юго-восточном направлении от рудопроявления Вершинное. Ширина аномальных зон составляет 180 м (рудопроявление Вершинное), 120 и 180 м с максимальными значениями геохимического показателя соответственно 25, 14 и 22 единицы фона. По геофизическим данным в центральной части участка зафиксировано крутопадающее тектоническое нарушение, которое отмечено на геологическом продольном разрезе (Каменушинское-Вершинное). По геохимическим данным смещение рудовмещающих структур относительно друг друга достигает 2 км.



1–2 — аномальные значения наложенных ореолы рассеяния $\text{Cu} \times \text{Zn} \times \text{Pb} \times \text{Ba}$: 1 — 5–10; 2 — >10; 3 — тектоническое нарушение (по геофизическим данным); 4 — рудопроявление и месторождение; 5 — профили литохимической съемки.

Рисунок 5.23 – Вторичные наложенные ореолы рассеяния в районе Каменушинского месторождения и Вершинного рудопроявления

Четвёртое защищаемое положение

Созданы прогнозно-поисковые модели месторождений Салаирско-Каменушинского рудного поля, на ее основе разработан комплекс поисковых критериев и признаков: формационных и петрологических, структурно-тектонических, литолого-структурных, рудно-формационных, метасоматических, минералогических, геохимических и геофизических. Определены методы опознания элементов моделей.

На основе применения моделей осуществлён прогноз возможности выявления новых рудных тел на флангах и глубоких горизонтах известных месторождений, а также выделены новые перспективные площади в пределах Салаирской металлогенической зоны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках данной диссертационной работы были детально изучены условия локализации золото-серебро-полиметаллического оруденения Салаирско-Каменушинского рудного поля с использованием современных подходов и технологий цифровой картографии, а также с применением опережающего геохимического ионно-сорбционного метода, хорошо зарекомендовавшего себя в других регионах.

Проведено литолого-фациальное расчленение рудовмещающих пород, слагающих Салаирский рудный район и Салаирско-Каменушинское рудное поле, с точки зрения удаленности от центров вулканизма, с выделением жерловой, околожерловой, промежуточной и удаленной фациальных зон. Построены палеорекострукции разных металлогенических рангов (рудный район, рудное поле, месторождения) на основе литолого-фациального и палеоструктурного анализов. Проведен петрохимический анализ вулканогенных пород Салаирского рудного района.

В результате обоснована неоднородность вулканогенно-осадочного разреза печеркинского вулканического комплекса и циклический характер проявления вулканической активности в нижнем кембрии. Для Салаирского рудного района, представляющего собой крупную вулканотектоническую депрессию, эта неоднородность заключается в двух этапах формирования, которые соответствуют двум циклам вулканической активности в конце раннего кембрия. На первом (раннем) этапе сформировалась крупная вулканотектоническая депрессия протяженностью ~45 км, занимающая основную часть территории Салаирского рудного района и выполненная вулканогенными и вулканогенно-осадочными породами последовательно дифференцированной базальт-андезит-дацит-риолитовой формации, являющейся нижним уровнем рудовмещающей печеркинской свиты. Салаирское и Каменушинское месторождения сформировались в локальных палеовпадинах, осложняющих крупную вулканотектоническую депрессию на позднем этапе, связанном с вулканитами контрастной базальт-риолитовой формации натровой серии, с высоким содержанием железа и преобладанием пород кислого состава над породами основного. Отложения позднего этапа, выполняющие локальные впадины, находятся в одном латеральном ряду с крупными рифогенными постройками, сложенными в основном археоциатовыми и водорослевыми известняками. Отложения позднего этапа являются наиболее продуктивными по концентрации рудного вещества.

Построен продольный разрез через Салаирское строение на котором видно, как рудные зоны некоторых месторождений (ранее считавшихся отдельными) сливаются в единые, показана целесообразность присвоения Салаирскому рудному полю ранга

месторождения, включающего ряд рудных зон: Кварцитовая Сопка, Первомайская, I-Рудник, II-Рудник, III-Рудник, Спорное, Александровское и Слепое. Сделан вывод, что Салаирское и Каменушинское месторождения по своим размерам, а также схожести литолого-фациального состава и химизма пород образуют единое рудное поле.

Установлена связь различных морфологических типов рудных тел с определенными фациями пород. Штокверковые рудные тела отвечают подводящим каналам и приурочены к породам кислого состава жерловых фациальных зон, а линзообразные и пластовые тела, расположенные либо проксимально над подводящими каналами, либо дистально на некотором удалении от них, приурочены к вулканогенным и вулканогенно-осадочным породам промежуточных и удаленных от центров вулканизма фациальных зон.

Детально изучена рудная минерализация рудной зоны Первомайское, Салаирского месторождения. Выделены два этапа рудообразования: конседиментационный, во время которого были образованы основные гидротермально-осадочные рудные залежи с широким развитием окolorудных метасоматитов кварц-серицитовой формации и последующий метаморфогенный, сопровождавшийся частичным перераспределением рудного вещества. Проведенные впервые для данного объекта изотопные исследования серы сульфидов подтвердили вулканогенно-гидротермально-осадочное происхождение сульфидных залежей.

Разработаны поисковые критерии и признаки колчеданно-полиметаллического оруденения применительно к Салаирской металлогенической зоне и созданы параметрические прогнозно-поисковые модели колчеданно-полиметаллических месторождений Салаирско-Каменушинского рудного поля. На основе разработанных моделей дан прогноз новых рудных тел на флангах и глубоких горизонтах известных месторождений, а также новых месторождений в рудных районах Салаирского кряжа. По наиболее перспективным объектам разработаны прогнозные карты-врезки, графики, планы и разрезы, даны рекомендации по направлениям геологоразведочных работ.

По мнению автора, выполненная диссертационная работа может быть весьма полезной при постановке дальнейших геологоразведочных работ. Развитие и наращивание добычи полиметаллов, а также золота и серебра в пределах Салаирского кряжа реально при возобновлении геологических исследований на данной территории с охватом всех перспективных участков в разных рудных районах металлогенической зоны. Тем более, что в благоприятных ландшафтных, природно-климатических и географо-экономических условиях Салаира даже небольшие по запасам месторождения, расположенные вблизи от действующих рудников, будут вызывать большой интерес недропользователей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ*Опубликованная*

1. Авдонин, В. В. Прогнозирование и поиски колчеданно-полиметаллических месторождений / В. В. Авдонин. – М.: МГУ, 1995. – 52 с.
2. Бабин, Г. А., Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Алтае-Саянская. Лист N-44–Новосибирск. Объяснительная записка / Г. А. Бабин, А. И. Черных, А. Г. Головина, С. В. Жигалов и др. – С-Пб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ. – 392 с.
3. Баранов, Э. Н. Эндогенные геохимические ореолы колчеданных месторождений / Э. Н. Баранов. – М.: Наука, 1987. – 295 с.
4. Ваганов, В. И. Методика крупномасштабного и локального прогноза месторождений цветных, благородных металлов и алмазов / В. И. Ваганов, А. Г. Волчков, М. М. Константинов и др. – М.: ЦНИГРИ, 1989. – 273 с.
5. Викентьев, И. В. Условия формирования и метаморфизм колчеданных руд / И. В. Викентьев. – М.: Научный мир, 2004. – 344 с.
6. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Алтае-Саянская. Лист N-45-Новокузнецк. Объяснительная записка / – С-Пб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2007. – 665 с.
7. Григорян, С. В. Первичные геохимические ореолы при поисках и разведке рудных месторождений / С. В. Григорян – М.: Недра. 1987. – 408 с.
8. Гриненко В. А. Геохимия изотопов серы / В. А. Гриненко, Л. Н. Гриненко – М.: Наука, 1974. – 75 с.
9. Дербиков, И. В. Еще об условиях образования колчеданно-полиметаллических месторождений // Геология и геофизика / И. В. Дербиков, 1960. – №7.
10. Дергачев, А. Л. Вулканогенное колчеданно-полиметаллическое и эксгальционно-осадочное свинцово-цинковое оруденение в истории Земли / А. Л. Дергачев, Н. И. Еремин – ДАН, 2008. –Т. 423. –№1. С. 89–91.
11. Дергачев, А. Л. Вулканогенное колчеданно-полиметаллическое и эксгальционно-осадочное свинцово-цинковое оруденение в истории Земли. Доклады Академии наук / А. Л. Дергачев, Н. И. Еремин – М.: МГУ, 2008. – № 1. –Том 423. – С. 89–91.
12. Дергачев, А. Л. Вулканогенные колчеданные месторождения богатых золотом руд / А. Л. Дергачев, Еремин Н. И. – Вестник Моск. Ун-та. Сер. 4. Геология. 2018. –№3. – С. 3–11.
13. Дергачев, А. Л. Эпохи свинцово-цинкового рудообразования в геологической истории Земли. Вестник Московского университета. Серия 4: Геология / А. Л. Дергачев, А. А. Дергачев, Н. И. Еремин – М.: МГУ, 2015. –№ 3. –С. 62–72
14. Дистанов, Э. Г. Генетические особенности полиметаллических месторождений Салаира в кембрийские вулканогенные образования / В кн.: Рудоносные вулканогенные формации / Э. Г. Дистанов – М.: Недра, 1965.
15. Дистанов, Э. Г. Геолого-генетические модели формирования колчеданно-полиметаллических месторождений, и их рудно-формационная типизация // Генетические модели эндогенных рудных формаций, в 3-х томах. Тез. докл. 2-го Всесоюз. совещ. 27–29 ноября 1985 г. / Э. Г. Дистанов – Новосибирск. – Том 2. – С. 22–23.

16. Дистанов, Э. Г. Колчеданно-полиметаллические месторождения Сибири / Э. Г. Дистанов – Тр. ИГГ АН СССР. – Вып. 367, 1977. – 350 с.
17. Дистанов, Э. Г. Колчеданно-полиметаллические месторождения Сибири / Э. Г. Дистанов – Новосибирск: Наука, 1977. – 352 с.
18. Домарев, В. С. Условия образования метасоматических сульфидных и сульфидно-баритовых залежей Салаира / В. С. Домарев – Зап. Всесоюз. минерал. о-ва. 1956. – Ч. 85. – Вып. 4.
19. Еремин, Н. И. Крупные и особо крупные колчеданные месторождения вулканической ассоциации // Геология рудных месторождений / Н. И. Еремин, А. Л. Дергачев, Н. В. Позднякова, Нат. Е. Сергеева – Т. 46. 2004. – №2. – С. 107–127.
20. Зяятдинов, М. Р. Петрохимическая характеристика вулканогенных пород Пуштулимского рудного района в пределах Салаирской минерагенической зоны. // Материалы Шестой Российской молодежной научно-практической Школы с международным участием «Новое в познании процессов рудообразования» / М. Р. Зяятдинов – ИГЕМ РАН, 2016. – С. 115–117.
21. Зеркалов, В. И. Минералогия и генезис руд Ускандинской группы месторождений Салаира / В. И. Зеркалов – Вестн. Зап. - Сиб. и Новосиб. Геол. Упр. 953. – №3.
22. Инякин, А. В. Геолого-структурная позиция и обстановки локализации колчеданно-полиметаллических руд Салаирско-Каменушинского рудного поля (Салаирский Кряж) // Руды и металлы. 2018 / А. В. Инякин – №2. – С. 66–76.
23. Инякин, А. В. Литолого-петрографические особенности различных фаций вулканогенно-осадочных пород и последовательность формирования колчеданно-полиметаллических руд Салаирско-Каменушинского рудного поля (Салаирский Кряж) // Руды и металлы. 2019 / А. В. Инякин – №2. – С. 61–72.
24. Инякин, А. В. Особенности геологического строения и условия локализации полиметаллических месторождений Салаирского рудного поля (Салаир) // Материалы Шестой Российской молодежной научно-практической Школы с международным участием «Новое в познании процессов рудообразования» / А. В. Инякин – ИГЕМ РАН, 2016. – С. 134–136.
25. Инякин, А. В. Прогнозно-поисковые модели колчеданно-полиметаллических месторождений Салаирско-Каменушинского рудного поля // VIII Международная научно-практическая конференция «Научно-методические основы прогноза, поисков и оценки месторождений алмазов благородных и цветных металлов» / А. В. Инякин – ФГУП ЦНИГРИ, Москва. 2018. Тезисы докладов. – С. 131–132.
26. Инякин, А. В. Условия локализации полиметаллического оруденения Салаирско-Каменушинского рудного поля, Салаирский кряж // IX Международная научно-практическая конференция «Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов» / А. В. Инякин – ФГБУ «ЦНИГРИ», Москва. 2019. Тезисы докладов. – С. 173–174.
27. Инякин, А.В., Прогнозно-поисковые модели колчеданно-полиметаллических месторождений Салаирского кряжа // VII Научно-практическая конференция «Научно-методические основы прогноза, поисков и оценки месторождений цветных и благородных металлов, алмазов — состояние и перспективы» / А. В. Инякин, М. Р. Зяятдинов, Т. В. Серавина – ФГУП ЦНИГРИ, Москва. Тезисы докладов, 2017. С. 70–71.

28. Ковалев, К. Р. Особенности формирования руд колчеданно-полиметаллических месторождений Северо-Восточного Салаира и Восточной Тувы: дис.... к. г.-м. н. / К. Р. Ковалев – Новосибирск. – 1969. –283 с.
29. Кортусов, М. П. Метаморфические горные породы. Учебное пособие / Под ред. А.И. Чернышева / М. П. Кортусов – Томск: Томского ЦНТИ, 2014. –28 с.
30. Кривцов, А. И. Месторождения колчеданного семейства. Серия «Модели месторождений алмазов, благородных и цветных металлов» / Под ред. Кривцова А.И. / А. И. Кривцов, А. Г. Волчков, Минина О. В. – М.: ЦНИГРИ, 2002. –282 с.
31. Кривцов, А. И. Минерально-сырьевая база начала XXI в. — Мир и Россия. Избранные труды 2000–2007 гг. / А. И. Кривцов – М.: ЦНИГРИ, 2008. –240 с.
32. Кривцов, А. И. Прикладная металлогения / А. И. Кривцов – М.: Недра. – 1989. – 288 с.
33. Кривцов, А. И. Ресурсы, запасы, стадийность геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые // Отечественная геология. 2003 / А. И. Кривцов Б. И. Беневольский, Б. К. Михайлов – №2. –С.16–23.
34. Кривцов, А. И. Роль и место месторождений рудноалтайского типа в колчеданном семействе, Большой Алтай — уникальная редкометалльно-золото-полиметаллическая провинция Центральной Азии / А. И. Кривцов, Г. В. Ручкин, В. В. Кузнецов – Усть-Каменогорск, 2011. – С. 20–22.
35. Кривцов, А.И. Система моделей месторождений благородных и цветных металлов // Отечественная геология. 1995 / А. И. Кривцов, М. М.Константинов, В. В. Кузнецов – № 3. – С. 11–31.
36. Кудрявцева, Н. Г. Геодинамические обстановки формирования колчеданно-полиметаллического оруденения Рудного Алтая и Салаира // Сборник тезисов докладов VII Научно-практической конференции. 13-14 апреля 2017 г. / Кудрявцева Н. Г. – Москва ФГУП ЦНИГРИ. – С. 32–33.
37. Кудрявцева, Н. Г. Околорудные метасоматиты и методы их изучения / Система геологических наблюдений при прогнозе и поисках месторождений колчеданных руд / Под ред. Б.Б.Бородавской, Д.И.Горжевского, Г.В.Ручкина / Н. Г. Кудрявцева, И. В. Крейтер, М. И. Вахрушев – М.: ЦНИГРИ. 1992. –С. 118–124.
38. Кузнецов, В. В. Геолого-генетические основы прогноза и поисков колчеданно-полиметаллических месторождений рудноалтайского типа / В. В. Кузнецов, Н. Г. Кудрявцева, А. Л. Галямов, Т. В. Серавина // Отечественная геология. 2014. – №2. – С. 30–38.
39. Кузнецов, В. В. Геолого-поисковые модели для целей прогнозирования месторождений рудноалтайского типа / В. В. Кузнецов, А. Е. Александрова // Руды и металлы. – 2011. –№ 3 – 4. – С. 104–105.
40. Кузнецов, В. В. Литолого-фациальный анализ рудоносных вулканогенно-осадочных отложений в целях прогноза и поиска месторождений рудноалтайского типа / В. В. Кузнецов // Руды и металлы. - 2011 –№3–4. –С. 105–116.
41. Куно, Х. Латеральные вариации базальтовой магмы вкрест окраин континентов и островных дуг. // В кн. Окраины континентов и островные дуги / Х. Куно – Наука о Земле – М.: Мир. 1970. –С. 249–262.
42. Лапухов, А. С. Зональность колчеданно-полиметаллических месторождений / А. С. Лапухов – Новосибирск: Наука. – 1975. – 264 с.
43. Лапухов, А. С. Зональность колчеданно-полиметаллических месторождений / А. С. Лапухов – Тр.ИГГ АН СССР. – Вып. 247. – 1975. – 350 с.

44. Лапухов, А. С. Изотопные исследования процессов рудообразования / А. С. Лапухов, Е. Ф. Доильницын и др. – Новосибирск: Наука. – 1991. – С. 41–56.
45. Масленников, В. В. Литогенез и колчеданообразование / В. В. Масленников – Миасс: ИМин УрО РАН. – 2006. – 384 с.
46. Металлогенический кодекс России – М: Геокарт-ГЕОС. – 2012. – 126 с.
47. Миляев, С. А. Ионно-сорбционный метод литохимических поисков скрытых полиметаллических месторождений: общие принципы, опыт применения / С. А. Миляев, С. Г. Кряжев, Ю. В. Виленкина // Руды и металлы. 2017. –№2. –С. 60–68.
48. Миляев, С. А. Поиски полиметаллических месторождений в сложных ландшафтно-геологических обстановках по наложенным ореолам рассеяния / С. А. Миляев, С. Г. Кряжев, Ю. В. Виленкина // Разведка и охрана недр. – 2019. – № 1. – С. 39–45.
49. Миляев, С. А. Сорбционные ореолы рассеяния скрытых колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая и их поисковое значение / С. А. Миляев, В. В. Кузнецов, В. Б. Чекваидзе, Ю. В. Виленкина // Отечественная геология. – 2015. – № 2. – С. 12–18.
50. Омеляненко, Б. И. Околорудные гидротермальные изменения пород / Б. И. Омеляненко – М.: Недра, – 1978. – 216 с.
51. Розенфарб И.А.Геологическая интерпретация геофизических полей Салаира и закономерности размещения полиметаллического оруденения / И. А. Розенфарб. – дисс... к. г.-м. н. – 1971. ОФ АО «СНИИГГиМС».
52. Серавина, Т. В. Особенности и условия накопления вулканогенно-осадочных отложений нижнего кембрия (Салаирский кряж) / Т. В. Серавина, А. В. Инякин, В. В. Кузнецов, О. В. Мурзин, М. Р. Зяятдинов, А. А. Конкина, Н. Г. Кудрявцева // Отечественная геология, 2017. №2. С.22-30.
53. Серавина, Т. В. Условия локализации золото-серебро-полиметаллического оруденения Березовогорского рудного поля (Рудный Алтай) / Т. В. Серавина – дисс. к. г.-м. н. –М. –2016. – 129 с.
54. Сурков, В. С. Тектоника и глубинное строение Алтае-Саянской складчатой области / В. С. Сурков, О. Г. Жеро, Д. Ф. Уманцев и др. – М.: Недра. – 1973. – 144 с.
55. Токарев В.Н. Геологическое строение и полезные ископаемые Южного Присалаирья // ГГП «ЗапСибгеология». –Новокузнецк. – 1993.
56. Токарев, Д. А. Археоциаты и биостратиграфия нижнего кембрия Кузнецкого Алатау и Батеневского кряжа (западная часть Алтае-Саянской складчатой области) / Д. А. Токарев – автореферат дисс. к. г.-м. н. –Новосибирск. – 2015. – 25 с.
57. Усов, М. А. Проблема рудного Салаира / М. А.Усов – Вестн. Зап.-Сиб. ГРТ. – 1933. – Вып. 4.
58. Чекваидзе, В. Б. Околорудные метасоматиты колчеданно-полиметаллических месторождений и их поисковое значение / В. Б. Чекваидзе – М.: Недра. – 1981. – 240 с.
59. Щербаков, Ю. Г. Полихронность и геохимические особенности Салаирского рудного поля. // Региональная геохронология Сибири и Дальнего Востока / Ю. Г. Щербаков, Н. В. Рослякова, Ю. Н. Лебедев, Е. Ф. Доильницын – Новосибирск: Наука, 1987. – С. 82–98.
60. Bishop, J. R. Geophysical properties of zinc-bearing minerals: Australian Journal of Earth Sciences / J. R. Bishop, D. W. Emerson – V. 46. – 1999 – P. 311–328.

61. Cox, D. P. Descriptive model of Besshi massive sulfide, in Cox D.P. and Singer D.A., eds. Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693 / D. P. Cox – 1986. – P.136–138.
62. Taylor, C. D. Volcanic-associated massive sulfide deposits, in du Bray E.A., ed. Preliminary compilation of descriptive geoenvironmental mineral deposit models: / C. D. Taylor, R. A. Zierenberg, R. J. Goldfarb, J. E. Kilburn, R. R. Seal, II and M. D. Kleinkopf – U.S. Geological Survey Open-File Report 95-851. – 1995, P. 137–144.

Фондовая

63. Геологическое строение и полезные ископаемые листов N-45-64-B, Г, N-45-76-A, Б, В (Центральный Салаир): Отчет Аламбайского отряда Салаирской партии о результатах геологического доизучения масштаба 1:50 000 территории листов N-45-64-B, Г, N-45-76-A, Б и геологической съемки листа N-45-76-B, проведенных в 1985–94 гг. Алтайский филиал ФБУ ТФГИ по СФО. Отчет / Е. М. Ярославцева, В. С. Васильев, А. Г. Покроев. –Барнаул. –1996.. – № 44
64. Геологическое строение и полезные ископаемые площади листа N-44-60-B и N-44-72-A: Отчет / П. И. Борзенко и др. – Новосибирская геолого-поисковая экспедиция. – 1969.
65. Геологическое строение и полезные ископаемые северо-восточной части Салаира: Отчет Салаирской партии по геологическому доизучению масштаба 1:50 000 на территории листов N-45-51-A, -Б, -Г; N-45-52-B, -Г; N-45-64-Б с целью выявления участков, перспективных на полиметаллы и золото, проведенных в 1978–85 гг.). Кемеровский филиал ФБУ ТФГИ по СФО. Отчет / Е. М. Ярославцева, В. С. Васильев. –Новокузнецк. –1985. – № 19956
66. Геологическое строение и полезные ископаемые территории листа N-45-XIV: Отчет Салаирской партии к изданию Государственной геологической карты масштаба 1:200 000. Кемеровский филиал ФГУ ТФИ по Сибирскому федеральному округу. Отчет / В. Н. Токарев –Новокузнецк. – 2004.
67. Геологическое строение и полезные ископаемые Южного Присалаирья: Отчет Кузбасской партии о результатах геологического доизучения и геологической съемки м-ба 1:50000, проведенных в 1986–1992 гг. Листы N-45-100-Б, -Г, 113-A. Отчет / В.Н. Токарев. –Новокузнецк. – 1992.
68. Геологическое строение северо-восточной части Салаира (Отчет Пестеревской партии по работам 1964–1969 гг.): Отчет / В. В. Бессоненко, Е. Ф. Степанов – Новокузнецк. – 1969. Кемеровский филиал ФБУ ТФГИ по СФО. – № 15680.
69. Легенда Алтае-Саянской серии листов государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:1 000 000 (третье поколение) // Объяснительная записка. Кемеровский филиал ФГУ ТФИ по Сибирскому федеральному округу / Г. А. Бабин, Л. Л. Зейферт, А. Ф. Щигрев и др. – Новокузнецк. – 2006.
70. Отчет «Геологическое доизучение площади листа N-44-XVIII масштаба 1:200 000 (Черепановская площадь)» по госконтракту № 4ф-04 от 12.11.2004 г.: Отчет / А. Д. Котельников – Томск: Томский государственный университет. – 2007. ФБУ ТФГИ по СФО. – № 10361.

71. Отчет «Поисковые работы с оценкой перспектив колчеданно-полиметаллического с золотом оруденения основных рудных районов и узлов Салаирской металлогенической зоны» Отчет / О.В. Мурзин и др. – Новосибирск. – 2017.
72. Отчет о научно-исследовательской работе «Комплексная геолого-экономическая оценка твердых полезных ископаемых Салаира (золото, хромиты, марганцевые, полиметаллические руды и др.)» Тема 04-05 Б.1.4/200, 300, 500(12) 04.01.02,03,04/914 (заключительный) / Отчет Р. Г. Матухин, Э. Г. Кассандров – Новосибирск. –2000. ФБУ ТФГИ по СФО. – № 9973.
73. Отчет о проведении геологического доизучения территории листов N-45-VII и N-45- XIII в масштабе 1:200 000 (ГДП-200): Отчет / Беляев В.И. – Новосибирск. – 2002. ФБУ ТФГИ по СФО, №10036
74. Отчет по детальным поискам золото-полиметаллических руд на глубоких горизонтах Салаирского рудного поля за 1983-1992 гг.: Отчет / Н. Ф. Агеенко, Н. Г. Исыпов. – Государственное геологическое предприятие «Запсибгеология», Салаирская геолого-поисковая партия, Новокузнецк, 1992 г.
75. Отчет Салаирской партии по детальным поискам золото-медно-полиметаллических руд на перспективных участках Каменушинского рудного поля за 1978-1982 гг. // Западно-Сибирское производственное геологическое объединение, Западно-Сибирская геологическая экспедиция, Салаирская геолого-поисковая партия / Ю. Г. Ярославцев. –Новокузнецк, 1982.