

Санкт-Петербургский государственный университет

МИНИБАЕВ Никита Русланович

Выпускная квалификационная работа

***Геологическое строение и типы оруденения Наследницкого участка (Южный
Урал)***

Уровень образования: магистратура
Направление 05.04.01 «Геология»
Основная образовательная программа ВМ.5515.2020 «Геология»

Научный руководитель:
Доцент, к.г.-м.н.,
Петров Сергей Викторович

Рецензент: ООО «ЛИМС»,
Федоров. С.А.

Санкт-Петербург
2022

Аннотация

«Геологическое строение и типы оруденения Наследницкого участка (Южный Урал)»

В работе рассмотрены геологическое строение и типы оруденения Наследницкого участка, входящего в состав Уральской металлогенической провинции, расположенного на территории Челябинской области.

В процессе работы были изучены данные, полученные на основе изучения собранного каменного материала, литературные данные предшественников, определен петрографический состав пород. Изучено три типа минерализации: железорудная, графитовая и золоторудная. Проведен ряд анализов для уточнения минералогического состава пород и руд, свойств некоторых полезных ископаемых на участке.

Результатом работы является подробное петрографическое описание пород и руд, слагающих разрез поисковой скважины №23, на содержимом которой основывалась настоящая работа. Выделение потенциально продуктивных типов минерализации по разрезу: железорудная и графитовая могут иметь экономическую значимость. Получены новые уникальные данные по территории.

Объем работы: 58 страниц, 28 рисунков, 4 таблицы, список литературы, 5 приложений.

Ключевые слова: Челябинская область, Брединский район, Сосьвинско-Суундукская минерагеническая зона, скарны, железо, графит, геологическое строение, рудная минерализация.

Abstract

«Geological formation and types of mineralization of Naslednitsky sector (The South Urals)»

The paper considers the geological structure and types of mineralization of the Naslednitsky area, which is a part of the Ural metallogenic province, located on the territory of the Chelyabinsk region.

While writing the work, the data obtained on the basis of the study of the collected stone material, the literature data of the predecessors were studied, the petrographic composition of the rocks was determined. Three types of mineralization were studied, which include iron ore, graphite and gold ore. A number of analyzes were carried out in order to clarify the mineralogical composition of rocks and ores, the properties of some minerals in the area.

The result of the work is a detailed petrographic description of the rocks and ores that makes up the section of exploration well No. 23, on the contents of which this work was based. Identification of potentially productive types of mineralization along the section: iron ore and graphite may have economic significance. New territorial data was received.

The paper consists of: 58 pages, 28 figures, 4 tables, bibliography, 5 appendices.

Key words: Chelyabinsk region, Bredinsky district, Sosva-Sunduk mineragenic zone, skarns, iron, graphite, geological structure, ore mineralization.

Оглавление

Введение	4
ГЛАВА 1. ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА И ОБЗОР РАНЕЕ ПРОВЕДЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	6
ГЛАВА 2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИЗУЧАЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ	9
2.1 Административное положение и физико-географический очерк	9
2.2 Общая геология территории	10
2.3 Стратиграфия.....	12
2.4 Тектоника.....	15
2.5 Магматизм	18
ГЛАВА 3. СТРУКТУРНО-ВЕЩЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ РАССМАТРИВАЕМОГО ОБЪЕКТА.....	20
3.1 Петрографическая характеристика.....	20
4.2 Типы оруденения и последовательность минералообразования.....	29
ГЛАВА 5. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ ПУТЕМ ФАКТОРНОГО И КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗОВ	36
ГЛАВА 6. ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНОСТИ УЧАСТКА НА ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ.....	41
6.1 Железорудное сырье	41
6.2 Рудное золото	44
6.3 Графит	45
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	52
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ.....	53
ПРИЛОЖЕНИЯ	54

Введение

С момента появления первого интереса человека к полезным ископаемым уральский регион пользовался большой популярностью. На территории Урала обнаружена практически все элементы из периодической таблицы Д.И. Менделеева. Найдено порядка тысячи различных видов минерального сырья и более чем 12000 бассейнов полезных ископаемых. Железная руда и графит не стали исключениями и многочисленными месторождениями этих полезных ископаемых расположены на территории Уральских гор.

Железная руда с момента первого использования и по сей день является крайне востребованным полезным ископаемым. Добыча железной руды из скарных железорудных месторождений является одним из главных источников получения данного вида сырья. Именно к таким и относится Наследницкий участок. После проведения геолого-геофизических работ в 1955-1965 годах рассматриваемая территория в Брединском районе Челябинской области стала перспективной на возможность появления здесь месторождения железорудных скарнов.

Зимой 2020 года геологоразведочная партия «Рудник» ПАО «ММК» начала поисковую стадию геологоразведочных работ на территории Наследницкого участка. Целью их работы является уточнение и заверка результатов работ предшественников. Благодаря проделанной работе партии удалось заполучить материал для написания данной магистерской диссертации, чтобы внести свой небольшой вклад в изучение и развитие уральского региона.

По результатам бурения поисковых скважин на территории участка были обнаружены метаморфические породы с содержанием графита, который может быть использован в практических целях. Из-за его появления в разрезе скважины №23 нельзя не изучить и не дать первичную характеристику данному полезному ископаемому, который мог бы представлять попутный интерес при добыче магнетитовых скарнов. Из-за своих физических свойств графит является неотъемлемой частью многочисленных производств важнейших для человека вещей. Основными направлениями использования графита являются: черная и цветная металлургии, производство высокоуглеродистой стали, литейное дело, также значительная часть графита уходит на производство электродов, скользящих контактов, деталей ядерных втулок и др. Графит является основным сырьем для промышленного синтеза технических алмазов. Полезность и практичность этого полезного ископаемого сложно

недооценить, поэтому получение новых источников графитового сырья является важной задачей.

Материал для написания настоящей ВКР представлен керном из поисковой скважины №23, которая пересекает возможные места локализации оруденения. С 60-х годов прошлого века на территории Наследницкого участка не проводились геологические исследования. Первично были намечены планы по анализам каменного материала: проверить сульфидность магнетитовых руд, проверить наличие медной минерализации в сульфидных скарновых рудах и изучить мощные зоны окварцевания на наличие золота.

Актуальность темы. Рассматриваемый в настоящей работе Наследницкий участок является достаточно интересным объектом как с точки зрения его геологического строения и изученности территории, так и с точки зрения возможного получения практической пользы в виде железной руды и графитового материала. На момент написания ВКР на территории объекта исследования проводится полномасштабные поисковые работы геологоразведочной партией цеха «Рудник» ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат». Наследницкому железорудному участку пока ещё не присвоен статус «месторождения». Именно поэтому совместная работа с коллегами из ММК позволит рационально и быстро изучить потенциально-продуктивную территорию и добавить новое месторождение в рудную базу ММК к месторождению Малый Куйбас.

Целью настоящей работы является определение закономерностей локализации золоторудного, железорудного и графитового оруденения в породах Наследницкого участка на основе разреза скважины №23.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие **задачи**:

1. Изучение геологическое строение района исследований, систематизировать данные по изученности железорудных скарнов.
2. Проведение химического и минералого-петрографического анализа руд и вмещающих горных пород.
3. Вещественная характеристика железорудных скарнов.
4. Статистическая обработка геохимических данных и их интерпретация.
5. Установление наличия графитового сырья на изучаемом разрезе.

ГЛАВА 1. ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА И ОБЗОР РАННЕЕ ПРОВЕДЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Участок работ расположен в южной части Южного Урала в Брединском муниципальном районе Челябинской области в непосредственной близости к границе Оренбургской области и Республики Казахстан.

Геологические исследования в этой части Урала начались в первой половине XIX столетия. История исследований Брединского (ранее Полтаво-Брединского) района отчётливо разделяется на три периода. Первый из них характеризуют маршрутные и кратковременные экспедиционные работы конца XIX и начала XX века. Большинство из этих работ было посвящено самым общим описаниям геологии района и минералогии коренных золоторудных месторождений и россыпей. В 1836 году Г.П. Гельмерсен привёл первые отрывочные сведения о геологии района. В это время были отмечены выходы гранитов и змеевиков по р. Берсуат у пос. Наследницкого.

В начале XX столетия большое внимание исследователей было направлено на изучение угленосности площади в связи с освоением Брединского каменноугольного месторождения.

Для второго этапа характерны поисковые работы 30-х – 40-х годов, которые проводились с целью поисков, оценки и изучения известных проявлений золота, угля, хромита, никеля и других полезных ископаемых. В этот период на отдельных разрозненных участках площади начинают выполняться геологосъёмочные работы, продолжавшиеся в том числе и в войну 1941-1945 годов.

В 1932-1934 гг. на угленосных и смежных с ними площадях западной половины района проводилась одна из первых геологических съёмок масштаба 1:500000 Н.Ф. Мамаевым. В 1934 году Брединский район посетил Г.А. Соколов, изучивший вулканизм Полтаво-Брединского района. В 1934 г. гидрогеологические условия района изучал И.К. Зайцев. В 1937 г. Е.Ф. Чирковой была описана флора нижнего карбона.

В 1945 г. Н.Ф. Мамаевым была составлена сводная геологическая карта листа N-41-XXXI по личным наблюдениям и материалам других исследователей. Завершением этого этапа можно считать издание геологической карты масштаба 1:200000 листа N-41-XXXI в 1946 году.

На стадии второго этапа происходило накопление разнообразного фактического материала и его первоначальная обработка в пределах выполняемых работ каждым исследователем. При этом зачастую не были увязаны легенды карт и сами карты.

С начала 50-х годов на третьем этапе в районе широко проводятся

геологосъёмочные работы с применением геофизических и геохимических методов исследования, проводится изучение отдельных разрозненных участков; и в 1956 году Мамаев Н.Ф. вновь подготавливает к изданию «Геологическую карту СССР, масштаб 1:200000 листа N-41-XXXI (Бреды)» и объяснительную записку к ней, где рассмотрено регионально строение площади в представлении как окраины геосинклинальной области с выступами древнего фундамента и значительно развитой складчатостью.

В 1955 г. в западной части района, в помощь геологическому картированию была выполнена аэромагнитная съёмка масштаба 1:25 000 (Евстигнеев А.В.). Съёмка проводилась на сравнительно небольшой площади по титулу «редкие» с магнитометром АСГМ-25.

В 1958-1961 гг. Уральской партией БГЭ с использованием материалов наземных съёмок были составлены магнитные карты масштаба 1:200 000 на всю площадь района работ.

В период 30-х – 50-х годов XX столетия геофизические исследования успешно решали частные задачи геологического строения и поисков полезных ископаемых. К началу 60-х годов практически вся площадь листа N-41-XXXI, в пределах которого расположен участок работ, была покрыта наземными и аэромагнитными съёмками.

В 1962 году силами Уральской экспедиции (руководитель В.Н. Уфимцев) на территории листа N-41-133в была выполнена аэромагнитная съёмка масштаба 1:25000. В результате этих работ в пределах описываемой площади обнаружена Поперечинская группа магнитных аномалий.

В 1962-63 гг. на территории района, Челябинской геофизической экспедицией была проведена гравиметрическая съёмка масштаба 1:200 000 (сеть 4 x 1 км). По результатам гравиметрической съёмки в западной части района, к северу от села Павловское, отмечается повышение гравитационного поля, обусловленное, по мнению автора отчета (Майков, 1963 г), блоком более древних пород, чем ордовик, с плотностью, порядка 2,80 г/см³. Четким гравитационным минимумом отмечается Наследницкий гранитный массив. Восточный край Наследницкого массива, согласно геологическим данным, в северной его части ограничен тектоническим нарушением меридионального простирания, которое, судя по характеру гравитационного поля, прослеживается, вероятно, и далее на юг. Пониженное гравитационное поле над Наследницкой интрузией имеет ассиметричный характер, что свидетельствует о ее падении на запад под Павловское поднятие (Майков, 1963 г). Таким же гравитационным минимумом, но меньшей интенсивности, отмечаются граниты Андреевской интрузии, расположенные восточнее Наследницкой интрузии.

В восточной части района гравиметровой съемки отмечается положительное гравитационное поле, на фоне которого отмечаются отдельные максимумы силы тяжести. В районе поселка Андреевский гравитационный максимум совпадает с гранодиоритами Андреевской интрузии, слагающими крыло крупного лакколита. Интенсивный максимум южнее пос. Андреевского вызван по мнению исследователей (Майков, 1963 г) толщей эффузивов основного состава – диабазов, порфириров и их туфов – имеющих плотность от 2,8 до 3,0 г/см³ и выше.

В 1964 г. Медведев А.Е. проводил магнитометрические работы по сети 200 x 60 м на поиски месторождений железа. Эти исследования в нашем районе проведены на трех участках. Наиболее интенсивные аномалии до +1200 гамм получены в районе Андреевской аномалии. Однако, автор не дает положительных заключений о перспективности аномалий на железные руды.

В 1965-1966 гг. Д.М. Шендерович, Б.Ф. Данилин, Г.А. Степанова провели съёмку и составили отчёт «Геологическое строение и полезные ископаемые верховий рек Байтук и Поперечной». В отчёте дана характеристика тектоники района, выделены отложения девона и произведена перспективная оценка района на обнаружение различных видов полезных ископаемых. В этот же период при проверке Поперечинской группы магнитных аномалий выявлено Наследническое проявление магнетитовых руд (Поперечинское месторождение в первоисточнике), аналогичное по генезису месторождениям Соколовско-Сарбайской группы. Проведена металлотрическая съёмка покровных отложений и литогеохимическое опробование горных выработок и скважин.

Одновременно в том же 1965 году Зауральская геофизическая партия Челябинской геофизической экспедиции продолжило изучение Поперечинской магнитной аномалии, выявленной Шендеровичем. Были выполнены магниторазведка, гравиразведка, электроразведка, бурение одной скважины глубиной 650 метров и ряда поисковых скважин и мелкометражных скважин общим объемом 4 500 п.м. По результатам этих работ подготовлен довольно детальный Отчет о результатах геофизических работ, проведенных Зауральской партией в Брединском районе Челябинской области в 1965 году (К.К. Коробейников, 1966).

В 2000-2001 гг. Кальсиным и др. начато ГДП-200 Брединской площади. На начальной стадии работы ГДП были заменены на прогнозно-поисковые на золото, затем и вовсе прекращены и завершены составлением информационного отчета. Достоинством работы является обобщение сведений о полезных ископаемых площади, обобщение геофизических материалов с составлением геофизических карт масштаба 1:200 000.

Последние геолого-съёмочные работы масштаб 1:200 000 в пределах листа N-41-XXXI выполнены в 2008 году силами ОАО «Компания Вотмиров» под руководством А.С. Лисова. В отчете обобщены все имеющиеся данные по изученности листа.

ГЛАВА 2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИЗУЧАЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ

2.1 Административное положение и физико-географический очерк

В административном отношении территория изучаемой территории расположена в Брединском районе на юге Челябинской области. В 10 км от участка находится государственная граница с Республикой Казахстан. Широта площади меняется от 52°00' (с. ш.) до 52°40' (с. ш.), а долгота от 60°00' (в. д.) до 61°00' (в. д.)

По характеру поверхности большая часть района представляет собой плоскую равнину, имеющую незначительный наклон к востоку с абсолютными отметками 300-320 м над уровнем моря. Наличие редких и весьма пологих возвышенностей, достигающих иногда 360 м. придает равнине волнистый характер. В западной части района располагается всхолмленное возвышенное плато, прослеживающееся в меридиональном направлении. Ему соответствуют на местности крупные возвышенности высотой около 400 м над уровнем моря. Открытые степные пространства здесь чередуются со значительными участками смешанного или хвойного леса.

Обнаженность района очень слабая, особенно в восточной его части. В западной части на вершинах холмов нередко отмечаются аллювиальные высыпки щебенки и крупноглыбовые развалы. Здесь же иногда в бортах рек отмечаются единичные крупные обнажения чаще всего интрузивных пород. С восточных склонов водораздельных возвышенностей берут начало реки Берсуат, Синташта, Камышлы-Аят, являющиеся левыми притоками реки Тобол. Реки текут в широких разработанных долинах, обладают незначительным живым течением и разобзаются в межень на отдельные плесы.

Климат района резко континентальный с холодной зимой и жарким летом. Средняя температура января – 15⁰С июля +25⁰С. Очень часты сильные ветры, а в зимний период нередки бураны и метели.

По характеру растительности район относится к степной зоне. Участками встречаются небольшие березовые и осиновые колки, а на западе смешанные леса. Практически все свободное от лесов, озер и болот пространство занято пашнями и посевами, что в значительной степени затрудняет передвижение при проведении ГРР.

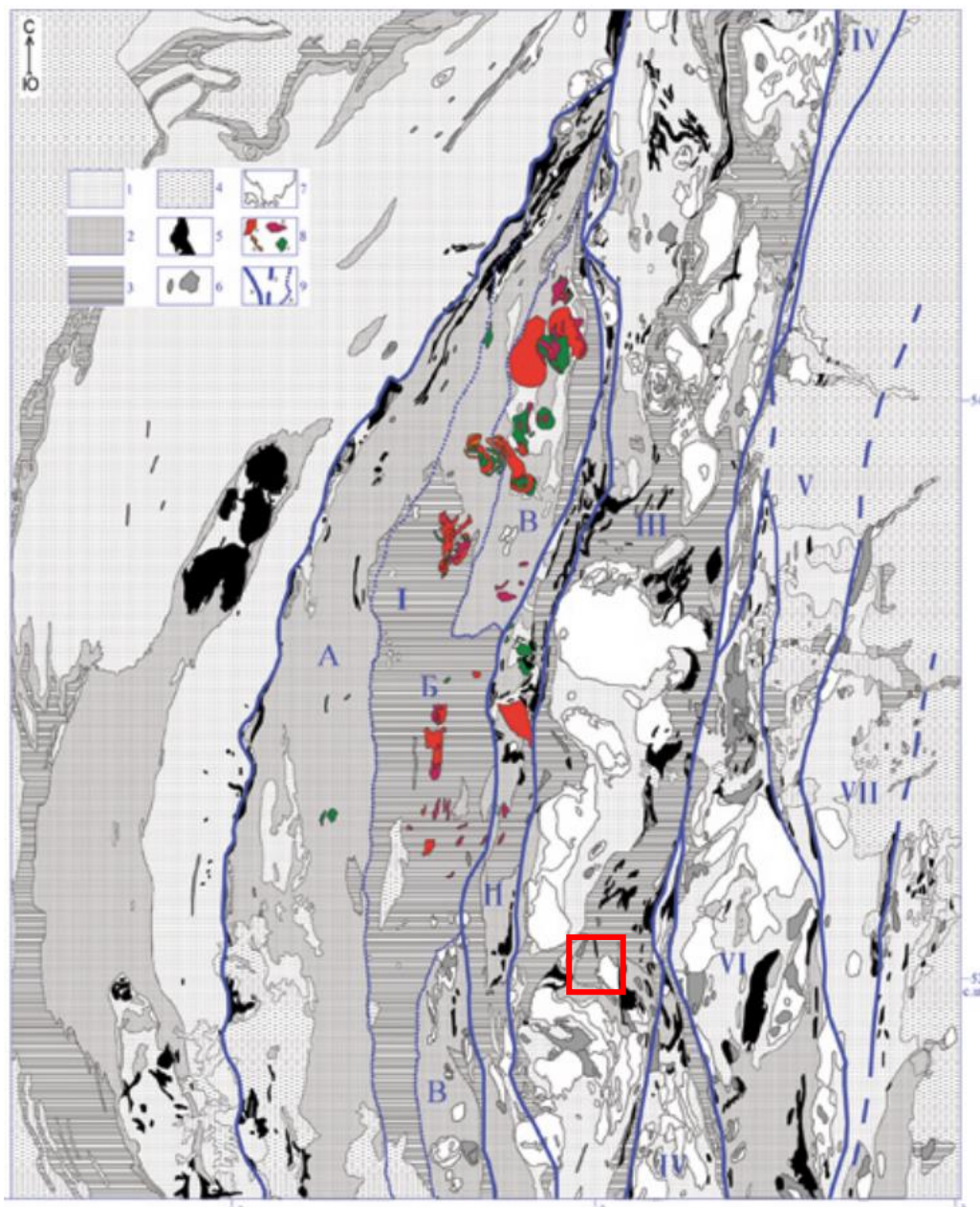
Наиболее крупным населенным пунктом района является поселок Бреды с одноименной железнодорожной станцией Южно-Уральской железной дороги, которая пересекает район в северо-восточной направлении. К участку работ от ст. Бреды проходят грунтовые дороги, труднопроходимые в осенне-зимнее время (Отчет о..., 1967).

2.2 Общая геология территории

В региональном плане Наследницкий участок относится к Урало-Монгольской складчатой области, к Восточно-Уральской мегазоне (рис. 1).

Главным признаком Восточно-Уральской мегазоны является наличие антиморфных массивов метаморфических пород, включая докембрийские, которые разделяются между собой синформными зонами, выполненными палеозоем. Также в пределах мегазоны представлен вулканогенно-осадочный образования палеозойского возраста. В самом начале разреза идет формирование щелочных базальтов и риолитов нижнего ордовика, а выше разрез включает в себя мощные песчано-глинистые и местами карбонатные отложения с ордовикского по среднедевонский возрасты. Подобное наполнение разреза указывает на процессы рифтинга докембрийской коры с отделением микроконтинента и последующим отложением на его шельфе и на склонах. Островодужное развитие территории зафиксировано по ордовикским известково-щелочным вулканитам. Вслед за островодужной стадией восточно-уральские континентальные блоки оказались в коллизионной обстановке. Породы испытывают общее горизонтальное сжатие. Происходит расслоение фундамента и формирование покрова. Также Восточно-Уральская мегазона отвечает главной «гранитной оси» Урала и включает в себя крупные массивы гранитоидов коллизионного этапа. Полезные ископаемые Восточно-Уральской мегазоны преимущественно локализируются в коллизионных гранитах. Наиболее известными из них являются коренные золото-кварцевые месторождения (Березовское) и производные от них четвертичные россыпи золота (Бискэ, 2019).

Структурно-геологическая схема Южного Урала (Салихов и др., 2019).



Условные обозначения: 1 — додевонские вулканогенно-осадочные образования, 2 — вулканогенно-осадочные комплексы девона, 3 — вулканогенно-осадочные комплексы карбона, 4 — осадочные комплексы пермского возраста, 5 — гипербазиты, 6 — габброиды, 7 — гранитоиды, 8 — габбро-гранитные интрузии, 9 — тектонические границы (а — разделяющие зоны, б — предполагаемые, разделяющие зоны, в — разделяющие подзоны). Римскими цифрами обозначены: I — Магнитогорская зона, II — Уйско-Новоуренбургская сутурная зона, III — Восточно-Уральская зона, IV — Копейская сутурная зона, V — Троицкая зона, VI — Джетыгаринская зона, VII — Валерьяновская зона. Подзоны: А — Западно-Магнитогорская (ЗМП), Б — Центрально-Магнитогорская (ЦМП), В — Восточно-Магнитогорская (ВМП).

В металлогеническом делении район исследования приурочен к Уральской металлогенической провинции, к Карталинской минерагенической зоне (прил. 1). Наследницкий участок расположен в Сосьвинско-Суундукской угленосно-графитоносной золото-бериллиево-вольфраморудной минерагенической зоне, в

непосредственной близости к Каменнодольскому хром-никелеворудному узлу (Лисов и др., 2018).

2.3 Стратиграфия

Протерозойская система

Нижнепротерозойская система

Гнейсовая толща (PR₁?gn) выделена в серийной легенде. Непосредственно в пределах Наследницкого участка не выделяется, протягивается восточнее узкой полосой вдоль Наследнинского гранитного массива.

Представлена толща светлыми полосчатыми порфировидного облика биотитовыми, гранат-биотитовыми, силлиманит-гранат-биотитовыми гнейсами с пачками темно-зеленых крупнозернистых, иногда яснополосчатых, роговообманковых, реже рогово-обманково-куммингтонитовых амфиболитов. Значительным развитием в составе толщи пользуются тневые, слоевые и жильные мигматиты, относимые отдельными исследователями к инъекционным гнейсам, а также бластомилониты. Породы толщи метаморфизованы в амфиболитовой фации регионального метаморфизма. Процессы динамометаморфизма привели к образованию куммингтонитовых амфиболитов и бластомилонитов.

Нижний контакт толщи неизвестен. Контакты с более молодыми стратонами - тектонические.

Породы толщи прорываются Наследнинским гранитовым массивом. На контактах с Наследнинским массивом породы толщи мигматизированы. Отмечаются также дайки разгнейсованных гранитоидов и амфиболитизированных габброидов более древних комплексов, часто превращенные в ортогнейсы. Принадлежность их к какому-либо комплексу не установлена. К тектоническим нарушениям приурочены тела серпентинизированных гипербазитов каменнодольского комплекса.

Палеозойская система

Палеозойская система представлена ордовикской, силурийской, девонской и каменноугольной системами.

Ордовикская система

Ордовикская система в районе работы представлена нижним отделом (рымникская свита) и средним отделом (маячная свита).

Нижний отдел

Рымникская свита (Or_{1m}), в представлена отложениями, локализованными южнее Наследнинского массива вдоль границы с Республикой Казахстан. В составе

свиты выделяются песчаники и алевролиты граувакоовые, полимиктовые, олигомиктовые; сланцы туфогенные, филлитовидные, углисто-глинистые; в низах разреза – сланцы бластоалевролитовые, бластопсаммитовые. Отмечаются редкие маломощные прослоим базальтов и их туфов.

Средний отдел

Маячная свита (O_{2m}). Отложения свиты выходят на поверхность западнее лицензионной площади. В составе отложений преобладают кварцевые, полевошпат-кварцевые, кварцево-полевошпатовые песчаники и алевролиты, гравелиты; менее распространены филлитовидные сланцы, полимиктовые песчаники и алевролиты, известковистые песчаники и песчанистые известняки, кварцито-песчаники.

Перекрывается свита с несогласием отложениями брединской свиты и биргильдинской толщи.

Силурийская система

Нижний отдел

Булатовская толща (S_{1bl}) имеет незначительное распространение юго-западнее лицензионной площади. Литологический состав описываемой толщи довольно однообразен – кремнистые сланцы, кремнистые халцедоновидные породы, яшмоиды, окремненные тонкозернистые алевролиты, прослои серицит-хлоритовых и кварц-серицит-хлоритовых сланцев, реже зеленых полимиктовых песчаников. Следует отметить, что кремнистые образования занимают большую часть разреза, тогда как различные зеленые сланцы и песчаники находятся в подчиненном количестве. Возможно, роль кремнистых образований несколько преувеличена за счет их стойкости к процессам выветривания. Сланцы же приходится наблюдать лишь в элювиальных высыпках и коре выветривания.

Нижний контакт толщи на описываемой площади не установлен. Она имеет тектонические контакты с вулканогенными отложениями айдырлинской толщи и прорывается ее субвулканическими телами.

Девонская система

Девонская система в районе работ представлена нижним - средним отделами (айдырлинская толща) и средним- верхним отделами (еманжелинская толща).

Нижний-средний отделы

Айдырлинская толща (D_{1-2ad}) является стратифицируемой частью айдырлинского базальт-андезит-плагиориолитового комплекса вулканического. На описываемой площади отложения толщи распространены юго-западнее лицензионной площади..

Состав толщи весьма разнообразный. Наибольшим распространением пользуются серые и зеленовато-серые осветленные за счет карбонатизации плагиофировые, реже пироксен-плагиофировые андезиты, андезибазальты, реже встречаются афировые и пироксен-плагиофировые базальты и долериты, туфы кислого и смешанного состава, туфофпесчаники, туфоконгломераты, кварц-хлорит-карбонатные сланцы.

Породы толщи метаморфизованы в низкой степени зеленосланцевой фации. Для них характерна следующая метаморфическая минеральная ассоциация: кварц + хлорит + серицит + карбонат ± эпидот.

Средний-верхний отделы

Еманжелинская толща (D_{2-зет}) развита западнее участка работ. Отложения толщи представлены преимущественно серыми, иногда темно-серыми слабо графитизированными или светло-серыми до белых сахаровидными кварцитами, светло-серыми кварцито-песчаниками и кварцевыми песчаниками, кварцевыми гравелитами с редкими зернами каолинизированных полевых шпатов, светло-серыми, желтовато-серыми, малиново-серыми филлитами, темно-серыми и пепельно-серыми графитизированными филлитовидными и светло-серыми и розоватыми серицитовыми сланцами.

Отложения толщи прорываются Павловским массивом урускисенского комплекса (D_{3u}) занимающим практически всю площадь депрессии. Под воздействием интрузии породы толщи контактово метаморфизованы. Песчаники превращены в кварциты, алевролиты и глинистые сланцы - в филлиты и серицитовые сланцы.

Каменноугольная система

Каменноугольная система представлена на площади нижним отделом (брдинская свита, биргильдинская толща). Отложения данного возраста являются вмещающими для железного оруденения Наследницкого участка.

Нижний отдел

Брдинская свита (C_{1bd}) слагают большую часть площади Наследницкой грабен-синклинали, в пределах которой расположено Наследницкое проявление железных руд.

Представлена свита песчаниками, алевролитами, аргиллитами, углистыми аргиллитами, прослоями каменных углей. В верхах свиты отмечаются прослой известняков, в основании выделяются базальные конгломераты, гравелиты и песчаники.

Биргильдинская толща (C_{1br}) развита в центральной части Наследницкой грабен-синклинали и вмещают оруденение Наследницкого участка.

В строении толщи выделяются два типа разреза – карбонатный, отложения которого в районе работ не встречены, и карбонатно-вулканогенный, отложения которого выполняют Поперечинскую вулcano-тектоническую депрессию в южной части Наследнинской грабен-синклинали в районе Наследницкого участка.

Карбонатный тип разреза представлен известняками, часто мраморизованными, иногда доломитизированными, мергелистыми и битуминозными известняками. Реже встречаются обломочные разновидности известняков, тяготеющие к низам разреза толщи.

Карбонатно-вулканогенный тип разреза биргильдинской, распространенный в Поперечинской депрессии, разделяется на две пачки. Нижняя – осадочная пачка представлена известняками и мраморами с прослоями глинистых известняков, аргиллитов туфов основного и смешанного состава и туффитов. Верхняя – вулканогенная пачка сложена пироксен-плагиофировыми базальтами, долеритами, андезибазальтами, миндалекаменными пикробазальтами, туфами основного и смешанного состава и туфоконгломератами. Обе пачки залегают согласно и связаны между собой тесными взаимоотношениями. Нижняя пачка несогласно залегает на породах брединской свиты.

Вулканогенные породы толщи в значительной степени изменены. Вкрапленники плагиоклаза, составляющие 5-8% пород серицитизированы, вкрапленники пироксена замещены хлоритом, эпидотом, цоизитом. Основная масса замещена хлоритом, актинолитом, кварцем, карбонатом. Часто породы сильно эпидотизированы (пропилитизация) и карбонатизированы. Пикробазальты сильно гематитизированы.

Под воздействием прорывающих интрузий кокпектинского комплекса известняки толщи мраморизованы и скарнированы (гранат-пироксен-магнетитовые и гранат-эпидотовые скарны). Скарны содержат магнетитовые рудные тела Наследницкого участка. Вулканогенные породы ороговикованы и скарнированы (гранат-пироксен-эпидотовые скарны).

Недалеко от исследуемой скважины, в скважине №57, Сине-Шиханской партией в таких же мраморизованных известняках были обнаружены и отобраны образцы на микрофаунистический анализ. В них были определены следующие виды организмов: *Forschia parvula* Raus, *F. mikhailovi* Dain, *Forschiella ampla* Dain, *Endothyrahopsis convexa* Var, *regylaris* (Raus), *Plestogyra mirifica* (Raus), *Globoendothyra globulus*, *Mediocris mediocris* (Vigsar) и др. Наличие этих остатков организмов говорит о том, что известняки имеют верхневизейский возраст (Коробейников, 1965).

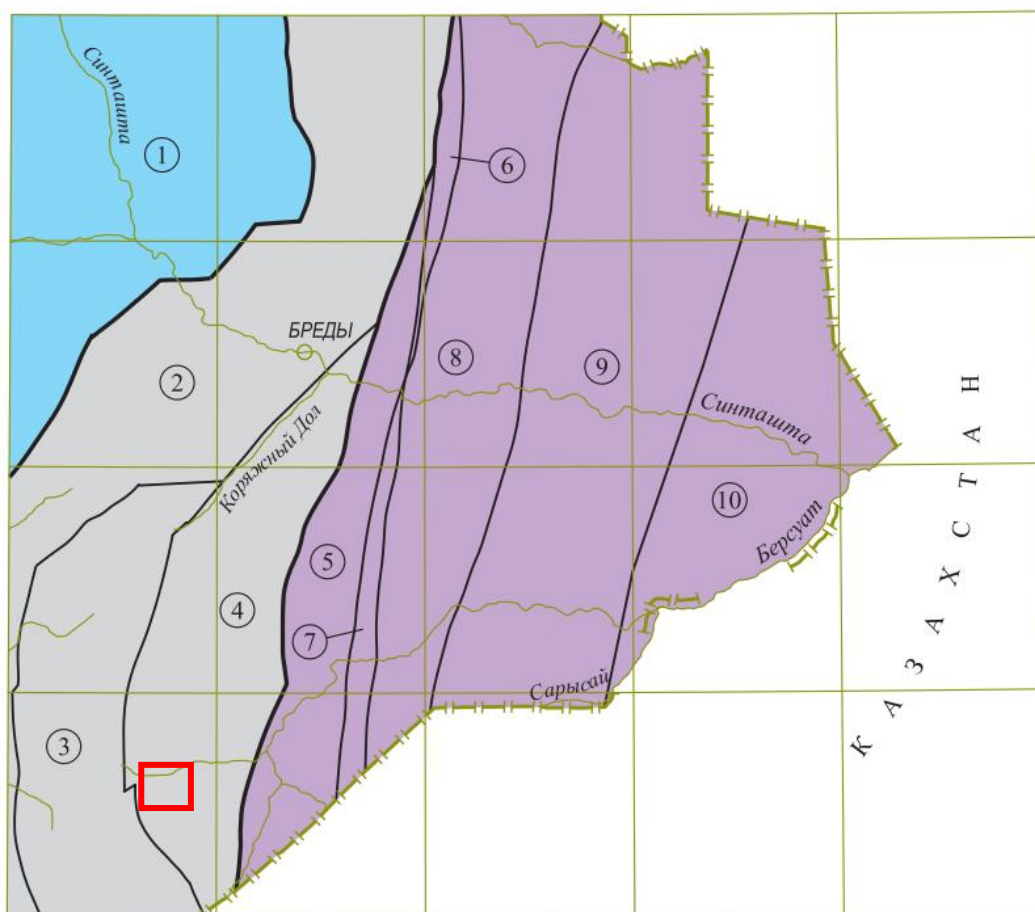
2.4 Тектоника

В структурном отношении участок недр располагается в пределах Наследницкой

грабен-синклинали, входящей в состав Полтавско-Брединского синклинория (рис. 2) более высокого порядка. В 5 км восточнее участка располагается Каменнодольский блок Троицко-Карашатауского антиклинория, в 15 км западнее Павловская горст-антиклиналь Полтавско-Брединского синклинория.

Рисунок 2

Схема тектонического районирования листа N-41-XXXI, масштаб 1:1 000 000
(Лисов и др., 2018).



Условные обозначения: Голубой цвет – Челябинско-Суондукский антиклинорий, серый цвет – Полтавско-Брединский синклинорий, фиолетовый цвет – Троицко-Карашатауский антиклинорий. 1 – Суондукская горст-антиклиналь, 2 – Брединско-Синешиханская грабен-синклираль, 3 – Павловская горст-антиклиналь, 4 – Наследнинская грабен-синклираль, 5 – Каменнодольский блок, 6 – Заозерная грабен-синклираль, 7 – Сарыюбинская грабен-синклираль, 8 – Княженско-Исенбулатовский блок, 9 – Лебяжско-Атамановский блок, 10 – Мариинский горст. Красный прямоугольник – примерная область, где расположен участок исследования.

Наследнинская грабен-синклираль вмещает исследуемую площадь. Восточная граница структуры с Каменнодольским блоком проходит по Каменнодольскому разлому, западная – по Поперечинскому разлому. Грабен-синклираль прослеживается в

меридиональном направлении на 50 км при ширине до 12 км. Сложена грабен-синклиналь терригенными отложениями брединской свиты. В западной части грабен-синклинали установлено несогласное залегание, с базальными конгломератами в основании, пород брединской свиты на отложениях маячной свиты.

В южной части грабен-синклинали непосредственно в районе работ располагается наложенная Поперечинская вулкано-тектоническая базальт-трахиандезит-трахириолитовая депрессия, ограниченная тектоническими нарушениями, имеющая размеры 10×4 км. Выполнена депрессия известняками и вулканогенными отложениями биргильдинской толщи. Породы имеют крутое западное падение под углом 70°. Прорваны они мелкими массивами гранитоидов кокпектысайского комплекса, с которыми связывается скарнирование вмещающих пород и Наследницкое проявление магнетита. В восточной части грабен-синклинали расположен крупный (30×3 км) Каменодольский гипербазитовый массив, приуроченный к одноименному разлому. Наличие в нем ксенолитов (тектонических отторженцев) пород брединской свиты свидетельствует о последних тектонических перемещениях его в послеранневизейское время. Более мелкие тела серпентинизированных гипербазитов комплекса отмечаются по всей площади грабен-синклинали. Кроме того, отложения брединской свиты прорываются раннепермскими гранитами кременкульского комплекса, дайками плагиогранит-порфиров раннекаменноугольного кумакского комплекса, субвулканическими телами биргильдинского комплекса.

Павловская горст-антиклиналь разделяет Синешиханскую и Наследницкую грабен-синклиналь. Протяженность его составляет 48 км при ширине до 15 км. В пределах горст-антиклинали выделяются три морфоструктурных блока более высокого порядка – Северо-Павловское поднятие, Павловская депрессия и Восточно-Павловский блок.

Каменодольский горст-антиклинальный блок расположен восточнее изучаемого участка. Западной границей блока является Каменодольский разлом.

На описываемой площади блок имеет клиновидную форму, субмеридиональное простирание, протяженность 60 км, при ширине до 5-6 км. Сложен он нижнепротерозойской гнейсовой толщей, смятой в антиклинальную складку с крутым (65-80°) залеганием крыльев, осложненную разрывными нарушениями. В южной части блока отмечаются отложения рымникской свиты, имеющие с гнейсовой толщей тектонические контакты. Породы свиты смяты в мелкие складки субмеридионального простирания, осложненные пloyчатостью. На породы рымникской свиты, предположительно, несогласно налегают раннекаменноугольные отложения

тугундинской и биргильдинской толщ, слагающие небольшой участок в юго-восточном углу блока.

В южной части блока в 10 км восточнее Наследницкого участка расположен крупный Наследнинский массив гранитов кременкульского комплекса, а более мелкие многочисленные тела и дайки гранитов и пегматитов комплекса распространены по всей площади блока.

2.5 Магматизм

Девонско-раннекаменноугольные плутонические и субвулканические образования

Каменнодольский комплекс ультрамафитовый ($\Sigma'D_1kd$) в районе работ представлен серией жилообразных и линзообразных тел, вытянутых в меридиональном направлении вдоль разрывных нарушений и представленных пироксенитами.

Джабыгасайский комплекс габбро-диорит-плагиогранитовый ($v,\delta,\rho\gamma D_3d$) в районе работ представлен единичной малой интрузией гранодиоритов западнее Наследницкого участка, относящейся к третьей фазе комплекса..

Урусикенский комплекс монцонит-граносиенит-лейкогранитовый ($\mu,\gamma\xi,l\gamma D_3u$) также как и предыдущий располагается западнее участка недр и представлен Павловским массивом, который прорывает и метаморфизует породы еманжелинской толщи.

Внутренняя структура массива представляется в виде сложного тела с постепенным изменением состава от периферии к центру. В строении массива принимают участие габбро, кварцевые габбродиориты, кварцевые диориты и гранодиориты. Породы основного и среднего состава тяготеют к краевым частям массива, кислого состава к его центру.

Кумакский комплекс диорит-плагиогранитовый ($\delta,\rho\gamma C_1k$) представлен в районе работ мелкими телами и дайками в южной части Наследнинской грабен-синклинали.

Комплекс двухфазный. Первая фаза – диориты, вторая – плагиограниты. На описываемой площади выделяются только плагиограниты второй фазы и мелко-среднезернистые плагиограниты жильной фации.

Кокпектысайский комплекс габбро-диорит-плагиогранитовый ($v,\delta,\rho\gamma C_1kk$) трехфазный. Первая фаза представлена габбро и габбродиоритами, вторая – диоритами, кварцевыми диоритами, гранодиоритами, третья – плагиогранитами. В районе Наследницкого участка комплекс представлен небольшими, до 2 км по простиранию и 0,3-0,5 км по ширине, массивами габбро-диоритов и кварцевых диоритов.

Массив, сложенный габбродиоритами первой фазы, выделяется в 15 км южнее участка недр. Массив прорывает отложения брединской свиты, превращенные в зоне контакта в кварц-хлоритовые и кварц-серицитовые сланцы.

Непосредственно в районе Наследницкого участка выделяются тела кварцевых диоритов второй фазы, которые прорывают отложения биргильдинской толщи. Под воздействием массивов вулканиты толщи ороговикованы, а известняки мраморизованы и превращены в эпидот-гранатовые, пироксен-гранатовые и сульфидно-магнетитовые скарны, с линзами магнетитовых руд, которые и формируют Наследницкий участок.

Пермские плутонические образования

Кременкульский комплекс гранит-лейкогранитовый ($\gamma, l\gamma P_1kr$) в районе работ представлен крупным Наследнинским массивом, расположенным восточнее участка недр и сложенным гранитами ($SiO_2 - 68-73\%$) и лейкогранитами ($SiO_2 > 73\%$).

ГЛАВА 3. СТРУКТУРНО-ВЕЩЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ РАССМАТРИВАЕМОГО ОБЪЕКТА

Изучаемая территория представляет собой часть довольно крупной (занимает около 10% от территории листа N-41-XXXI) Наследнинской грабен-синклинали. Рассматриваемый участок недр является разнообразным по содержанию в себе пород. Материал скважины №23, на котором основывается настоящая работа, представлен осадочными, метаморфическими и интрузивными породами (прил. 5). Рассматриваемые образцы отобраны в интервале от 68.5 до 378.1 метров. Приведенные фотографии участков шлифов представлены в параллельных и скрещенных николях, а также в отраженном свете.

По своей природе данная территория приурочена к зоне контакта гранитоидов с известняками и по общему геологическому строению сходна с Высокогорским и Меднорудянским месторождениями. На Наследницком участке выделена одна крупная зона рудоносных скарнов, которая в приповерхностных глубинах ограничена толщей туфов порфириров среднего состава мощностью около 60 метров. Оруденение представлено пластообразными залежами магнетитовых руд и скарнов мощностью от 3 до 60 метров. Значительную роль в формировании рассматриваемого участка играла разрывная тектоника, благодаря которой появились зоны повышенной трещиноватости во вмещающих породах. Это способствовало сильному развитию гранат-пироксеновых, амфибол-эпидотовых и реже хлоритовых скарнов, наложенного на всех них оруденения магнетита и сульфидизации.

3.1 Петрографическая характеристика

Осадочные породы. Толщи горных пород осадочного генезиса сложены суглинками палево-серого цвета, вязкими пестро-окрашенными глинами и известняками.

Известняки темно-серые, массивные, мраморизованные, реже встречаются прослойки зеленовато-серых туфов и голубовато-серых мраморов. В нижней части слоя отмечается слабое скарнирование и редкая вкрапленность магнетита. Мощность известняка около 50 м. Порода на 70-90% состоит из зерен кальцита изометричной формы и разного размера – от 0.005 до 0.9 мм. Крайне неравномерно в породе распределены кристаллы скаполита, максимальный размер которых достигает 0.1 мм. Иногда можно наблюдать жилы, заполненные ксеноморфными кристаллами кварца.

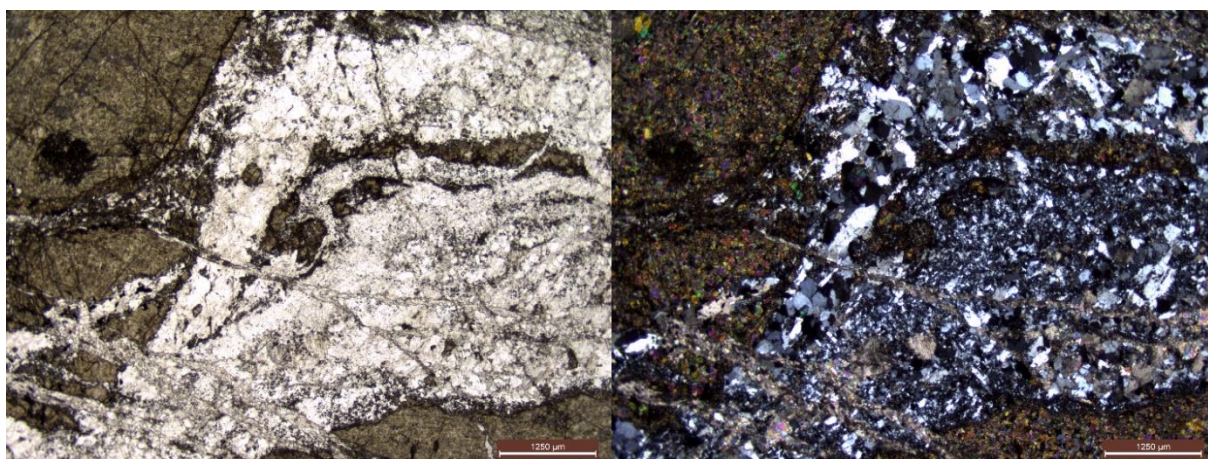
Скаполит также развивается по жилам. Редко встречаются непросвечивающие минералы пирита и магнетита. Глубина отбора образца составляет 216.2 метров.

Метаморфические породы. Метаморфические горные породы занимают ключевое место по количеству и мощности слоев в разрезе. Доминирующее положение занимают скарны различного состава с вкрапленностью пирита, магнетита и реже халькопирита. Морфологически скарны представлены линзо-пластообразными залежами или в виде пятен неправильной формы различного размера. По своему составу выделяются скарны гранатовые, пироксеновые, эпидотовые, хлоритовые и их многочисленные промежуточные и переходные разновидности. В породах может присутствовать карбонат до 40%, актинолит до 15%, рудные минералы до 50%, титанит, кварц. Структуры пород гранобластовая и гетеробластовая. Под микроскопом более или менее четкая форма зерен просматривается редко. Чаще всего зерна разбиты многочисленными микротрещинами, по которым развиваются карбонат, реже эпидот и хлорит.

Скарн с сильной эпидотизацией сложен на 50% эпидотом, которой равномерно распределен в породе. Ксеноморфные зерна эпидота имеют размеры от 0.025 до 0.3 мм. Вторым по распространенности породообразующим минералом является кальцит, который встречается чаще всего в разнонаправленных прожилках, реже между зернами эпидота. Кварц может встречаться в виде жил (рис. 3). В породе присутствует вкрапленность пирита с максимальным размером зерен около 3 мм. Между кристаллами пирита развивается кальцит и шамозит. Также в пирите замечен титанит и альбит. Неравномерно представлены крупные агрегаты мелкозернистого титанита – до 1.15 мм. Глубина отбора образца составляет 90.8 метров

Рисунок 3

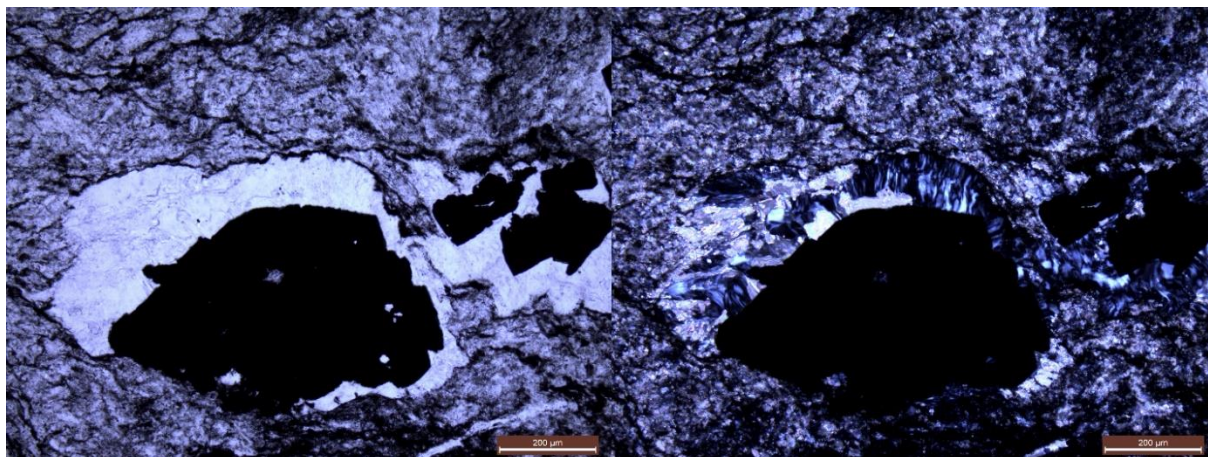
Кварцевая жила в эпидотовом скарне. Шлиф 90.3.



Скарн с сильной хлоритизацией состоит на треть из хлорита. Зерна хлорита редко образуют кристаллы, размером до 0.14 мм. Иногда развивается между кристаллами клиноцоизита и кальцита (прил. 2). Вокруг крупных непросвечивающих минералов часто развивается волокнистый хлорит (рис. 4). Часто встречаются удлиненные, игольчатые кристаллы (до 0.45 мм) актинолита с заметным плеохроизмом, которые редко замещены эпидотом. Наблюдаются участки с кальцитом, которые заполнены мелкозернистыми массами или кристаллами до 0.7 мм. Редко встречается полевой шпат, зерна которого сильно замещены вышеописанными минералами. В редких целых зернах наблюдается пересекающаяся спайность под углом 70° , но со слабыми показателями двупреломления. Также встречается в породе кварц. До трети породу могут слагать непросвечивающие минералы. Половина из них представлена ксеноморфными зернами неравномерно распределенного магнетита (прил. 2). Пирит и халькопирит встречается в виде вкрапленности вместе с магнетитом. Зерна пирита гипидиоморфные с размером до 3.5 мм (прил. 2). Редко можно обнаружить заключенный халькопирит в пирите. Глубина отбора образцов составляет 94.8 и 281.5 метров.

Рисунок 4

Волокнистые кристаллы хлорита вокруг непросвечивающих минералов. Шлиф 281.5.

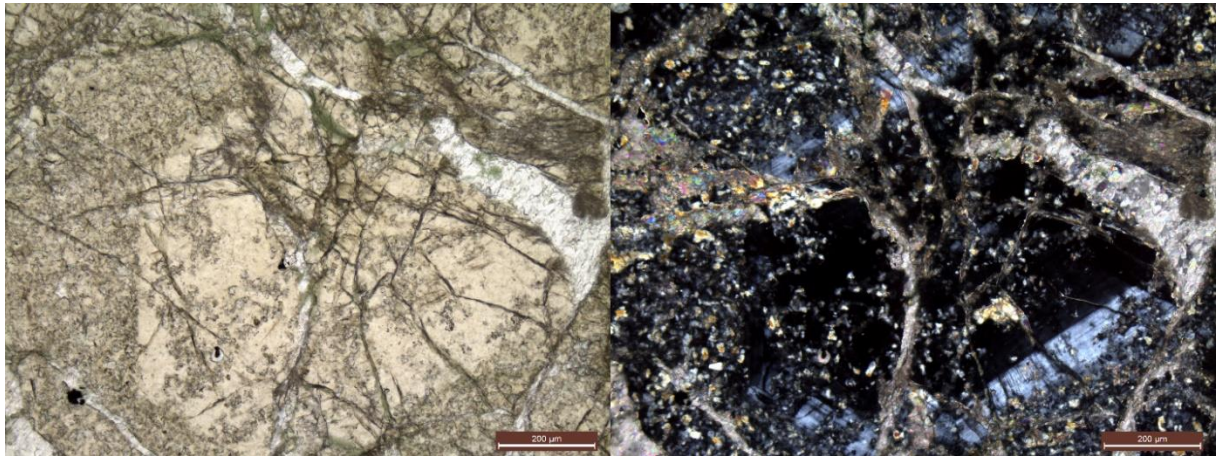


Гранатовый скарн в чистом виде встречается достаточно редко и преимущественно на глубине >300 м. Гранат ряда гроссуляр-андрадит (рис. 5, а) слагает до 80% породы, имеет крупные кристаллы размером до 4 мм, в которых видно четкое зональное строение (рис. 5, б). В трещинах в гранате чаще всего развивается кальцит, реже хлорит. Жилы, заполненные кальцитом, можно разделить на два типа. В первом типе кальцит представлен в виде волокнистых агрегатов. Во втором типе данный минерал представлен ксеноморфными кристаллами, размером от 0,01 до 1,3 мм. Иногда

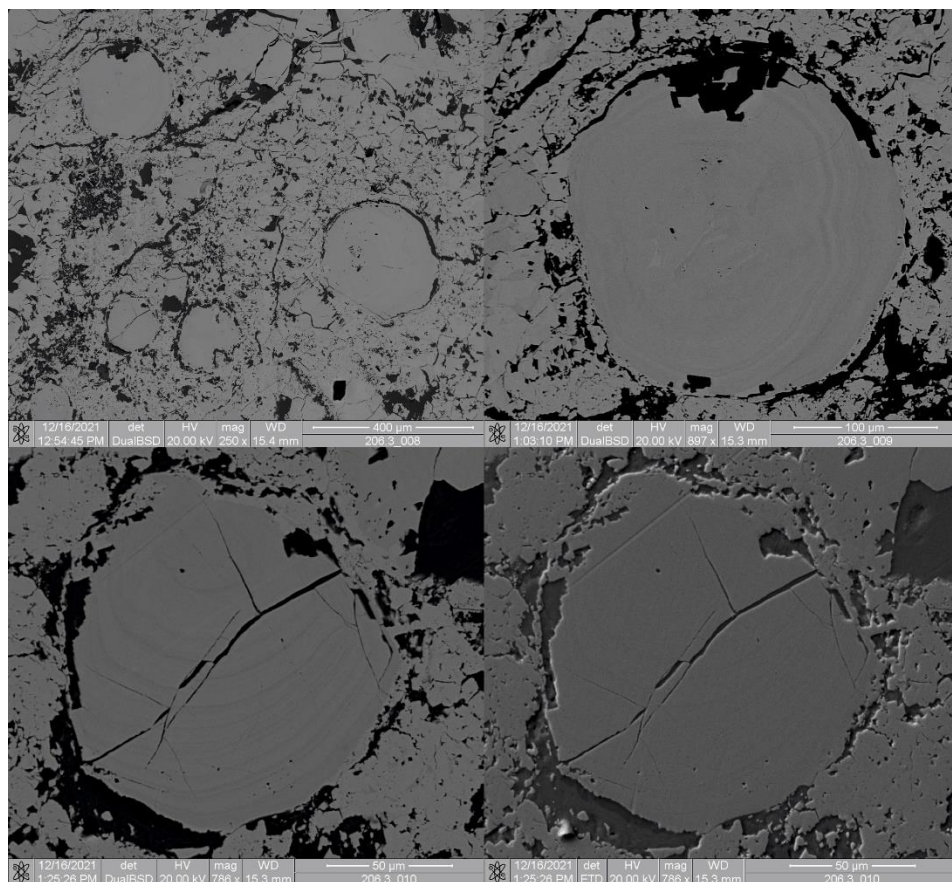
два типа этих жил соединяются в одну (рис. 6). Реже в жилах встречается хлорит, который развивался, вероятнее всего, по моноклинному пироксену (на основании редких реликтов). В гранатах очень редко встречаются мелкие зерна амфибола. Часто встречаются непросвечивающие минералы магнетита, которые распределены крайне неравномерно. Глубина отбора образца составляет 325 метров.

Рисунок 5

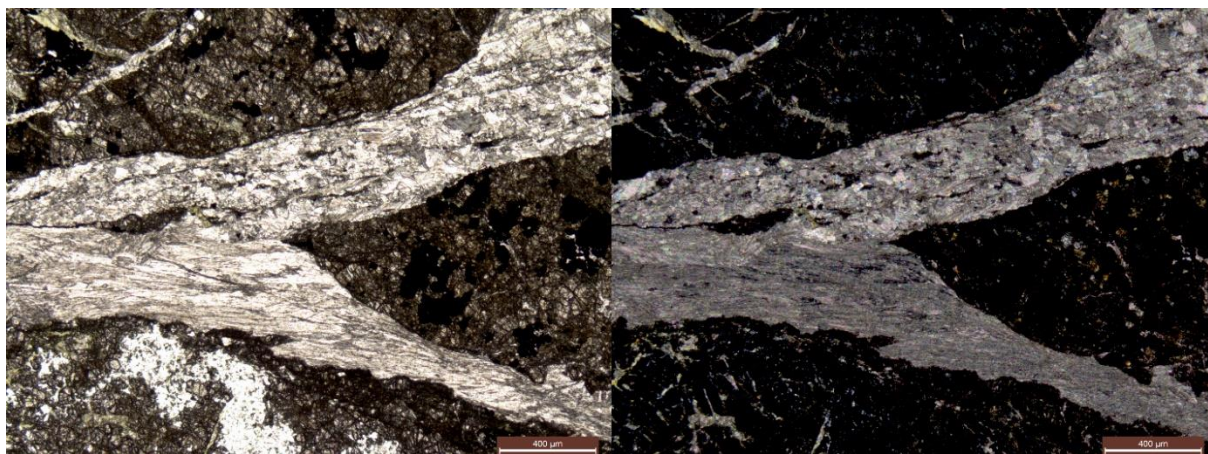
А) Зерно граната с трещинами, которые заполнены кальцитом. Шлиф 212.7.



Б) Зональность граната.



Пересекающиеся жилы с кристаллическим и волокнистым кальцитом. Шлиф 325.



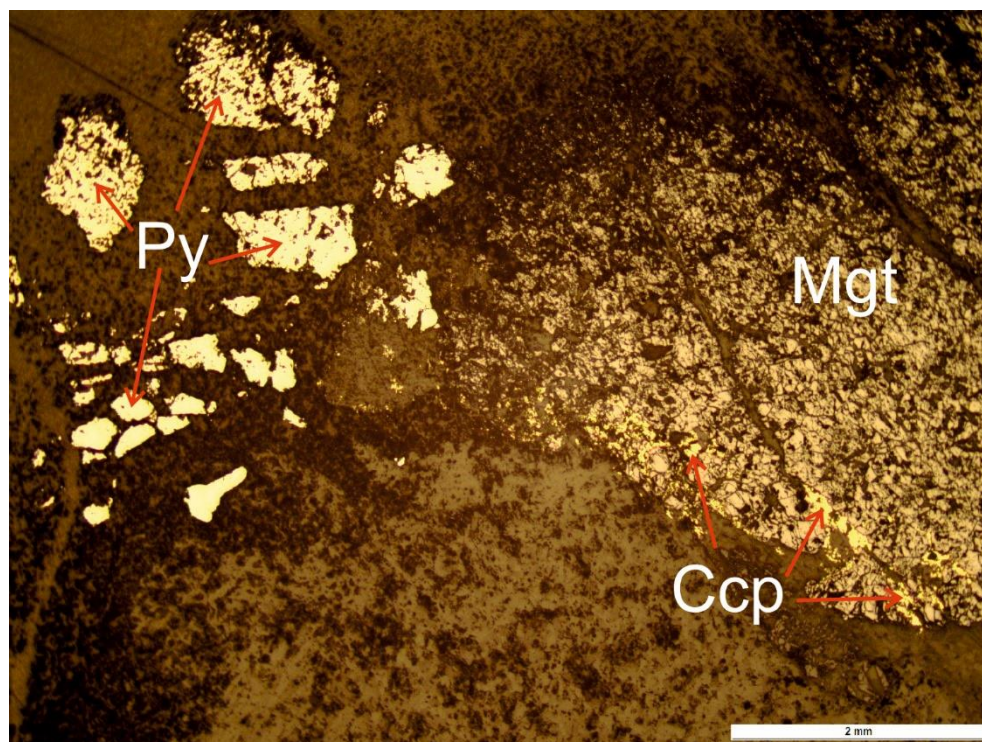
Тремолит-биотитовый скарн по разрезу встречен в единичном экземпляре. Порода сложена на более чем 40% минералом тремолитом. Тремолит представлен идиоморфными кристаллами разной длины – от 0.05 до 0.6 мм. Порядка 25% в породе занимает биотит, который равномерно распределен в породе и представлен зернами около 0.1 мм. Между биотитом и тремолитом пространство занимает хлорит, содержание которого в породе составляет около 20%. Также в описываемом скарне присутствует кальцит. Размер кристаллов кальцита варьирует от 0.1 до 0.5 мм и его распределение крайне неравномерное, иногда образует крупные скопления. Процентное содержание непросвечивающих минералов составляет 5%. Они представлены магнетитом, реже пиритом и распределены по породе равномерно с размером кристаллов приблизительно 0.5 мм. В районе развития кальцита по прожилкам удаётся диагностировать титанит и циркон. Глубина отбора образца составляет 99.5 метров.

Также были встречены вариации магнетитового скарна, который состоит на 75% из кристаллов кальцита примерно одинакового размера – 0.04 мм, но редко можно обнаружить более крупные зерна (до 1.2 мм). Иногда наблюдаются прожилки хлорита. Крайне неравномерно в породе распределен ортоклаз, размеры зерен которого могут достигать размеров зерен кальцита – 0.04 мм. Редко ортоклаз имеет вытянутые кристаллы (до 1 мм) с заметной спайностью. Неравномерно расположены непросвечивающие минералы, преимущественно магнетит. Он образует ксеноморфные кристаллы размером от 0.01 до 0.4 мм. Вторым по распространенности непросвечивающим минералом является пирит. Его кристаллы также не образуют правильных форм. Размеры зёрен пирита может достигать 1 мм. Халькопирит можно наблюдать в пирите в трещинках, а также в виде тонкой вкрапленности рядом с

магнетитом. Данный минерал не образует больших кристаллов (до 0.06 мм). Соотношения между непросвечивающими минералами следующие: магнетит – 70%, пирит - 25%, халькопирит – 5% (рис. 7). Магнетит сильно трещиноватый. Некоторые трещины заполнены кальцитом, хлоритом. Хлорит также развивается вокруг зёрен магнетита вне трещин вместе с клиноцоизитом и эпидотом (значительно реже).

Рисунок 7

Содержание непросвечивающих минералов в образце в отраженном свете. Шлиф 228.5.



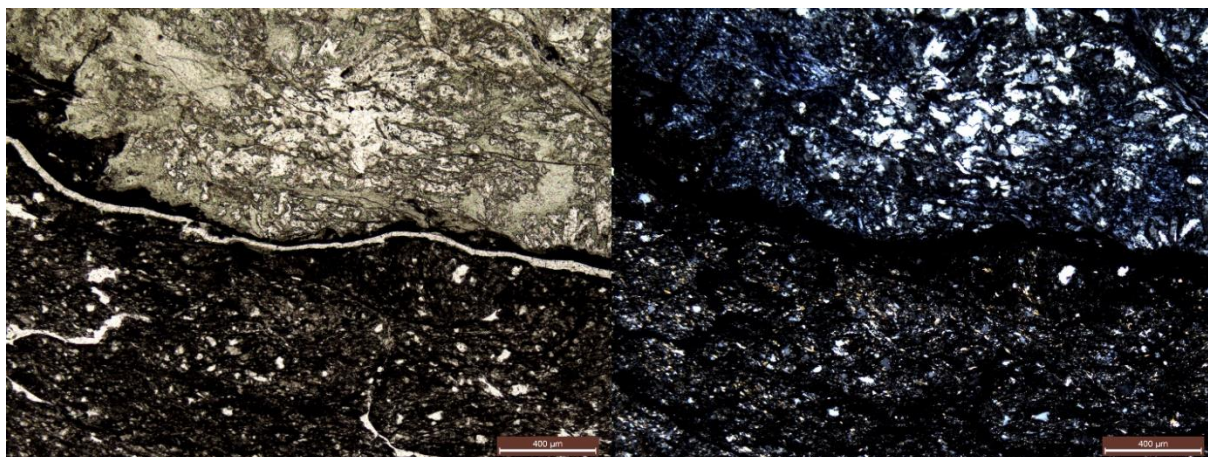
Пирит (слева), магнетит (справа) и халькопирит (желтые зерна рядом с магнетитом) в отраженном свете.

Хлоритовый сланец с графитом состоит из нескольких породообразующих минералов. Порода состоит на 60-70% из хлорита, на 20% из кварца и на 10% из непросвечивающих минералов – пирита, халькопирита и графита. Хлорит образует мелкозернистые массы, которые распределены неравномерно и имеют размеры зерен до 0.1 мм. Кварц представлен ксеноморфными зернами размером от 0.01 до 0.12 мм. Также имеет неравномерное распределение. Зерна графита расположены в меланократовой части породы, где преобладает мелкозернистый хлорит. Размер зёрен графита до 0.1 мм. Распределение графита в меланократовой части породы среднее. В лейкократовой части, где встречаются крупные кристаллы кварца, наблюдаются идиоморфные кристаллы пирита, которые распределены неравномерно. Их размер варьируется и достигает 0.3 мм. Очень редко наблюдаются небольшие (до 0.07 мм) кристаллы халькопирита в кристаллах

пирита и рядом с ним. Единоразы встречен кальцитовый прожилок. Крайне редко можно наблюдать мелкие кристаллы мусковита. Структура меланократовой части породы лепидобластовая, а лейкократовой – гетеробластовая, гранобластовая (рис. 8). Глубина отбора образца составляет 349.8 метров.

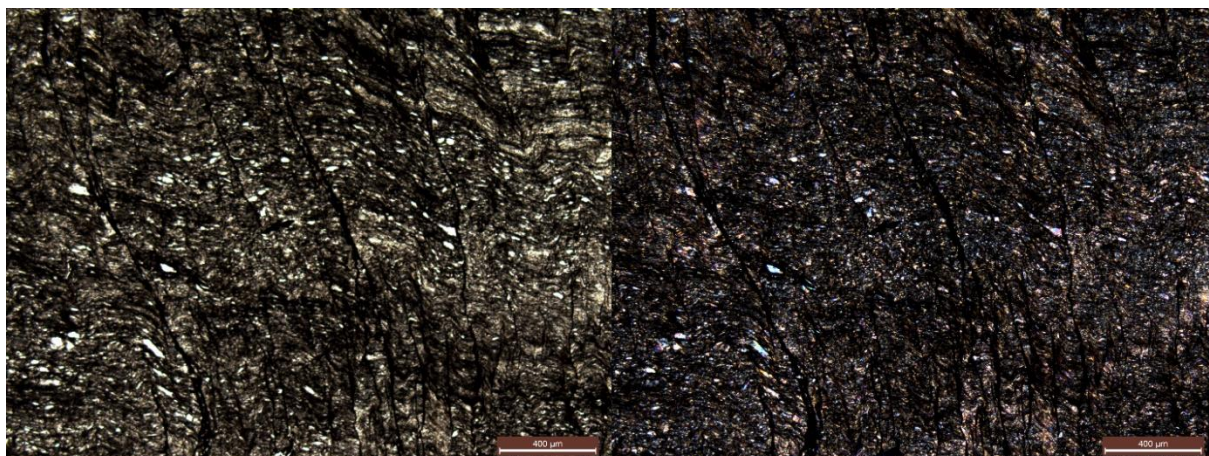
Рисунок 8

Структура породы. Шлиф 349.8.



Также по разрезу встречается вариация с графитосодержащим хлорит-мусковитовым сланцем. Соотношение минералов в породе оценить проблематично, так как кристаллы минералов имеют весьма малый размер. Единственное, что можно сказать, так это что хлорит преобладает над слюдой. В шлифе наблюдаются участки, в которых увеличивается содержание карбонатного материала практически до 90%. Размер большинства минералов в них не превышает 0.01 мм. Карбонат встречается во всей породе, но как второстепенный минерал. Также в породе присутствует кварц в виде неравномерно распределенных изометричных зерен, размером от 0.01 до 0.1 мм. Непросвечивающие минералы в породе представлены графитом и халькопиритом с соотношением 95%/5%. Графит распределен неравномерно и имеет кристаллы размером от 0.005 до 0.14 мм. Кристаллы халькопирита встречаются крайне редко и их максимальный размер достигает 0.1 мм. Порода имеет нематобластовую структуру (рис. 9). Глубина отбора образца составляет 378.1 метров.

Нематобластовая структура породы. Шлиф 378.1.

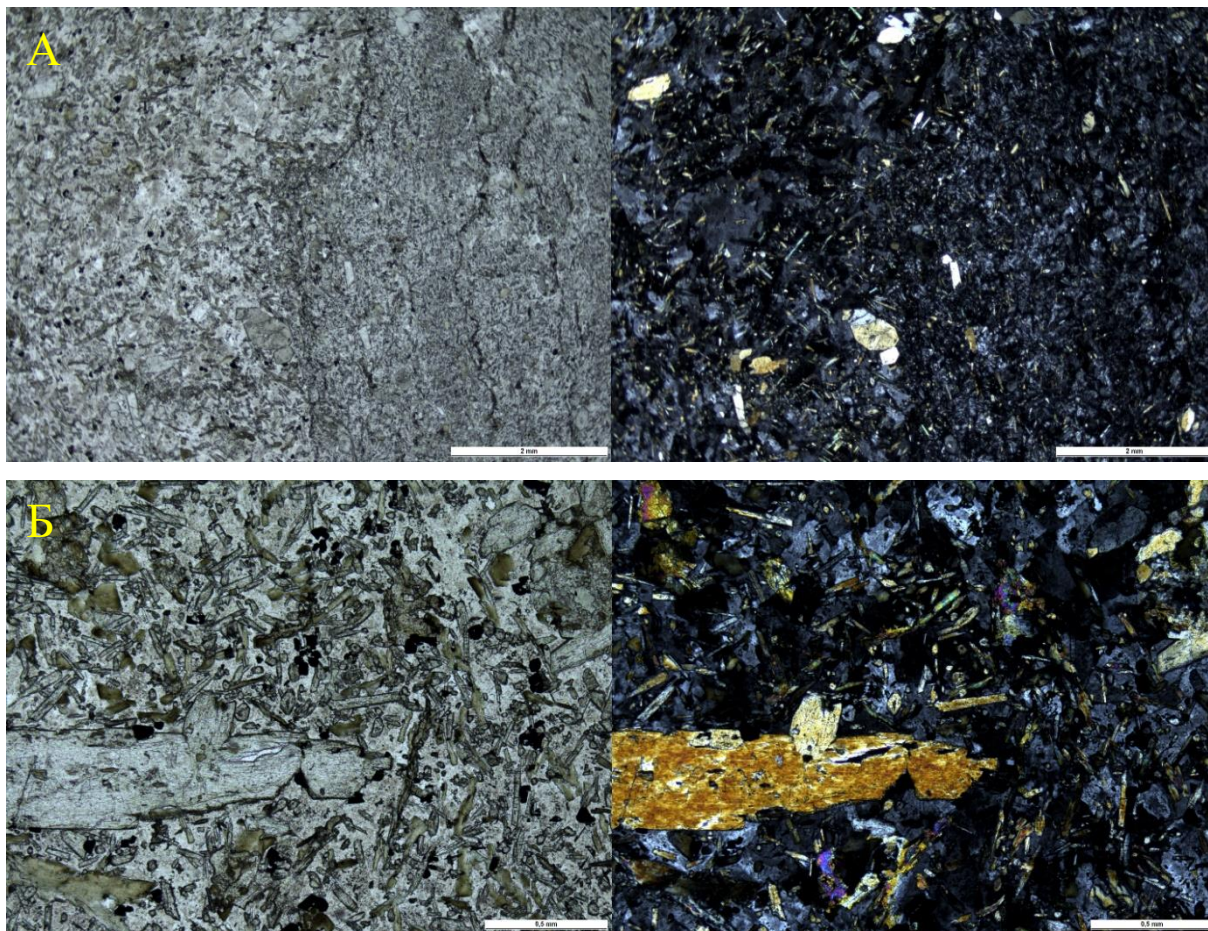


Интрузивные породы. Единственной породой по разрезу, которая имеет интрузивный генезис, является щелочнополевошпатовый сиенит. Он встречается 5 раз на разных глубинах, но преимущественно в конце разреза в интервале от 347.6 до 378 метров.

Сиениты по изучаемому разрезу представлены интрузивными массами с различными структурными-текстурными особенностями. Вверху разреза сиениты состоят из ортоклаза, содержание в породе которого варьируется в пределах 60-70%. Встречается четкий переход от мелких (0.01-0.02 мм) кристаллов к крупным (до 4 мм) кристаллам (рис. 10). Реже встречается олигоклаз с 20-25% анортитового минала и идиоморфные зерна амфибола, которые образуют удлиненные кристаллы и сильно подвержены вторичным изменениям. Часто его заменяет клиноцоизит, эпидот, хлорит. Олигоклаз встречается в основной массе полевых шпатов в видео небольших прожилков. Достаточно часто встречается мелкие агрегаты титанита и довольно редко кристаллы циркона, кварца. В мелкозернистой части породы структура будет гипидиоморфнозернистая, директивная. А в крупнозернистой части породы: гипидиоморфнозернистая, порфировидная. Глубина отбора образцов составляет 68.5 и 109 метров.

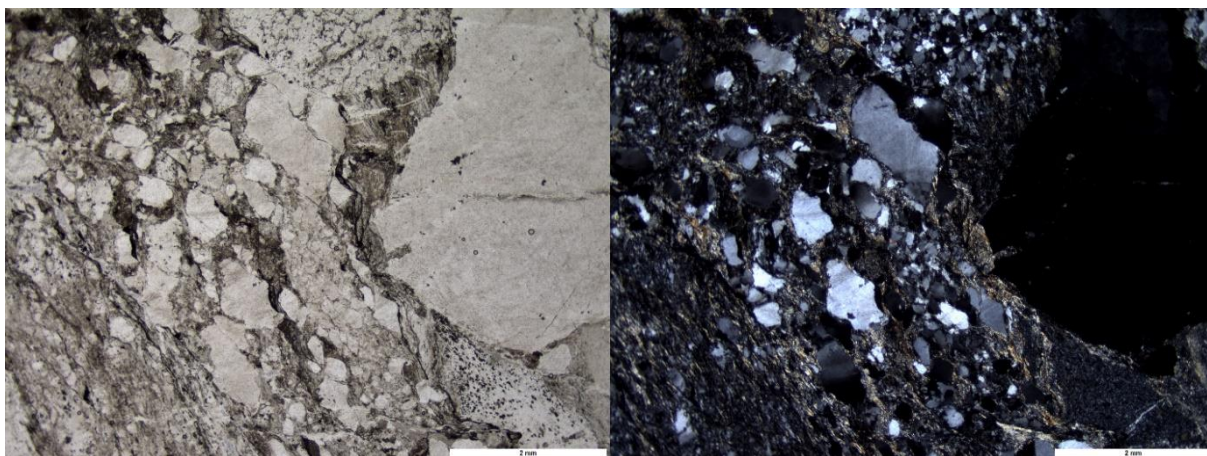
А) Контакт крупнозернистой (слева) и мелкозернистой (справа) породы.

Б) Порфирированная структура крупнозернистой части породы.



К концу разреза начинает появляться щелочнополевошпатовый сиенит с серпентином и кальцитом. Толщи такой вариации заключены между скарновыми образованиями. Сиенит с серпентином сложен на ~50% ксеноморфными кристаллами ортоклаза разного размера – от 0.01 до 3 мм. Минерал распределен неравномерно. Вторые 50% породы представлены серпентином, разноразмерными зернами кальцита, хлорита и мусковита. Последние слагают крупные тонкозернистые агрегаты размером до 3 мм. Также иногда они развиваются вокруг кристаллов полевого шпата, где размер ортоклаза доходит до 0.1 мм. Выделяются участки, которые нацело сложенные серпентином. Редко можно встретить акцессорный минерал амфибол с размером зерен до 0.03 мм. Также редко в породе наблюдаются зерна магнетита, как правило, в агрегатах серпентина и кальцита. Структура породы аллотриоморфнозернистая, разнотельная (рис. 11). Глубина отбора образца составляет 347.6 метров.

Структура щелочнополевошпатового сиенита. Шлиф 347.6.



4.2 Типы оруденения и последовательность минералообразования

В процессе написания работа, для изучения вещественного состава образцов руд на территории Наследницкого участка было изготовлено и исследовано 5 аншлифов из образцов разреза скважины №23 с разных глубин. Во время исследования применялись как оптические методы исследования, так и электронная микроскопия с микрозондовой приставкой.

Аншлиф 119.5 – магнетит массивный мелкозернистый с включениями и прослоями скарнов и скарнированных известняков.

Аншлиф 138 – магнетит массивный мелкозернистый с вкрапленностью пирита, включениями хлорит-эпидотового скарна.

Аншлиф 206.3 – магнетит массивный мелкозернистый с редкими включениями и маломощными прослоями скарнов и скарнированных известняков.

Аншлиф 208.5 – магнетит массивный мелкозернистый с прослоями скарна.

Аншлиф 231.4 – магнетит массивный мелкозернистый с маломощными прослоями скарна.

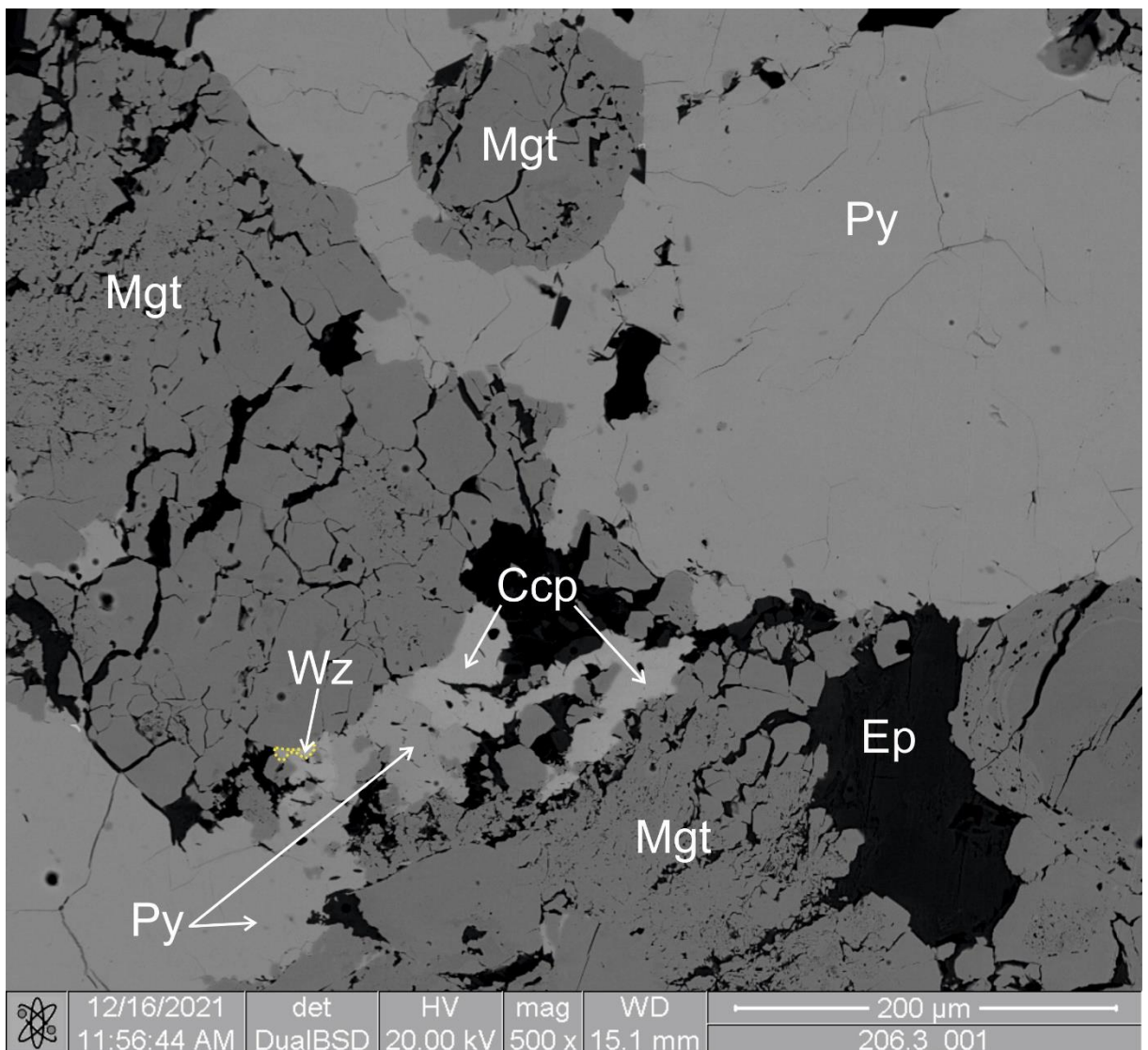
В иллюстрациях использованы следующие сокращения названий минералов в соответствии с международной систематикой (Whitney and Evans, 2010): магнетит – Mgt, пирит – Py, халькопирит – Csp, сфалерит – Sp, пирротин – Po.

Рудная минерализация разной интенсивности, встречается как богатая, так и бедная. Минеральный состав достаточно однообразен и в ходе оптического исследования были выделены следующие минералы: магнетит, пирит, халькопирит, сфалерит и пирротин. Рудные минералы представлены различными формами выделения. В целом, рудная минерализация характеризуется большим количеством магнетита,

который нередко представлен сплошными массами. Подчиненное значение имеют пирит, халькопирит и пирротин в рудной минерализации.

Магнетит встречен в каждом исследованном аншлифе и представлен кристаллами различной формы и размеров. Встречаются как мелкие кристаллы магнетита, размером около 0.04 мм, так и крупные сплошные массы этого минерала (рис. 12). Мелкие кристаллы часто располагаются между зернами пирита, реже они находятся внутри него (рис. 13). Иногда можно наблюдать псевдоморфозы магнетита по гематиту – мушкетовит. Магнетит сохраняет форму гематита.

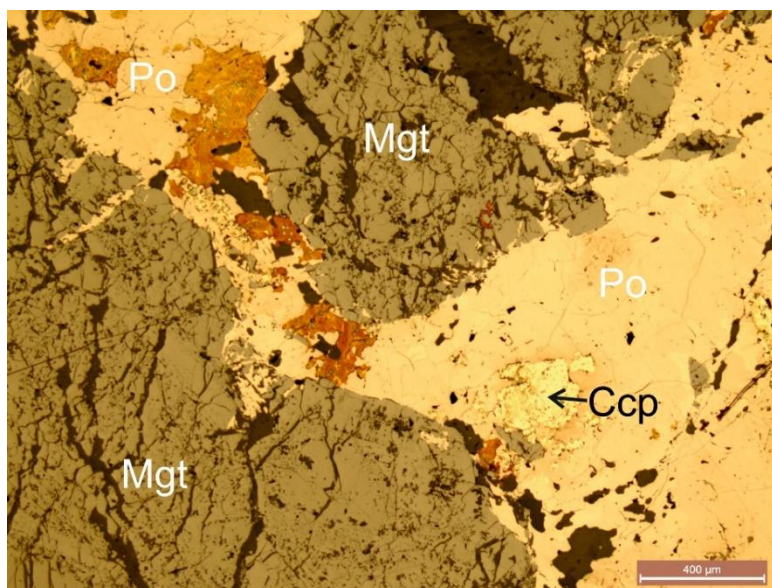
Рисунок 12
Заклучение магнетита в пирите. Вюрцит между зернами магнетита и пирита. Состав минералов. Аншлиф 206.3.



Минерал	O	Mg	Al	Si	Ca	S	K	Mn	Fe	Cu	Zn
Эпидот	42.3	3.67	4.47	21.91			2.3	0.48	24.86		
Магнетит	26.14								73.86		
Пирит						40.01			59.99		
Пирит						39.91			60.09		
Халькопирит						34.89			30.43	34.68	
Вюрцит (сфалерит)						33.65			9.63		56.72

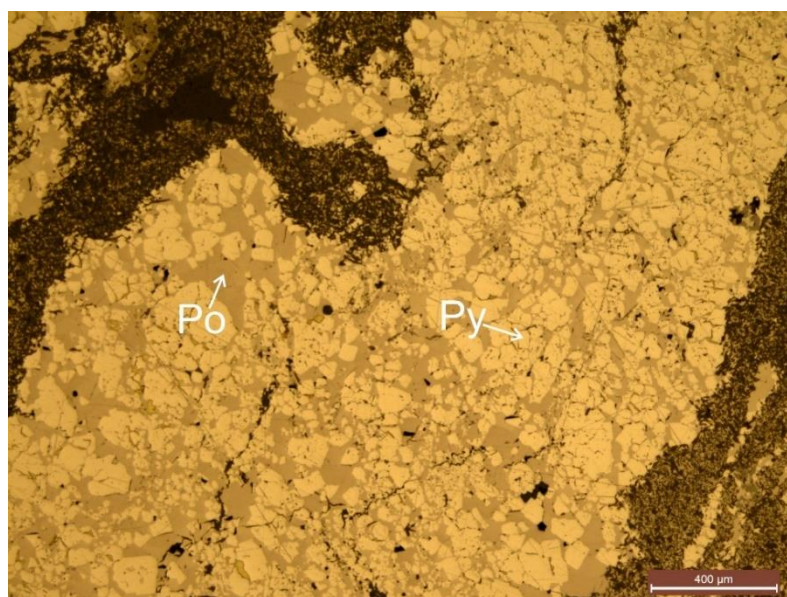
Рисунок 13

Магнетит, пирротин и халькопирит. Аншлиф 206.3.

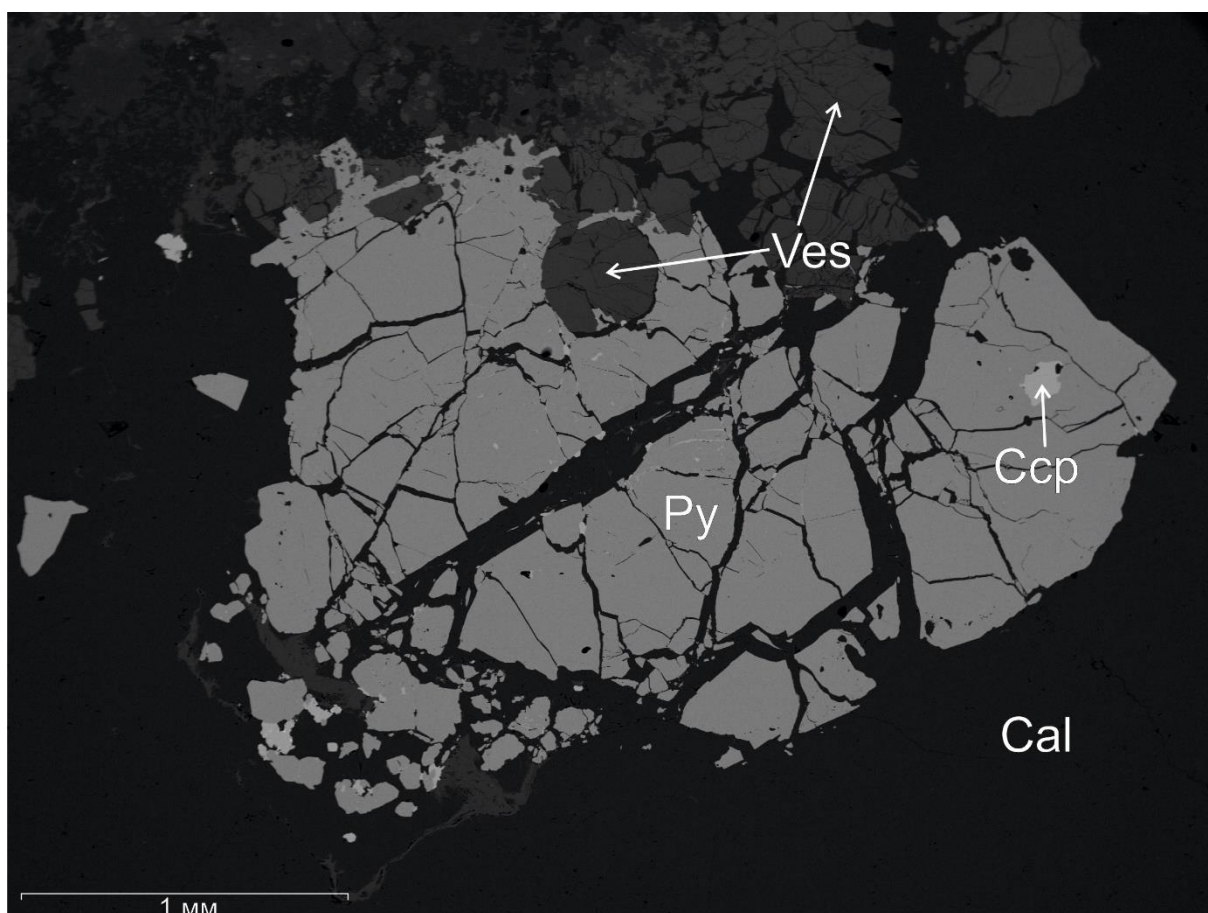


Пирит также встречается во всех отобранных образцах и представлен зернами с размерами от совершенно маленьких (менее 0.005 мм) до весьма крупных кристаллов (до 7 мм). Как правило, крупные кристаллы представлены ксеноморфными агрегатами, а более мелкие имеют правильный кубический габитус. Крупные кристаллы пирит зачастую раздроблены и «прошиты» трещинами кальцита и эпидота, нередко в зернах пирита наблюдается везувиан (рис. 14, б). Нередко можно наблюдать гипидиоморфные зерна пирита в пирротине (рис. 14, а). На периферии некоторых зерен наблюдается побежалость, а внутри кристаллов пирита можно встретить пойкилитовые кристаллы магнетита. В породах пирит был встречен в двух генерациях. Пирит I представлен крупными гипидиоморфными и ксеноморфными зернами, который имеет хорошо выраженную отдельность и образует соединения с халькопиритом. Пирит II в породах зачастую можно наблюдать в виде мелкозернистой массы идиоморфных и гипидиоморфных кристаллов, которые связаны с халькопиритом. Пойкилокристаллы магнетита в пирите, вероятнее всего, являются реликтовыми включениями, что говорит о первичном магнетите в процессе рудообразования.

А) Пирит в пирротине. Аншлиф 208.5.



Б) Везувиан и халаькопирит в ксеноморфном пирите.



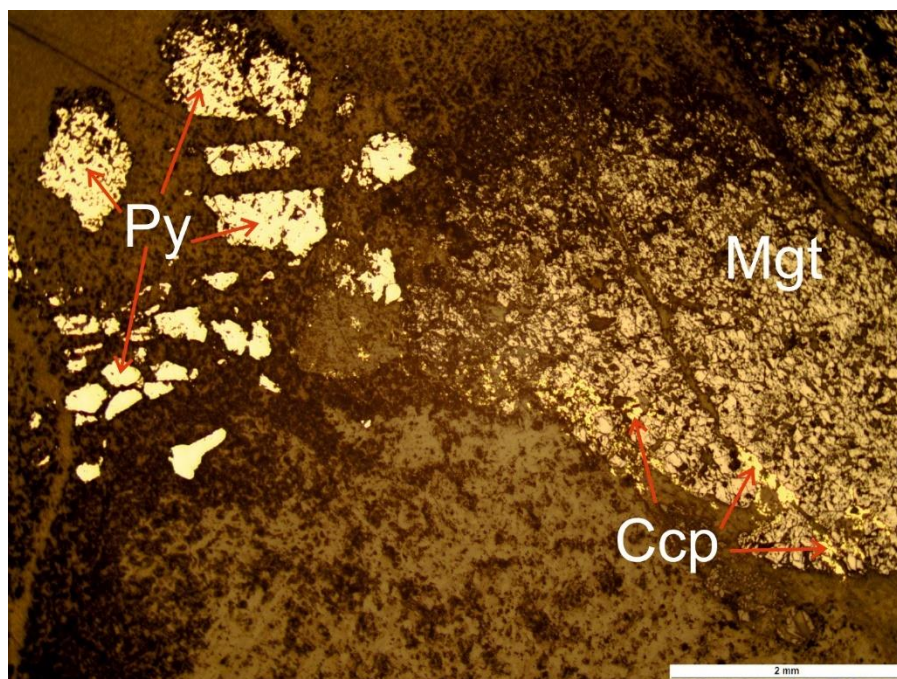
Пирротин встречается реже, чем магнетит и пирит. Как правило, он составляет от 10 до 20% в породе. Минерал представлен ксеноморфными зёрнами с размером от 0.005 до

0.4 мм. Довольно часто в пирротине наблюдается халькопирит. В центре и на периферии кристаллов пирротина можно встретить пирит (рис. 14, а).

Содержание халькопирита в рудах варьируется от 1 до 10%. Минерал представлен мелкими ксеноморфными зернами размером до 0.3 мм. Достаточно часто халькопирит можно наблюдать растущим в трещинах и между зернами пирита как в виде мелкой вкрапленности, так и в виде редких пойкилокристаллов. Также рядом с магнетитом халькопирит может развиваться в виде мелкой вкрапленности (рис. 15).

Рисунок 15

Пирит, магнетит и халькопирит. Шлиф 228.5.



Сфалерит был обнаружен только в одном аншлифе с глубины 199.5 метров. Его содержание в руде составляет порядка 5%. Сфалерит представлен мелкими зернами, размером до 0.1 мм (рис. 16). Некоторые кристаллы сфалерита наблюдаются между крупными зернами пирита.

Присутствует предшествующий сфалериту минерал – вюрцит. Представлен выделениями неправильной формы с размерами около 0.01 мм (рис. 5.1). Также электронным микроскопом был обнаружен минерал глаукодот – $(\text{Co}, \text{Fe})\text{AsS}$. Кобальт является наиболее типичным элементом-примесью в рудах известковых скарнов. Зерна минерала представлены небольшими скоплениями, которые ассоциируются с пиритом (рис. 17). Размер зерен глаукодота достигает 0.025 мм, зерна неправильной формы.

Рисунок 16
Сфалерит. Шлиф 119.5.

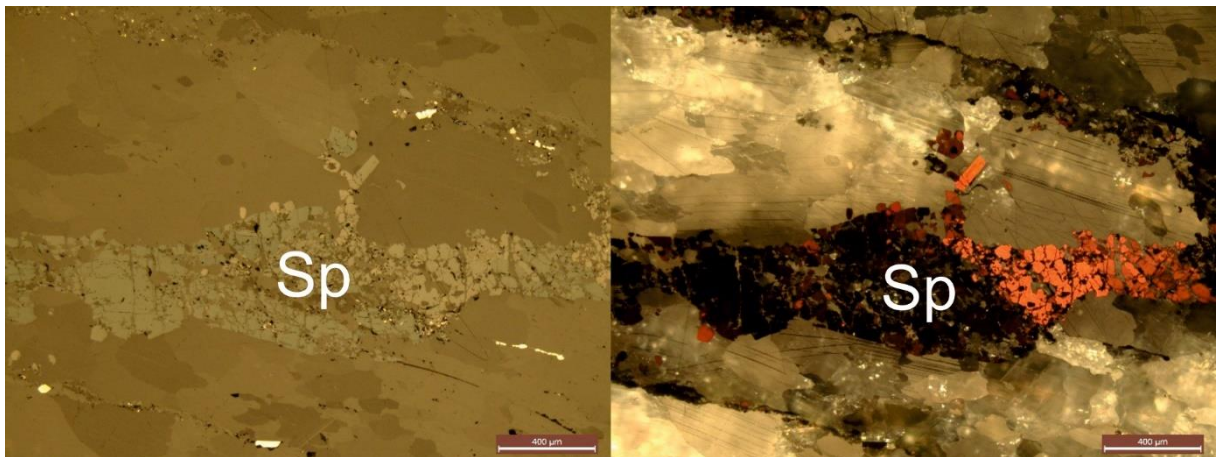
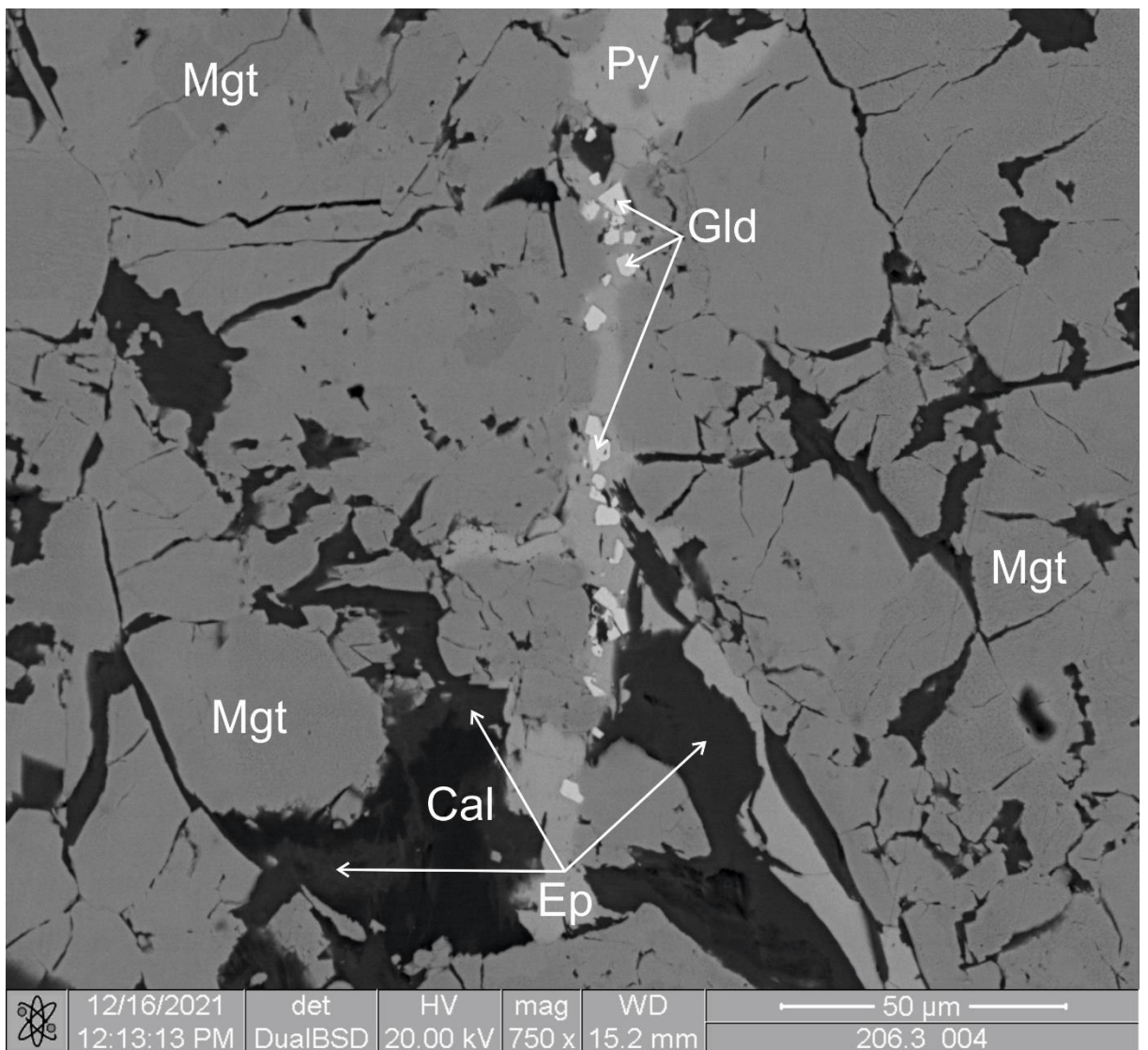


Рисунок 17
Вкрапленность глаукодота. Состав минералов. Аншлиф 206.3.



Состав минералов приведен в приложении 2.

На основе изучения минеральных ассоциаций, их количественных соотношений и особенностей пространственной локализации был выделен магнетит-сульфидный тип рудной минерализации.

Изучение рудных минералов в оптический и электронный микроскопы позволило определить стадийность минералообразования сульфидных минералов, которая представлена следующим порядком:

Пирротин → пирит → халькопирит → сфалерит.

ГЛАВА 5. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ ПУТЕМ ФАКТОРНОГО И КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗОВ

Изучение результатов рентгенофлуоресцентного анализа помогло дополнить знания о выделенных типах минерализации в породах и метасоматических изменениях, охарактеризовав их с точки зрения химического состава. Результаты были обработаны статистически с применением факторного анализа методов главных компонент, а также путем корреляционного анализа с целью изучения поведения химических элементов.

Корреляционный и факторный анализы были выполнены в программе STATISTICA 10. При выполнении данного анализа были использованы данные рентгенофлуоресцентного анализа. Суммарно использованы данные по 23 образцам.

В результате выполнения корреляционного анализа (прил. 5) было выяснено, что ряд элементов имеют значимые корреляции с другими элементами. Из таблицы видно, что S имеет высокую положительную корреляцию с Ni, Cu, Zn и As. Высокую отрицательную корреляцию S имеет с Al, Si, Rb и Y. Это говорит о том, что в породах происходит процесс сульфидизации, то есть при пиритовой минерализации происходит замещение серой алюминия и кремния. Железо имеет высокую положительную корреляцию с Cr, Ni, Cu, Zn, As, Y, Pb высокую отрицательную корреляцию с Al, Si, K, Ca и Ti. Это может говорить о том, что помимо собственной магнетитовой минерализации в породах Наследницкого участка присутствует пирит-магнетитовая минерализация в виде вкрапленности и отдельных жил. Очевидно, важным этапом минералообразования на Наследницком участке является сульфидизация исходных гранатовых и гранат-магнетитовых скарнов. Отсутствие корреляции серы и железа говорит о наложенном характере сульфидного оруденения.

В результате выполнения факторного анализа и на основе графика каменистой осыпи было выделено 4 значимых фактора (табл. 1).

Таблица 1

Факторные нагрузки для выборки пород из скважины №23 Наследницкого участка.
N=50. Критическое значение 0.41.

	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4
S	-0.30	-0.42	0.16	0.48
LE	0.75	0.40	-0.16	0.45
Zn	-0.30	-0.58	0.19	0.44
Ni	-0.35	-0.38	-0.47	0.42
Cu	-0.49	-0.33	0.39	0.35
Cr	-0.18	-0.09	-0.79	0.29
As	-0.20	-0.67	0.43	0.29
Mn	-0.36	0.19	-0.20	0.28
Ca	0.08	0.52	0.48	0.26
Sr	0.11	0.60	0.00	0.19
K	0.69	-0.28	0.21	0.16
Mg	-0.25	-0.05	-0.78	0.13
Al	0.85	-0.24	-0.02	0.11
Доля общ	0.28	0.16	0.12	0.09
Ti	0.75	-0.43	-0.11	0.00
Si	0.81	-0.04	-0.11	-0.02
Y	0.14	-0.12	-0.39	-0.09
Zr	0.65	-0.43	0.16	-0.10
Nb	0.55	-0.62	-0.23	-0.11
Rb	0.63	-0.30	-0.05	-0.33
Pb	-0.70	-0.27	0.01	-0.35
Fe	-0.69	-0.44	-0.05	-0.53

$$I_{28} = \frac{Al_{0.85}Si_{0.81}Ti_{0.75}K_{0.69}Zr_{0.65}Rb_{0.63}Nb_{0.55}}{Pb_{0.70}Fe_{0.69}Cu_{0.49}};$$

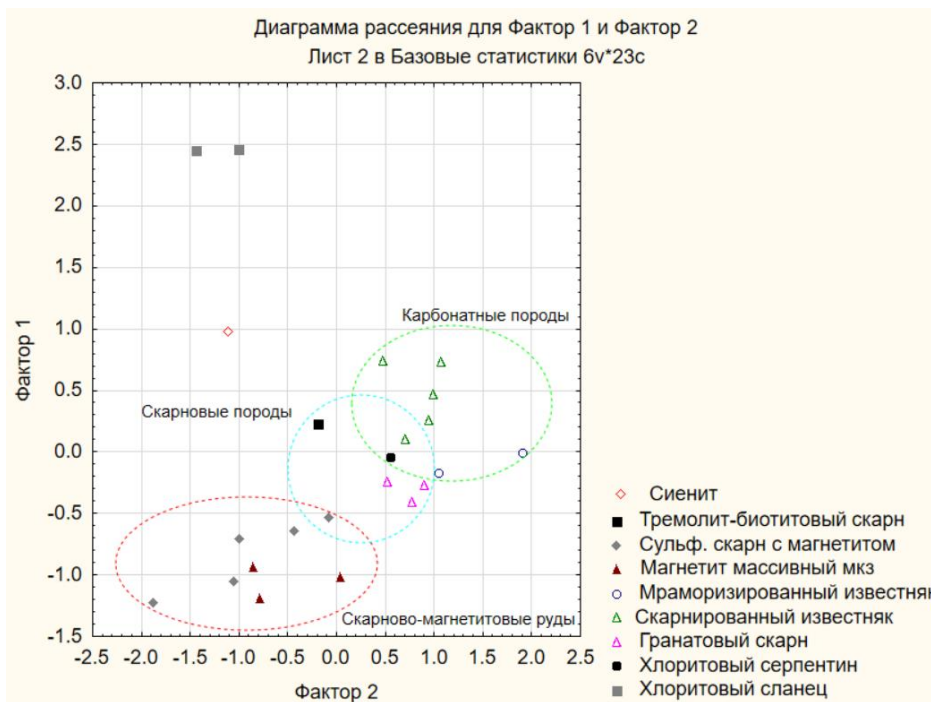
$$II_{16} = \frac{Sr_{0.60}Ca_{0.52}}{As_{0.67}Nb_{0.62}Zn_{0.58}Fe_{0.44}Zr_{0.43}Ti_{0.43}S_{0.42}};$$

$$III_{12} = \frac{Ca_{0.48}As_{0.43}}{Cr_{0.79}Mg_{0.78}Ni_{0.47}};$$

$$IV_9 = \frac{S_{0.48}Zn_{0.44}Ni_{0.42}}{Fe_{0.53}}.$$

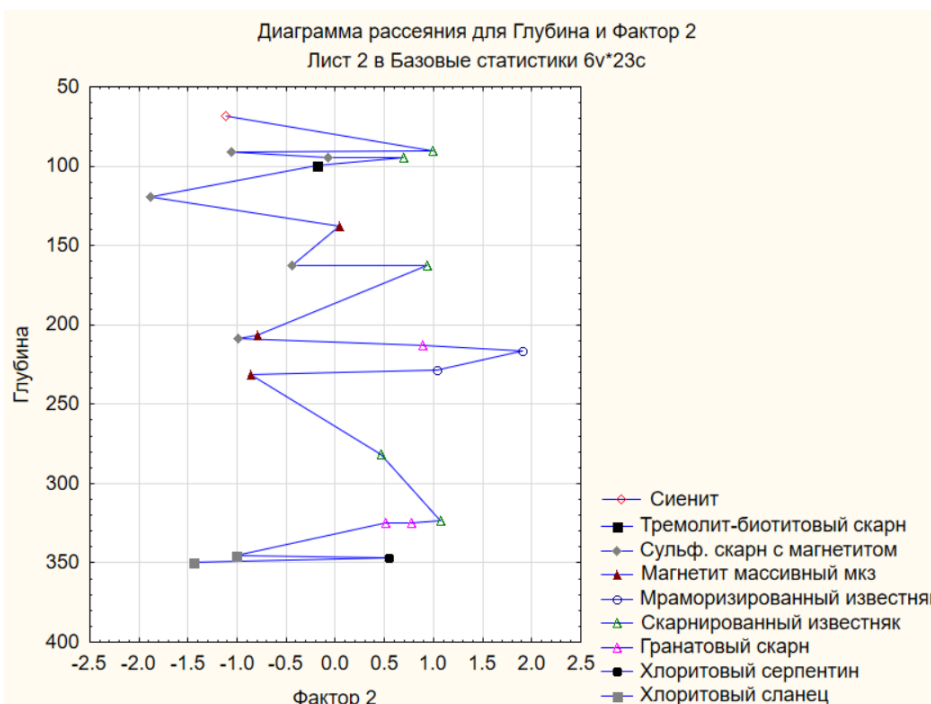
Предполагается, что первый фактор отвечает за разделение типов пород по разрезу, то есть является породообразующим. По разрезу выделяются карбонатные, скарновые породы и скарново-магнетитовые руды (рис. 18).

Диаграмма рассеяния фактора I и фактора II.



Второй фактор, вероятно, говорит о том, что при переходе к известнякам по разрезу либо уменьшается, либо целиком отсутствует пирит-магнетитовая минерализация (рис. 19).

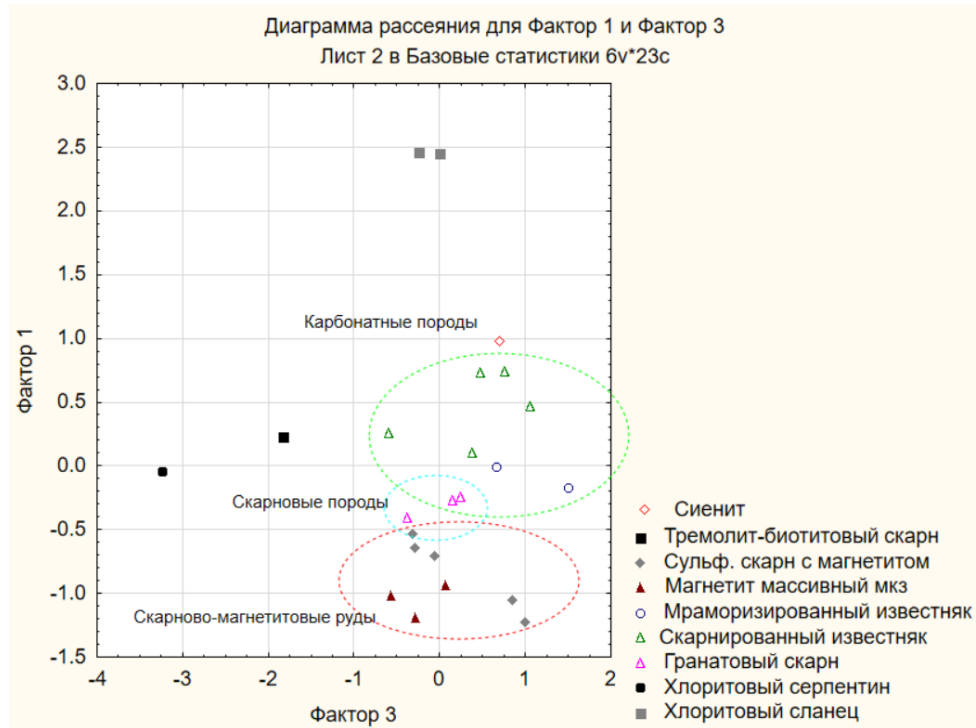
Диаграмма рассеяния фактора II и глубины пробоотбора.



По третьему фактору выделяются основные породы – серпентиниты, измененные хлоритизированные серпентиниты, которые обогащены магнием, хромом, никелем и прочими сульфидными элементами (рис. 20).

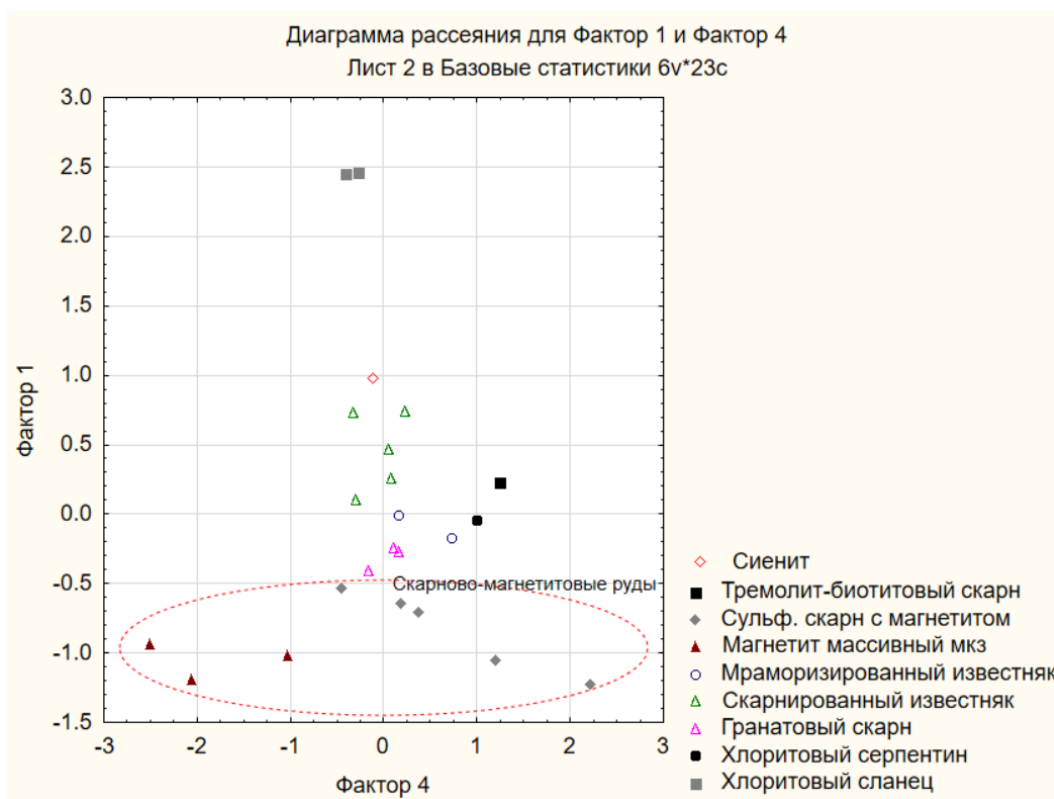
Рисунок 20.

Диаграмма рассеяния фактора I и фактора III.



Интерпретацией четвертого фактора может служить объяснение о распределении рудной минерализации по разрезу. При увеличении степени сульфидизации происходит уменьшение количества железа в породах, то есть происходит переход от собственно магнетитовых жил к сульфидизированным скарнам (рис. 21). Следует отметить, что 3 и 4 фактор из анализа методом главных компонент не имеют существенного значения для классификации пород и руд встреченных по разрезу в скважине №23.

Диаграмма рассеяния фактора I и фактора IV.



ГЛАВА 6. ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНОСТИ УЧАСТКА НА ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

6.1 Железородное сырье

Залежь железных руд Наследницкого участка выявлена при проведении площадных геофизических и буровых работ. Она локализуется в скарнах по известнякам и туфам биргильдинской толщи нижнего карбона. Максимальная зона рудно-скарновой зоны достигает 150 м, падение крутое на юго-запад – 75-80°. Зона контролируется зоной разлома северо-западного простирания и генетически связана с мелкими телами кварцевых диоритов кокпектысайского комплекса. На месторождении выделены мелкие тела гранитов и серпентинитов, которые контролируются зоной разлома субмеридионального простирания. Породы представлены скарнами эпидот-гранат-пироксенового состава с сульфидно-магнетитовой минерализацией с прослоями роговиков и мраморов. Вкрапленные и массивные магнетитовые руды содержат вкрапленность сульфидных минералов, таких как: пирит, пирротин, халькопирит, галенит и сфалерит. Рудно-скарновая зона с магнетитовым оруденением вскрыта шестью скважинами (табл. 2 и табл. 3).

Таблица 2
Перечень интервалов железных руд, вскрытых геологическими скважинами
(Коробейник, 1965).

№ скв	Интервал			ВК, %	Тип руды	Fe, %	S, %
	От	До	Длина				
1	92.0	103.9	11.9	92	Магнетитовые	28.8	3.3
1	140.5	148.1	7.6	92	Магнетитовые	30.7	2.4
1	161.7	170.3	8.6	95	Магнетитовые	35.5	2.3
1	174.0	177.7	3.7	90	Магнетитовые	36.0	2.96
1	198.4	200.8	2.4	100	Магнетитовые	44.0	4.1
1	204.6	210.0	5.4	100	Магнетитовые	42.3	3.1
1	212.6	264.8	52.2	99	Магнетитовые	53.2	2.8
1	333.0	371.1	38.1	96	Магнетитовые	52.5	2.8
1	380.2	382.3	2.1	100	Магнетитовые	37.3	3.9
1	404.4	407.8	3.4	100	Магнетитовые	41.8	3.8
1	419.6	428.3	8.7	98	Магнетитовые	47.2	3.5
6	5.5	12.2	6.7	80	Мартитовые	62.3	0.08
6	18.5	30.4	11.9	78	Мартитовые	60.0	0.02
6	73.5	97.6	24.1	47	Магнетитовые	54.3	2.87
6	110.6	113.6	3.0	53	Магнетитовые	47.6	1.34
6	115.8	117.0	1.2	83	Магнетитовые	39.3	7.29
6	134.5	140.0	5.5	78	Магнетитовые	50.8	1.09

16	16.8	24.0	7.2	80	Мартитовые	45.7	0.03
16	29.9	33.1	3.2	84	Мартитовые	46.0	0.04
16	35.5	38.0	2.5	98	Мартитовые	45.0	0.0
58	41.0	48.9	7.9	95	Магнетитовые	31.2	3.24
58	108.3	109.3	1.0	100	Магнетитовые	45.3	2.34
58	292.4	293.7	1.3	100	Магнетитовые	42.5	0.36
58	295.2	299.8	4.6	100	Магнетитовые	39.9	2.34
58	305.1	309.9	4.8	90	Магнетитовые	34.4	1.89
35	211.5	213.6	2.1	90	Магнетитовые	45.2	3.9
35	214.5	215.5	1.0	40	Магнетитовые	26.3	2.7

Таблица 3

Перечень интервалов железных руд, вскрытых поисковой скважиной №23.

№ скв	Интервал			Тип руды	Fe, %	S, %
	От	До	Мощность			
23	119.5	127.8	8.3	Сульфидно-магнетитовые	33.9	10.4
23	137	142.7	5.7	Сульфидно-магнетитовые	46.6	0.44
23	206	212	6	Сульфидно-магнетитовые	57.8	8.2
23	231	237	6	Сульфидно-магнетитовые	71.6	0.74

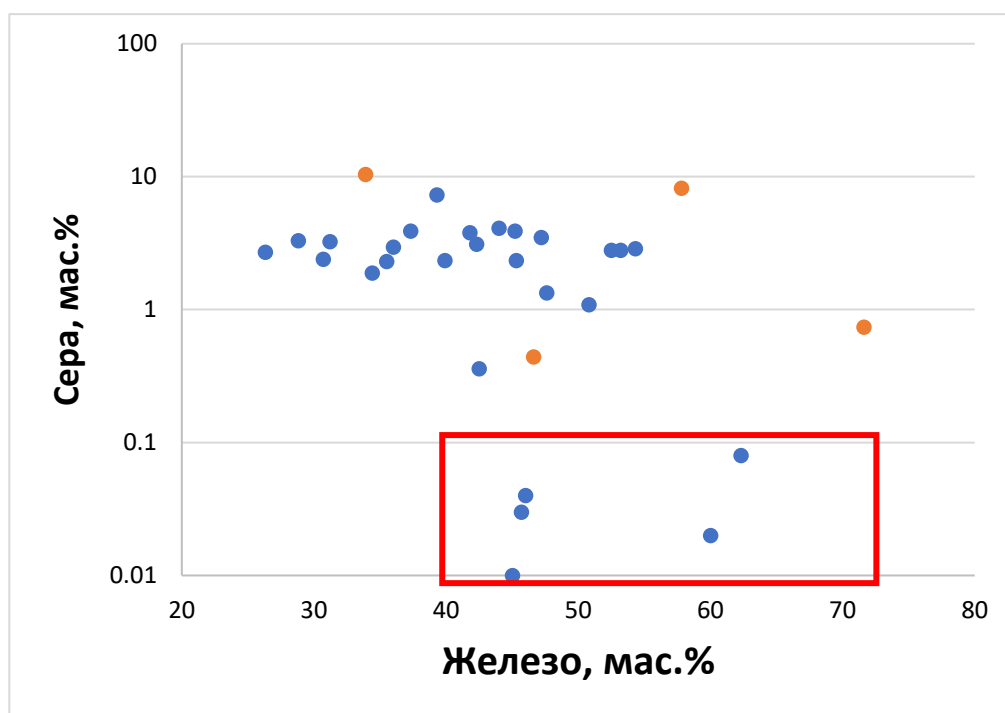
На рисунке 22 представлена классификация железных руд по содержанию железа и серы. Синие точки – данные предшественников, оранжевые точки – собственные данные. Точки в красной зоне – мартитовые руды, остальные являются первичными скарново-магнетит-сульфидными рудами.

Литологически рудно-скарновая зона представлена частым переслаиванием мраморизованных и скарнированных известняков, эпидотовых, гранатовых, хлоритовых с неравномерной вкрапленностью магнетита и сульфидов скарнов и прослоев магнетитовых руд. Магнетитовые руды пространственно тяготеют к скарнам и скарнированным породам. По составу они являются сульфидно-магнетитовыми, а по характеру распределения полезных компонентов – сплошными и вкрапленными. Сульфидная минерализация, вероятно наложенная на магнетитовую. Участками отмечается замещение магнетита пиритом, прожилки сульфидов в магнетите, цементация сульфидами раздробленных магнетитовых руд. Содержание сульфидов неравномерное и колеблется от 5-10% до 30-40%. Представлены они, в основном, пиритом и пирротинном, реже халькопиритом. В зоне окисления магнетитовые руды переходят в мартитовые и полумартитовые. В центральной части участка скважинами в интервале глубин 40-440 метров выделено до 40 магнетитовых линз с истинной

мощностью от первых метров до 20 метров.

Рисунок 22

Классификация железных руд по содержанию железа и серы.



Среднее содержание железа по участку в магнетитовых рудах составляет 46,7%, в маргитовых – 54,6%, содержание серы соответственно 2,8 и 0,03%, содержание фосфора от 0,01 до 0,22%, отмечаются повышенные содержания мышьяка 0,01-0,06%.

Авторские запасы железных руд, подсчитанные Коробейниковым К.К. в 1966 году по категории С₂ до глубины 500 метров, составляли 30 млн. тонн, прогнозные ресурсы категории Р₁ – 60 млн тонн. Перспективы увеличения запасов предположительно связаны с глубинами свыше 500 м, где рудные тела имеют тенденцию к увеличению мощности и слиянию в единое рудное тело. Протоколом НТС Челябинскнедра 26/2018 от 20.08.2018 запасы категории С₂ в количестве 30 млн. тонн в полные объемы были переклассифицированы в прогнозные ресурсы категории Р₁, а прогнозные ресурсы Р₁ в количестве 60 млн тонн аннулированы как не имеющие обоснования. Таким образом действующие прогнозные ресурсы участка по категории Р₁ составляют 30 млн тонн руды.

В соответствии с имеющимися данными о геологическом строении участка расстояние между крайними северным (57) и южным (48,5) профилями, на которых оруденение не встречено составляет 850 метров. Расстояние между крайними скважинами 17 и 22 на профиле 4, которые прошли по неизменным породам мимо рудно-скарновой зоны, составляет 400 метров. Таким образом, ожидаемое

месторождение можно отнести к разряду мелких, в том числе по количеству ожидаемых ресурсов менее 50 млн тонн, т.е. к 3 группе в соответствии с «Методическими рекомендациями по применению классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых и полезных ископаемых. Железные руды.» (2007).

6.2 Рудное золото

В 1972 году в рамках изучения золотоносности керн участка изучен геологом Золотогорского отряда Т.И. Молчановой. По результатам работ отобрано и проанализировано 122 пробы, из которых лишь одна проба показала содержание золота 2 г/т, остальные менее 0,3 г/т.

По разрезу скважины №23 были обнаружены кварцевые жилы с сульфидной минерализацией. Это позволило предположить, что в кварцевых жилах присутствует золото. Также основанием для предположения послужила опорная буровая скважина №30 глубиной 100 метров, которая вскрывает метасоматически измененные отложения брединской свиты с золотоносными кварцевыми жилами (Лисов, 2008). Для установления наличия или отсутствия золотого оруденения был проведен анализ пробирно-атомно-абсорбционным методом 8 интервальных проб, которые расположены в пределах глубин 116-230 метров. Также с помощью оптического микроскопа и электронного микроскопа с микрозондовой приставкой были изучены образцы, которые содержат кварц. Согласно результатам исследования, массовая доля золота в образцах от <0.02 до 0.05, что не соответствует минимальному промышленному содержанию (табл. 4).

Рисунок 4

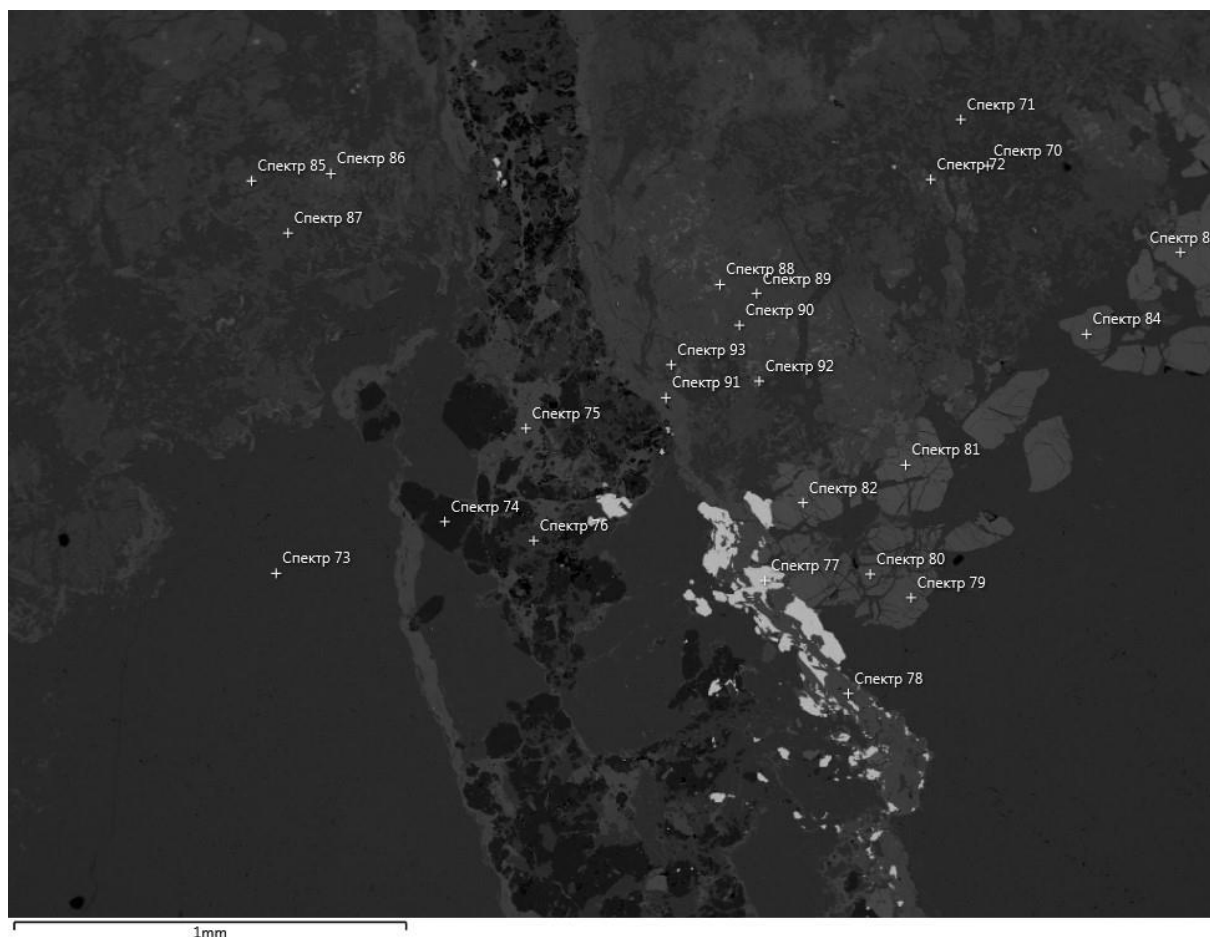
Содержание золота в сульфидизированных кварцевых жилах по интервалам.

№ п/п	№ рег.	Маркировка	Интервал	Массовая доля золота, г/т
1	13680	29	116,5-118,3	<0,02
2	13681	39	137,3-139,9	<0,02
3	13682	45	150,9-152,5	0,02
4	13683	49	161,5-164,5	0,02
5	13684	56	179,5-182,5	<0,02
6	13685	59	185,5-188,5	<0,02
7	13686	67	207,9-211,1	<0,02
8	13687	76	227,5-230,5	0,05

По результатам петрографического и микрозондового исследований было выявлено, что в породах отсутствуют минералы-спутники золотого оруденения (арсенопирит, самородный висмут и т.д), что так же говорит об отсутствии возможной золоторудной минерализации (рис. 23).

Рисунок 23

Кварцевая жила в эпидоте. Шлиф 90.8.



Условные обозначения: 70 – кальцит, 71 – эгирин-авгит, 72 – титанит, 73 – кальцит, 74 – кварц, 75 – эпидот, 76 – кальцит, 77 – халькопирит, 78 – эпидот, 79-84 – везувиан, 85 – клиноцоизит, 86 – эпидот, 87 – эгирин-авгит, 88 – титанит, 89 – эгирин-авгит, 90 – мухинит, 91 – аксинит, 92 – везувиан, 93 – эгирин-авгит.

6.3 Графит

При изучении пород разреза поисковой скважины №23 был обнаружен графит в метасоматических скарнах, интрузивных сиенитах и в метаморфических сланцах. Эта находка позволила пополнить список полезных ископаемых, которые могут быть потенциально полезными. Графит был подвержен оптическому изучению на

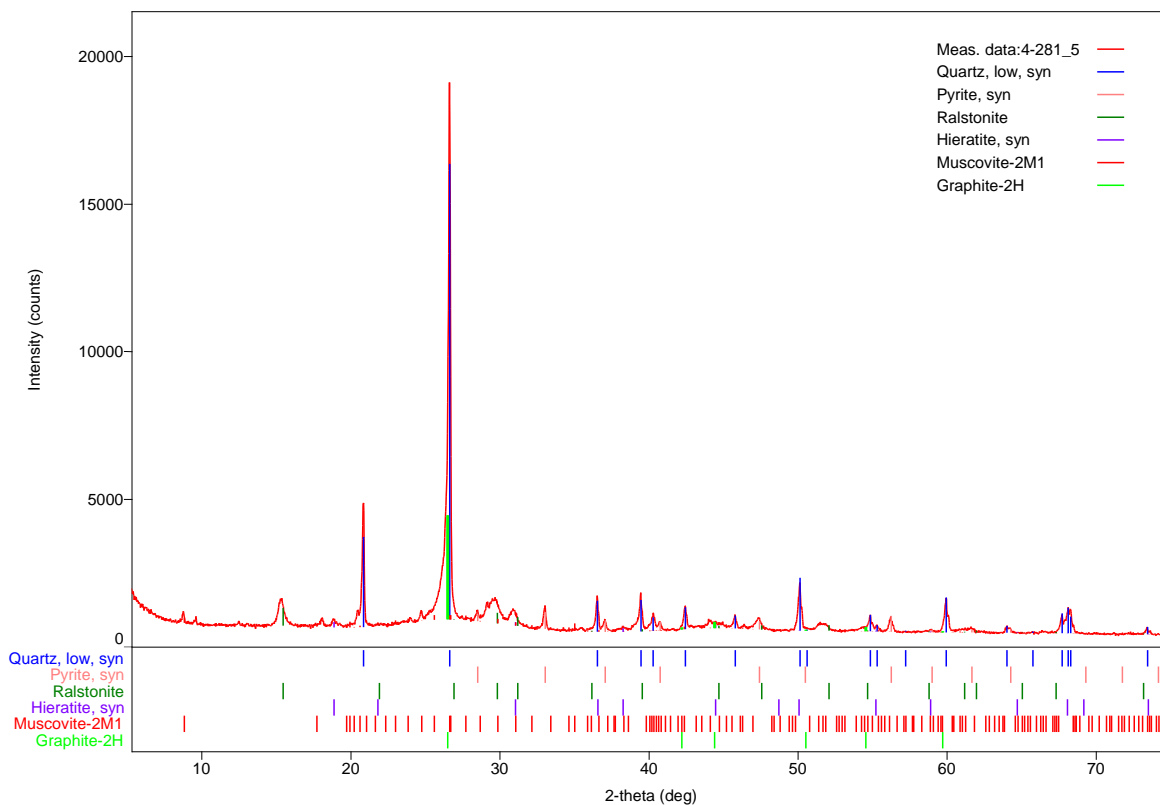
поляризационном микроскопе, рентгенофазовому анализу и фазовому анализу углерода из каждого образца. Для РФА было проведено выделение графита и его обогащение путем химического выщелачивания в 3 разных кислотах. Первично в соляной кислоте были удалены карбонаты (преимущественно кальцит). Затем в азотной кислоте растворялись такие сульфиды, как пирит, халькопирит, сфалерит и др. Следующим этапом стало выведение силикатных минералов плавиковой кислотой. Такие действия для обогащения графиты возможно из-за его инертных свойств – увеличение графитового материала без потери его кристалличности. Изучение данного полезного ископаемого даст его первичную характеристику и позволит сделать выводы о целесообразности его дальнейшего изучения и использовании в качестве сырья.

Оптически графит обнаружен в 4 образцах разреза:

1. 281.5 – графитизированный хлоритовый скарн.
2. 349.8 – хлоритизированный графитосодержащий сланец.
3. 353.7 – щелочнополевошпатовые сиенит.
4. 378.1 – графитсодержащий хлорит-мусковитовый сланец.

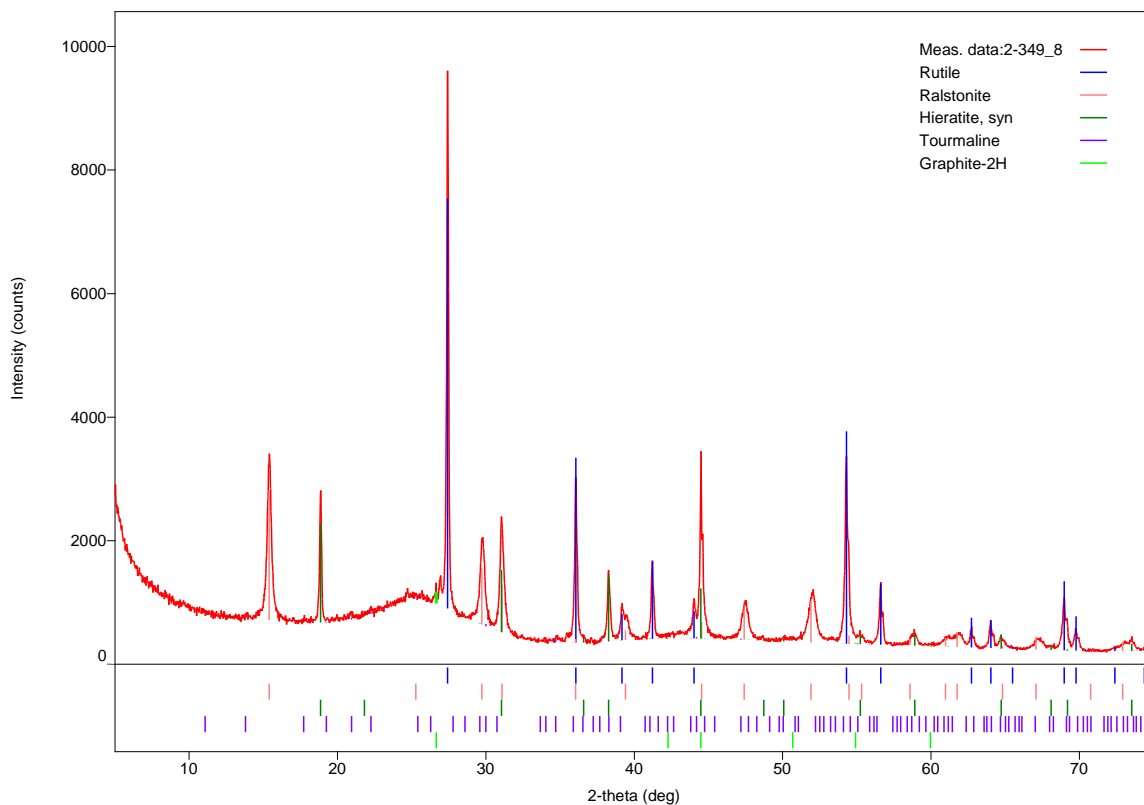
Образец с глубины 281.5 представлен графитизированным хлоритовым сланцем. В породе графит представлен равномерно распределенной вкрапленностью плотных мелкокристаллических зерен, размеры которых видны в микроскоп и их максимум составляет около 0.01 мм. Также занимает пространство в трещинах между кристаллами других минералов. Рентгенофазовый анализ показал, что в образце присутствуют такие минералы, как кварц, пирит, мусковит, графит и фториды. Последние, вероятно, являются реакцией плавиковой кислоты с силикатными минералами и представлены ральстонитом и гиератитом. Также РФА показал, что большая часть углеродистого вещества в образце является рентгеноаморфной, но есть небольшое количество графита, который представлен кристаллическим веществом, но на дифрактограмме его «закрывает» пик кварца в районе $26.6^\circ 2\Theta$ (рис. 24). Зеленые линии здесь и в каждой последующей дифрактограмме являются эталонными спектрами гексагонального поли типа графита (Богданов, 2013).

Дифрактограмма образца 281.5.



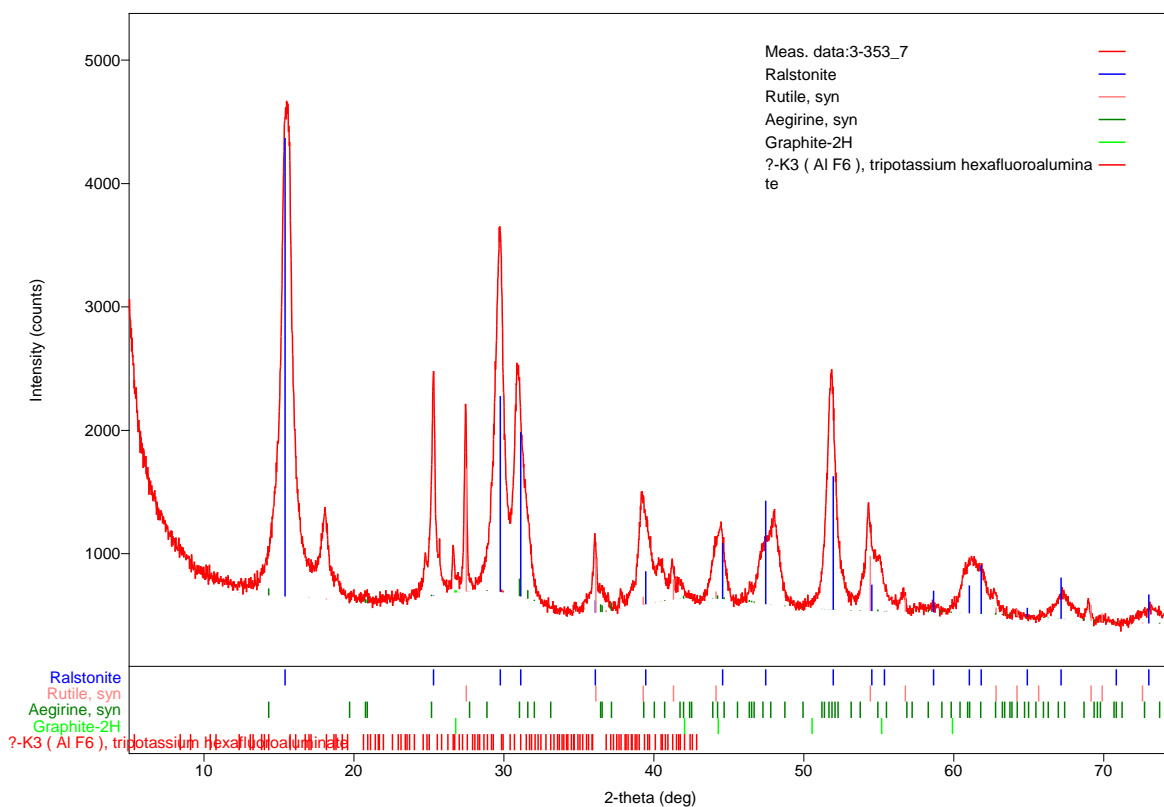
Образец с глубины 349.8 представлен хлоритизированным графитосодержащим сланцем. В породе графит представлен мелкими отдельными чешуйчатыми агрегатами, которые имеют размер до 0.1 мм. Кристаллы имеют удлинения по одной из осей, редко встречаются изометричные зерна минерала. Рентгенофазовый анализ показал, что в образце присутствуют такие минералы, как рутил, турмалин, графит и фториды. Фториды повторяют минералы из образца 281.5. Дифрактограмма по этому образцу показала, что также большая часть графита является рентгеноаморфной, но есть небольшое количество кристаллического вещества в районе $26.6^\circ 2\Theta$ (рис. 25). На рентгеноаморфность графита указывает аномальное поднятие фона в виде широкого максимума в районе $22-28^\circ 2\Theta$.

Дифрактограмма образца 349.8.



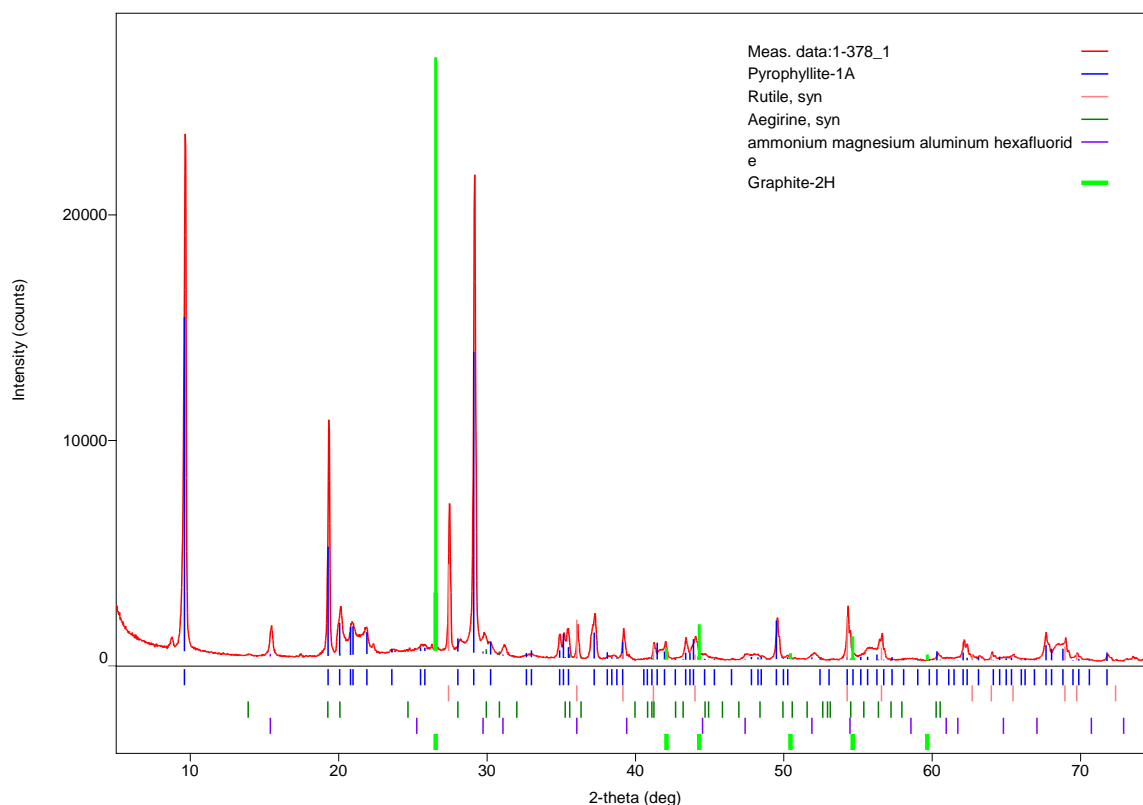
Образец с глубины 353.7 является щелочнополевошпатовым сиенитом. В образце графит представлен одиночными изометричными чешуйчатыми кристаллами, которые имеют размер от сотых долей миллиметра до 0.2 мм. Толщина минерала достаточная для того, чтобы не пропускать свет. Рентгенофазовый анализ показал, что в образце присутствуют такие минералы, как рутил, эгирин, графит и фториды. Фториды представлены ралстонитом и, вероятно, имеют аналогичный с предыдущими образцами генезис. Дифрактограмма показала, что присутствует небольшое количество графита в кристаллическом виде также в районе $26.6^\circ 2\Theta$, но рентгеноаморфная фаза графита «перекрыта» пиками фторидов в районе 44° и $55^\circ 2\Theta$ (рис. 26).

Дифрактограмма образца 353.7.



Образец 378.1 является графитсодержащим хлорит-мусковитовым сланцем. Графит в образце представлен мелкокристаллическими агрегатами с размерами от 0.005 до 0.14 мм. Минерал образует равномерные многочисленные скопления, которые формируют сеть прожилок. Ориентация таких прожилок направлена в одну сторону. Рентгенофазовый анализ показал, что в образце присутствуют такие минералы, как рутил, пирофиллит, эгирин, графит и фториды. Последние аналогичны другим образцам. Дифрактограмма по данному образцу показала, что собственно графит отсутствует, но есть достаточно большое количество рентгеноаморфной фазы, которая показана в районе 42° , 44° и 55° 2Θ зелеными линиями (рис. 27).

Дифрактограмма образца 378.1.



Таким образом, все изученные графитовый агрегаты представлены мелкозернистыми чешуйчатыми кристаллами, с размерами от 0.005 до 0.2 мм. Зерна зачастую распределены равномерно. Прорастания в кристаллах графита замечены не были. Довольно часто можно наблюдать расположение графита недалеко от сульфидных минералов (преимущественно пирит, реже халькопирит). Зачастую зерна графита имеют вытянутую форму. Минерал представлен гексагональным политипом во всех образцах. В двух образцах небольшая часть графита представлена собственно кристаллическим графитом. Но и рентгеноаморфная фаза графита есть в каждом из изученных образцов. Под рентгеноаморфностью графита подразумевается его частичная или полная невозможность установить с помощью рентгенофазового анализа, но при этом оптически в шлифах и с помощью электронного микроскопа графит четко определяется и диагностируется.

Также для более полного и многостороннего изучения графита в породах был проведен фазовый анализ углерода (табл. 5), который показал содержания графитного и карбонатного углеродов в образцах.

Таблица 5

Содержание графитного и карбонатного углерода в графитсодержащих пробах, %.

Образец	Порода	С углерод	С карбонат	С общий
281.5	Графитизированный хлоритовый скарн	2.67	6.08	8.75
349.8	Хлоритизированный графитосодержащий сланец	6.3	1.45	8.75
353.7	Щелочнополевошпатовый сиенит	0.22	0.12	0.34
374.6	Графитизированный хлоритовый сланец	3.6	1.1	4.7
378.1	Графитсодержащий хлорит- мусковитовый сланец	18.7	1.43	20.13

Графит является важным природным ресурсом для человека, его окружения и жизнедеятельности. Области его применения достаточно обширны. Графит используют для производства тормозных колодок, смазок, порошковых материалов, огнеупоров, в сталелитейном производстве и металлургии, производства электрооборудования и графитовых стержней для ядерных реакторов. Обнаруженный на территории Наследницкого участка чешуйчатый графит может использоваться для производства огнеупоров в черной и цветной металлургии, также для в литейном деле для покрытия внутренней поверхности литейных форм и химической промышленности (смазочные материалы). Согласно отчету геологической службы США за 2022 год, добыча графита в России составляет 27 тыс. тонн за 2021 год (USGS, 2022). Добыча в мире, согласно этому же источнику, составляет 1 млн тонн за 2021 год. Доля России в мировой добычи составляет 2.7%, что является не особо высоким показателем. В стратегии развития минерально-сырьевой РФ до 2035 графит не указан ни в одном из пунктов, но задачи по импортозамещению выполнять необходимо, поэтому внесение в перечень потенциально-рентабельных объектов Наследницкого участка, как месторождение железа с попутной добычей графитового материала будет не лишним.

Для более конкретных выводов и заключений по качеству и свойствам графита на территории Наследницкого участка необходимо проводить дополнительные разведочные работы и технологические изучения. На данном этапе можно говорить только о новизне полученных данных о данном полезном ископаемом, так как по территории есть информация лишь о графитизации, но не о графите, как о самостоятельном полезном ископаемом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно цели и задачам выпускной квалификационной работы, было изучено геологическое строение и типы оруденения Наследницкого участка и были получены новые уникальные данные по территории. Полученные результаты основаны на фактическом материале из поисковой скважины №23.

Были проведены изучения химического и петрографического состава вмещающих пород и полезных ископаемых, которые распространены на рассматриваемой территории. Некоторые из анализов были сделаны впервые или по новым технологиям, которые были недоступны во время последнего изучения Наследницкого участка, а это вторая половина 20 века.

В результате изучения шлифов и аншлифов пород Наследницкого участка было получено петрографическое описание пород по разрезу скважины №23, информация по наличию полезных ископаемых и их свойствах. Были подтверждены породы, которые описаны в отчете от 1967 года с незначительными расхождениями.

Первично была выделена пирит-магнетитовая минерализация по всему разрезу скважины, а также графитовая минерализация ближе к забою. Железородная минерализация представлена жилами и прожилками массивного мелкозернистого магнетита с сульфидизацией по всему разрезу. Золоторудная минерализация была предположена благодаря наличию мощных кварцевых жил по разрезу и из-за наличия опорной скважина на территории исследования, которая вскрыла золотоносные кварцевые жилы в той же брединской толще, где и были обнаружены жилы. Пробы рудно-атомно-абсорбционным методом золотое оруденение не подтвердилось. Графитовая минерализация, которая локализуется в хлоритовых сланцах маячной свиты и частично в скарнах, представлена мелкозернистыми чешуйчатыми рентгеноаморфными агрегатами.

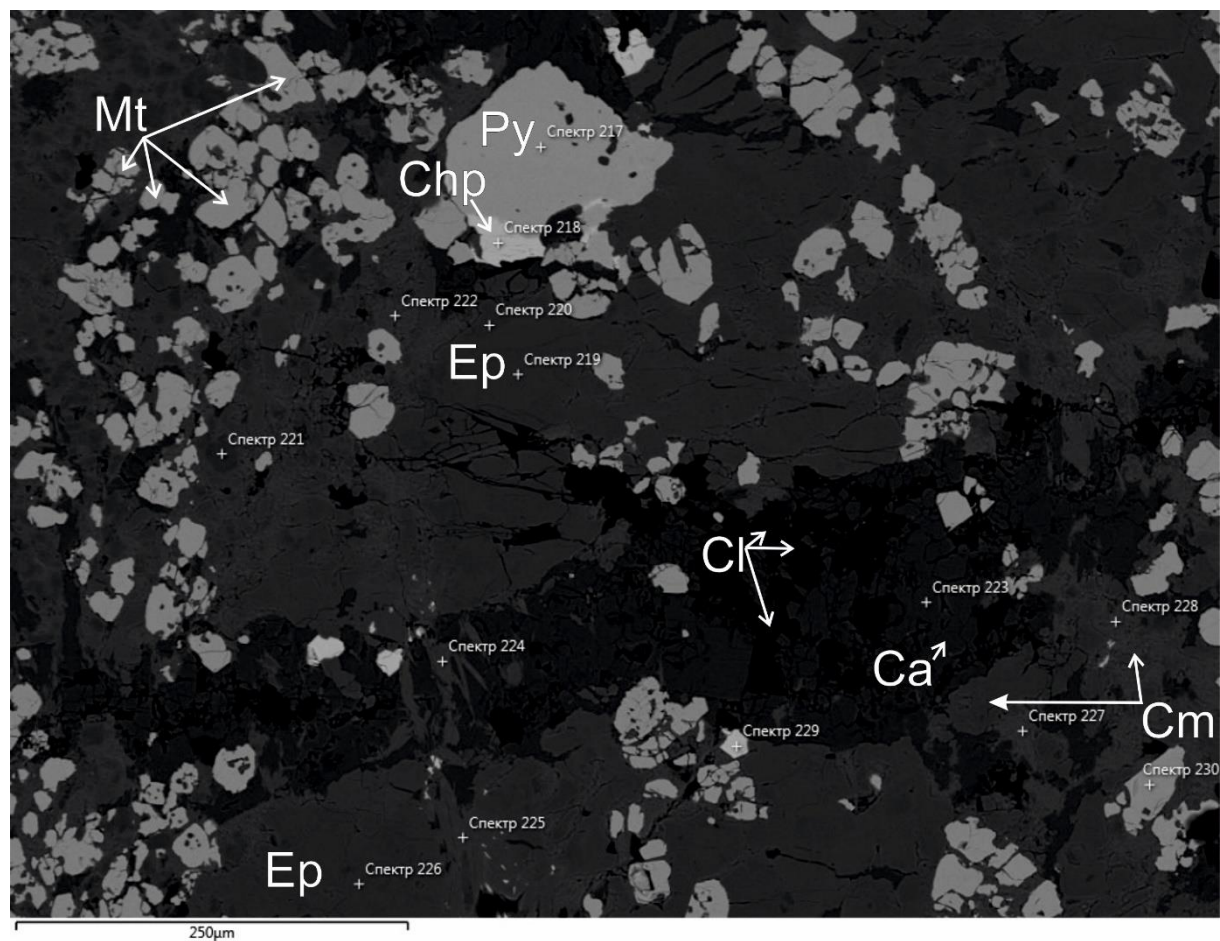
Для более полного и всестороннего изучения Наследницкого участка и выделения конкретных выводов по полезным ископаемым необходимо проводить дополнительные исследования, в которые входит оконтуривание рудных тел, определение их мощностей и постоянства простираения, что и называется геологоразведкой. Геологоразведкой в данный момент и занимается Магнитогорский металлургический комбинат, а конкретнее геологоразведочная партия «Рудник».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бискэ Ю.С. Геология России: курс лекций. — СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2019. — 228 с.
2. Богданов С.П. Рентгеноструктурный анализ углеродистых материалов: методические указания. / С.П. Богданов - СПб.: СПбГТИ. - 2013. - 26 с.
3. Коробейник К.К., Пургаев Ф.Я. Отчет о результатах геолого-геофизических работ, проведенных Троицкой партией в Брединском районе Челябинской области, 1965. 126 с.
4. Коробейников К.К. Отчет о результатах геофизических работ, проведенных Зауральской партией в Брединском районе Челябинской области, 1965. 113 с.
5. Салихов Д.Н., Холоднов В.В., Пучков В.Н., Рахимов И.Р. / Магнитогорская зона Южного Урала в позднем палеозое: магматизм, флюидный режим, металлогения, геодинамика – М.: Наука, 2019. – 392 стр.
6. Лисов А. С., Алексеева Г. А., Кваснюк Л. Н. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 200 000. Издание второе. Серия Южно-Уральская. Лист N-41-XXXI (Бреды) с клапаном N-41-XXXII. Объяснительная записка. – М.: Московский филиал ФГБУ «ВСЕГЕИ», 2018. 131 с.
7. Лисов А. С. и др. ГДП-200 листов М-41-I, II, VII, VIII, N-41-XX, XXVI, XXXI (Зауральская площадь, территория Российской Федерации) (Отчет Восточной геологосъемочной партии). Т. 1–5. – ФГУ «ТФИ по ПрФО», Оренбургский филиал, 2008
8. Методическими рекомендациями по применению классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых и полезных ископаемых. Железные руды. – М.: ФБУ ГКЗ, 2007 – 41 стр.
9. Методическими рекомендациями по применению классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых и полезных ископаемых. Графит. – М.: ФБУ ГКЗ, 2007 – 32 стр.
10. Whitney, Donna L., Evans, Bernard W. Evans (2010). Abbreviations for names of rock-forming minerals. // American Mineralogist, Volume 95, pages 185-187, 2010.
11. U.S. Geological Survey, 2022, Mineral commodity summaries 2022: U.S. Geological Survey, 202 p.

Приложение 2

Развитие кристаллов хлорита между кальцитом и клиноцоизитом, вкрапленность магнетита. Химический состав в весовых процентах. ППШ 90.8



Минерал	Название спектра	O	Mg	Al	Si	S	Ca	Fe	Cu
Пирит	Спектр 217	28.48				37.61		33.91	
Халькопирит	Спектр 218	25.68				24.92		23.36	26.04
Клиноцоизит (эпидот)	Спектр 219	41.52		12.25	18.09		17.34	10.8	
Клиноцоизит (эпидот)	Спектр 220	41.87		12.58	18.38		17.41	9.76	
Эгирин-авгит	Спектр 221	42.81	8.51	0.56	24.5		18.04	5.58	
Шамозит	Спектр 222	37.93	6.26	8.91	14.58		0.19	32.13	
Кальцит	Спектр 223	28.53					71.47		
Ферричермакит	Спектр 224	41.41	5.5	0.39	24.99		9.16	18.55	
Ферричермакит	Спектр 225	40.9	5.16	0.72	24.04		9.89	19.28	

Мухинит (эпидот)	Спектр 226	41.45		12.1	18.05		17.61	10.8	
Шамозит	Спектр 227	38.11	6.29	8.95	14.79		0.36	31.49	
Шамозит	Спектр 228	38.01	6.46	9.01	14.53		0.22	31.76	
Халькопирит	Спектр 229	25.77				25.32	0.17	23.11	25.63
Магнетит	Спектр 230	22.27						77.73	

Приложение 3

Состав минералов в аншлифе 206.3

Минерал	O	Mg	Al	Si	Ca	S	Na	K	Mn	Fe	Co	Ni	As	LE
Глаукоdot						21.7				7.56	28.53	3.4	38.8	
Пирит						39.44				60.56				
Кальцит	43.64				44.46					1.72				10.18
Эпидот	42.08	2.71	3.29	22.69	0.32		0.76	2.34	0.56	25.24				
Магнетит	26.3									73.7				6.36
Магнетит	27.71		0.54	1.4	0.6					63.09				6.66

Приложение 4

Корреляционный анализ. N=23. Критическое значение 0.41.

	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Pb	LE
Mg	1.00	-0.05	-0.39	-0.06	-0.47	-0.60	-0.04	0.75	0.34	0.18	0.73	0.18	-0.21	-0.45	-0.11	-0.35	0.72	-0.54	0.35	0.45	0.00
Al	-0.05	1.00	0.78	-0.32	0.75	-0.24	0.87	-0.18	-0.44	-0.58	-0.27	-0.32	-0.05	-0.21	0.58	-0.06	0.18	0.64	0.74	-0.57	0.66
Si	-0.39	0.78	1.00	-0.30	0.71	-0.38	0.68	-0.22	-0.17	-0.55	-0.28	-0.53	-0.20	-0.18	0.45	0.06	0.12	0.67	0.63	-0.59	0.66
S	-0.06	-0.32	-0.30	1.00	0.05	-0.16	-0.23	-0.32	-0.17	0.16	0.92	0.35	0.44	0.85	-0.34	-0.17	-0.39	-0.12	-0.37	0.21	-0.30
K	-0.47	0.75	0.71	0.05	1.00	0.01	0.65	-0.58	-0.55	-0.64	-0.14	-0.53	-0.26	0.57	0.65	-0.52	0.40	0.71	0.56	-0.70	0.64
Ca	-0.60	-0.24	-0.38	-0.16	0.01	1.00	-0.22	-0.45	-0.00	-0.46	-0.51	0.18	-0.13	-0.13	-0.28	0.36	-0.15	-0.29	-0.58	-0.44	0.25
Ti	-0.04	0.87	0.68	-0.23	0.65	-0.22	1.00	0.31	-0.51	-0.60	0.02	-0.32	0.09	-0.01	0.80	-0.13	0.05	0.83	0.87	-0.58	0.72
Cr	0.75	-0.18	-0.22	-0.32	-0.58	-0.45	0.31	1.00	0.71	0.32	0.84	-0.40	0.27	-0.25	-0.11	-0.01	0.35	-0.08	0.11	-0.68	0.50
Mn	0.34	-0.44	-0.17	-0.17	-0.55	-0.00	-0.51	0.71	1.00	0.05	-0.05	0.08	0.30	0.07	-0.53	-0.20	0.29	-0.32	-0.44	-0.10	-0.05
Fe	0.18	-0.58	-0.55	0.16	-0.64	-0.46	-0.60	0.32	0.05	1.00	0.38	0.28	0.28	0.57	-0.17	-0.49	0.34	-0.38	-0.04	0.83	-0.96
Ni	0.73	-0.27	-0.28	0.92	-0.14	-0.51	0.02	0.84	-0.05	0.38	1.00	0.11	0.31	0.30	-0.25	0.04	-0.11	-0.31	0.40	0.77	-0.20
Cu	0.18	-0.32	-0.53	0.35	-0.53	0.18	-0.32	-0.40	0.08	0.28	0.11	1.00	0.58	0.52	-0.38	-0.30	-0.27	-0.24	-0.38	0.35	-0.37
Zn	-0.21	-0.05	-0.20	0.44	-0.26	-0.13	0.09	0.27	0.30	0.28	0.31	0.58	1.00	0.64	-0.31	-0.17	0.21	0.21	0.45	0.21	-0.33
As	-0.45	-0.21	-0.18	0.85	0.57	-0.13	-0.01	-0.25	0.07	0.57	0.30	0.52	0.64	1.00	0.05	-0.50	-0.03	0.25	0.30	0.57	-0.63
Rb	-0.11	0.58	0.45	-0.34	0.65	-0.28	0.80	-0.11	-0.53	-0.17	-0.25	-0.38	-0.31	0.05	1.00	-0.30	0.27	0.73	0.90	-0.29	0.24
Sr	-0.35	-0.06	0.06	-0.17	-0.52	0.36	-0.13	-0.01	-0.20	-0.49	0.04	-0.30	-0.17	-0.50	-0.30	1.00	-0.05	-0.13	-0.35	-0.26	0.43
Y	0.72	0.18	0.12	-0.39	0.40	-0.15	0.05	0.35	0.29	0.34	-0.11	-0.27	0.21	-0.03	0.27	-0.05	1.00	0.06	0.41	-0.50	-0.13
Zr	-0.54	0.64	0.67	-0.12	0.71	-0.29	0.83	-0.08	-0.32	-0.38	-0.31	-0.24	0.21	0.25	0.73	-0.13	0.06	1.00	0.77	-0.47	0.41
Nb	0.35	0.74	0.63	-0.37	0.56	-0.58	0.87	0.11	-0.44	-0.04	0.40	-0.38	0.45	0.30	0.90	-0.35	0.41	0.77	1.00	-0.21	0.47
Pb	0.45	-0.57	-0.59	0.21	-0.70	-0.44	-0.58	-0.68	-0.10	0.83	0.77	0.35	0.21	0.57	-0.29	-0.26	-0.50	-0.47	-0.21	1.00	-0.85
LE	0.00	0.66	0.66	-0.30	0.64	0.25	0.72	0.50	-0.05	-0.96	-0.20	-0.37	-0.33	-0.63	0.24	0.43	-0.13	0.41	0.47	-0.85	1.00

