

ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(СПбГУ)

Институт наук о Земле  
Кафедра геологии месторождений полезных ископаемых

Решетников Павел Александрович

Геолого-геохимические критерии локализации  
золото-серебряной минерализации Приморского месторождения Магаданской  
области

Выпускная квалификационная работа бакалавра  
по направлению 05.04.01 «Геология»

Научный руководитель: к.г.-  
м.н. И. А. Алексеев

\_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2019

Заведующий кафедрой: к.г.-  
м.н. И. А. Алексеев

\_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2019

Санкт-Петербург

2019

## Оглавление

Введение .....	3
1. Общие сведения об объекте исследования .....	8
1.1 Географо-экономическая характеристика района работ. История изучения и освоения.....	8
1.2 Геологическое строение района месторождения Приморское.....	11
1.2.1 Стратиграфия и интрузивные комплексы.....	11
1.2.2 Тектоника.....	14
1.2.3 Металлогения .....	18
1.3 Геологического строения участка Спиридоныч .....	20
1.3.1 Стратиграфия и интрузивные комплексы.....	20
1.3.2 Тектонические особенности.....	23
1.3.3 Металлогения .....	24
2. Петрографические особенности пород участка.....	26
2.1 Горные породы, слагающие участок.....	26
2.2 Характеристика породообразующих минералов .....	31
2.3 Гидротермально-метасоматические образования.....	34
3. Рудная минерализация .....	42
4. Математический анализ геохимических данных.....	51
4.1 Описательная статистика и корреляционный анализ.....	51
4.2 Факторный анализ.....	54
4.3 Построение карт распределений химических элементов.....	59
4.3.1 Золото, серебро и элементы-спутники (мышьяк и молибден) .....	59
4.3.2 «Основные оксиды» (Al, Ca,Co,Cr,Fe,Mg, Mn, Ni, P, Sc, Sr, Ti, V).....	67
4.3.3 «Полиметаллы» (Cd, Pb, Zn) .....	68
4.3.4 Другие элементы (B, Ba, Be, Bi, Cu, Ga, Hg, K, La, Na, S, Sb, Th, Tl, U, W).....	69
Обсуждение результатов.....	74
Заключение.....	78
Список литературы и Интернет-ресурсов.....	79
Приложение 1. Корреляционная матрица логарифмированных содержаний элементов по всему массиву данных .....	80
Приложение 2. Карты геохимических аномалий и «знаков» элементов (В порядке рассмотрения элементов в работе)	81

## **Введение.**

Сложившаяся в настоящее время конъюнктура спроса на благородные металлы делает поиски, оценку, разведку и доизучение золото- и сереборудных месторождений приоритетной задачей на ближайшее время. Цены на эти металлы растут, и, хотя по миру спрос на розничное золото падает, Китай и Индия активно его импортируют, давая возможность увеличения экспорта именно российского золота геополитическим соседям. Многие другие страны также наращивают золотые запасы с целью стабилизировать свои экономики, подстраховаться на случай экономических кризисов. Добыча благородных металлов сокращается из-за полной отработки ряда богатых месторождений, в последние годы рентабельными становятся объекты, которые раньше не воспринимались как месторождения из-за низких содержаний золота и серебра или сложности добычи. В связи с этим любые новые данные о месторождениях и критериях поисков руд благородных металлов ценятся «на вес золота».

Добыча золота и серебра – одна из основополагающих отраслей промышленности России, и Магаданская область среди лидеров по добыче благородных металлов в нашей стране. Приморское золото-серебряное месторождение, с учетом имеющейся геологической информации и значительного прогнозного потенциала, является наиболее перспективным объектом региона, требующим дальнейшего целенаправленного проведения геологоразведочных работ. Месторождение состоит из трёх рудных участков, выявленных ещё в 1970-е годы. Однако к настоящему времени руды только одного из них («Тёплый») подсчитаны и поставлены на баланс. Для увеличения запасов месторождения необходимо оценить перспективность двух слабоизученных рудных участков («Холодный» и «Спиридоныч») и прилегающих площадей.

**Цель работы:** создание описательной геолого-поисковой модели золото-серебрянооруденения на участке «Спиридоныч» на основе ряда разрабатываемых геолого-геохимических критериев локализации оруденения.

**Основные задачи** сводятся к следующему:

- уточнение геологического строения участка Спиридоныч

- характеристика гидротермально-метасоматических образований и рудной минерализации;
- выявление закономерностей в распределении химических элементов в горных породах на участке;
- выделение группы критериев (геологических, геохимических и других) локализации золото-серебряного оруденения
- выявление наиболее перспективных участков для постановки детальных работ.



**Актуальность работы** заключается в том, что создание геолого-поисковой модели оруденения позволит оценить перспективность самого участка Спиридоныч и даст возможность выявлять новые рудопроявления в схожих геологических обстановках в данном металлогеническом районе.

**Фактический материал:**

Наименование	Количество
Шлифы из образцов коренных пород	33
Аншлифы из образцов коренных пород	5
Химические анализы сколковых проб	6381

**Методика работ.**

Работы выполнялись в два этапа: полевой и камеральный. Летом 2017 года с участием автора производилось геохимическое опробование первичных ореолов рассеяния (ПОР) и отбор образцов коренных пород (Рис.4) на месторождении Приморское, в основном на участке Спиридоныч.

На камеральном этапе был произведен сбор литературных данных по исследуемой площади, составлены базы данных, карты фактического материала, подготовлены выборки для дальнейшей статистической обработки. Отобранные пробы ПОР были отправлены в лабораторию, издроблены, истерты и затем были проведены химические анализы содержаний золота на атомно-абсорбционном спектрометре "Квант-2А" в г.Магадан, а содержаний остальных элементов на атомно-эмиссионном спектрометре Varian 735-ES в г.Чита, составлена база данных содержаний химических элементов.

В дальнейшем проводилась статистическая обработка данных в программах Excel-2010, Statistica 8.0 и построение карт геохимических аномалий в программе ESRI ArcMap 10.2. в компьютерных классах ИНоЗ СПбГУ.

Кроме этого из образцов коренных пород были изготовлены шлифы и аншлифы. петрографическое описание горных пород и гидротермально-

метасоматических образований по шлифам, описание рудной минерализации по аншлифам, фотографирование шлифов и аншлифов с помощью поляризационного микроскопа LEICADFC295 (объективы x4 и x10) и программы XnView for Windows на кафедре ГМП ИИИ СПбГУ. Микронзондовое исследование преимущественно рудной минерализации в ресурсном центре «Геомодель» СПбГУ

## **Благодарности**

Автор выражает благодарность научному руководителю данной работы и директору ООО «Открытая геология» Алексею Ивану Александровичу за возможность побывать на объекте исследования, за предоставление материала, помощь с определением темы работы. Автор также благодарен аспиранту кафедры ГМПИ Путилову Павлу Львовичу за постоянную помощь и контроль проведения работы от этапа сбора каменного материала до формирования данного текста, а также старшему преподавателю кафедры ГМПИ Корнееву Сергею Ивановичу за советы при проведении статистической обработки данных. Автор благодарен всему коллективу Восточной партии ООО «Открытая геология» 2017 года за помощь при сборе каменного материала и в особенности Алексею Дмитриевичу Кулеву-Негруца за выдвижение самой идеи написания данной работы и предоставление информации об объекте и массива геохимических данных.

## 1. Общие сведения об объекте исследования

### 1.1 Географо-экономическая характеристика района работ. История изучения и освоения.

Приморское золото-серебряное месторождение расположено на юге Омсукчанского района Магаданской области (Рис.1) в верховьях реки Калалаги в 22 км выше ее устья. Его площадь около 60 км<sup>2</sup>. [2][10]



Рис. 1: Географическое положение месторождения Приморское (карта построена в сервисе GoogleПланета Земля)

Месторождение находится в юго-восточных отрогах Туманского хребта Охотско-Колымского водораздела. Климат района морской. Среднегодовая температура -11°C. Снежный покров устанавливается в первой половине октября и сходит в конце июня – начале июля, максимальная оттайка грунта отмечается в августе и составляет 1,0-1,5 м. Месторождение находится в зоне горной тундры. В

летний период из-за наличия нерестовых рек здесь большое скопление медведей. Преобладающий тип рельефа в районе работ – расчлененное низкогорье, с абсолютными отметками до 1095,8 м. Характерны горно-ледниковые формы рельефа. Склоны северной экспозиции, как правило, крутые, изрезаны многочисленными эрозионными рытвинами. Склоны южной экспозиции более пологие, перекрыты чехлом делювиально-пролювиальных отложений, мощностью до 4-6 м, часто задернованы. Обнаженность района средняя, проходимость плохая.[2][9] Основным водотоком является река Калалага, впадающая в залив Шелехова Охотского моря.

Экономически территория вблизи месторождения не освоена. Источники электроэнергии, строительные материалы, квалифицированные трудовые ресурсы - отсутствуют. Постоянных дорог к месторождению нет, ближайшим населенным пунктом к месторождению является п. Меренга - 109 км по временным грунтовым дорогам. Доставка грузов на месторождение возможна морским транспортом из г. Магадана. Расстояние от г. Магадана до устья р.Калалага, где возможна рейдовая разгрузка – 620 км. От месторождения до моря транспортировка грузов возможна автомобильным транспортом в летнее время по долине р.Калалага. Расстояние составляет 22-25 км. Сезон морских перевозок июнь-середина октября. [2][8] Кроме того вблизи месторождения обустроена временная вертолётная площадка, способная принимать Ми-8.

В Омсукчанском районе развита горнодобывающая промышленность. Проводилась добыча угля (месторождение Галимое) для местных нужд. Дочерние предприятия ОАО «Полиметалл» ведут добычу серебра и золота из месторождений Дукат, Лунное, Арылах. Руды месторождений перерабатываются на Омсукчанской ЗИФ (золотоизвлекательная фабрика) и ЗИФ на месторождении Лунное. В поселке Омсукчан имеется электростанция, круглогодично функционирует взлетно-посадочная полоса для приема самолетов АН-2, АН-28 и вертолетов. Район связан с Колымской ГЭС ЛЭП-110 кВт.

Геолого-рекогносцировочными исследованиями 1937-1943 годов было установлено двухъярусное строение района, широкое развитие гранитоидных

интрузий, выявлены «знаковые» содержания касситерита и золота. В 1958 г. А.Д. Силинским составлена Государственная геологическая карта масштаба 1:200 000 на лист Р-56-ХІХ, а в 1960 г. – на лист Р-56-ХХV. Планомерное комплексное изучение этой территории было начато в 1975 году. Был выявлен ряд аномальных участков, объединенных в Калалагинский аномальный геохимический узел. При детализации геохимических аномалий были выявлены жилы и жильные зоны, несущие золотосеребряную минерализацию. По результатам проведенных исследований было выделено месторождение Приморское, состоящее из участков «Теплый», «Спиридоныч» и «Холодный».[2]

С 1980 года на площади месторождения были начаты поисковые, а позже и поисково-оценочные работы. Для ряда рудных зон рудного участка Тёплый в 1987 были подсчитаны запасы категории С2, для участков в целом – ресурсы Р1 и Р2, была дана высокая прогнозная оценка. Но дальнейшие работы были свёрнуты в пользу месторождения Арылах. Современный этап изучения месторождения начался в 2008 году, когда геологоразведочные работы на участке Теплый были возобновлены ООО «Золото-ДВ».[2] Лицензию на право пользования недрами месторождения в статусе горного отвода с целью геологического изучения, разведки и добычи коренного золота и серебра в настоящий момент имеет Общество с ограниченной ответственностью «Приморское», согласно лицензии МАГ04790БР.

## **1.2 Геологическое строение района месторождения Приморское.**

### **1.2.1 Стратиграфия и интрузивные комплексы.**

В регионально-структурном плане территория месторождения расположена на сочленении Омсукчанской (Балыгычано-Сугойской) тектономагматической зоны с Приохотской вулканической зоной Охотско-Чукотского вулканогенного пояса, развивавшихся на складчатых структурах Сугойского окраинного прогиба. Район характеризуется двухъярусным строением.

Нижний структурно-формационный этаж сложен терригенными флишоидными и молассоидными толщами раннеюрского-раннемелового возраста. Складчатые сооружения нижнего этажа принадлежат Сугойскому прогибу, представляющему собой опущенный край Омолонского срединного массива. На дневную поверхность на территории участка Спиридоныч нижний структурно-формационный этаж не выходит. [2]

Верхний этаж образован верхнемеловыми наземными вулканитами, вмещающими многочисленные интрузии, субвулканические и жерловые тела, дайковый комплекс. Вулкано-плутонические ассоциации участвуют в строении крупных кольцевых интрузивно-вулканических структур, осложненных вулканоструктурами более высоких порядков (вулканическими просадками и кальдерами, вулкано-купольными поднятиями, вулканическими грабенами). Отдельные интрузивно-вулканические кольцевые структуры группируются в линейные системы субмеридиональной ориентировки (Туманно-Балыгычанская, Аликско-Тикская). Эффузивные фации объединяют лавовые и пирокластические потоки и синхронные им вулканогенно-осадочные продукты. Залегание отдельных покровов и потоков обычно горизонтальное или слабонаклонное с углами падения до  $30^\circ$ , обусловленное первичным наклоном слоев и синвулканическими тектоническими явлениями. Покровные вулканиты по вещественному составу разделены на четыре толщи – андезибазальтовую, дацитовую, андезитовую и липаритовую, породы толщ залегают друг на друге без значительных несогласий. [2] Породы всех толщ в той или иной степени пёстро окрашены в зеленые, голубые, вишневые, лиловые тона, часто имеют пятнистую

окраску и подвержены процессам пропилитизации, реже окварцевания и калишпатизации, с новообразованиями хлорита, кварца, карбонатов, эпидота, цеолитов, серицита, гидрослюд, монтмориллонита, лимонита, альбита и калишпата, нередко слагающих до 30% и больше объема пород. Разнообразные по составу верхнемеловые интрузивные образования, субвулканические и жерловые образования рассматриваются как возрастные аналоги покровов, имеющих с ними тождественный состав и постепенные переходы. Они фиксируют крупные разрывные нарушения (приурочены к краевым частям грабен и наиболее часто к пересечению их крупными северо-восточными разломами), определяют границы и строение вулканоструктур. Особенно большое их количество связано с липаритовой толщей, прежде всего из-за наиболее широкого распространения на современной поверхности именно этой толщи. Формы интрузивных тел отличаются многообразием, от штокообразных, линзовидных, дайкоподобных до тел сложной конфигурации с многочисленными апофизами. Полнокристаллические породы от габбро до гранитов слагают крупные полигенные массивы (Аликский, Тикский, Калалагинский, Вилигинский) и ряд мелких штокообразных тел, которые являются, вероятно, куполообразными выступами или сателлитами нескрытых эрозией крупных массивов. «Свиты» или серии разнообразных по составу дайковых образований размещаются как в самих массивах, так и в их ближайших экзоконтактах. Дайки, в основном, приурочены к прямолинейным северо-восточным структурам, в меньшей степени они проявлены трассируя дуговые и кольцевые разломы. Углы падения их преимущественно крутые, от  $70^\circ$  до субвертикальных. [6]

Андезибазальтовая толща ( $K_{2ab}$ ) сложена преимущественно вулканитами среднего и основного состава и слагает, в частности, основание Калалагинской депрессии. Вулканиты представлены различными туфами, покровами лав, прослоями туфопесчаников и туфоконгломератов. Мощность андезибазальтовой толщи в пределах района варьирует от 300 до 720 м, мощность прослоев не превышает 20-30 м.

Дацитовая толща ( $K_{2dt}$ ) представлена преимущественно витро-



кристаллокластическими игнимбритами дацитов с прослоями туфов андезитов, игнимбритов риолитов, туфопесчаников, туфоконгломератов, алевролитов. Максимальная видимая мощность толщи – 750 м, мощности отдельных прослоев достигают 20-30 м.

Андезитовая толща ( $K_2an$ ) представлена андезитами и их туфами и сопутствующим им вулканогенно-осадочными породами. Максимальная видимая мощность андезитовой толщи составляет 700 м.

Липаритовая толща ( $K_2lp$ ) сложена вулканитами кислого состава с преобладанием пирокластических разностей, таких как игнимбриты риолитов. Кроме них присутствуют дацитовые и андезитовые разности. Толща подразделяется на ряд пачек. Суммарная мощность толщи достигает 970 м. Толща распространена в центральной части района и слагает, в частности, Калалагинскую депрессию. В районе контакта пород липаритовой толщи с гранитами развиты ореолы ороговикования шириной до 500 м. Липаритовая толща является наиболее продуктивной в отношении концентрации жильных образований, значительная часть которых характеризуется промышленными концентрациями золота и серебра.[2]

### 1.2.2 Тектоника.

Тектонические структуры во многом определяют положение и строение Приморского месторождения. Рудная зона представлена серией жил и зон прожилкования северо-западного простирания, где рудные участки отделены друг от друга разломами северо-восточного простирания, по которым отмечается правостороннее смещение. Вытянутость рудного поля Приморского месторождения в северо-западном направлении является отражением северо-западной рудоконтролирующей структуры – Центральной ветви Омсукчанского глубинного разлома.

На региональном уровне залегание пород верхнего структурного этажа практически не нарушено, но локально условия залегания резко изменчивы и породы разбиты многочисленными разломами различных конфигураций, что характерно для вулcano-плутонических поясов и связано с такими сопровождающими вулканизм явлениями, как, например, проседание и обрушение блоков при разгрузке магматических камер.

Территория месторождения Приморское тектонически охватывает Калалагинскую вулcano-тектоническую депрессию и её ближайшие окрестности. Депрессия имеет центральное ядро (внутренняя просадка диаметром около 7 км) и интрузивное обрамление: на востоке – Калалагинский массив, на западе – цепь небольших субвулканических тел. Форма депрессии овальная с размерами 17x20 км. Длинная ось структуры ориентирована в северо-восточном (20-30°) направлении. На востоке и северо-востоке депрессия накладывается на западный сектор Тикской кальдеры. В плане Тикская кальдера имеет изометричную форму с диаметром 35-40 км и интрузивным ядром, образованном гранитоидами Тикского массива. Калалагинская просадка рассматривается как одна из цепочки, сформировавшихся в периферической зоне Тикской кальдеры на участке пересечения её с Неоколчан-Калалагинским вулканическим грабеном субмеридионального и северо-западного простирания.[6][7]

В тектоническом устройстве территории большую роль играют разрывные нарушения. Наиболее широко представлена система разломов северо-восточного

направления, заложение которой проходило, предположительно, в палеозое, а в более позднее время их активизация привела к возникновению Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. С разломами субмеридионального и северо-западного простирания связано возникновение побочных ветвей трога, развивавшегося на опущенном краю Омолонского срединного массива, и образование в период тектоно-магматической активизации протяженных линейных зон риолит-гранитных вулканоплутонических ассоциаций. Разломы указанных простираний также контролируют размещение наиболее молодых вулканических накоплений, зачастую они служат ограничениями вулканотектонических структур.

Наряду с вышеописанными системами разрывных нарушений широко представлены кольцевые, дуговые и полигональные разломы, возникшие на стадии тектоно-магматической активизации в связи с движением в верхние горизонты магматического вещества и поздним проседанием вулканических построек. На территории месторождения разрывы северо-восточного направления – Граничный, Перевальный, Кривой, Скрытый, являются радиальными к Тикской кальдере и разделяют площадь месторождения на блоки (Рис.2,3) с различным типом продуктивной минерализации. В частности в Водораздельном блоке (участок Спиридоныч), ограниченном разломами Граничным и Перевальным, состав прожилково-жильных тел карбонат-кварцевый.[6][7]

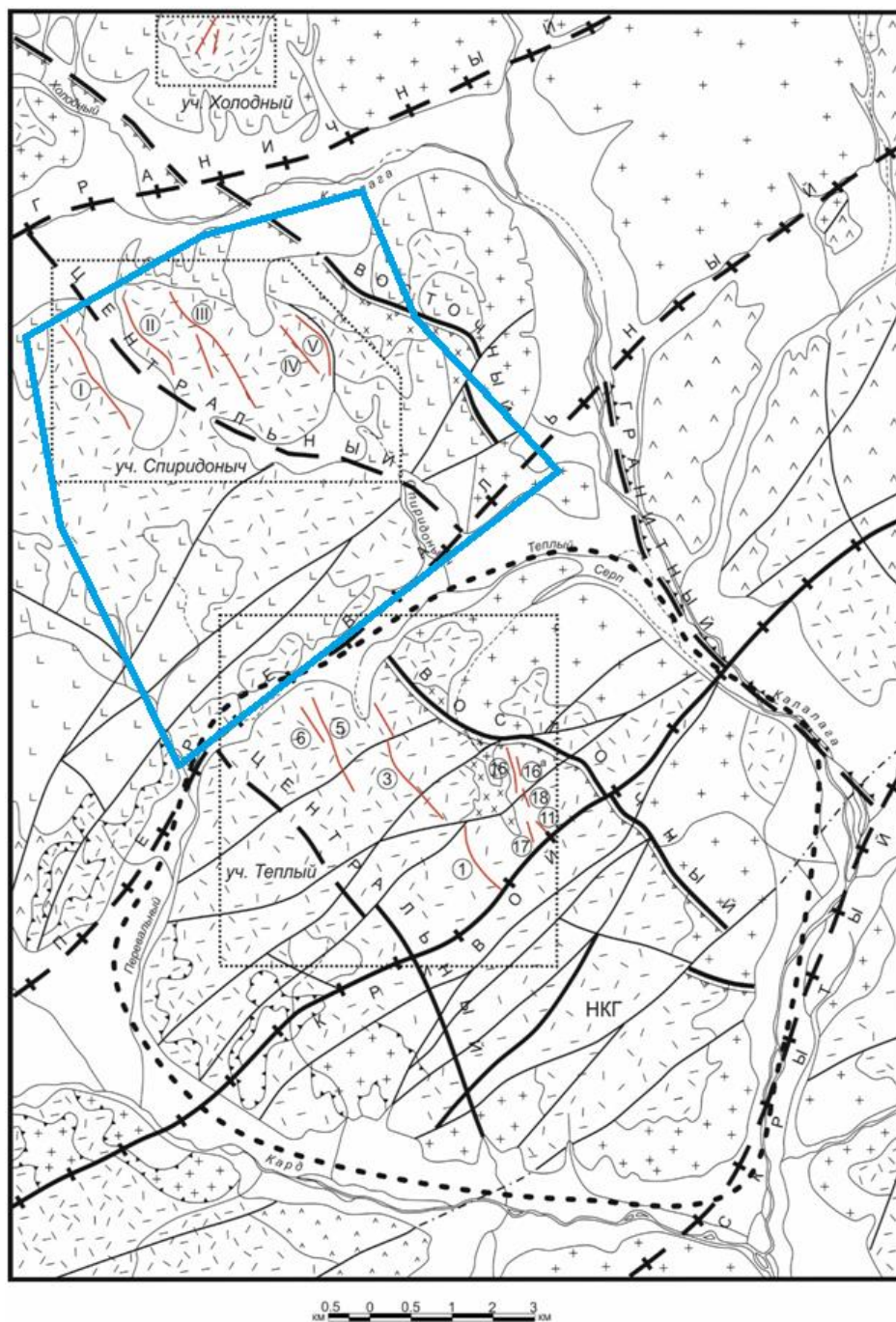
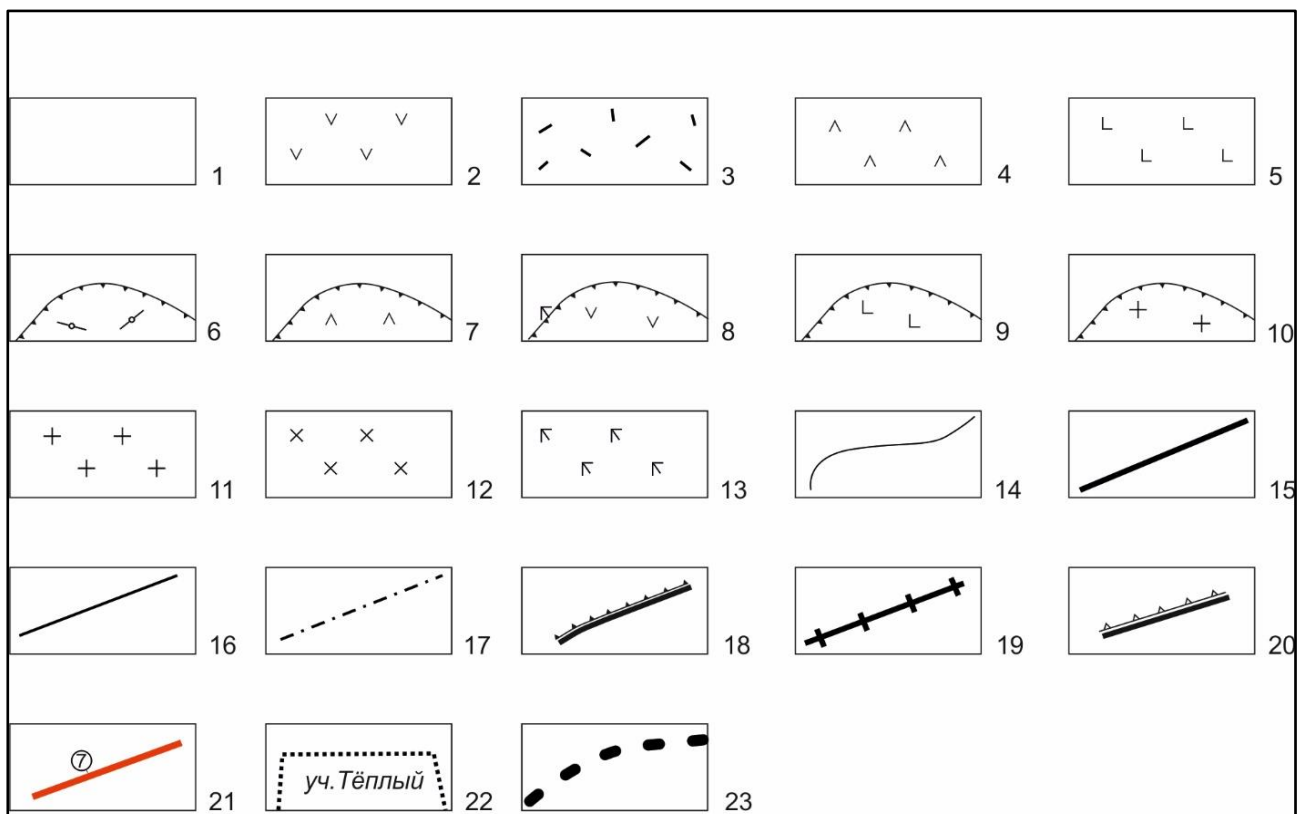


Рис. 2: Структурная карта центральной части месторождения Приморское с выделенным контуром участка пробоотбора по ПОР



1- четвертичные отложения; 2- андезитовая толща; 3- липаритовая толща; 4- дацитовая толща; 5- андезито-базальтовая толща. Вулканические тела: 6- риолитов; 7-дацитов; 8- андезитов; 9- базальтов; 10- гранит-порфиоров. Интрузии: 11- гранитов; 12- диоритов; 13- монзонитов; 14- геологические границы; Разрывные нарушения и их названия: 15- главные; 16- второстепенные; 17- скрытые под четвертичными отложениями; 18- внешний кальдерный разлом Тикской кальдеры; 19- радиальные разломы Тикской кальдеры; 20- краевые сбросы Неколчан- Калалагинского района (НКГ); 21- жильные зоны и жилы, их номера; 22- контуры участков и их названия; 23- контур ядра Калалагинской вулканической структуры;

Рис. 3: Легенда к структурной карте

### 1.2.3 Металлогения

Приморское золотосеребряное месторождение находится в центральной части Калалагинского рудного узла, являющегося частью Приморского рудного района. Месторождение относится к Трансильванско-Карпатскому типу – классические эпитермальное золото-серебро-адуляр-кварцевые месторождения вулканогенных формаций с гидротермальной золото-серебряной минерализацией.[5] Рудная зона вытянута в северо-западном направлении и представлена серией жил и зон прожилкования северо-западного же простирания. По простиранию жильная серия носит прерывистый характер, что предопределило выделение в пределах месторождения трех участков, с юга на север: Теплый, Спиридоныч и Холодный.

Важнейшим металлогеническим фактором для месторождения Приморское является положение территории в узле пересечения субмеридионального Омсукчанского и северо-восточного Прихотского структурных направлений основных разломов, характеризующихся высокой магматической активностью и высокой степенью металлоносности. Омсукчанская тектоно-магматическая зона контролирует положение крупных оловянных и серебряных объектов (главный из которых, без сомнения, месторождение Дукат), Прихотская, недостаточно изученная – многочисленные рудопроявления золота, серебра, свинца, цинка, меди. Эти обстоятельства определяют смешанный металлогенический облик района, где присутствуют рудные объекты касситерит-силикатной, олово-серебро-полиметаллической, золото-серебряной, золото-редкометальной, медно-молибденовой рудных формаций. К металлогеническим факторам второго порядка, влияющим на характер и локализацию рудных образований, относятся структурные, магматические, геоморфологические и геохимические факторы.[1]

Первостепенное значение среди структурных и магматических факторов, занимают протяженные субмеридиональные зоны развития риолит-гранитных вулcano-плутонических ассоциаций. Эти зоны характеризуются широким развитием контактового метаморфизма и метасоматических образований, жильных гидротермальных образований. Оруденение в пределах линейных зон

концентрируется в нескольких узлах (рудных полях), формирование которых связано со структурными ловушками. К последним относятся сочетания депрессионных построек и интрузивных купольных поднятий, слагающих центры крупных интрузивно-вулканических структур или располагающихся на их периферии.[1]

Таким образом имеется ряд предпосылок для поиска оруденения в данном районе (Табл.1).

	Район Приморского месторождения	Собственно Приморское месторождение
Регионально-структурная позиция	Пересечение Прихотской вулканической зоны ОЧВП и Омсукчанского грабена	Калалагинская вулканотектоническая депрессия на пересечении Неколчан-Калалагинского грабена и Тикской кальдеры
Тектоника	Заложенные в палеозое глубинные разломы северо-восточного простирания, активизировавшиеся в середине-конце мелового периода	Структура определяется ветвью Омсукчанского глубинного разлома и радиальными разломами Тикской кальдеры
Стратиграфия	Сеноманские вулканиты, перекрывающие разнообразные палеозойские и мезозойские породы	Сеноманские вулканиты, перекрывающие раннеюрские-раннемеловые флишоиды и молассоиды
Интрузивные комплексы	Многочисленные интрузивные, субвулканические и жерловые синхронные аналоги покровов эффузивных пород	
Типы руд	Многочисленные рудопроявления касситерит-силикатной, олово-серебро-полиметаллической, золото-серебряной, золото-редкометальной, медно-молибденовой рудных формаций	

Табл. 1: Общегеологические критерии и предпосылки рудоносности района

### **1.3 Геологического строения участка Спиридоныч**

#### **1.3.1 Стратиграфия и интрузивные комплексы.**

Разрез вулканогенных образований на участке Спиридоныч представлен андезибазальтовой толщей (K2ab), перекрытой липаритовой толщей (K2lp, занимает около 70 % площади, мощность достигает 500 м) (Рис.4). В состав интрузивного комплекса входят только возрастные аналоги липаритовой толщи - это полнокристаллические породы (от диоритов до гранитов) и ряд довольно крупных тел, сложенных породами эффузивного облика, прорывающих стратифицированные вулканиты. Кроме того, сюда же относятся серии разнообразных по составу дайковых образований, размещающихся как в самих массивах, так и в покровных образованиях.

Субвулканические тела и дайки риолитов ( $\lambda$ K2lp) ориентированы в основном в северо-восточном, северо-западном и в субширотном направлении. Эксплозивные брекчиевые образования участка Спиридоныч слагают линейные тела мощностью до 40-50 м (обычно меньше) и протяженностью первые сотни метров. Тела в основном ориентированы в субширотном, или в северо-западном направлении. На участке также отмечаются дайки диоритов и диорит-порфиритов ( $\delta\pi 1K2$ ). Диориты прорывают все покровные образования и в свою очередь секутся гранитами, на контакте с которыми метаморфизуются. Некоторые дайки имеют сложный состав трахириодацитов - субщелочных лейкогранит-порфиров. Вдоль восточной границы участка в экзоконтакте гранитного массива на дневную поверхность выходит многофазное тело среднего состава (кварцевые диориты, кварцевые монзониты), приуроченное к Восточному сбросу Неколчан-Калалагинского грабена.[2]



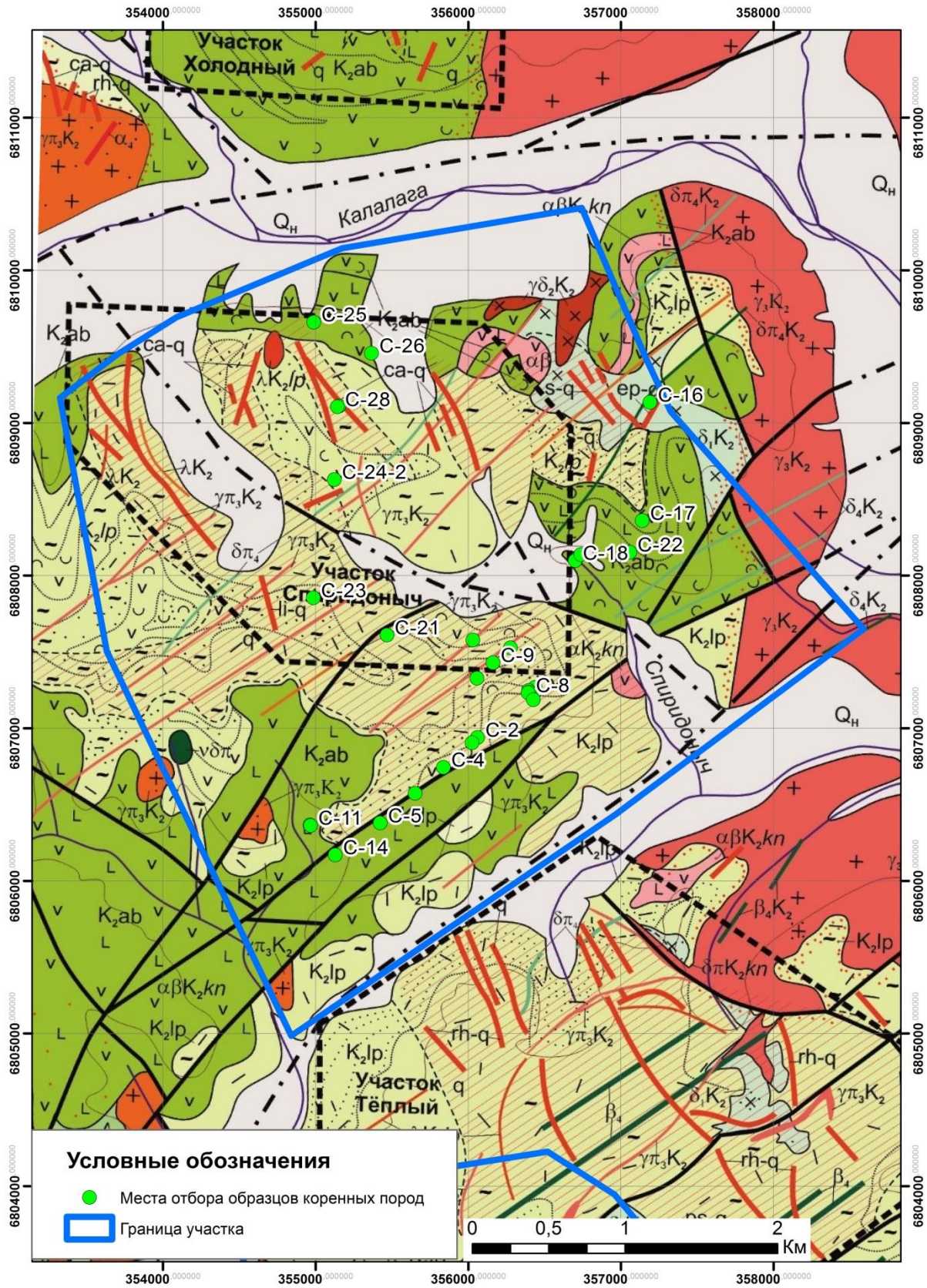


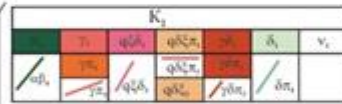
Рис. 4: Геологическая карта участка Спиридоныч и места отбора образцов

## Условные обозначения

Меловая система	Верхний отдел	Q <sub>с</sub>	Современное злецо. Аллювиальные галечники, валуны, гранитники, пески, делювиально-пролювиальные щебнисто-глибовые образования
		K <sub>лр</sub>	Липаритовая толща. Игнимбриты риолитов кристаллокластические псефитовые и псаммитовые. Прослой и линзы туфов андезитов, игнимбритов дацитов, туфопесчаников
		K <sub>аб</sub>	Андезибазальтовая толща. Туфы андезибазальтов и андезитов, андезиты, андезибазальты. Прослой туфо-конгломератов, туфопесчаников

### Гипабиссальные интрузии

Четвертая фаза. Штоки и дайки: базальтов (β), андезибазальтов (αβ), габбро-диорит-порфиритов (vδλ), габбро-диоритов (vδ), диоритов (δ), диорит-порфиритов (δπ), андезитов (α); Третья фаза. Штоки и дайки: гранитов (γ), гранит-порфиритов (γπ), кварцевых монодиоритов (qδ<sup>к</sup>δ), кварцевых монзонитов (qδ<sup>к</sup>δ<sub>к</sub>); Вторая фаза. Штоки и дайки: гранодиоритов (γδ), гранодиорит-порфиритов (γδπ); Первая фаза. Штоки и дайки: диоритов (δ), диорит-порфиритов (δπ), габбро (v), габбро-диорит-порфиритов (vδλ)



### Субвулканические и жерловые образования

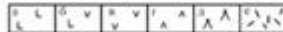
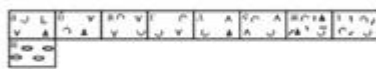
Позднемеловые интрузии	K <sub>лп</sub>	Возрастные аналоги канангизинской толщи. Штоки, дайки, силлы: Андезибазальтов (αβ), габбро-диорит-порфиритов (vδπ), диорит-порфиритов (δπ), базальтов (β), андезитов (α)
	K <sub>лр</sub>	Возрастные аналоги липаритовой толщи. Штоки, дайки, силлы: гранит-порфиритов (γπ), риолитов (λ), дацитов и игнимбритов дацитов (ζ), трахидацитов (τζ)
	αK <sub>ап</sub>	Возрастные аналоги андезитовой толщи. Штоки, некки, силлы андезитов, агломератовых туфов андезитов (α)
	K <sub>лп</sub>	Возрастные аналоги дацитовой толщи. Некки, штоки игнимбритов дацитов и туфов дацитов (ζ), трахидацитов (τζ), андезитов (α)
	K <sub>лб</sub>	Возрастные аналоги андезибазальтовой толщи. Некки, штоки андезибазальтов (αβ)
	q	Контактовые рогики и ороговинкованные породы
q	Метасоматически изменённые породы: окварцованные (q), гидрослюдитированные и окварцованные (hs-q)	
q	Жилы и зоны прожилкования: кварцевого (q), полевошпат-кварцевого (f-q), эпидот-кварцевого (ep-q), карбонат-кварцевого (ca-q), магнетит-кварцевого (mt-q), гематит-кварцевого (hm-q), хлорит-кварцевого (cl-q), сульфидно-кварцевого (s-q), родонит-кварцевого (rh-q)	

Туфы андезибазальтов литокристаллокластические - а; туфы андезитов: литокристаллокластические - б, кристаллокластические - в, агломератовые - г, туфы дацитов: литокристаллокластические - д, кристаллокластические - е, туфы риолитов: литокристаллокластические - ж, кристаллокластические - з. Конгломераты - и

Игнимбриты дацитов: литокристаллокластические - а, кристаллокластические - б, витрокластические - в, игнимбриты риолитов: литокристаллокластические - г, кристаллокластические псаммитовые - д, мелкопсефитовые - е, витрокластические - ж

Базальты - а, андезибазальты - б, андезиты - в, дациты - г, трахидациты - д, риолиты - е

Крупнозернистые диориты - а, мелкозернистые и порфиритовидные диориты - б, диорит-порфириты - в, кварцевые монодиориты - г, кварцевые монзониты - д, кварцевые монзонит-порфириты - е, гранодиориты - ж, граниты - з, гранит-порфириты - и



Границы между разновозрастными образованиями - а, между одновозрастными литологическими и фашиальными подразделениями - б





### **1.3.2 Тектонические особенности**

Рудный участок Спиридоныч находится в относительно небольшом тектоническом блоке Водораздельный, который субширотно ограничен разломами Граничным и Перевальным (радиальные к Тикской кальдере).

Структуру рудного участка Спиридоныч определяют два разлома северо-западного простирания. Это разломы Восточный (трассируется долинами ручьев Спиридоныч и Кар и седловиной на их водоразделе) и Центральный, ограничивающие наиболее опущенную в поперечном профиле ступень Неколчан-Калалагинского грабена. Эти разломы делят участок на три блока: Спиридоныч-Гранитный, Спиридоныч-Восточный, Спиридоныч-Центральный. Наибольший интерес представляют последние два блока. Оба этих разрыва контролируют, по-видимому, положение корневых частей гипабиссально-субвулканических даек, внедрившихся как в их ослабленные зоны, так и в синвулканические трещины, полого (5-20°) падающие на юг и юго-восток. Данные породы неблагоприятны для локализации рудных тел и играют роль структурных экранов.[2]

### 1.3.3 Металлогения

Золото-серебряное оруденение на участке Спиридоныч связано с зонами кварцевого и карбонат-кварцевого прожилкования в игнимбритах риолитов липаритовой толщи. Выделено 6 (1, 1а, 2, 3, 4, 5) зон северо-западного ( $315-350^\circ$ ) простирания, отстоящих друг от друга на расстоянии от 150 до 900 м (суммарная ширина участка около 2,7 км). Протяженность зон от 500 до 2600 м, мощность колеблется от 0,5 до 30 м с раздувами до 60 м. Падение зон преимущественно северо-восточное под углом  $40-80^\circ$ , в отдельных точках бурением прослежены на 100 м на глубину (250 м по падению). В промежутках между основными рудоносными структурами закартировано множество обычно маломощных зон кварцевого, карбонат-кварцевого прожилкования, протягивающихся на сотни метров.

Соотношение между кварцем и карбонатной составляющей рудоносной жильной массы варьируется в широких пределах и составляет от 1/10 до 20/1. Значительное количество карбонатов и отсутствие адуляра в жилах отличает участок Спиридоныч от классических золото-серебро-адуляр-кварцевых объектов. Второстепенные минералы представлены эпидотом, родонитом, родохрозитом, редко встречаются хлорит, биотит, гранаты, полевые шпаты.

Рудная минерализация представлена пиритом, галенитом, аргентитом-акантитом, самородным золотом и серебром, гематитом, магнетитом, марказитом и составляет от сотых долей до 1-3 % жильного выполнения. Самородное серебро довольно широко распространено в жильных образованиях участка Спиридоныч, в виде пластинок, неправильных зерен, чешуек. Аргентит-акантит в жильных телах наблюдается в виде комочков, зерен, тонких пластинок, чешуек. Золото (электрум) наиболее часто отмечается в жилах кварц-карбонатного состава в виде интерстициальных или прожилковидных выделений, отмечается четкая приуроченность золота к карбонатам и сульфидам. С появлением родонита в рудных зонах содержание серебра увеличивается.[2]

Гипергенная минерализация в жильных телах участка Спиридоныч проявлена слабо. Отмечаются замещения родонита – псиломеланом, пирита –

лимонитом, акантита – серебром. Очень редки церуссит и малахит.

Текстуры жил брекчиевые, волнисто-полосчатые, пятнистые, массивные, прожилковые, вкрапленные. Структуры неравномернозернистые. Суммарная оценка прогнозных ресурсов золота и серебра категории Р2 по основным рудным зонам участка Спиридоныч составляет: - золото – 4095 кг, серебро – 442 т. Львиная доля ресурсов (золота – 3354 кг, серебра – 293 т) сосредоточена в рудной зоне 1, расположенной на западном фланге участка, в левом борту Кара и водоразделе Кара, Спиридоныча и Перевального. Остальные рудные зоны, кроме зоны 1а, расположены восточнее.

Таким образом задачей исследования оказывается детализация, уточнение условий локализации, а не обнаружение золото-серебряного оруденения на участке.

## 2. Петрографические особенности пород участка

Для уточнения геологического строения участка необходимо уточнить состав и разнообразие распространённых здесь горных пород. С этой целью проведено петрографическое исследование шлифов горных пород, результаты которого были сопоставлены с существующей геологической картой и дали материал для выводов, касающихся локализации золото-серебряного оруденения.

Были проведены петрографические исследования 33 шлифов с помощью поляризационного микроскопа. 29 шлифов изготовлены из образцов пород с участка Спиридоныч (Рис.4), 3 шлифа – с участка Холодный, 1 шлиф – с участка Тёплый. При изучении шлифов выявлены породы только магматической группы, 32 и 33 шлифов относятся к подгруппе вулканических пород, ещё один шлиф представлен интрузивной породой диоритом. Из вулканитов преобладают базальты (14 шлифов), также есть кислые туфы (10), риолиты (3), дациты (5). Действительно, на участке преобладают вулканические породы, а дочетвертичных немагматических пород нет. Шлифы достаточно адекватно отражают разнообразие горных пород данной территории, однако участок тражён в шлифах неравномерно и за рамками исследования осталось почти всё разнообразие интрузивных пород и жильные образования.

Во всех шлифах горные породы вторично гидротермально-метасоматически изменены, степень изменённости от 5 до 70 %. Вторичные процессы представлены главным образом окварцеванием, карбонатизацией, хлоритизацией, эпидотизацией, серицитизацией.

Используемые на фотографиях сокращения названий минералов: Сб – карбонатные минералы, Chl – хлорит, Ep – эпидот, Kfs – калиевый полевой шпат, Орх – ортопироксен, Pl – плагиоклаз, Qz – кварц, Ser – серицит

### 2.1 Горные породы, слагающие участок

**Базальты** состоят из лейст плагиоклаза (от 40 до 90%) и вулканического стекла, в одном шлифе обнаружены вкрапленники ортопироксена (рис. 6). В базальтах развиты интерсертальная, пилотакситовая и гиалопелитовая, порфирировая (рис. 5) структуры. Некоторые образцы значительно вторично

изменены (до 60 %), но чаще изменения не настолько сильны (от 5 до 15 %). Вторичные минералы представлены преимущественно кварцем, карбонатами, хлоритом, эпидотом. Все эти особенности относятся как к собственно шлифам базальтов, так и к обломкам базальтов в туфах. К базальтам отнесены шлифы под номерами: С2, С3, С4, С5, С6, С7, С8, С10, С11, С14, С15, С17, С18, С20. Обломки базальтов присутствуют в шлифах С24-2, С27, X1.

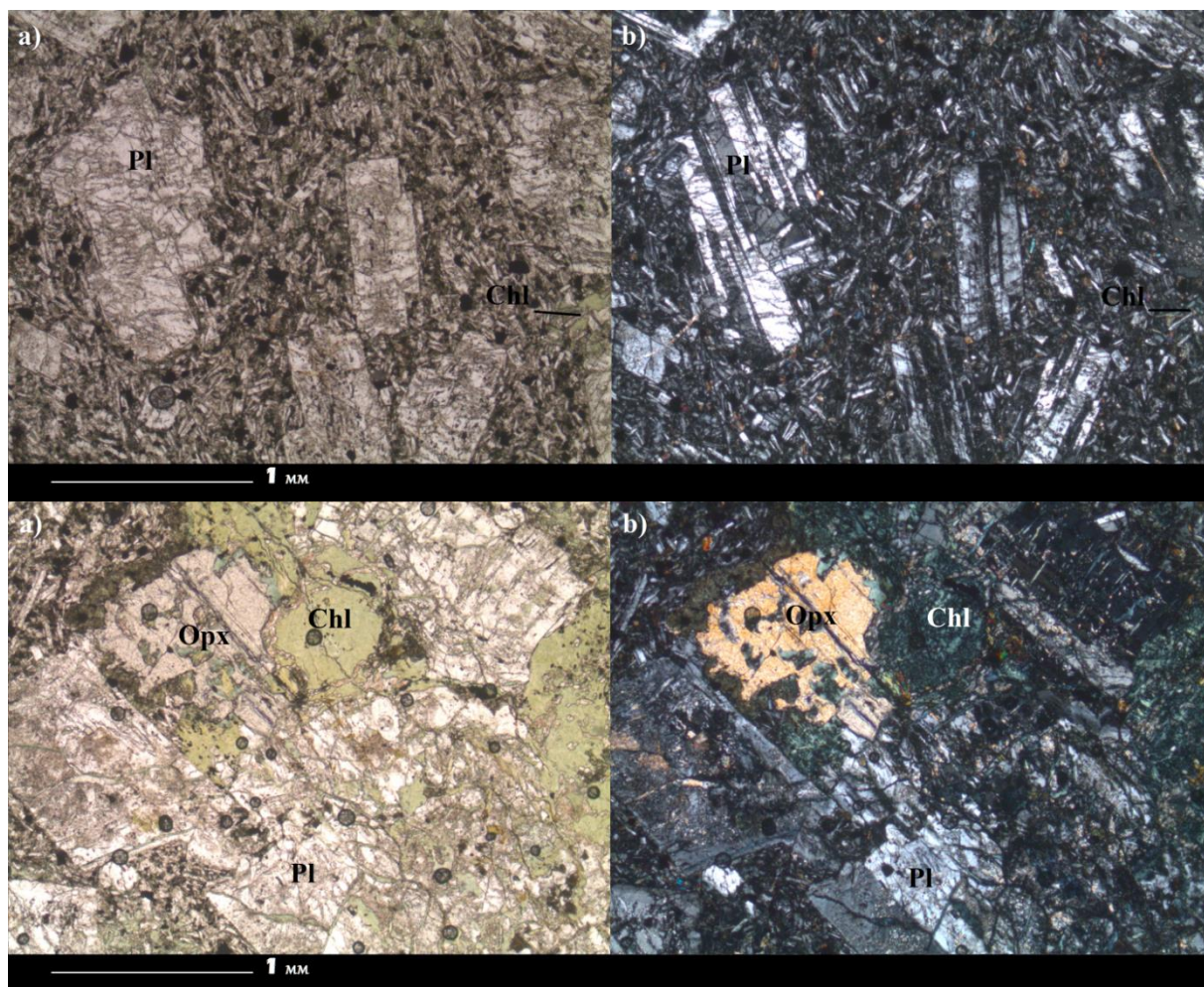


Рис. 5 (сверху): порфировая интерсертальная структура, и Рис.6 (снизу): кристалл ортопироксена в базальте, шлиф С 15 ( а) без анализатора и b) с анализатором)

**Риолиты** состоят из кислого вулканического стекла и небольшого количества вкрапленников кварца (до 5 %), имеют порфировую структуру. Порода из шлифа Т 1 (рис. 7) вторично почти не изменена, но стекло сильно раскристаллизовано, можно считать, что видна перлитовая структура. Два других образца подвержены сильным (40 и 70 %) изменениям, диагностируются вторичные карбонаты, кварц и эпидот. К риолитам отнесены шлифы: С25, С30, Т1.



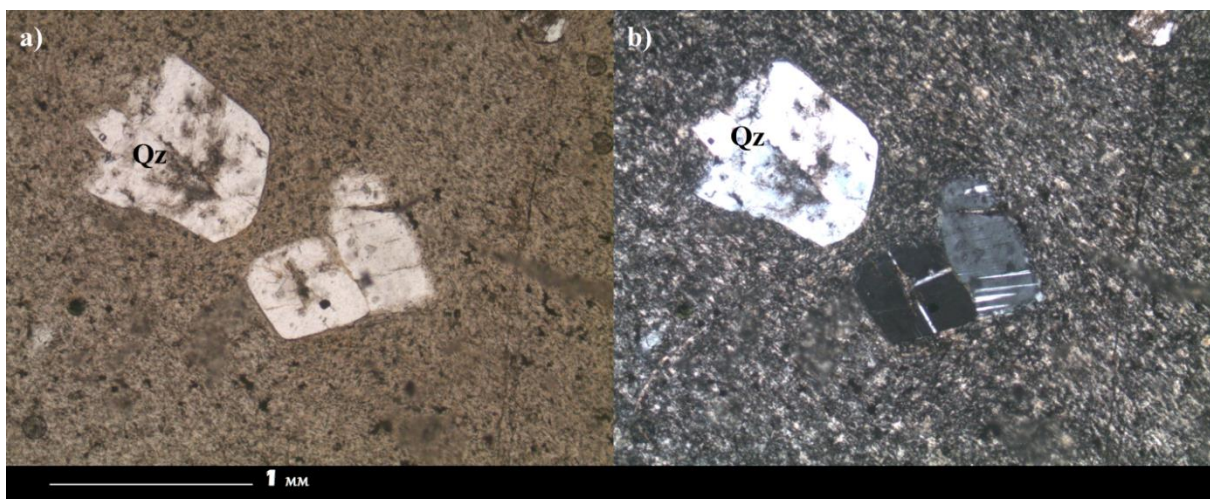


Рис. 7:

риолит, шлиф Т 1 ( а) без анализатора и b) с анализатором)

**Даци́ты** состоят из вулканического стекла и вкрапленников кварца, калиевого полевого шпата и плагиоклаза (рис. 8), общее содержание вкрапленников от 10 до 60 %. Структуры дацитов порфировые. Образец X 2 отличается ничтожным количеством порфировых вкрапленников, но среди них есть и плагиоклаз, и калиевый полевой шпат. Вторичные минералы, развивающиеся по дацитам, представлены преимущественно карбонатами и серицитом, степень вторичных изменений от 5 до 35 %. К дацитам отнесены шлифы: С13, С19, С24-1, X2, X3.

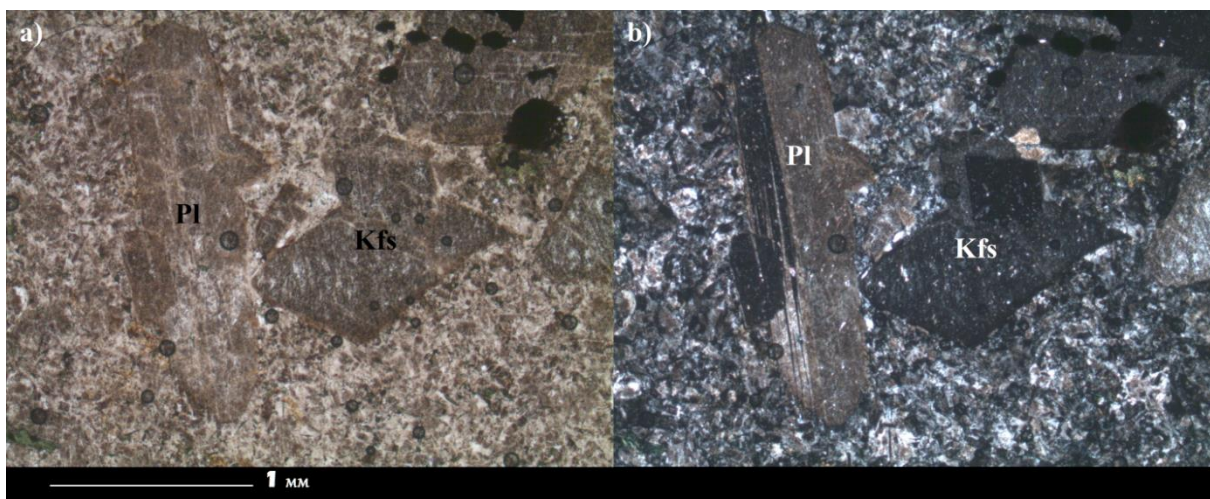


Рис. 8:

дацит, шлиф С 13( а) без анализатора и b) с анализатором)

**Кислые туфы** состоят из кислого вулканического стекла, вкрапленников кварца и полевых шпатов и из обломков пород и кристаллов, соответственно, структуры лито- и кристаллокластические. Содержание кислого стекла от 40 до 60 %. Обломки чаще представлены базальтами, кварцем и полевыми шпатами. Реже встречаются обломки кислых и средних вулканитов. Стоит отметить, что



"туфы" в полевых условиях часто определялись как "игнимбриты", соответствующая структура была заметна на каменном материале и в свежих сколах и на выветрелых поверхностях. Но исследования шлифов не подтвердило такое определение. В породах наблюдаются интенсивные вторичные изменения (от 15 до 45 %), вторичные минералы представлены преимущественно кварцем, карбонатами, хлоритом, эпидотом, серицитом. К туфам отнесены шлифы: С1, С9, С12, С16, С21, С22, С23, С24-2, С27, С28, Х1.

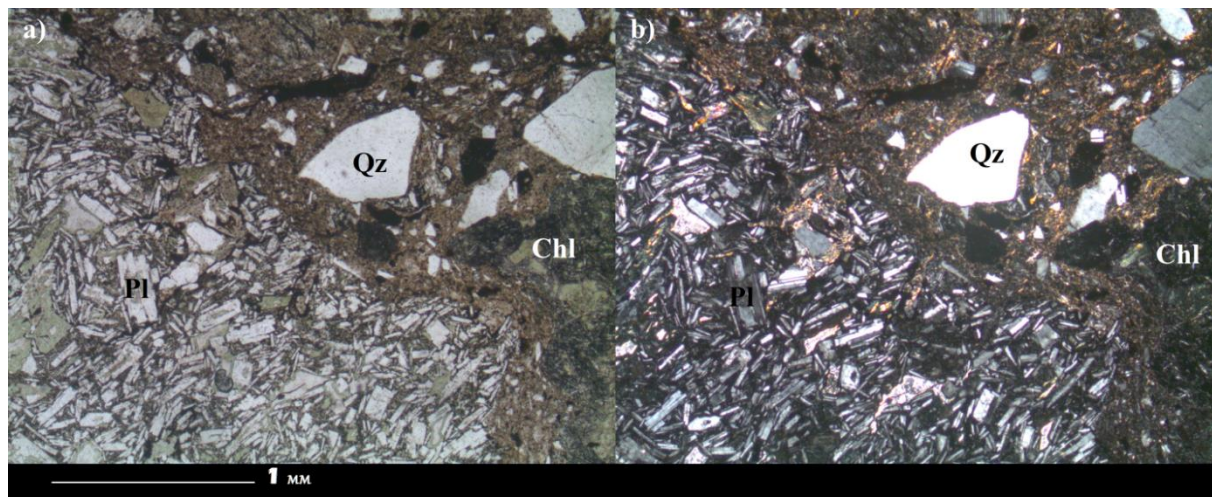


Рис. 9:

туф с осколками кварца и обломками базальта, шлиф Х 1  
(а) без анализатора и б) с анализатором)

**Диорит** (шлиф С 16) состоит из субидiomорфных кристаллов плагиоклаза (70 %) и чаще ксеноморфных и меньших по размеру кристаллов ортопироксена, соответственно его структура - долеритовая. Вторичные минералы представлены преимущественно карбонатами, хлоритом и эпидотом. Кристаллы пироксена замещены почти полностью. Стоит отметить, что данный шлиф был изготовлен из образца, который был взят из гранит-гранодиоритовой дайки.

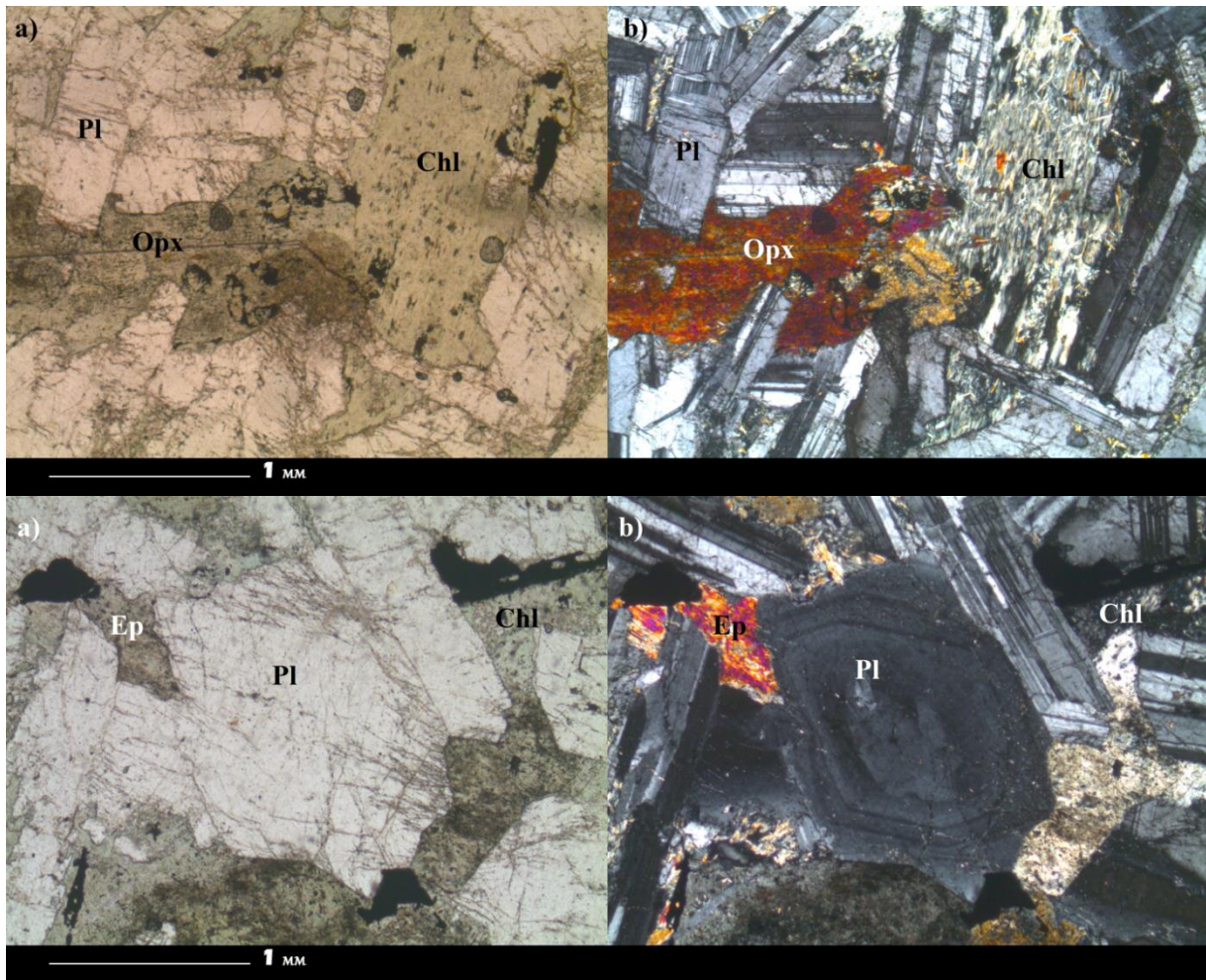


Рис.10,11:диорит, шлиф С 16( а) без анализатора и b) с анализатором)



## 2.2 Характеристика породообразующих минералов

**Кварц** – бесцветный минерал, IV группа Лодочникова, слабое двупреломление (светло-серые цвета интерференции).[4] Иногда замещается карбонатами. В нескольких образцах образует сферолитовые формы выделения.

**Плагиоклазы** – бесцветные минералы, от II (кислые, характерны для дацитов) до IV (основные, характерны для базальтов) группы Лодочникова, слабое двупреломление. Имеют характерное двойникование, параллельное удлинению кристаллов. Также иногда хорошо заметна спайность, в поперечных сечениях кристаллов иногда видна зональность, подчеркнутая вторичными замещениями.[4] При замерах номеров были выявлены плагиоклазы от 15 до 70 номеров, более кислые закономерно были обнаружены в кислых породах, в базальтах наблюдается довольно широкий спектр плагиоклазов, номера от 70 до 40. В шлифе образца С 27 в часть раскристаллизовавшемся стекловатом матриксе встречены, возможно, скелетные кристаллы плагиоклаза (Рис.12).

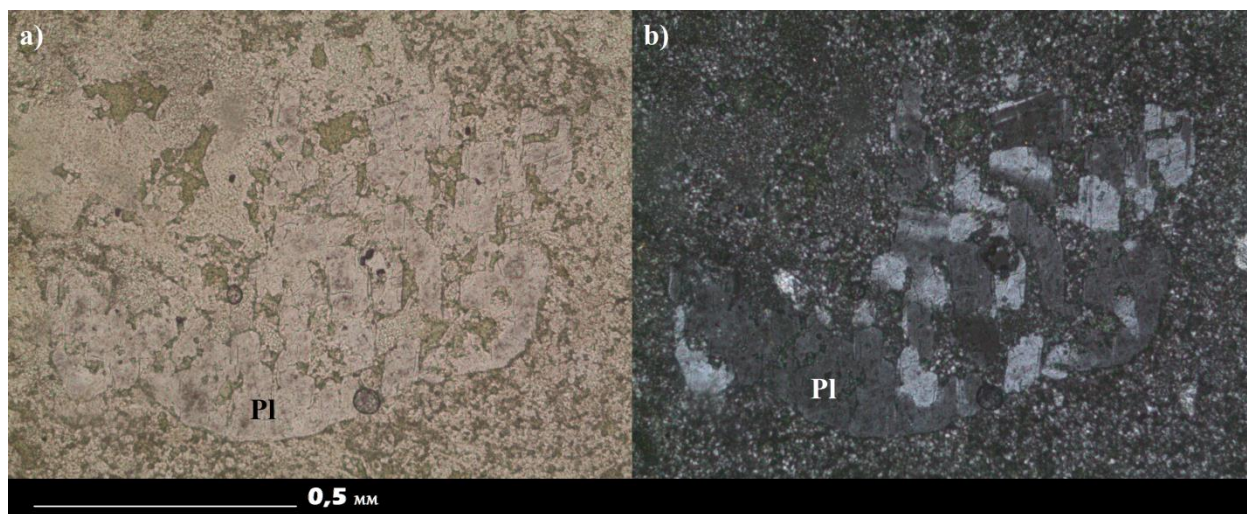


Рис. 12: скелетный кристалл плагиоклаза с заполненными стеклом пустотами, шлиф С 27 (а) без анализатора и б) с анализатором)

**Калиевый полевой шпат (санидин)** – бесцветный минерал, II группа Лодочникова, слабое двупреломление. Не обладает спайностью.[4] Часто полностью покрывается корками вторичных изменений, осложняющих определение.

**Ортопироксен** – бесцветные или слегка желтоватые минералы, VI группа Лодочникова, среднее двупреломление (серо-жёлтые и бледно рыжие цвета

интерференции). Характерная спайность, пересекающаяся под прямым углом и прямое погасание.[4] Встречен в диорите и в одном образце базальта.

**Вулканические стекла** – изотропные вещества, однако легче всего подвергаются раскристаллизации и возникновению вторичных минералов. В базальтах стёкла относятся ко II группе Лодочникова и имеют буроватый цвет, а в кислых породах – к IV, V группе и бесцветны.[4]

**Карбонаты** – бесцветные минералы с очень сильным двупреломлением (перламутровые цвета интерференции) и псевдоабсорбцией, благодаря чему при вращении столика группа Лодочникова меняется от II до VI.[4] Крупнокристаллические выделения редки (Рис.15,19), обычно представлены тонкокристаллическими бурыми «корками», которые замещают все остальные минералы.

**Хлорит** – бледные зеленоватые, иногда голубоватые или почти бесцветные минералы с ясным плеохроизмом, III –IV группа Лодочникова, слабое двупреломление и часто аномальные цвета интерференции – индиговые, чернильные (Рис.13) и буро-зелёные.[4]

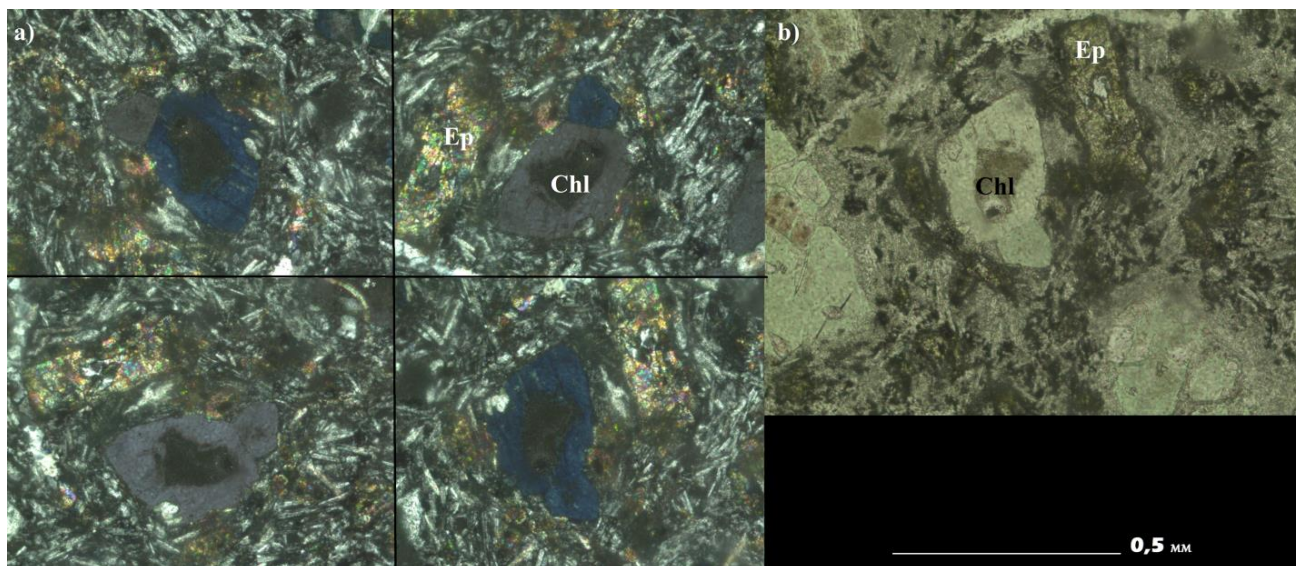


Рис. 13: аномальные интерференционные окраски кристаллов хлорита, шлифС 17 (а) с анализатором 4 фото с поворотами на 90° и б) без анализатора)

**Эпидот-клиноцоизит** – жёлто-зелёные, буроватые или практически бесцветные минералы, VI группа Лодочникова, сильное двупреломление, иногда характерны аномальные яркие «базарные» цвета интерференции.[4] В нескольких образцах образуют сферолитовые формы выделения (Рис.18).

**Мусковит** – бесцветный минерал, IV группа Лодочникова, двупреломление сильное.[4] В шлифах представлен мелкочешуйчатыми агрегатами – серицитом.

### 2.3 Гидротермально-метасоматические образования

Отдельным пунктом в петрографическом исследовании рассмотрены гидротермально-метасоматические образования (ГМО), под которыми в данной работе принимаются минеральные парагенезисы, метасоматически образовавшиеся позже породообразующих магматических парагенезисов.

Известно, что на золоторудных и серебряных объектах ГМО играют важную роль в качестве рудосопровождающих процессов и критериев локализации оруденения. На хорошо изученных объектах выделяются ГМО разных типов, в частности различные березитовые и пропилитовые ассоциации.

Во всех изученных шлифах явно выражены вторичные изменения пород, иногда их степень значительна, до 70 %, но зачастую это 10-30 %. Данные изменения являются следствием гидротермальных процессов и относятся к двум ассоциациям, выделенным согласно работе Е.В.Плющева и др., 2012[3]:

1. к серицит-березитовой ассоциации кварц-светлослюдистой группы гидротермалитов (кварц, серицит + хлорит, карбонаты, пирит, рутил и др)
2. к хлорит-пропилитовой ассоциации группы гидротермалитов темноцветных минералов(хлорит, эпидот + кварц, серицит, карбонаты, апатит, пирит и др).

В исследуемых шлифах выделено 8 разновидностей гидротермально-метасоматических изменений (далее ГМИ) по существенным вторичным минералам: карбонатные (7 шлифов), карбонат-хлорит-эпидотовые (10), карбонат-хлоритовые (5), карбонат-эпидотовые (4) и карбонат-серицитовые (4), кварц-карбонатные, кварцевые и эпидотовые (по одному шлифу). При этом все шлифы содержат вторичные кварц, карбонаты, эпидот и хлорит, в подчиненном количестве. Кроме того, некоторые шлифы содержат крупные кристаллы вторичного биотита, полностью или практически полностью псевдоморфно замещённые агрегатами хлорита и эпидота. В некоторых шлифах видно, что рудные минералы являются вторичными. Текстуры пород всегда массивные, только в шлифе С19 заметна полосчатость, выраженная в степени вторичных изменений.

Формы выделения вторичных минералов разнообразны. Обычно это тонкая вкрапленность и мелкие агрегаты по всей площади шлифа, нередки и агрегаты до 3 мм в диаметре и тонкие прожилки. Карбонаты чаще выделяются в виде тонкокристаллических «корок» по всему шлифу, иногда образуют крупные кристаллы. Биотит образовывал идиоморфные кристаллы до 3 мм, в некоторых случаях эпидот также образует идиоморфные кристаллы.

Порядок минералообразования может немного меняться. Обычно биотит возникал одним из первых, потом замещался хлоритом. Кварц и эпидот замещают хлоритовые агрегаты. Очевидно, что карбонаты образуются последними.

Псевдоморфозы по биотиту присутствуют в 6 шлифах, это 4 туфа и по одному шлифу дацита и риолита. Эти шлифы отнесены к разным группам ГМИ, но изначально биотит мог возникнуть при каком-то ином предшествующем процессе.



**Карбонатные ГМИ** развиваются преимущественно по кислым породам, но в одном случае данный тип изменений определён в базальте. Степень изменённости базальта около 60%, а у кислых пород это от 5 до 40 %. К этому типу ГМИ отнесены шлифы: С1, С9, С13, С14, С19, С25, Х2.

В шлифе С 19, представленном дацитом, заметна полосчатость интенсивности вторичных изменений. В туфе из шлифа С 9 имеются эпидот-хлоритовые псевдоморфозы по вторичному биотиту и карбонатизированные кварц-эпидотовые жилки (рис. 14). В риолите из шлифа С25 кварц-карбонатный прожилок замещает рудные минералы (рис. 15).

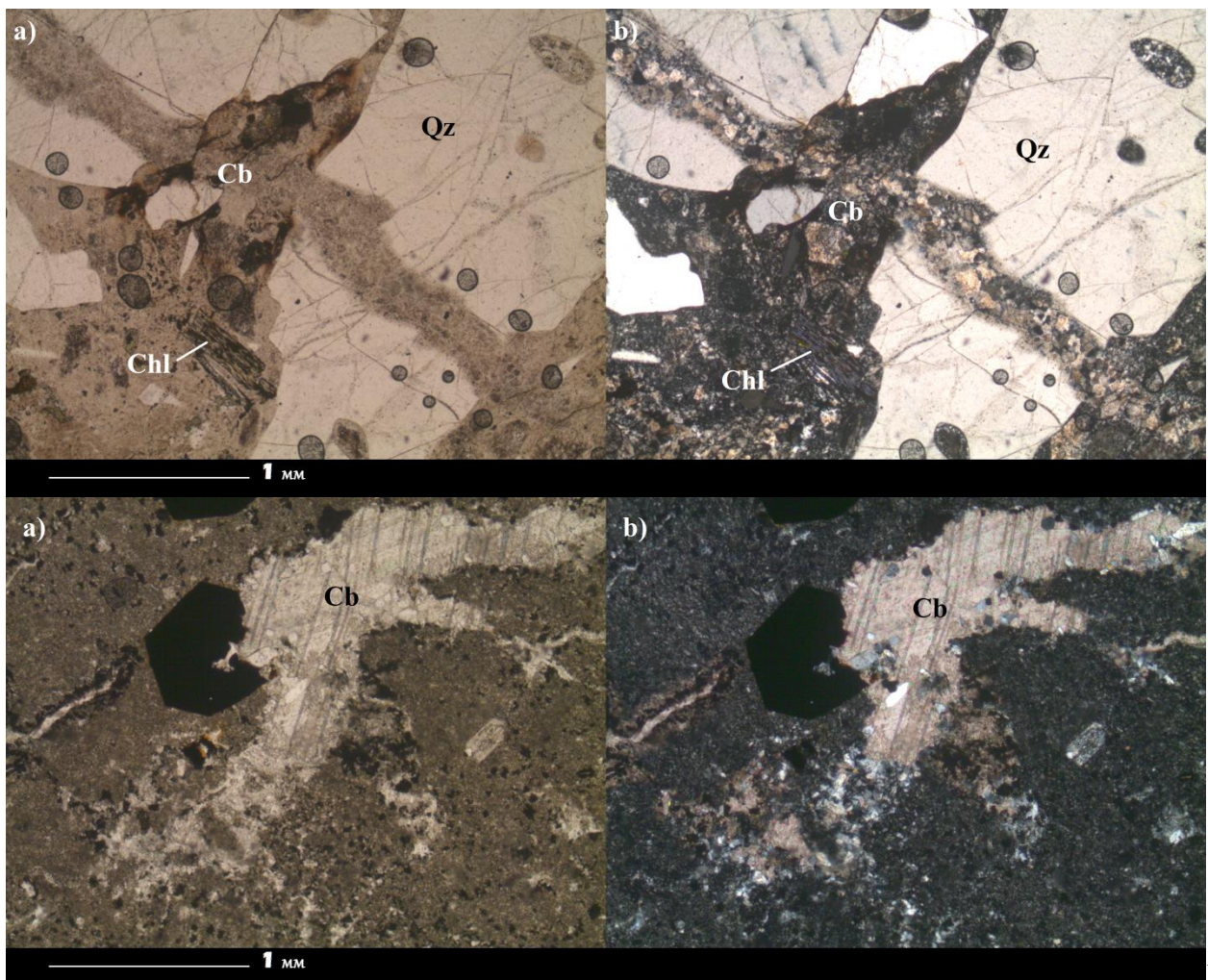


Рис.

14 (сверху): карбонатизация по кварцевой жилке и хлорит-эпидотовый псевдоморфоз по биотиту, шлиф С 9

Рис. 15 (снизу): замещение карбонатом (и кварцем) рудного минерала, шлиф С 25 (а) без анализатора и б) с анализатором)



**Карбонат-хлорит-эпидотовые ГМИ** развиваются по туфам и базальтам примерно в равной степени, а также по диорит. Степень изменённости базальтов от 5 до 30 %, диорита – 10 %, а у туфов заметно выше – 45 %. К этому типу ГМИ отнесены шлифы: С5, С6, С7, С10, С12, С15, С16, С17, С21, С22.

В базальте из шлифа С 7 и в туфе С 12 имеются тонкие, поздние кварцевые каймы по вторичному хлорит-эпидотовому (рис. 16) и хлоритовому агрегату соответственно. В базальте из шлифа С 17 эпидот, карбонаты и кварц замещают хлоритовые агрегаты, кварц образует крупные сферолитовые выделения. В туфах наоборот заметно растворение и замещение осколков кварца карбонатными агрегатами (рис. 17). В туфах из шлифов С 12, С 21 и С 22 имеются эпидот-хлоритовые псевдоморфозы по вторичному биотиту.

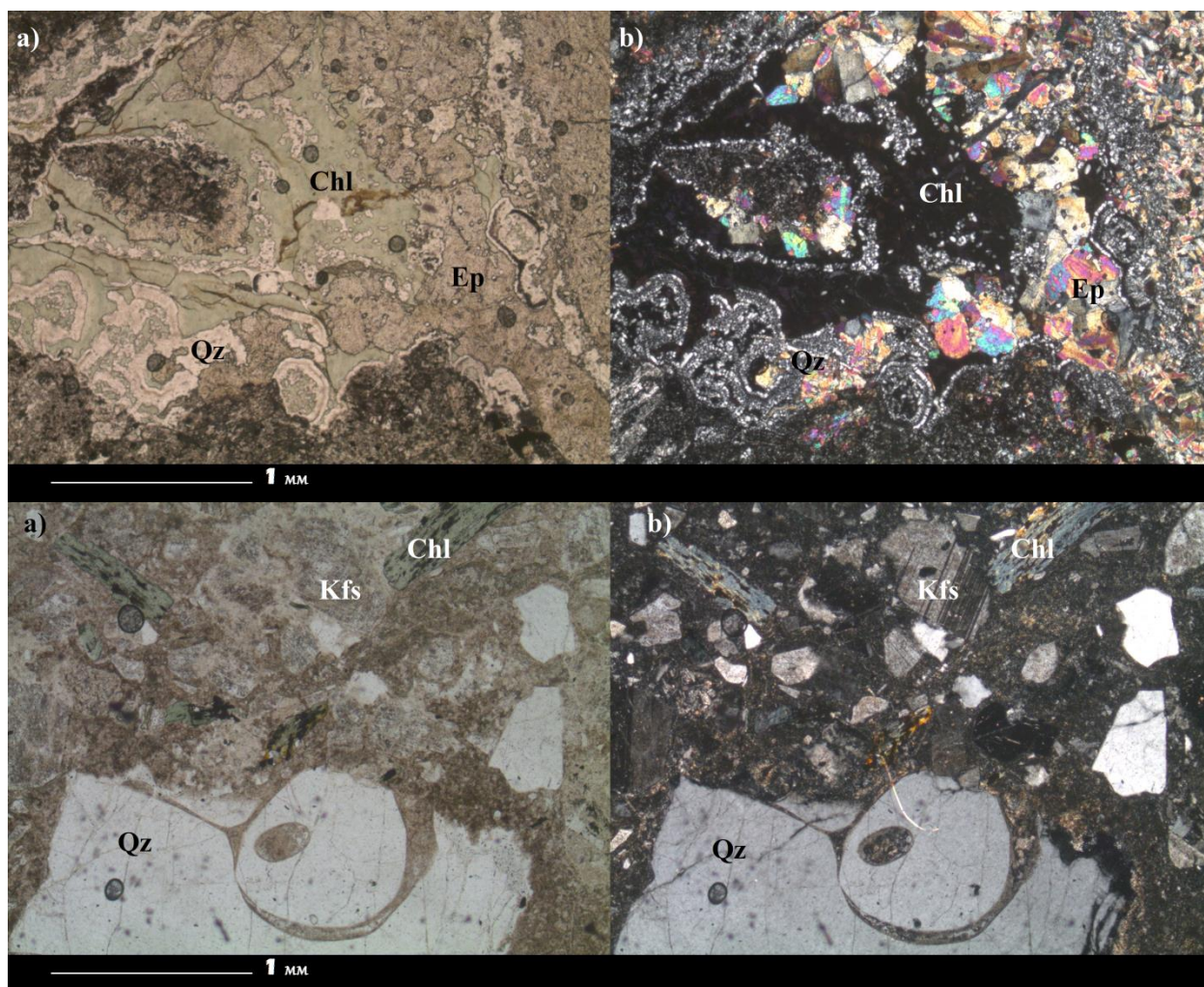


Рис.

16 (вверху): замещение кварцем и эпидотом хлоритового агрегата, шлиф С 7

Рис. 17 (внизу): частичное растворение кварца и замещение карбонатами, эпидот-хлоритовые псевдоморфозы по биотиту, шлиф С 21

(а) без анализатора и б) с анализатором)



**Карбонат-хлоритовые ГМИ** развиваются по туфам, риолитам и базальтам из шлифов: С2, С18, С27, Т1, Х1. Степень изменённости пород от 5 до 40 %. В риолите Т 1 имеются эпидот-хлоритовые псевдоморфозы по вторичному биотиту.

**Карбонат-эпидотовые ГМИ** развиваются по туфам, риолитам и базальтам из шлифов: С8, С20, С28, С30. Степень изменённости пород от 20 до 70%. Риолит из шлифа С 30 (рис. 18, 19), изменённый на 70 %, содержит прожилки из крупнокристаллического агрегата эпидота, кварца и карбонатов, отчасти кварц и эпидот имеют сферолитовые формы выделения. В этом шлифе отчётливо видно, что кварц замещает эпидот, а сам замещается карбонатами.

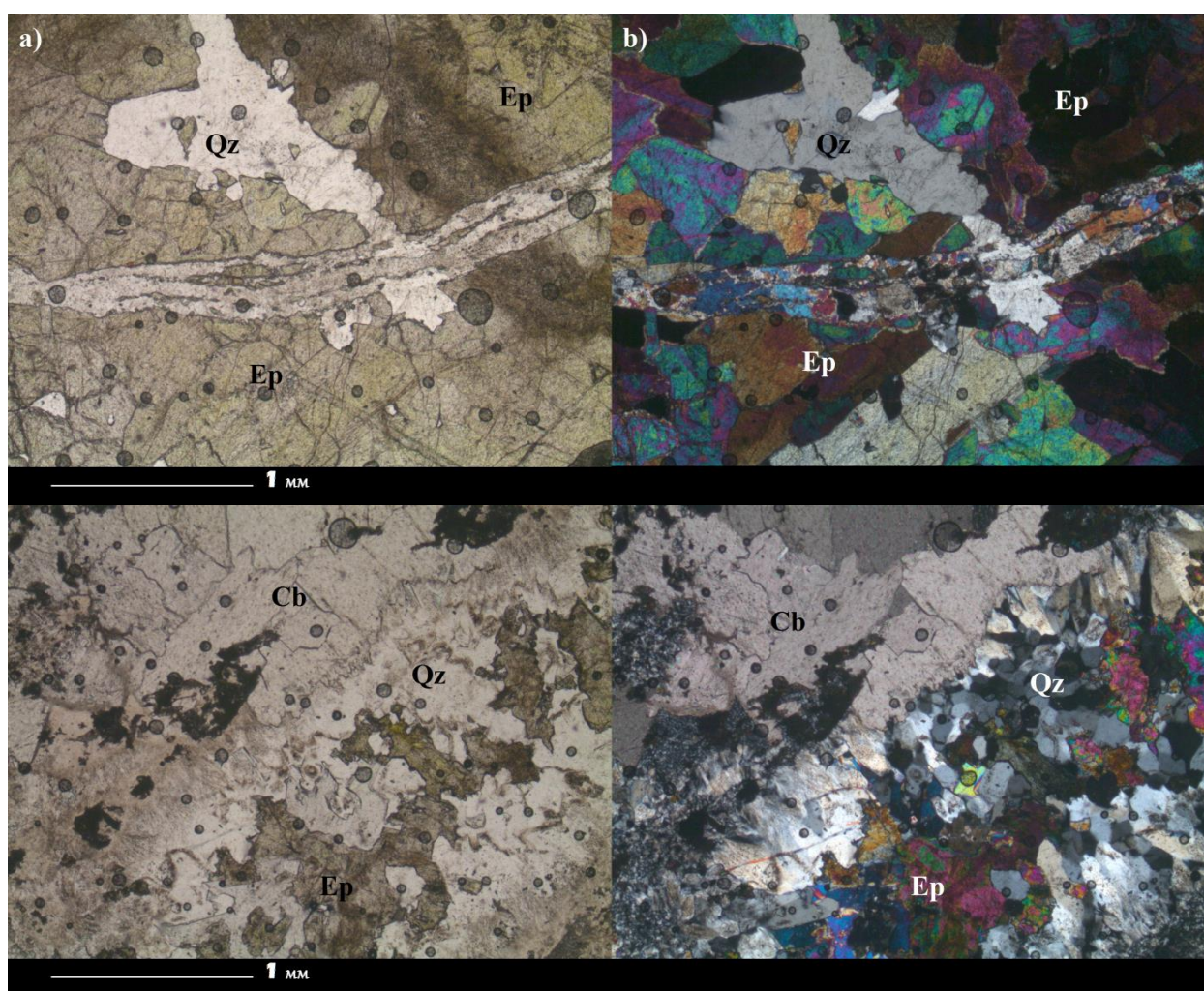


Рис.

18, 19: соотношения вторичных минералов в жиле и вблизи неё, шлиф С 30 (а) без анализатора и б) с анализатором)

**Карбонат-серицитовые ГМИ** развиваются по дацитам и кислым туфам из шлифов С23, С24-1, С24-2, Х3. Степень изменённости пород от 10 до 35 %. Кварц из туфа шлифа С 23 активно замещается крупнокристаллическими агрегатами карбонатов (Рис. 20). В дацитах (шлифы С 24-1 и Х 3) некоторые вкрапленники



кварца подверглись частичному растворению, вокруг растворяющегося кварца выросла кайма карбонатов, а вокруг неё – более тонкая и прерывистая кайма серицита (Рис. 21). В шлифе С 24-1 кроме того имеются эпидот-хлоритовые псевдоморфозы по вторичному биотиту.

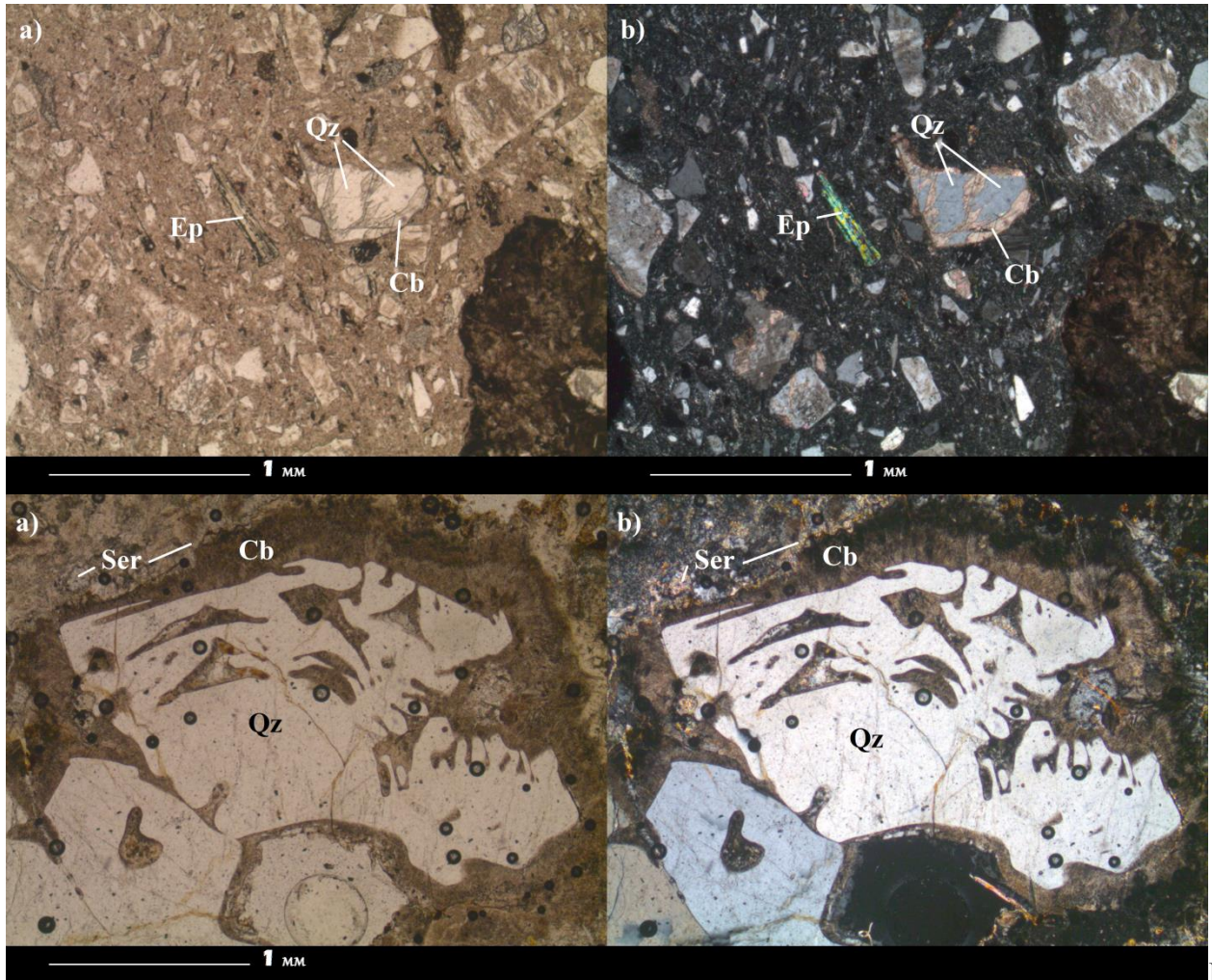


Рис.

20 (вверху): карбонатизация осколка кварца, шлиф С 23

Рис. 21 (внизу): растворение и карбонатизация кварца и каймасерицита, шлиф С 24-1  
(а) без анализатора и б) с анализатором)

**Кварц-карбонатные ГМИ**(1 шлиф, С 11) развиваются по базальту, степень изменённости порядка 30 %. Вторичные минералы не образуют каких-либо особенных структур, это обычная тонкая вкрапленность, реже гнёзда и прожилки.



Эпидотовые ГМИ(1 шлиф, С 3) развиваются по базальту, степень изменённости порядка 5 %. В породе имеются кварцевые и кварц-эпидотовые жилки, кварц и эпидот замещают хлоритовые агрегаты (Рис. 22).

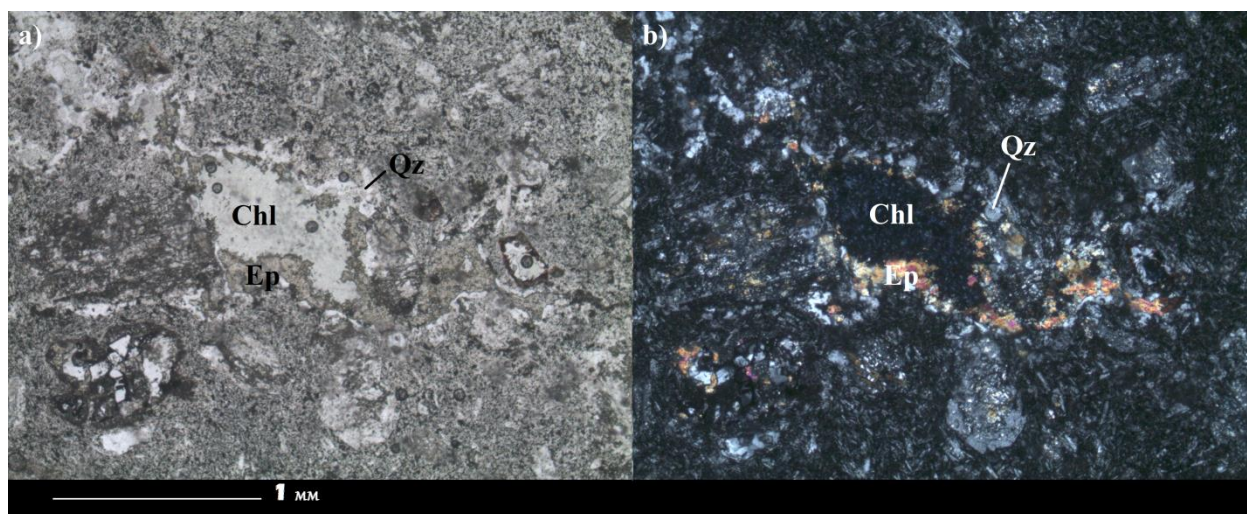


Рис.

22: замещение хлоритового агрегата эпидотом и последующее окварцевание, шлиф С 3 (а) без анализатора иб) с анализатором)

Кварцевые ГМИ(1 шлиф, С 4) развиваются по базальту, степень изменённости порядка 5 %. Подобное окварцевание характерно в разной степени абсолютно для всех шлифов, но этот базальт не характеризуется значительным количеством новообразований минералов. Хотя присутствуют кварц-эпидот-хлоритовые жилки с хлоритовыми и эпидотовыми ядрами (Рис. 23).

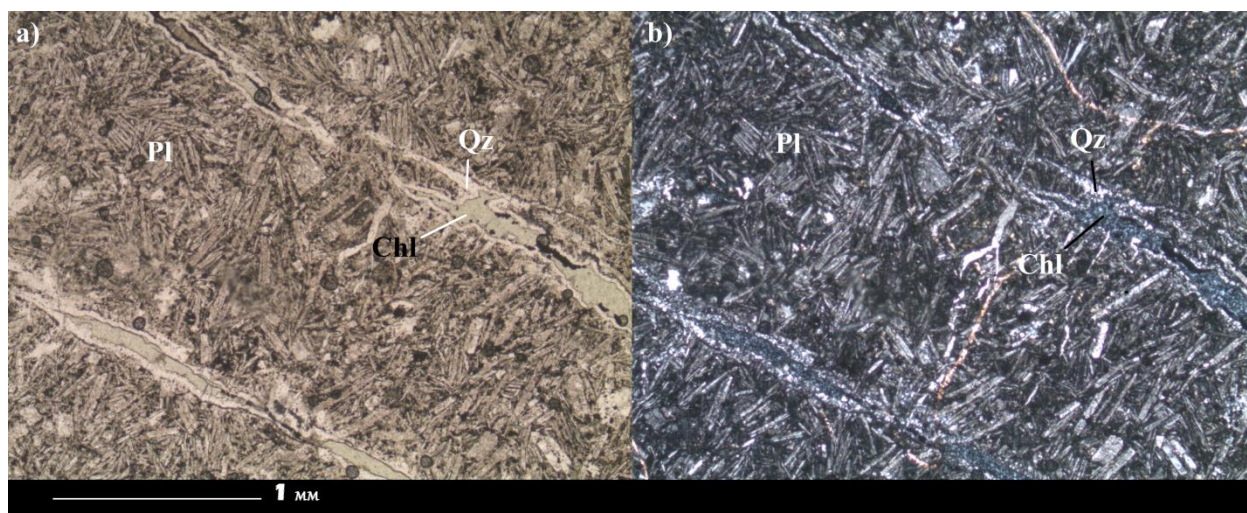


Рис.

23: обрастание хлоритовых прожилков мелкокристаллическим кварцем, шлиф С 4 (а) без анализатора иб) с анализатором)

По результатам петрографических исследований можно сделать следующие выводы:

1. В шлифах представлены только магматические породы, выделены 4 разновидности эффузивных и 1 интрузивная горная порода, из них резко преобладают базальты (14 шлифов из 33) и кислые туфы (10 шлифов).

2. Установлено 8 разновидностей гидротермально-метасоматических изменений: карбонатные, карбонат-хлорит-эпидотовые, карбонат-хлоритовые, карбонат-эпидотовые, карбонат-серицитовые, кварц-карбонатные, кварцевые и эпидотовые:

- для базальтов характерны все разновидности ГМИ, кроме карбонат-серицитовых;

- для кислых туфов характерны все разновидности ГМИ, кроме редких кварцевых, кварц-карбонатных и эпидотовых;

- для дацитов характерны карбонатные и карбонат-серицитовые ГМИ;

- для риолитов характерны карбонатные, карбонат-хлоритовые и карбонат-эпидотовые ГМИ;

- для диорита характерны карбонат-хлорит-эпидотовые ГМИ.

3. Распространение разных типов горных пород в целом не противоречит существующей геологической карте, а построить карту ГМО не представляется возможным из-за небольшого количества образцов и неравномерности распределения образцов по площади;

4. Так как обнаруженные предшественниками рудопроявления связаны преимущественно с риолитами и кислыми туфами, то рудосопровождающими можно считать кварц-карбонатные, кварцевые, карбонатные, кварц-серицитовые ГМИ.

### 3. Рудная минерализация

Для уточнения геологического строения участка необходимо охарактеризовать разнообразие встречающейся рудной минерализации. С этой целью проведено из пяти образцов пород, макроскопически наиболее богатых рудными минералами, были изготовлены аншлифы, которые подверглись микроскопическому и микрозондовому исследованию. Полученные результаты позволили уточнить тип серебряного оруденения и дали материал для выводов, касающихся локализации благороднометальной минерализации на участке.

При микроскопическом изучении аншлифов были обнаружены только зёрна пирита, гематита и галенита. Чтобы заверить эти минералы и, возможно, обнаружить новые, было решено провести микрозондовый анализ химического состава минералов в аншлифах.

Во время проведения микрозондового анализа была произведена съёмка 183 спектров рудных и нерудных минералов. По содержаниям химических элементов рассчитывались формулы минералов, однако часто в спектр попадало несколько минералов. В результате кроме определенных микроскопически рудных минералов (гематит, пирит, галенит) были обнаружены многие другие, был проведён анализ и нерудных минералов. Сняты один спектр **кальцита**, 4 спектра **хлорита**, 5 спектров **эпидота**, 11 спектров **кварца**, 4 спектра **калиевых полевых шпатов** и 13 спектров **плаггиоклазов**. В аншлифе С20 снято 6 спектров **существенно альбитовых плаггиоклазов**. Никаких геохимических особенностей и закономерностей во всех этих минералах не обнаружено. В аншлифе С25 снято 2 нерасшифровываемых спектра с непропорциональным количеством железа в одном, меди и цинка в другом случае.

По данным петрографического исследования, образец С5 определён как базальт с карбонат-хлорит-эпидотовыми изменениями, С18 – базальт с карбонат-хлоритовыми, а С20 – с карбонат-эпидотовыми изменениями. Аншлиф С25 – риолит с карбонатными вторичными изменениями.

Ниже приводится описание морфогенетических и химических особенностей минералов, а также микрофотографии их взаимоотношений, на основании

которых выделялись стадии образования рудного компонента. Используемые на фотографиях сокращения названий минералов:

Py-пирит, Hem-гематит, Gn-галенит;

Asn-акантит, (Ag+Te) – неопределённый серебро-телуровый минерал, Aln–алланит, Ap-апатит, Ep-эпидот, Пm-ильменит, Kfs-калиевый полевой шпат, Mnz-монацит, Qz-кварц, Prs-паризит, Rt-рутил, Ttn-титанит, TR – неопределённый редкоземельный минерал, Xtm-ксенотим, Zrn-циркон

**Пирит**(Табл.2) встречается в аншлифах C11, C18, C20, C25. Он образует обычно довольно крупные идиоморфные или гипидиоморфные кристаллы, которые вторично разрушаются и замещаются другими рудными и нерудными минералами, такими как гематит, галенит, кальцит и более редкими ильменитом, рутилом, титанитом, халькопиритом, минералами серебра и другими. Вторичные минералы развиваются по поверхности кристаллов, по спайности или просто по объёму кристалла пирита (Рис. 24,26,27,30).

№ спектра	Fe (вес. %)	S (вес. %)	Сумма
Спектр 80	46,77%	53,23%	100 %
Спектр 203	46,61%	53,39%	100 %
«Теоретически рассчитанный» («Т.р.») пирит	46,67%	53,33%	100 %

Табл. 2: Примеры содержаний элементов в зёрнах пирита



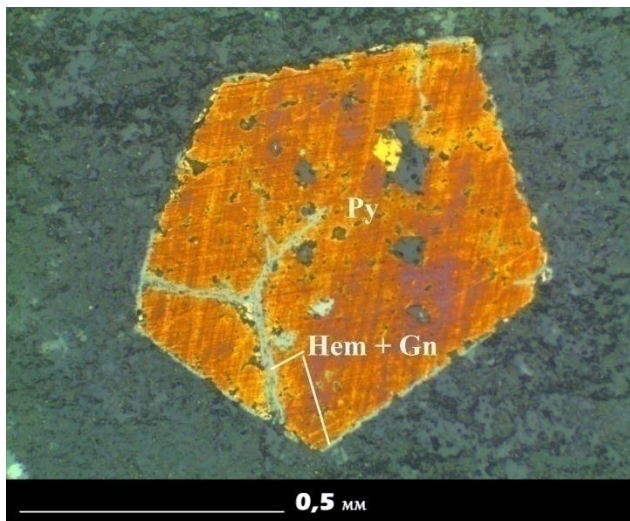


Рис. 24: галенит-гематитовая кайма и гематит по пириту, аншлиф С 25

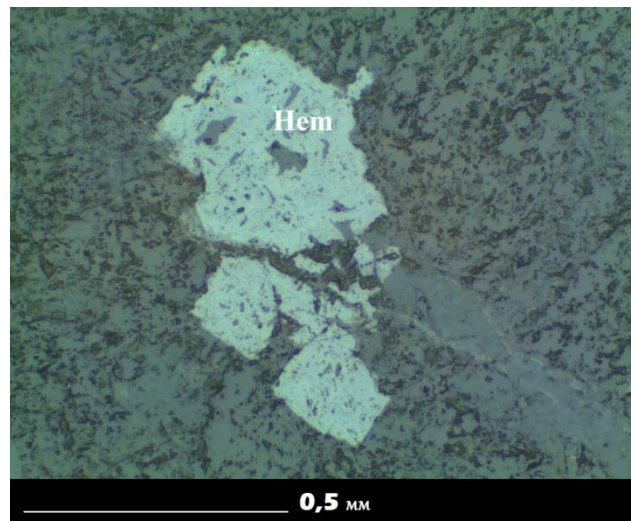


Рис. 25: гематитовые псевдоморфозы, предположительно по пириту, аншлиф С 5

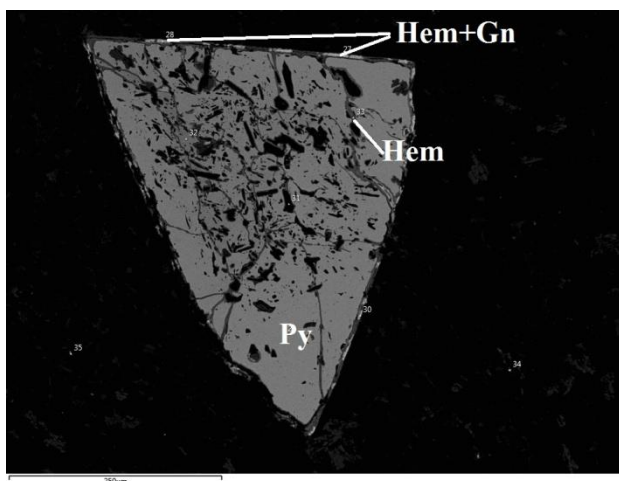


Рис. 26: галенитовая кайма и гематит по пириту, аншлиф С 20

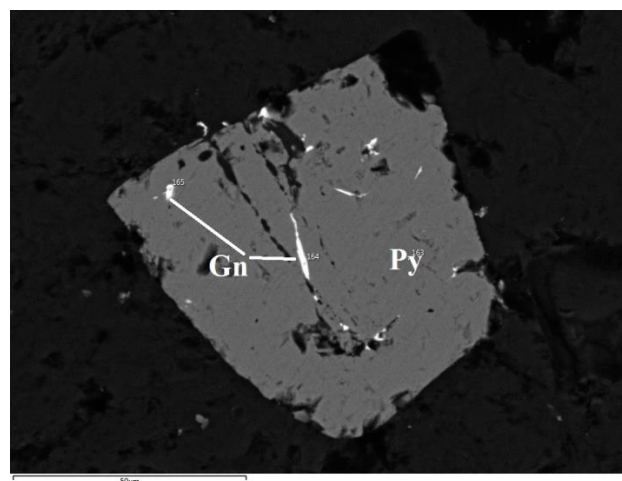


Рис. 27: галенитовые включения в пирите, аншлиф С 18

**Гематит**(Табл.3) встречается в аншлифах С5, С11, С18, С20. Он образует агрегаты, замещающие пирит, он образует тонкие каймы по поверхности кристаллов пирита (Рис.24,26,28), развивается по спайности, по трещинам или по всему объёму пирита, самые мелкие кристаллы пирита замещены гематитом полностью (Рис.25), при этом иногда возникают скелетные агрегаты (рис.3). В «гематите» из С 20 часто присутствует примесь марганца (до 2 %).

№ спектра	Fe (вес. %)	O (вес. %)	Др. элементы (вес. %)	Сумма
Спектр 160	66,38%	27,44%	Si, Ca, Ti, Cr – 6,18 %	100 %
Спектр 228	70,94%	27,09%	Al,Si,Ca,Ti – 1,96 %	99,99%
«Т.р.» гематит	70,00%	30,00%	0	100 %

Табл. 3: Примеры содержаний элементов в зёрнах гематита



**Галенит**(Табл.4) встречается в тех же аншлифах, что и пирит. Он образует тонкую вкрапленность и каймы по пириту (Рис. 24,26,27), его выделения настолько малы, что при микрозондовом анализе часто в спектр галенит попадал вместе с пиритом и/или гематитом. Образовывался галенит после пирита, но до гематита.

№ спектра	Pb(вес. %)	S (вес. %)	Др. элементы (вес. %)	Сумма
Спектр 156	80,72%	14,53%	Fe – 4,75 %	100 %
Спектр 157	73,85%	18,56%	Fe – 7.59 %	100 %
«Т.р.» галенит	86,61%	13,32%	0	100 %

Табл. 4: Примеры содержаний элементов в зёрнах галенита

**Халькопирит** образует редкие очень мелкие зёрна в аншлифах С11 и С25, где обычно замещает пирит.

**Апатит** (преимущественно фтор-апатит) встречен в аншлифах С11 и С18, снято 4 спектра. Он тоже среди минералов, замещающих пирит, образует редкие ксеноморфные или гипидиоморфные довольно крупные кристаллы, которые могут сохраняться даже после полного замещения пирита (Рис. 32). В одном случае апатит образует отдельный небольшой кристалл во вмещающих силикатах (Рис. 28).

**Циркон** встречен в единственном зерне в аншлифе С5, это мелкий идиоморфный кристаллик, расположенный во вмещающих силикатах (Рис.29).

**Минералы титана**(Табл.5) замещают пирит и реже образуют мелкие кристаллы и агрегаты во вмещающих силикатах. В аншлифах С5, С18, С20 и С25 снято 11 спектров **титанита** ( $\text{CaTi}(\text{SiO}_4)\text{O}$ ) (Рис.28,29). Он образует гипидиоморфные кристаллы по всей площади аншлифа, обширно замещает пирит и даже образует псевдоморфозы по нему. В аншлифах С5 и С11 снято 4 спектра **ильменита**(Рис.29,30), все они характеризуются значительной примесью марганца. Ильменит также, замещает пирит и может образовывать скелетные псевдоморфозы (рис. 32). В аншлифах С11 и С25 снято 4 спектра **рутила**(Рис.30).

№ спектра	Ti (вес. %)	O (вес. %)	Fe (вес. %)	Ca (вес. %)	Si (вес. %)	Др. элементы (вес. %)	Сумма
Спектр 107	59,76%	39%	1,23%	0	0	0	99,99%
«Т.р.» рутил	60,00%	40,00%	0	0	0	0	100 %
Спектр 136	31,37%	31,66%	26,34%	0,19%	0,21%	Mg, Mn – 10,23%	100 %
«Т.р.» ильменит	31,58%	31,58%	36,84%	0	0	0	100 %
Спектр	21,67%	42,1%	0	19,97%	14,75%	Al – 1,51%	
«Т.р.» титанит	24,49%	40,82%	0	20,41%	14,28%	0	100 %

Табл. 5: Примеры содержаний элементов в зёрнах минералов титана

**Минералы редкоземельных элементов** встречаются во всех аншлифах, почти всегда это тонкая вкрапленность среди породообразующих силикатов, поэтому установить их отношения с другими рудными минералами не представляется возможным. Лишь в одном случае удалось обнаружить зерно монацита в пирите. В аншлифах С5, С20 и С25 снято 13 спектров **бастнезита**  $((TR)(CO_3)F)$ . В аншлифе С18 снят один спектр **паризита**  $((TR)_2Ca(CO_3)_3F_2)$  (или срастание того же бастнезита и кальциевого минерала). В аншлифе С11 было обнаружено несколько других редкоземельных минералов, о которых будет написано ниже.

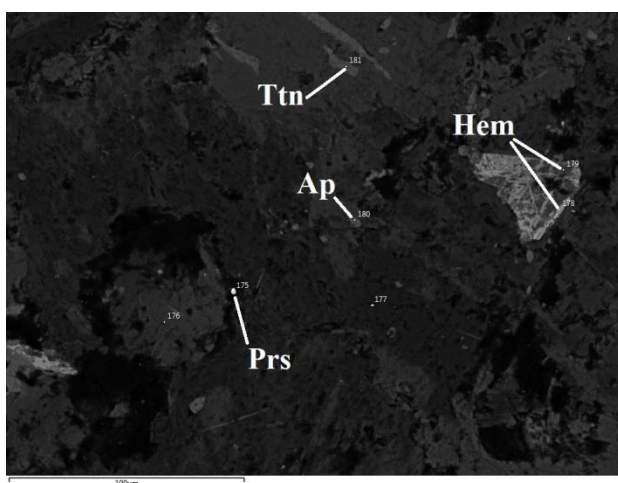


Рис. 28: Минералы из аншлифа С 18

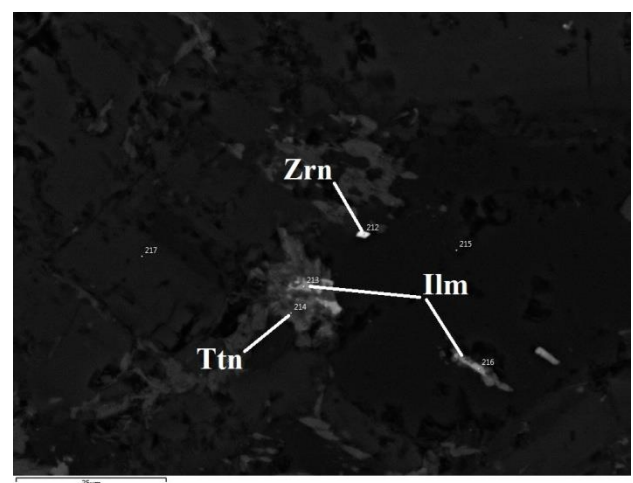


Рис. 29: Минералы из аншлифа С 5

Наиболее интересным, с точки зрения минераграфии, является аншлиф С11 (Рис.30,31,32). По петрографическому описанию образец С 11 определен как базальт с кварц-карбонатными вторичными изменениями. В нем была обнаружена самая разнообразная, из исследуемых аншлифов, минерализация. Кроме уже упомянутых выше минералов (пирит, гематит, галенит, ильменит, рутил, халькопирит, апатит), только в этом аншлифе, по результатам микрозондового анализа, обнаружены кристаллы пирита с примесью **минералов серебра** (всего 3 спектра), в одном из спектров кроме железа, серы и серебра обнаружен теллур. Во включениях большего размера установлено наличие минерала **акантита** ( $Ag_2S$ ). Минералы серебра образуют поздние микровключения в пирите (Рис. 30).

№ спектра	Ag (вес. %)	S (вес. %)	Fe (вес. %)	Др. элементы (вес. %)	Сумма
Спектр 96	83,03%	10,72%	3,67%	O, Si – 2,58	100%
Спектр 101	51,61%	19,76%	11,58%	O, Mg, Al, Si, Ca – 17,06%	100,01%
«Т.р.» акантит	87,10	12,90%	0	0	100 %
Спектр 100	8,28%	48,64%	41,73%	Te – 1,35%	100 %
Спектр 109	8,16%	49,02%	42,82%	0	100 %
Спектр 112	32,24%	36,24%	27,53%	0	100,01%

Табл. 6: Примеры содержаний элементов в зёрнах минералов серебра

В аншлифе С11 отличается характер редкоземельной минерализации: установлены **ксенотим** ( $YPO_4$ , 2 спектра), **монацит** ( $(TR)PO_4$ , 4 спектра), **алланит** ( $(Ca, TR)_2(Al, Fe)_3(SiO_4)(Si_2O_7)O(OH)$ , 2 спектра). Помимо этого здесь обнаружено по одному зерну **сфалерита** ( $ZnS$ ) и **торита** ( $ThSiO_4$ ). Все эти минералы образуют отдельные микрокристаллы во вмещающих силикатных минералах.

№ спектра	Y (вес. %)	лРЗЭ (La, Ce, Pr, Nd, Sm) (вес. %)	тРЗЭ (Gd, Dy, Ho, Er, Yb) (вес. %)	P (вес. %)	O (вес. %)	Др. элементы (вес. %)	Сумма
Спектр 128	38,11%	0	14,46%	15,82%	30,32%	Si – 1,29%	100 %
«Т.р.» ксенотим	48,37%	0	0	16,85%	34,78%	0	100 %
Спектр 92	0	56,81%	0	13,8%	27,93%	Si, Fe – 1,46%	100 %
Спектр 130	2,86%	53,31%	0	12,9%	26,44%	Si, Ca, Th – 4,48%	99,99%
«Т.р.» монацит(Ce)	0	Ce– 59,57%	0	13,19%	27,23%	0	99.99%

Табл.7: Примеры содержаний элементов в зёрнах минералов редкоземельных элементов

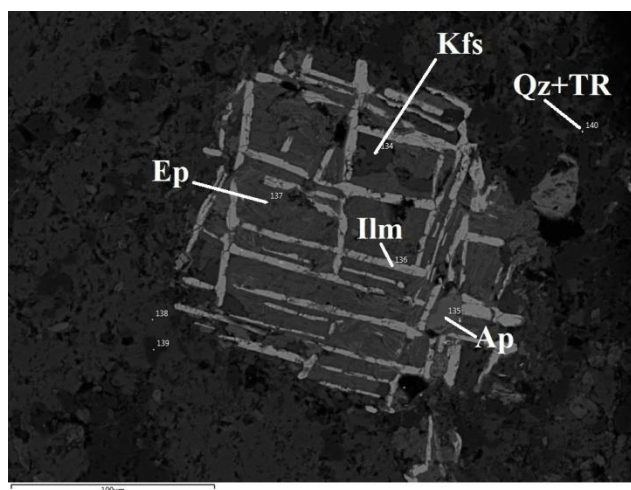
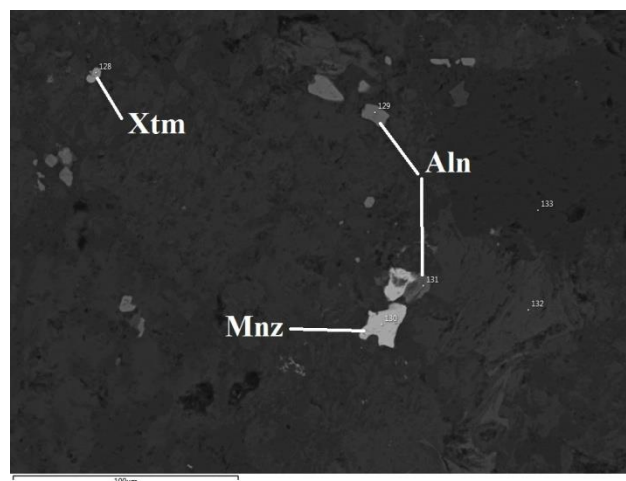
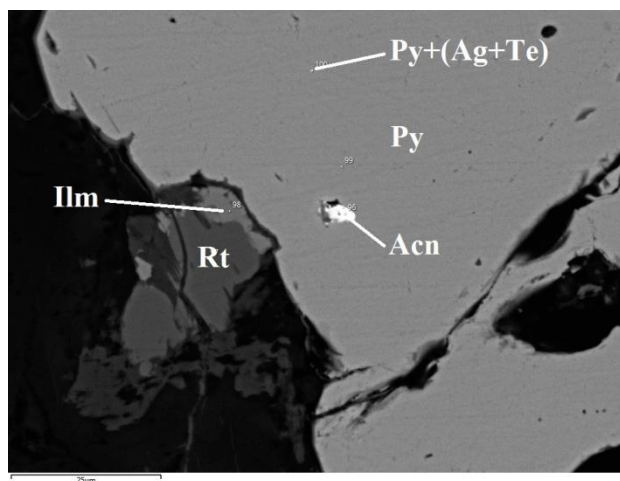


Рис. 30 (вверху слева), 31 (вверху), 32 (слева): Различные минералы, обнаруженные в аншлифе С11

На основе минераграфического и микрозондового анализа была определена последовательность и выделена стадийность минералообразования на участке Спиридоныч (Табл.8).

Стадии Минералы	Породная	Гидротермально-метасоматическая			Окислительная
Пирит (FeS <sub>2</sub> )	+				
Галенит (PbS)		+			
Халькопирит (CuFeS <sub>2</sub> )		+			
минералы серебра (акантит AgS)		+			
Титанит (CaTiSiO <sub>5</sub> )			+		
Ильменит (FeTiO <sub>3</sub> )				+	
Рутил (TiO <sub>2</sub> )				+	
Апатит (Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (F,Cl,OH))					+
Минералы редкоземельных элементов					+
Гематит (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )					+

Табл.8: Стадийность рудного минералообразования

Из этой последовательности стадий следует, что должна быть связь между медным и свинцовым (полиметаллическим) минералообразованием и образованием минералов серебра. Кроме того можно выдвинуть предположение, что чем больше разнообразие сульфидных минералов в породе, тем выше вероятность обнаружения серебряного оруденения. А распространённость серебра и золота, как будет показано ниже, тесно связаны.

То, что рутил скорее всего предшествует апатиту, может косвенно указывать на последовательность гидротермально-метасоматических образований. Апатит – характерный аксессуар хлорит-пропилитовой ассоциации, а рутил – серицит-березитовой.

По результатам исследований рудной минерализации можно сделать следующие выводы:

1. Минераграфические описания позволили обнаружить три рудных минерала - пирит, галенит и гематит;

2. Микронзондовым анализом были заверены вышеупомянутые минералы, установлено наличие большого количества рудных минералов - халькопирит, сфалерит, титанит, ильменит, рутил, бастнезит, ксенотим, монацит, алланит, апатит, циркон, торит.

3. Наиболее интересным, с точки зрения минераграфии, является аншлиф С11. В нем была обнаружена самая разнообразная, из исследуемых аншлифов, минерализация. Примечательным является то, что в данном образце установлены минералы серебра.

4. Для участка Спиридоныч выделены последовательность и стадии минералообразования (породная, гидротермально-метасоматическая и окислительная)

5. На ограниченном материале предполагается, что свинцовая, медная и серебряная минерализация тесно связаны, наличие серебра прямо зависит от минералогического разнообразия сульфидной вкрапленности, а хлорит-пропилитовые образования накладываются на серицит-березитовые.

Эти результаты требуют дальнейших уточнений, учитывая не один тип гидротермально-метасоматических образований, большие размеры участка и небольшое число аншлифов.



## 4. Математический анализ геохимических данных

Для того, чтобы выявить геохимические связи элементов и в частности выявить элементы-спутники золота и серебра, были проведены геохимическое опробование ПОР и математический анализ содержаний элементов в пробах. Во время полевых работ 2017 года было проведено геохимическое изучение участка «Спиридоныч» по условно первичным ореолам рассеяния с сетью опробования 50x50 метров. Объектом аналитических исследований были сколковые пробы, отбираемые, однако, не из коренных выходов, а из элювиально-делювиального покрова, и представленные не одной, а чаще двумя-тремя горными породами.

Всего были обработаны данные 6381 пробы, получены данные о характере распределений 36 элементов: Ag,Al,As,Au,B,Ba,Be,Bi,Ca,Cd,Co,Cr,Cu,Fe,Ga,Hg,K,La,Mg,Mn,Mo,Na,Ni,P,Pb,S,Sb,Sc,Sr,Th,Ti,Tl,U, V,W, Zn. Содержания золота определялись методом атомно-абсорбционной спектрометрии, а содержания остальных элементов – методом атомно-эмиссионной спектрометрии. Был проведён корреляционный и факторный анализ, построены карты геохимических аномалий. К сожалению, нет данных о содержаниях олова и таких важных элементов анионов, как углерод и кремний, а данные о сурьме, ртути и сере оказались недостаточными для статистической обработки. Статистическая обработка содержаний элементов в пробах и построение моноэлементных карт геохимических аномалий проводились, если содержание элемента в более чем половине проб находились выше порога определения. Это оказалось справедливо для 26 элементов. В остальных случаях (B,Bi,Cd,Hg,S,Sb,Th,Tl,U,W) статистическая обработка не проводилась и строились карты «знаков» элементов.

### 4.1 Описательная статистика и корреляционный анализ

По результатам описательной статистики, построений графиков квантиль-квантиль и гистограмм со всего массива данных показала, что для всех элементов характерны логнормальные распределения. Корреляционный анализ (корреляционная матрица – Приложение 1) логарифмированных содержаний

элементов показал, что:

1. Золото наиболее крепкие связи имеет с серебром и мышьяком (по +24 %) и калием (+18 %);

2. Серебро – с мышьяком (+26), золотом (+24), марганцем (+19) и молибденом (+16)

3. Мышьяк (как очевидный спутник серебра и золота) – с серебром (+26) и золотом (+24), натрием (-28) и стронцием (-22)

4. Калий (как возможный спутник золота) – с барием (+52) и с кластером «оснований» (~ -30 – -50). Связь с серебром крайне слаба (+3).

5. Марганец (как возможный спутник серебра) – с калием (-21) и с кластером «оснований» (~ +60 – +75). Связь с золотом крайне слаба (-3).

6. Молибден (как возможный спутник серебра) – с калием (-8), с медью (+21), с серебром и цинком (по +16) и с кластером «оснований» (~ +16 – +19). Связь с золотом тоже относительно крепка (+12).

7. Отчётливо выделяется большой кластер «основных оксидов» – групп условно «фемафильных», «халькофильных» и сопутствующих им элементов.

К «фемафильным» здесь можно отнести Al, Ca, Co, Fe, Mg, P, Sr, Ti, V, которые имеют очень жёсткие корреляционные связи друг с другом (~ +80 – +95), наиболее жёсткие связи (+95) обнаруживаются у пар элементов Co-Mg и Fe-V, а самая слабая связь в паре Al-Ti (+77).

К «халькофильным» можно отнести Cu, Mn, Ni, Sc, Zn. Эти элементы имеют менее жёсткие связи друг с другом с «фемафилами» (~ +50 – +80), наиболее жёсткие связи (+80) обнаруживаются у пар элементов Ni-Mg, Sc-Fe, Sc-V, а самые слабые связи (+43) у элементов Cu-Ni и Cu-Mn.

К этим же группам тяготеют такие разные по свойствам элементы, как Be, Cr, Ga, Na (~ +20 – +55, наиболее крепкая связь (+69) в паре Na-Sr), и в ещё меньшей степени Ag, Ba, Mo (~ +15 – +20, наиболее крепкая связь (+21) в паре Cu-Mo).

8. Определённую оппозицию элементам из предыдущего пункта составляют As (связи с «фема-» и «халькофилами» ~ -5 – -25), Au (~ -5 – -15), K (~ -25 – -50). Сюда же можно отнести Pb (~ -5 – -20), но он имеет положительные связи с

некоторыми «халькофилами» (Cu, Mn и Zn). Между собой элементы этой группы имеют слабые и средней силы положительные связи. В эту же группу, возможно стоит отнести и La, но его связи имеют более запутанный характер, а исходные данные малоинформативны.

Таким образом можно утверждать, что золото и серебро связаны между собой достаточно крепко, имеют общий элемент-спутник – мышьяк, и молибден, как спутник преимущественно серебра. Корреляционный анализ показывает, что, несмотря на явную связь, золото и серебро тяготеют к разным геохимическим группам, причём молибден идёт преимущественно вместе с серебром, а мышьяк – с золотом.

## 4.2 Факторный анализ

Для выявления и лучшего понимания структур корреляционных связей химических элементов, отбраковки ложных и наложенных корреляций был проведён факторный анализ методом главных компонент без вращения факторов (Табл.9).

Табл.9: Структура факторов №№1-5

	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	Фактор 5
Au_log	0,124	0,351	-0,306	0,363	-0,010
Ag_log	-0,097	0,387	-0,274	0,519	0,015
Al_log	-0,905	-0,029	-0,229	-0,053	0,080
As_log	0,127	0,447	-0,247	0,490	0,156
Ba_log	-0,063	0,038	-0,680	-0,530	0,200
Be_log	-0,404	0,600	0,144	-0,347	0,135
Ca_log	-0,939	-0,016	0,019	0,005	0,025
Co_log	-0,936	-0,033	-0,052	0,077	0,123
Cr_log	-0,425	0,137	0,290	0,205	0,192
Cu_log	-0,685	-0,090	-0,061	-0,097	-0,385
Fe_log	-0,959	-0,019	-0,115	0,008	0,033
Ga_log	-0,592	0,127	0,036	-0,177	0,055
K_log	0,473	0,236	-0,624	-0,320	0,237
La_log	-0,059	0,547	0,453	-0,405	0,079
Mg_log	-0,958	-0,012	-0,004	0,091	0,105
Mn_log	-0,740	0,268	-0,181	-0,015	-0,104
Mo_log	-0,200	0,100	-0,226	0,334	-0,346
Na_log	-0,555	-0,528	-0,235	-0,100	-0,180
Ni_log	-0,782	0,149	0,229	0,132	0,240
P_log	-0,931	0,141	0,083	-0,003	0,091
Pb_log	0,148	0,538	0,049	-0,213	-0,647
Sc_log	-0,819	0,033	-0,029	-0,112	0,049
Sr_log	-0,889	-0,228	-0,011	0,004	-0,082
Ti_log	-0,919	-0,042	0,092	0,015	-0,012
V_log	-0,964	-0,079	-0,031	0,056	0,078
Zn_log	-0,736	0,169	-0,125	-0,068	-0,394
Общ.дис.	12,02458	2,016141	1,691362	1,612453	1,184616
Доля общ	0,46248	0,077544	0,065052	0,062017	0,045562

$$\text{Фактор 1 (46)} \frac{K(47) (Pb, Au, As)}{Fe, Mg, V(96)Ca, Co(94)P(93)Ti(92)Al(91)Sr(89)Sc(82) \\ Ni(78)Mn, Zn(74)Cu(69)Ga(59)Na(55)Cr(42)Be(40) \\ Mo(20) (Ag)}$$

В первом факторе значимый положительный вес (больше +20) имеет только калий (К). А вот значимый отрицательный вес (меньше -20) имеет обширный кластер «основных оксидов» и для ряда элементов (Ca,Co,Fe,Ga,Mg,P,Sc,Ti,V) значимая нагрузка есть только по первому фактору. Экстремальные положительные значения этого фактора отчётливо характерны для кислых вулканитов, а наименьшие – для базальтов (Рис.33). Это же подтверждается структурой фактора, где отрицательные нагрузки характерны для элементов темноцветных минералов. Таким образом первый фактор – породный. Стоит отметить, что по этому фактору золото (с мышьяком) противопоставлено серебру (с молибденом), но делать выводы из этого нет оснований, поскольку нагрузки очень слабые.

$$\text{Фактор 2 (8)} \frac{Be(60)La(55)Pb(54)As(45)Ag(39)Au(35)Mn(27)K(24) \\ (Mo, Zn)}{Na(53)Sr(23) (Cu)}$$

Положительные нагрузки второго фактора связаны с Be,La,Mn,K, а также с полиметаллами, благородными металлами и их спутниками, а значимые отрицательные нагрузки у Na и Sr. Таким образом это комплексный редкометалльно-полиметаллически-благороднометалльный рудный фактор. Петрографический контроль этого фактора крайне слаб, но среди проб с экстремально отрицательными значениями чаще встречаются интрузивные породы (Рис.33), определённый в поле рядом от габбродиорита до гранита. Положительные значение фактора предположительно связаны с гидротермально-метасоматическими изменениями пород, с преимущественным оруденением в

серицитизированных породах с родохрозит-содержащими жильными образованиями.

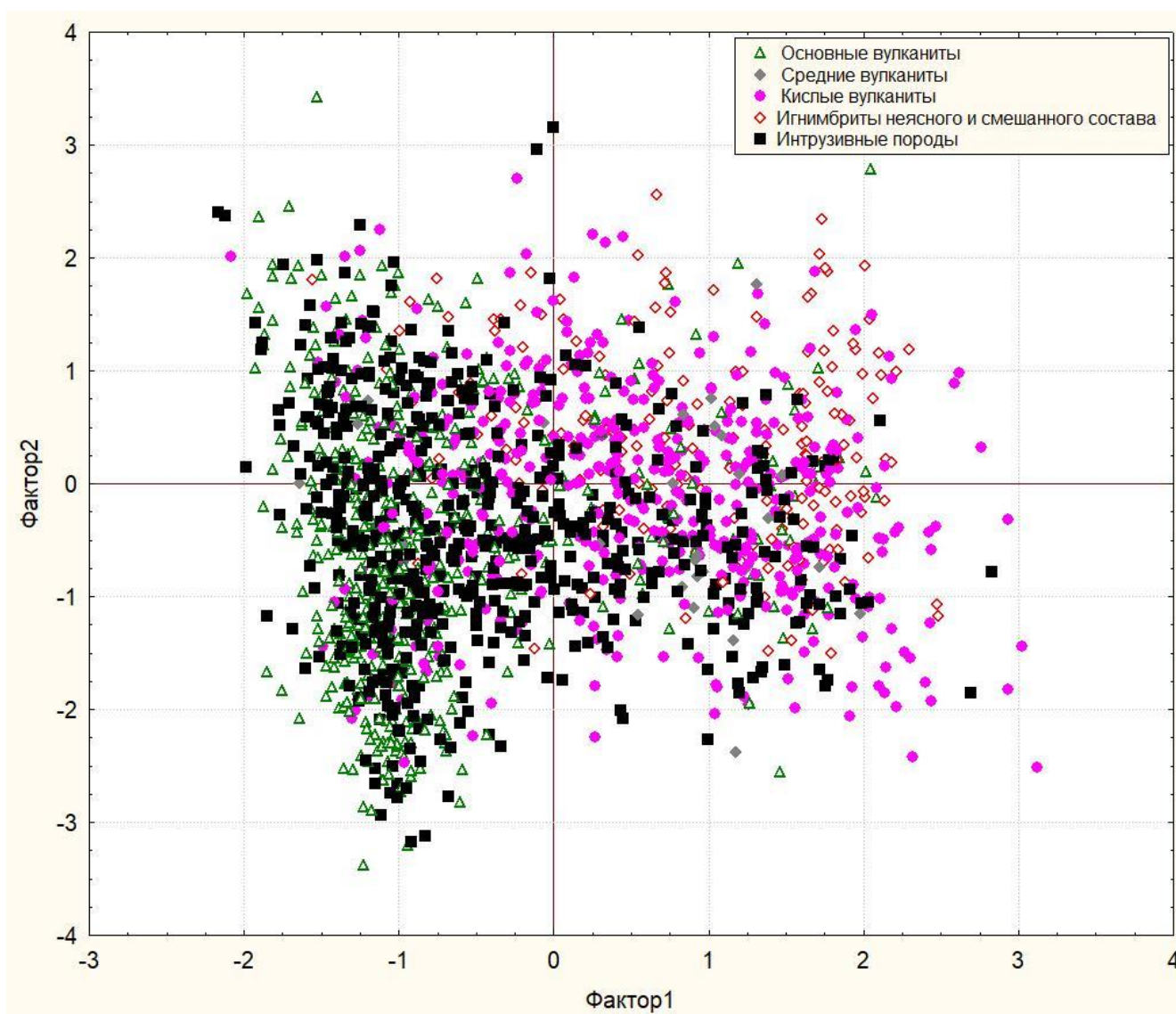


Рис.33: Диаграмма рассеяния зависимости значений Факторов 1 и 2 от состава пород

$$\text{Фактор 3 (7)} \frac{La(45)Cr(29)Ni(23) (Pb)}{Ba(68)K(62)Au(31)Ag(27)As(25)Na(24)Al, Mo(23) (Cu, Zn)}$$

Значимые положительные нагрузки третьего фактора связаны с La,Cr,Ni, а значимые отрицательные нагрузки у Ba,K,Al и у благородных металлов и их спутников. Таким образом это благороднометалльный рудный фактор. Петрографический контроль этого (и следующих) фактора не выражен.



$$\text{Фактор 4 (6)} \frac{Ag(52)As(49)Au(36)Mo(33)Cr(20)}{Ba(53)La(40)Be(35)K(32)Pb(21) (Cu, Zn)}$$

Четвёртый фактор разделяет благороднометальную минерализацию с одной и редкометальную и полиметаллическую минерализацию с другой стороны.

$$\text{Фактор 5 (5)} \frac{Ni, K(24)Ba(20) (Ag, As)}{Pb(65)Zn, Cu(39)Mo(35) (Au)}$$

Значимые отрицательные нагрузки пятого фактора связаны с элементами характернейших сульфидов (Pb,Zn,Cu,Mo).

Предпринята попытка те же методы применить к группам проб, для которых более точно известны полевые определения исходных горных пород. Было собрано 5 выборок: основные вулканиты (513 проб), средние вулканиты (30 проб), кислые вулканиты (487 проб), «игнимбриты» (в большинстве случаев наверняка кислые, 186 проб), интрузивные породы (в большинстве случаев диориты и граниты, 588 проб). Результаты обработки этих данных не дали существенно новой информации. В разных выборках у ряда элементов оказались нормальные распределения Гаусса, однако структуры корреляционных связей схожи между собой и с данными по всем пробам. Первые 2-3 фактора тоже очень близки между собой у всех пород, а у игнимбритов и риолитов узнаются и четвёртый и пятый факторы, что связано с наибольшим распространением этих пород в пробах.

Наиболее интересные особенности выборок заключаются в следующем:

1. В «игнимбритах» наибольшие средние содержания Au,Ag,As,Ки наименьшие Zn,Cuи ряда характернейших «основных оксидов». Высокие содержания Au, Аги As можно объяснить так: игнембриты – самые неоднородные и проницаемые породы на участке, через них легче, а значит в большем объёме проходил гидротермальный поток, который, следовательно, в большем объёме откладывал эти элементы.

2. В интрузивных породах наименьшие средние содержания Au, As, K
3. В основных вулканитах наибольшие средние содержания Mo, Zn, Cu и ряда характернейших «основных оксидов»
4. В интрузивных породах Ba, а в андезитах Sr противопоставляются кластеру «основных оксидов», что отражается и в структурах первых факторов;
5. В андезитах и риолитах As тяготеет к «основным оксидам», что также отражается в структурах первых факторов.

Подводя итоги факторного анализа, стоит отметить, что на результаты большое влияние оказала методика геохимического пробоотбора (из-за которой мы не всегда знаем какие породы и в каких соотношениях находятся в той или иной пробе), которая затушёвывает и искажает ассоциации элементов. Нивелировать эти эффекты нельзя без потери большого объёма информации, необходимо проводить классификацию и сокращение выборок и такая попытка была предпринята. Но за рамками исследования остались такие методы, как вращение факторов и построение графиков значений факторов по профилям.

### **4.3 Построение карт распределений химических элементов**

Построен комплект моноэлементных геохимических карт и карт «знаков» элементов, которые позволили выявить комплексные аномалии. Карты «знаков» элементов строились в случае, когда содержание элемента в более чем половине анализируемых проб находятся ниже порога определения прибора. Такая ситуация сложилась для бора, висмута, кадмия, ртути, серы, сурьмы, тория, таллия, урана, вольфрама. Несмотря на то, что формально данных для построения карт для галлия и лантана достаточно, эти данные малоинформативны, а соответствующие карты весьма условны.

Всего построено 9 карт «знаков» элементов (для 10 элементов) и 26 геохимических моноэлементных карт. Выявлены площадные аномалии высоких порядков прежде всего золота, серебра и их спутника – мышьяка, а также свинца, цинка, кадмия и серы. Небольшие по площади аномалии высоких порядков установлены для молибдена (спутник серебра), меди, сурьмы, калия, бария.

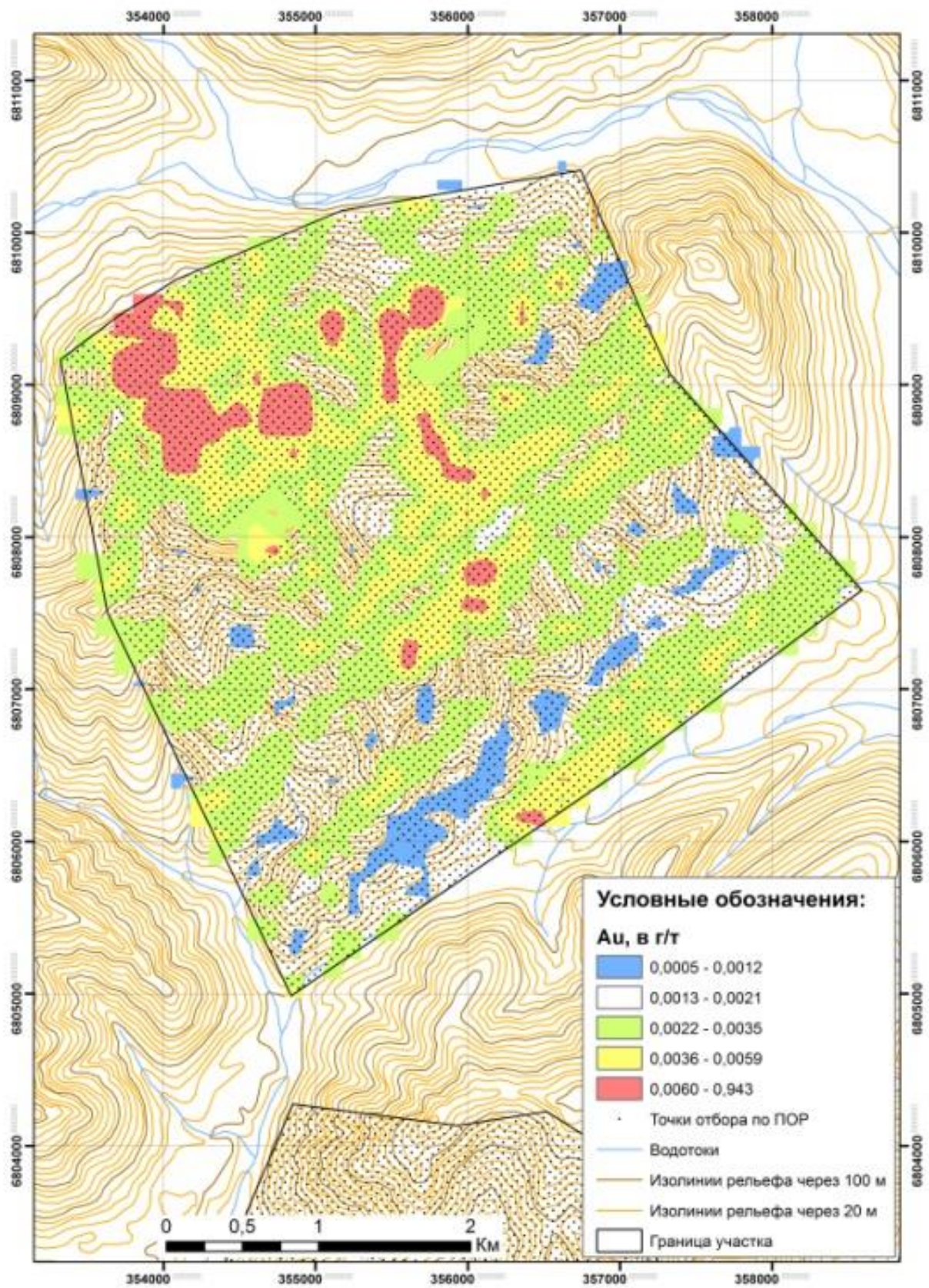
Все карты, кроме Au, Ag, As, Mo, сведены в Приложение 2.

#### **4.3.1 Золото, серебро и элементы-спутники (мышьяк и молибден)**

##### **Золото.**

Фоновое содержание – 0,0012 г/т, аномальное – 0,0059 г/т, максимальное содержание – 0,943 г/т.

В пространственном распределении золота заметно влияние систематических ошибок при пробоотборе или на лабораторном этапе исследований. Однако хорошо видно, что значительные аномалии расположены на северо-западе участка и приурочены к известным зонам кварцевых жил №-№ 1, 3, 3А и южнее зоны №2. Особенных аномалий с зоной №5 не связано, зато аномалии связаны с дайкой диоритов северо-восточнее. Ещё одна крупная аномалия северо-западного (как у зон кварцевых жил) простираения может быть связана с ореолом неизвестной ещё зоны кварцевых жил. И ещё одна аномалия находится на юго-восточной границе участка в мощных четвертичных отложениях вблизи ручья.

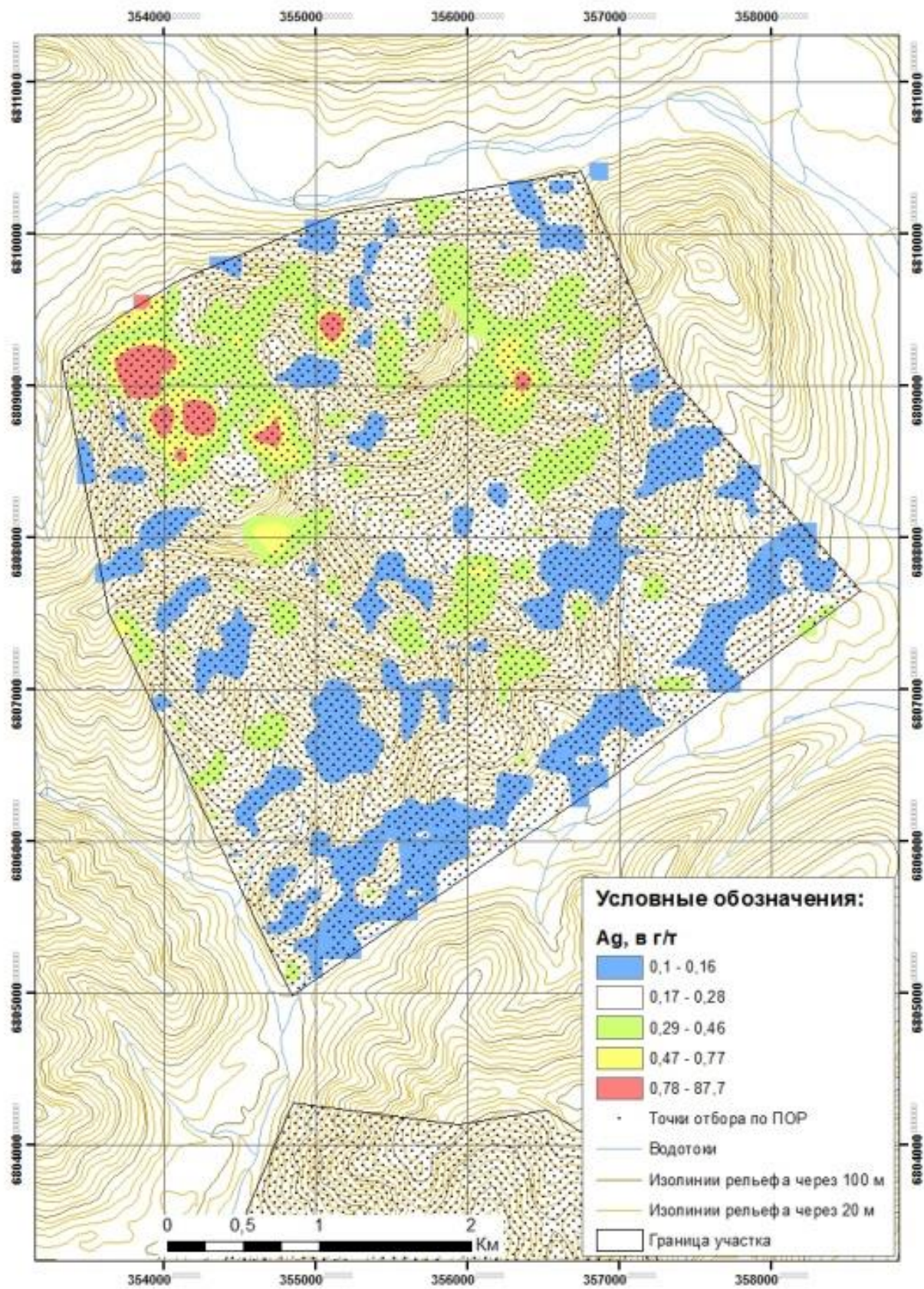


### **Серебро.**

Фоновое содержание – 0,16 г/т, аномальное – 0,77 г/т, максимальное содержание – 87,7 г/т.

Наиболее значительные аномалии серебра расположены на северо-западе участка и связаны с известными зонами кварцевых жил №-№ 1, 3, 3А, 5. Ещё одна значительная аномалия локализуется в четвертичных отложениях южнее зоны №2 и может характеризовать ореол той же или ещё неизвестной кварцевой жилы.



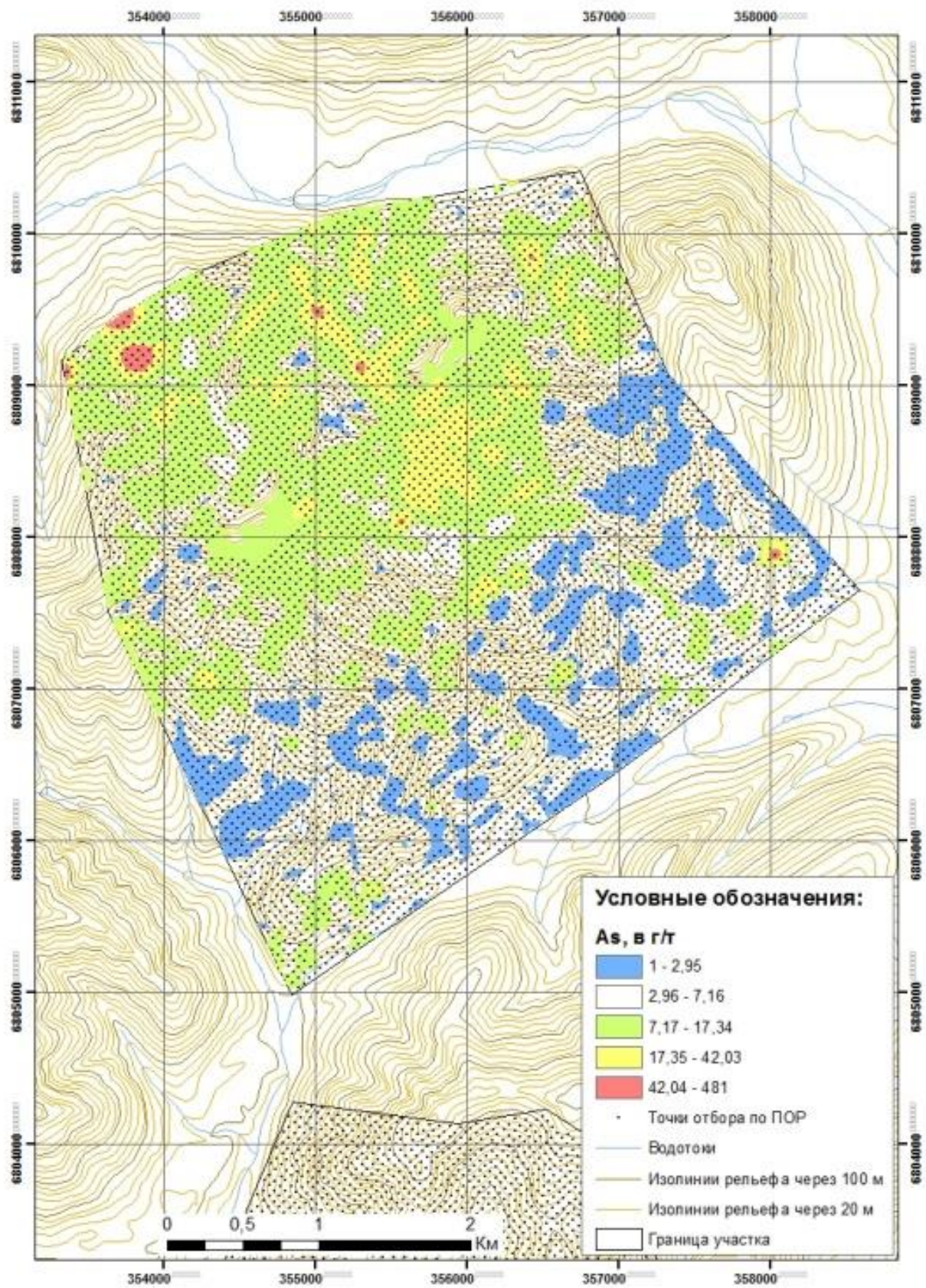




### **Мышьяк.**

Фоновое содержание – 2,95 г/т, аномальное – 42,03 г/т, максимальное содержание – 481 г/т.

На территориальное распределение этого элемента, вероятно, большое влияние оказали систематические ошибки при пробоотборе или на лабораторном этапе исследования. В юго-восточной трети участка средние содержания мышьяка значительно ниже, чем на остальной территории. Наиболее значительные аномалии мышьяка связаны с известными зонами кварцевых жил №-№ 1, 3, 3А, а также с гранитными массивами на западе и северо-западе.

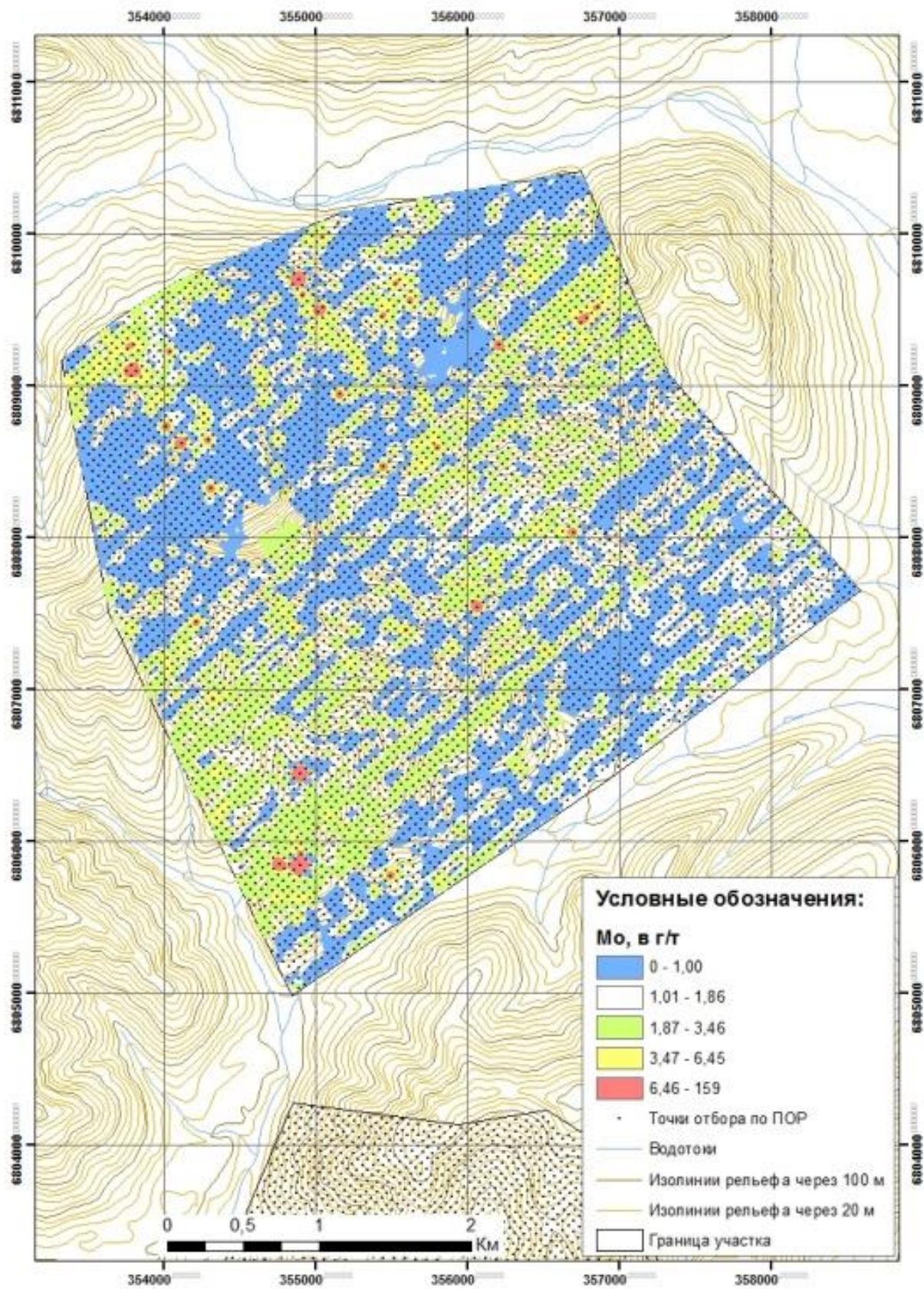


### **Молибден.**

Фоновое содержание – 1 г/т, аномальное – 6,45 г/т, максимальное содержание – 159 г/т.

На распределение молибдена, видимо, большое влияние оказали систематические ошибки при пробоотборе или на лабораторном этапе исследования. Но за эффектом этого видно, что аномальные содержания связаны с полями базальтов на юго-западе и на востоке участка, с известными зонами кварцевых жил и с некоторыми дайками пород кислого и среднего состава.





### 4.3.2 «Основные оксиды» (Al, Ca, Co, Cr, Fe, Mg, Mn, Ni, P, Sc, Sr, Ti, V)

#### Титан, ванадий, магний, кобальт, кальций, железо.

	Ti (вес.%)	V (г/т)	Mg (вес.%)	Co (г/т)	Ca (вес.%)	Fe (вес.%)
Фоновое	0,27	69,60	0,91	9,48	0,97	3,33
Аномальное	1,73	706,02	7,30	76,22	8,79	13,56
Максимальное	0,76	285	3,28	35	7,83	8,32

Пониженные содержания этих элементов наблюдаются в поле развития кислых горных пород, то есть на большей часть участка, а фоновые – преимущественно в поле основных и средних горных пород на юге – юго-западе и на востоке – северо-востоке участка. Площади со слабо аномальными содержаниями этих элементов незначительны или отсутствуют. Рисунок распределения этих элементов по участку условно принят как эталонный для «основных оксидов».

#### Скандий.

Фоновое содержание – 5,31 г/т, аномальное – 34,66 г/т, максимальное содержание – 20 г/т.

Распределение этого элемента соответствует «основным оксидам», но отличается слабыми аномалиями в поле базальтов на юге участка и аномалией в центре участка, связанной, видимо, с одной из гранитных даек.

#### Стронций, алюминий.

	Sr (г/т)	Al (вес. %)
Фоновое	64,74	2,34
Аномальное	502,13	8,43
Максимальное	510	7,14

Распределение этих элементов соответствует «основным оксидам», но отличается значительными по площади слабыми аномалиями в поле базальтов на юге участка.

### **Марганец, хром.**

	Mn (г/т)	Cr (г/т)
Фоновое	532,10	31,07
Аномальное	1718,42	98,21
Максимальное	5360	443

Распределение этих элементов соответствует «основным оксидам», но распределение между разными типами пород менее контрастное, а слабоаномальные содержания тяготеют к основным эффузивным горным породам, некоторым дайкам, а также к гранитному массиву на востоке участка.

### **Никель.**

Фоновое содержание – 6,99 г/т, аномальное – 95,69 г/т, максимальное содержание – 463 г/т.

Распределение этого элемента соответствует «основным оксидам», но распределение между разными типами пород менее контрастное, а слабоаномальные содержания тяготеют к основным и средним горным породам.

### **Фосфор.**

Фоновое содержание – 906,63 г/т, аномальное – 8388,34 г/т, максимальное содержание – 5110 г/т.

Распределение этого элемента соответствует «основным оксидам», но отличается слабыми аномалиями преимущественно в поле андезибазальтов на востоке участка.

### **4.3.3 «Полиметаллы» (Cd, Pb, Zn)**

#### **Цинк.**

Фоновое содержание – 77,77 г/т, аномальное – 284,71 г/т, максимальное содержание – 1860 г/т.

Распределение этого элемента соответствует «основным оксидам», но имеются значительные аномалии содержаний этого металла. Главное аномальное поле расположено севернее поля базальтов на юго-западе участка и образует субширотную полосу шириной до 1 км. Здесь же находится ряд даек кислого и среднего состава. С некоторыми такими дайками на северо-востоке участка и с



зоной кварцевых жил №5 тоже связаны аномальные содержания цинка. С дайками на остальном участке и с другими зонами кварцевых жил аномальные содержания цинка не связаны.

#### **Кадмий.**

Фоновое содержание – 0,31 г/т, аномальное – 1,07 г/т, максимальное содержание – 12,5 г/т.

Несмотря на то, что геохимическую карту для кадмия построить нельзя, видно, что распределение этого элемента очень близко к распределению цинка: также повышенные содержания тяготеют к основным породам, главные аномалии образуют полосу севернее поля базальтов на юге участка.

#### **Свинец.**

Фоновое содержание – 9,61 г/т, аномальное – 53 г/т, максимальное содержание – 961 г/т.

Распределение пониженных и фоновых содержаний свинца отчётливо противоположно тому, что мы видим у «основных оксидов». А вот аномальный концентрации свинца локализованы почти так же, как и у цинка: главное аномальное поле образует такую же субширотную полосу севернее базальтов на юге участка. Ещё одна значительная аномалия находится в самом южном углу участка.

### **4.3.4 Другие элементы (В, Ва, Ве, Ви, Сu, Ga, Hg, К, La, Na, S, Sb, Th, Тl, U, W)**

#### **Медь.**

Фоновое содержание – 18,90 г/т, аномальное – 83,17 г/т, максимальное содержание – 489 г/т.

На распределение меди большое влияние оказала систематическая ошибка на лабораторном этапе исследований: в юго-восточной трети участка без видимых причин содержание меди в среднем значительно выше, чем на остальной территории – ситуация обратная распределению мышьяка. Но за этим эффектом видно, что распределение этого элемента соответствует «основным оксидам».

Однако максимальная аномалия связана не с основными породами, а с зоной кварцевых жил №5.

#### **Бериллий.**

Фоновое содержание – 0,50 г/т, аномальное – 2,09 г/т, максимальное содержание – 2,5 г/т.

Пониженные и фоновые содержания распределены равномерно по всему участку, а слабоаномальные содержания связаны с некоторыми дайками северо-восточного простирания.

#### **Галлий.**

Фоновое содержание – 10,01 г/т, аномальное – 17,99 г/т, максимальное содержание – 20 г/т.

На большей части участка пониженные содержания галлия, аномальные содержания тяготеют к основным породам и некоторым дайкам пород кислого и среднего состава.

#### **Лантан.**

Фоновое содержание – 10,69 г/т, аномальное – 38,04 г/т, максимальное содержание – 40 г/т.

Распределения лантана достаточно равномерное в разных эффузивных породах, а слабоаномальные содержания этого элемента связаны с массивами гранитов и дайками пород кислого и среднего состава.

#### **Натрий.**

Фоновое содержание – 0,16 %, аномальное – 0,60 %, максимальное содержание – 0,79 %.

Пониженные содержания натрия характерны для большей части участка, а фоновые и аномальные тяготеют преимущественно к полям распространения базальтов, особенно на юге – юго-западе участка.

#### **Калий.**

Фоновое содержание – 0,20 %, аномальное – 0,56 %, максимальное содержание – 1,26 %.

Пониженные и фоновые содержания калия связаны преимущественно с

полями основных и средних эффузивных горных пород на юге и с гранитным массивом на востоке участка. Слабоаномальные содержания характерных для большей части кислых эффузивов, а самые значительные аномалии расположены в центре и на северо-западе участка и связаны с некоторыми зонами кварцевых жил и иногда с гранитными массивами.

### **Сера.**

Фоновое содержание – 0,01 %, аномальное – 0,05 %, максимальное содержание – 1,17 %.

Повышенные содержания серы расположены на юго-западе, севере и северо-востоке и в центре участка и связаны с полями основных пород, с районами распространения даек разного состава и с зонами кварцевых жил.

### **Барий, висмут, ртуть.**

	Ва (г/т)	Ві (г/т)	Hg (г/т)
Фоновое	39,24	1,53	0,63
Аномальное	111,36	9,23	1,83
Максимальное	3800	14	2

Эти элементы распространены достаточно равномерно по всему участку и не обнаруживают закономерностей локализации аномальных содержаний. Значительные аномалии содержаний бария расположены на западе, северо-западе и на востоке участка. Из-за плохой точности определений содержаний висмута и ртути сложно говорить о каких-либо площадных аномалиях.

### **Сурьма.**

Фоновое содержание – 1,27 г/т, аномальное – 4,99 г/т, максимальное содержание – 8 г/т.

На распределение сурьмы явно оказали влияние систематические ошибки при пробоотборе или на лабораторном этапе исследований. Точность определения содержания сурьмы несколько выше, чем для висмута и ртути, но количество проб, в которых сурьмы больше порога определения, значительно меньше. Однако заметно, что повышенные содержания сурьмы связаны с теми же территориями, что и у «оснований», а кроме того с некоторыми дайками и с зонами кварцевых жил.

### **Таллий.**

Фоновое содержание – 5,22 г/т, аномальное – 8,60 г/т, максимальное содержание – 20 г/т.

Повышенные содержания таллия связаны, видимо, либо с некоторыми дайками северо-восточного простирания, либо вызваны систематическими ошибками при пробоотборе или на лабораторном этапе исследований. Наибольшие содержания таллия обнаружены на юго-западе участка в поле базальтов вблизи одной из гранитных даек.

Количество проб, с содержаниями урана, вольфрама, бора и тория, которые выше порога определения, столь незначительно, что нет никакого смысла рассчитывать для них любые статистические параметры.

**Уран.** Всего в 64 пробах содержания выше порога определения. Повышенные содержания урана связаны, видимо, либо с некоторыми дайками северо-восточного простирания, либо вызваны систематическими ошибками при пробоотборе или на лабораторном этапе исследований. Наибольшие содержания урана обнаружены на юго-западе участка в районе контакта базальтов с кислыми вулканитами и небольшой гранитной интрузией.

**Вольфрам.** Всего в 68 пробах содержания выше порога определения. Повышенные содержания вольфрама связаны, видимо, либо с некоторыми дайками северо-восточного простирания преимущественно на северо-западе участка, либо вызваны систематическими ошибками при пробоотборе или на лабораторном этапе исследований. Наибольшее содержание вольфрама обнаружено на Востоке участка в районе гранитной интрузии.

**Бор, торий.** Количество проб, в которых содержание этих элементов выше порога обнаружения, столь незначительно, что невозможно делать выводы о закономерностях их распределения. Бор встречен в двух пробах: на севере и на самом юге участка. Торий встречен в трёх пробах: на западе и на самом востоке участка.

Основные выводы, полученные по результатам обработки химических данных, сводятся к следующему:

1. Характерными элементами-спутниками Au и Ag являются As и Mo, при чём последний более характерен как спутник Ag; жёсткой связи между полиметаллическим и благороднометальным оруденением нет;

2. Среди химических элементов выделяется обширный комплекс сходно ведущих себя фемафильных (Fe, Mg, Ti и др.), халькофильных (Cu, Ni, Zn и др.) и тяготеющих к ним элементов (Al, Na, P и др.), которые отражают специализацию исходных горных пород. К ним же тяготеют Ag и Mo. Всем этим элементам противопоставляется небольшая группа элементов – K, Au, As;

3. Интерпретация факторного анализа показала, что:

Фактор 1 - отражает состав исходных пород;

Фактор 2 – комплексный рудный фактор, который может быть связан с характером вторичных образований, сильнее проявляющихся в эффузивных породах;

Фактор 3 – благороднометальный;

Фактор 4 – разделяет благороднометальную и полиметаллическую минерализацию;

Фактор 5 – сульфидный;

4. Наибольшие содержания Au, Ag, As (но не Mo) обнаруживаются в игнимбритах кислого состава. Положение и конфигурация важнейших аномалий этих элементов в ПОР предсказуемо контролируется положением уже известных кварц-карбонатных жильных зон (прежде всего №№1,3,3А) северо-западного простирания на северо-западе же участка. Обнаружены также площадные аномалии высоких порядков, напрямую не связанные с известными жильными зонами.



## Обсуждение результатов

В процессе разработки критериев для геолого-поисковой модели локализации золото-серебряного оруденения на изучаемом участке автор опирался на:

1. На материалы предшественников о районе работ, о месторождении и об участке, анализ которых дал автору предпосылки поиска оруденения, регионально-структурный, тектонический, стратиграфический, морфологический факторы локализации оруденения на участке

2. На данные собственных петрографических, минераграфических и микронзондовых исследований и на результаты математического анализа химических данных. На основании этих данных выделены магматический, гидротермально-метасоматический, минералогический, геохимический факторы локализации оруденения на участке.

Ниже приводится таблица (Табл.10) с краткими описаниями критериев и их ранжированием.

Собственно геолого-поисковая модель золото-серебряного оруденения на участке Спиридоныч по мнению автора выглядит так:

золото (преимущественно в самородной форме) и серебро (преимущественно в самородной и сульфидной формах) ассоциируются с сульфидной вкрапленностью,

локализуются в кварц-карбонатных жильных телах и зонах прожилкования, расположенных в поздне меловых покровах риолитов, кислых туфов и игнимбритов липаритовой толщи (K<sub>2</sub>lp),

сопровождаются кварц-карбонатными, карбонатными и кварц-серицитовыми ГМИ

контролируются сбросами восточного борта Неоколчан-Калалагинского грабена

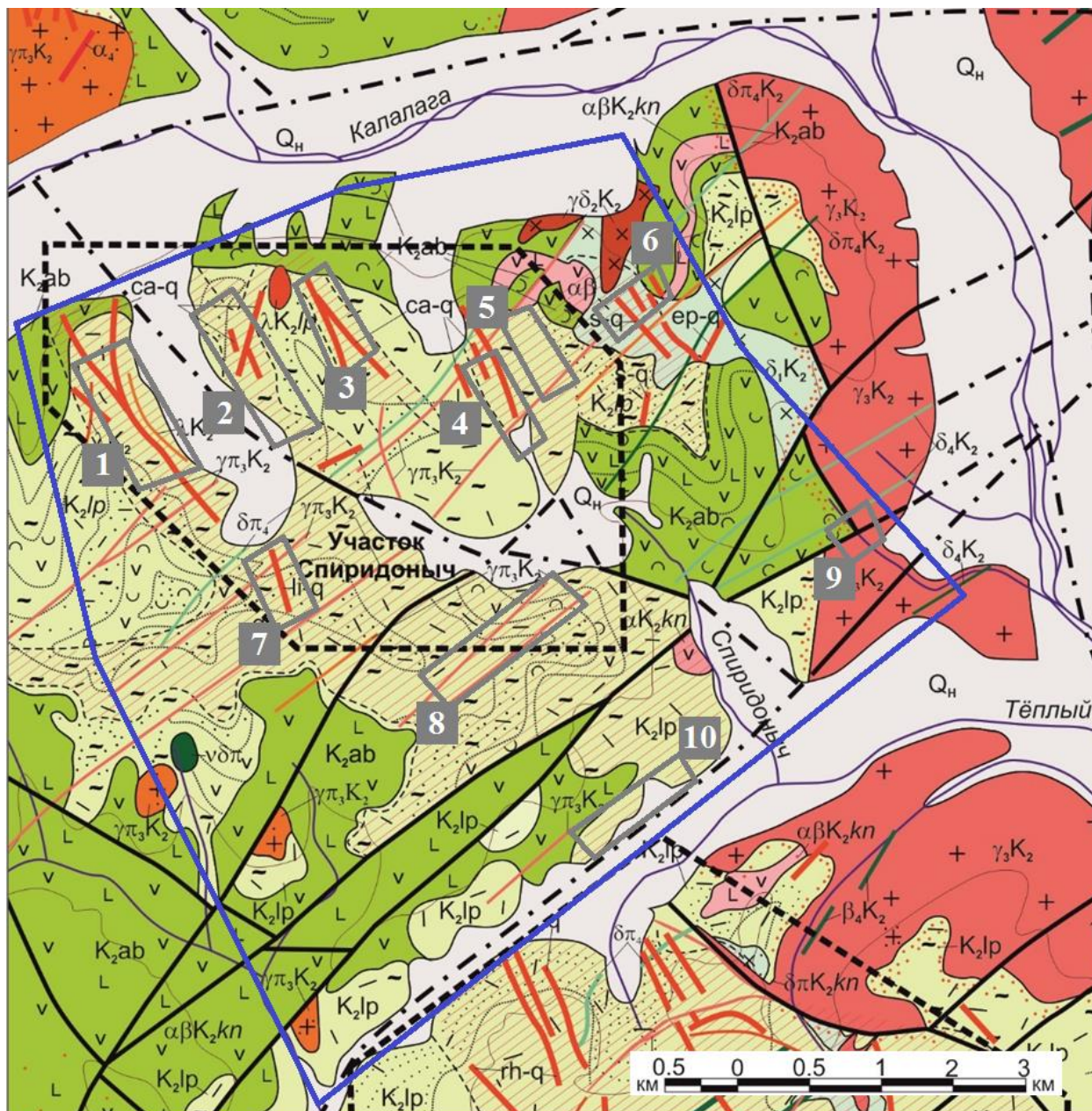
и в геохимическом плане отражаются в собственных ореолах и ореолах аномальных содержаний мышьяка и молибдена

Эти критерии необходимо учитывать при поисках золото-серебряных

объектов в данном металлогеническом районе. Применение данных критериев к участку Спиридоныч подтвердило его перспективность в целом и позволило выделить 10 участков, перспективных для постановки детальных поисковых работ (Рис.34). Из них участки 1,2,3,4,6,7 связаны с уже известными зонами кварц-карбонатных жил, участки 5 и 10 расположены в поле кислых вулканитов, участок 8 связан с гранодиоритовыми дайками, а участок 9 – с пересечением небольших разломов.

Тип критерия	Описание критерия	Поисковая применимость критерия
Регионально-структурный	Участок расположен в центральной части Калалагинской вулканотектонической депрессии, образовавшейся на пересечении структур Тикской кальдеры и Неоколчан-Калалагинского грабена	Географическая составляющая критерия второстепенна, но структурный рисунок (депрессия на пересечении кальдеры и грабена) может быть важным критерием
Тектонический	Рудные тела пространственно тяготеют к крутопадающим краевым сбросам восточного борта Неоколчан-Калалагинского грабена и расположены субпараллельно этим сбросам (азимуты простираения 315-350°)	Важный критерий, однако стоит иметь ввиду, что ориентация структур в пространстве может сильно варьировать от объекта к объекту
Стратиграфический	Оруденение связано с нестратифицированными телами, связанными однако преимущественно с позднемеловой липаритовой (K <sub>2</sub> lр, риолит-игнимбритовой) толщей, мощностью до 500 м	Второстепенный критерий, так как даже на участке рудные тела иногда выходят за пределы этой толщи
Магматический	Связи рудных тел с интрузивными комплексами не наблюдается. Рудные тела располагаются преимущественно в покровах кислых туфов и игнимбритов.	Второстепенный критерий, так как даже на участке рудные тела иногда выходят в другие эффузивные горные породы
Гидротермально-метасоматический	Оруденение связано с кварц-карбонатными гидротермальными жилами и сопровождается кварц-карбонатной (и, возможно, карбонатной и карбонат-серицитовой) метасоматической минерализацией	Важный, но наименее достоверный из полученных в данной работе критериев
Минералогический	Золото-серебряное оруденение связано с сульфидной минерализацией (пирит, галенит, халькопирит, сфалерит), при чём вероятность обнаружения минералов золота и серебра растёт вместе с разнообразием сульфидов	Важный, но слабоподтверждённый в данной работе критерий
Морфологический	Рудные тела представлены жилами и зонами прожилкования протяжённостью 500-2600 м и мощностью до 30 м	Важный критерий
Геохимический	Оруденение связано с комплексными геохимическими аномалиями золота, серебра, мышьяка и, в меньшей степени, молибдена	Наиболее важный критерий по уровню достоверности, полученному в данной работе

Табл.10: Критерии локализации золото-серебряной минерализации на участке Спиридоныч



**Перспективные участки для постановки детальных работ и их номера**



**Участок геохимического опробования по ПОР**

Рис. 34: контуры перспективных участков

## Заключение

При прогнозировании золото-серебряного оруденения для ранжирования территории важно учитывать региональные критерии, постепенно сокращая площади поисков. На этапе поисков для данной работы важным оказался тщательный контроль качества опробуемого материала. Для оценки перспектив обязательно необходимо учитывать все известные критерии локализации оруденения: геохимический, метасоматический, минералогический и другие.

Однако перспективность и тем более промышленная значимость должны обосновываться не из геологических, а из геолого-экономических показателей, таких как средние содержания металлов в руде, масштабы оруденения и эффективность извлечения, наличие попутных полезных компонентов и вредных примесей, транспортная доступность, доступность трудовых ресурсов и многие др. Очевидно, что всё это не относится к цели данной работы.

При выполнении исследования автор столкнулся с такими проблемами, как недостатки в методике пробоотбора по ПОР, крайне ограниченное количество каменного материала, доступность некоторой информации о месторождении. Решение этих проблем в полном объёме в ближайшее время вряд ли произойдёт, но если бы этих проблем не было, то в ходе исследования возможно было бы точнее охарактеризовать геохимическое поле участка Спиридоныч, подробнее изучить рудную минерализацию, особенности гидротермальных жил и ГМО, составить подробную карту ГМО.

За рамками исследования осталось то, что данный тип руд имеет отчётливое отражение в геофизических полях. Однако стоит отметить, что подобные руды из-за наличия самородных металлов и сульфидных минералов могут быть обнаружены прежде всего при электроразведке.



## Список литературы и Интернет-ресурсов

1. Бабкин П.В., Полезные ископаемые Магаданской области. Магадан, Магаданское кн. изд-во, 1974 г.
2. Карачаев П.В. Геология Приморского золото-серебряного месторождения. Магадан, Золото-ДВ, 2010 г.
3. Плющев Е.В., Шатов В.В., Кашин С.В., Металлогения гидротермально-метасоматических образований. Санкт-Петербург, изд-во ВСЕГЕИ, 2012
4. Саранчина Г.М. Породообразующие минералы (методика определения кристаллооптических констант, характеристика минералов). Санкт-Петербург, изд-во Санкт-Петербургского университета, 1998
5. Спиридонов Э.М. Обзор минералогии золота в ведущих типах Au минерализации // Золото Кольского полуострова и сопредельных регионов. Апатиты, изд-во К & М 2010, стр. 143–171.
6. Ханчук А.И., Геодинамика, магматизм и металлогения востока России. Владивосток, Дальнаука, 2005
7. Чехов А.Д., Тектоническая эволюция северо-востока Азии. Москва, Научный мир, 2000 г.
8. <https://ru.wikipedia.org>
9. <http://www.meteo.magadan.ru>
10. <https://maps.google.ru>

## Приложение 1. Корреляционная матрица логарифмированных содержаний элементов по всему массиву данных

	Au	Ag	Al	As	Ba	Be	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	Ga	K	La	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Sc	Sr	Ti	V	Zn
Au	1,00																									
Ag	0,24	1,00																								
Al	-0,08	0,11	1,00																							
As	0,24	0,26	-0,09	1,00																						
Ba	0,00	-0,03	0,19	-0,06	1,00																					
Be	0,01	0,08	0,38	0,01	0,08	1,00																				
Ca	-0,09	0,11	0,85	-0,14	0,03	0,42	1,00																			
Co	-0,10	0,09	0,86	-0,06	0,07	0,31	0,86	1,00																		
Cr	0,00	0,11	0,32	-0,01	-0,10	0,19	0,36	0,36	1,00																	
Cu	-0,04	0,00	0,59	-0,18	0,08	0,23	0,61	0,57	0,26	1,00																
Fe	-0,10	0,10	0,91	-0,08	0,13	0,34	0,88	0,92	0,35	0,63	1,00															
Ga	-0,06	-0,01	0,52	-0,07	0,05	0,33	0,52	0,51	0,20	0,39	0,53	1,00														
K	0,18	0,03	-0,23	0,17	0,52	-0,01	-0,45	-0,42	-0,26	-0,34	-0,40	-0,20	1,00													
La	0,00	-0,07	-0,05	-0,06	0,02	0,48	0,07	-0,03	0,16	0,03	0,00	0,15	-0,06	1,00												
Mg	-0,11	0,12	0,87	-0,07	0,03	0,32	0,89	0,95	0,40	0,58	0,93	0,53	-0,46	-0,01	1,00											
Mn	-0,03	0,19	0,69	0,01	0,12	0,35	0,66	0,71	0,25	0,43	0,75	0,41	-0,21	0,02	0,75	1,00										
Mo	0,12	0,16	0,17	0,14	-0,01	0,02	0,16	0,17	0,09	0,21	0,19	0,10	-0,08	-0,04	0,15	0,12	1,00									
Na	-0,12	-0,09	0,58	-0,28	0,19	-0,03	0,54	0,46	0,21	0,54	0,54	0,26	-0,23	-0,21	0,45	0,23	0,16	1,00								
Ni	-0,09	0,11	0,63	-0,02	-0,05	0,37	0,71	0,77	0,58	0,43	0,70	0,45	-0,42	0,14	0,80	0,51	0,13	0,25	1,00							
P	-0,10	0,14	0,81	-0,08	0,04	0,47	0,89	0,87	0,40	0,57	0,90	0,52	-0,44	0,20	0,90	0,70	0,16	0,38	0,76	1,00						
Pb	0,07	0,05	-0,19	0,08	-0,01	0,18	-0,16	-0,22	-0,06	0,03	-0,17	-0,04	0,11	0,23	-0,21	0,09	0,02	-0,22	-0,12	-0,12	1,00					
Sc	-0,13	-0,01	0,73	-0,08	0,11	0,37	0,73	0,77	0,23	0,52	0,80	0,52	-0,34	0,08	0,78	0,59	0,17	0,39	0,61	0,73	-0,11	1,00				
Sr	-0,14	0,05	0,83	-0,22	0,05	0,25	0,90	0,79	0,35	0,66	0,82	0,45	-0,49	-0,03	0,82	0,54	0,18	0,69	0,62	0,79	-0,20	0,65	1,00			
Ti	-0,14	0,05	0,77	-0,13	-0,01	0,33	0,88	0,83	0,35	0,62	0,86	0,54	-0,50	0,07	0,88	0,62	0,16	0,50	0,72	0,88	-0,13	0,76	0,82	1,00		
V	-0,11	0,08	0,88	-0,09	0,05	0,32	0,91	0,93	0,37	0,61	0,95	0,54	-0,45	-0,01	0,95	0,66	0,18	0,56	0,75	0,90	-0,22	0,80	0,85	0,90	1,00	
Zn	-0,08	0,13	0,66	-0,06	0,09	0,30	0,64	0,64	0,23	0,59	0,71	0,41	-0,31	0,02	0,67	0,73	0,16	0,35	0,46	0,65	0,20	0,57	0,61	0,64	0,64	1,00

## Приложение 2. Карты геохимических аномалий и «знаков» элементов (В порядке рассмотрения элементов в работе)

