

Санкт-Петербургский государственный университет

**СИНИЧЕНКО Олеся Алексеевна**

**Выпускная квалификационная работа  
«Минералогия свинцово-серебряных руд о. Медвежий  
(Кандалакшский залив Белого моря)»**

Основная образовательная программа 05.03.01 «Геология»

Научный руководитель:  
профессор кафедры минералогии,  
д.г.-м.н. Брусницын А.И.

Рецензент:

---

---

Санкт-Петербург

2023

## Оглавление

Введение .....	3
Глава 1 Физико-географический очерк .....	5
Глава 2 Краткая история освоения месторождения .....	8
Глава 3 Геологическое положение острова.....	11
Глава 4 Петрографическое описание пород о. Медвежий.....	15
4.1 Вмещающие породы.....	15
4.2 Кварцевые метасоматиты.....	16
4.3 Кальцитовые жилы .....	17
Глава 5 Минералогия кальцитовых жил о. Медвежий.....	20
5.1 Минералогический состав жил.....	20
5.2 Характеристика основных минералов .....	21
5.3 Другие минералы .....	32
5.4 Включения в минералах.....	36
Обсуждение результатов .....	38
Заключение .....	39
Список используемой литературы .....	40

## Введение

Данная работа представляет собой изучение уникального минералогического объекта - самородного серебра с интереснейшего исторического месторождения на Медвежьем острове.

Это первый серебряный рудник России, находящийся в Порьей губе Белого моря, Терский район Мурманской области.

В настоящее время геологической и исторической информации об о. Медвежий крайне мало, поэтому данная работа нацелена на восполнение этой информации, определение и подробное описание минеральной ассоциации жил, к которым приурочена серебряная минерализация.

Целью работы является Научное и историческое изучение месторождения с целью подготовки его для научно-познавательного туризма, минералогическое исследование серебра и сопутствующих минералов.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

- Изучение минеральных ассоциаций месторождения
- Описание морфологии и физических свойств минералов
- Установление химического состава минералов

Методы исследований включали в себя визуальную диагностику минералов, оптическую микроскопию, электронную микроскопию, термобарометрию.

Предварительная визуальная диагностика проводилась непосредственно на кафедре минералогии СПбГУ.

Анализ с помощью электронной микроскопии проводился в ресурсном центре СПбГУ «Микроскопии и микроанализа» на настольном растровом электронном микроскопе-микроанализаторе HITACHI TM 3000. В качестве исследуемого материала использовались прозрачные полированные шлифы.

Анализ с помощью оптической микроскопии был выполнен в ресурсном центре СПбГУ «Рентгенодифракционные методы исследований» на оптическом микроскопе с возможностью фотографирования. В качестве исследуемого материала использовались шлифы.

Термобарометрические исследования включений проводились в лаборатории кафедры минералогии СПбГУ. Исследуемым материалом являлись пластинки минералов толщиной 1 мм.

Автор выражает благодарность директору «Музея аметиста» ПГТ Умба Мурманской области Фришману Николаю Игоревичу за предоставленные материалы и ценные консультации, сотрудникам РЦ «Микроскопии и микроанализа» и

«Рентгенодифракционные методы исследования» за помощь при работе с оборудованием ресурсных центров, старшему преподавателю кафедры минералогии Пономаревой Наталье Игоревне за помощь при изучении включений, сотруднику Аналитического центра ИГ КарНЦ РАН Зуевой Екатерине Ивановне за изготовление прозрачных полированных шлифов, а также научному руководителю Брусницыну Алексею Ильичу за ценные советы и содействие при написании работы.

Особая благодарность выражается коллективу Минералогического музея РАН им. А.Е.Ферсмана за предоставленную возможность изучения исторического образца самородного серебра из его собрания.

## Глава 1 Физико-географический очерк

Остров Медвежий располагается в центральной части Порьей губы Кандалакшского залива Белого моря (рис.1-2).

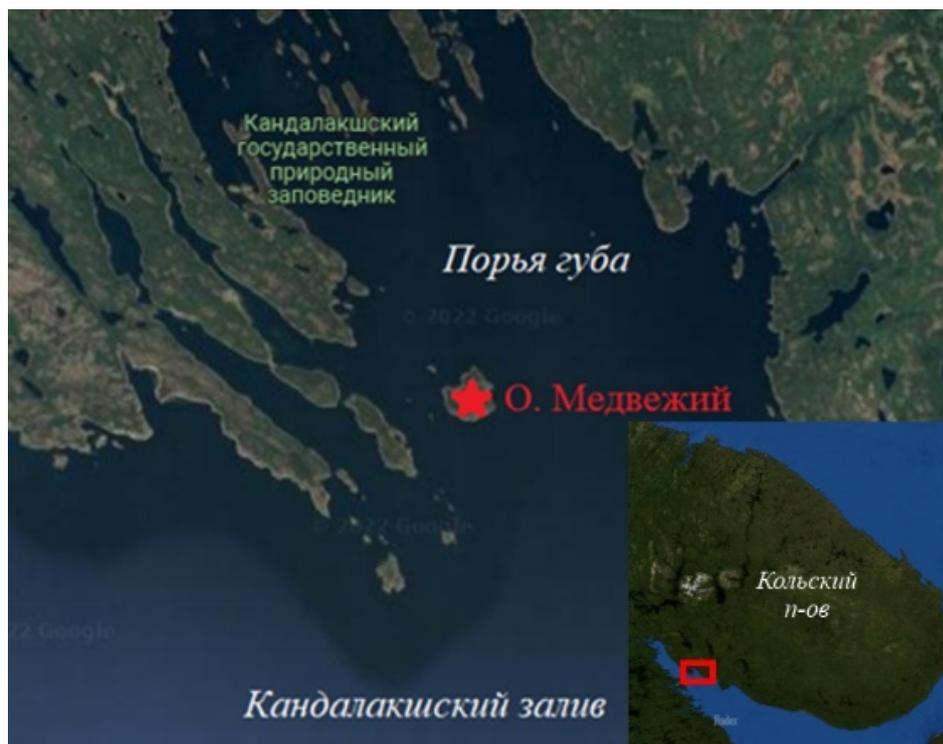


Рисунок 1. Расположение острова Медвежьего в Порьей губе Белого моря.

Размеры острова составляют 1020м\*900м, его максимальная высота – 47 м над уровнем моря, общая площадь - 57,2 га. Он имеет каплевидную форму, а в западной и восточной части находятся небольшие губы. Рельеф острова преимущественно скалистый.



Рисунок 2. Остров Медвежий (фото – Фришман Н.И.)

На острове наблюдаются четыре массивных скальных выступа, между которыми находятся болотистые низменности. Склоны выступов различной крутизны покрыты каменными россыпями, а также морскими рыхлыми отложениями.

В южной и восточной части острова находятся высокие скалистые, обрывистые берега, изрезанные многочисленными трещинами и рвами тектонической природы с глыбовыми развалами (рис.3).



*Рисунок 3. Обрывистый берег Медвежьего острова (фото – Фришман Н.И.)*

В западной и южной части располагаются отвалы пустой породы, ранее добытой из расположенных на острове шахт. Отвалы имеют площади до нескольких десятков метров в поперечнике, а их высота иногда достигает 7–8 м.



*Рисунок 4. Западная часть острова. Справа на побережье отвалы Шахты-штольни №2 (фото – Фришман Н.И.)*



*Рисунок 5. Южная часть острова. Отвалы шахты «Стрельна» (фото – Фришман Н.И.)*

## Глава 2 Краткая история освоения месторождения

Остров Медвежий с начала XVIII века известен своими находками самородного серебра (Кузин, 1959). Свою известность он получил в феврале 1733 года, когда прибывшие в Санкт-Петербург архангелогородцы Ф. Прядунов, Е. Собинский и Ф. Чирцов и объявили, что в 1732 году ими на острове было добыто и сплавлено 35 фунтов чистого серебра (Максимов, 1969). В Санкт-Петербурге высочайшим указом императрица Анна Иоанновна лично отметила заслуги архангелогородских рудознатцев: им были даны государственные привилегии, по тысяче рублей каждому, а также обещано вознаграждение за новые находки.



*Рисунок 6. Один из исторических самородков. Сбор приблизительно 1742 год. Вес 1529 грамм. Собрание Минералогического музея РАН им. А.Е.Ферсмана №348, размер образца 18x14 см. (фото – Фришман Н.И.)*

После этого последовали активные разработки (на острове был организован рудник, построены шахты «Орел», «Надежда» и «Дай, Бог, счастья»), но уже к 1741 году рудник был закрыт в связи с истощением руд, по другим сведениями в результате интриг с целью получить рудник в частные руки (Белянкин, 1924).



*Рисунок 7. Шахта-штольня №2, наиболее древняя выработка. Впоследствии неоднократно возобновлявшаяся (фото – Фришман Н.И.)*



*Рисунок 8. Шахта Орел. (фото – Фришман Н.И.)*

В 1744-1791 гг. естествоиспытатель А.М. Карамышев с коллегами проводил экспедицию по поискам и разработке полезных ископаемых на острове. Примечательно то, что с Карамышевым поехала его 14-летняя жена – Анна Евдокимовна, ставшая первой женщиной в России, участвовавшей в геологической экспедиции.

В дальнейшем предпринимались многочисленные попытки возобновить добычу. Наиболее интенсивные работы велись в период с 1860 по 1904 год различными исследователями с разноречивыми результатами и неясными перспективами (Белянкин и др., 1924).

В советское время здесь неоднократно предпринимались геологоразведочные работы, наиболее серьезные из которых были проведены в 1950-51 годах. Но неоднозначные результаты привели к выводам об отсутствии перспектив района.

Минералогические исследования на острове проводились разными исследователями бессистемно и были затруднены в силу недоступности большинства горных выработок и перемешанности отвальной массы.



*Рисунок 9. Отвалы шахты Орел. (фото – Фришман Н.И.)*

В настоящее время остров входит в территорию Кандалакшского государственного заповедника, а находящиеся на нем горные выработки признаны мемориальными, в связи с чем геолого-минералогические исследования затруднены.



Колвицкий пояс, который является частью Лапландско-Кольского орогена, состоит из двух структур – Колвицкой и Кандалакшской (рис.11). Его слагают амфиболиты, габбро-анортозиты и гранулиты среднего и основного состава. Кандалакшская структура, в пределах которой расположена исследуемая территория, залегает на позднеархейских гранито-гнейсах (Ранний докембрий Балтийского щита, 2005).

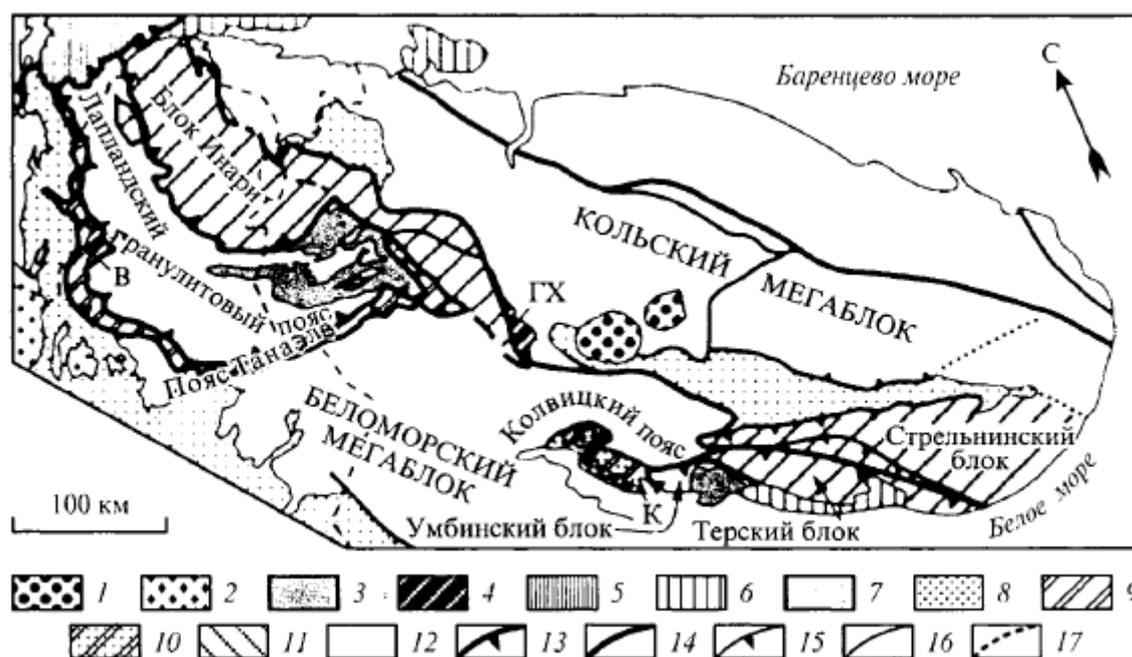
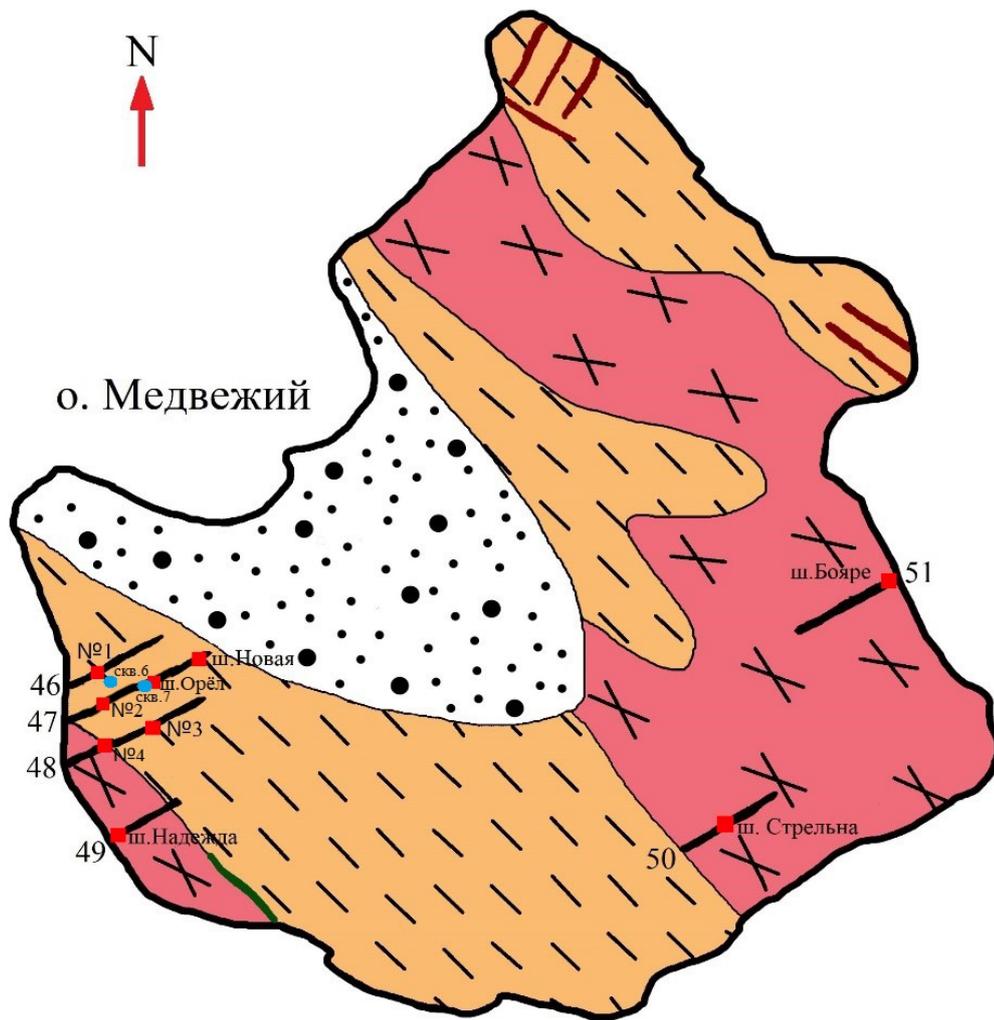


Рисунок 11. Схема строения ядра Лапландско-Кольского орогена. (Ранний докембрий Балтийского щита, 2005)

1 - нефелиновые сиениты, 2 - гранитоиды, 3 - островодужные эндебиты, 4 – анортозиты, 5 - каледониды; 6 - рифей; 7 - метаосадочные гранулиты, -2.0 млрд лет (тектонические пакеты островодужных формаций), 8- рифтогенные супракрустальные комплексы, 9 - коллизийная смесь мафических вулканоплутонических комплексов, и гранито-гнейсов, 10 - мафический вулканоплутонический комплекс с тектоническими пластинами гранито-гнейсов, 11 - гранито-гнейсы и супракрустальные толщи с тектоническими пластинами островодужных образований; 12 - гранито-гнейсы и супракрустальные толщи, 13 - налвиги как компоненты коллизийного шва, 14 - главные разломы; 15 – второстепенные надвиги, 16 - второстепенные разломы, 17 - предполагаемые границы между блоками.

Остров Медвежий сложен верхнеархейскими или нижнепротерозойскими отложениями, а также породами нижнего палеозоя (Гинзбург, 1921). В строении острова принимают участие такие породы (рис.12):

- Гранатовые амфиболиты
- Щелочные граниты
- Метасоматиты по гранатовым амфиболитам и щелочным гранитам
- Дайки ультраосновного и основного состава
- Гранитные пегматиты
- Кальцитовые жилы с полиметаллическим оруденением



Условные обозначения

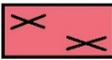
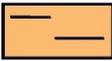
-  Четвертичные отложения
-  Щелочные граниты
-  Гранатовые амфиболиты
-  Кальцитовые жилы с полиметаллическим оруденением
-  Дайки ультраосновного и основного состава
-  Пегматитовые жилы
-  Горные выработки
-  Скважины
-  Номер жилы

Рисунок 12. Геологическая схема Медвежьего острова (по предоставленным данным выполнила Синиченко О.)

Породы собраны в крутые, вытянутые в северо-западном направлении, складки (рис.13).



*Рисунок 13. Выход пород, сложенных в складки, на побережье (фото – Фришман Н.И.)*

## Глава 4 Петрографическое описание пород о. Медвежий

### 4.1 Вмещающие породы

Вмещающими для исследуемых кальцитовых жил являются щелочные граниты и гранатовые амфиболиты.

Щелочные граниты образуют жилоподобные тела, мощность которых достигает 5 м. Они характеризуются гнейсовидной текстурой и порой включают в себя ксенолиты амфиболитов (рис. 14). Подробное изучение этих пород не входило в задачи данной работы.



Рисунок 14. Контактная часть амфиболитов и гранитов в районе месторождения. Размер образца 25x15 см. Шахта «Орел» (фото – Фришман Н.И.)

Гранатовые амфиболиты слагают большую часть острова. Эти породы имеют гнейсовидную текстуру и порфиробластовую с лепидогранобластовой основной массой структуру (рис.15).



Рисунок. 15. Вмещающие амфиболиты в скальном выходе на побережье. Поле зрения 3x3 м (фото – Фришман Н.И.)

В дальнейшем амфиболиты подвергались интенсивной тектонической переработке и встречаются в виде различно переработанных ксенолитов в рудных брекчиях (рис.16).



Рисунок 16. Ксенолит амфиболита в рудной брекчии. Размер образца 7x7 см. Шахта «Орел» (фото – Фришман Н.И.)

Главными минералами амфиболитов являются амфибол, плагиоклаз и гранат, слагающие основную массу, к второстепенным относится пироксен, к аксессуарным – рудные минералы (рис.17).

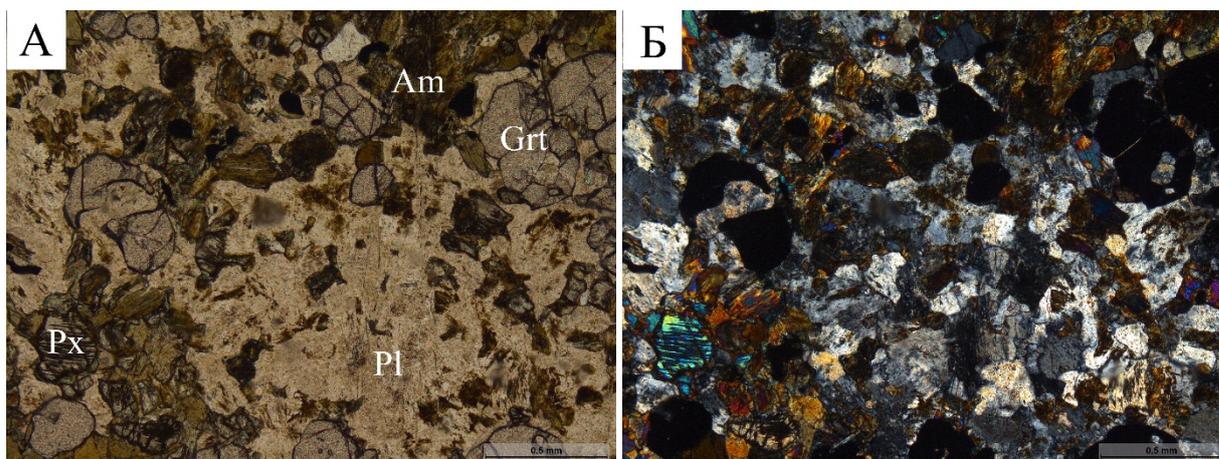
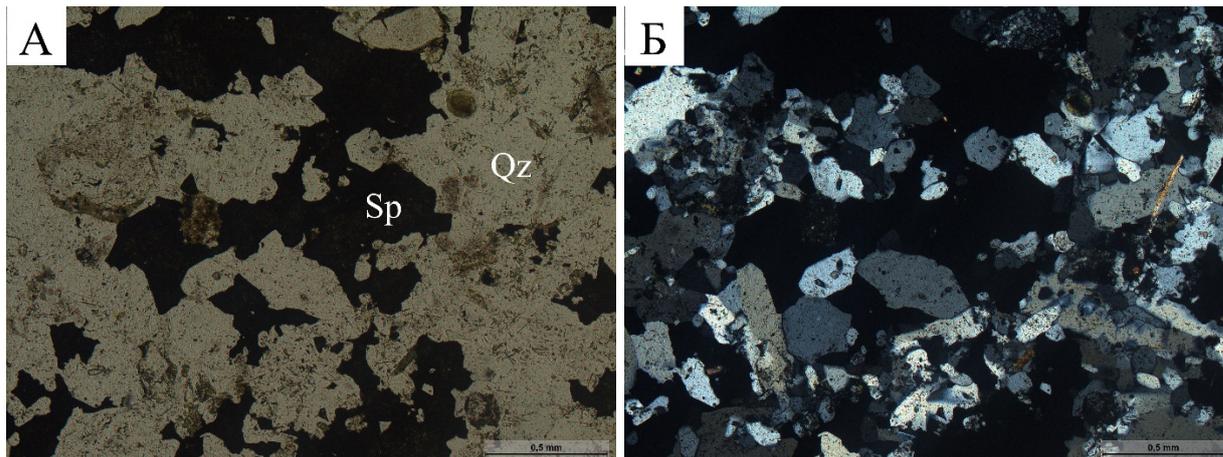


Рисунок 17. Вмещающие амфиболиты. Вид в оптическом микроскопе: А – при параллельных николях; Б – при скрещенных николях. (Pl – плагиоклаз, Am – амфибол, Grt – гранат, Px – пироксен).

#### 4.2 Кварцевые метасоматиты

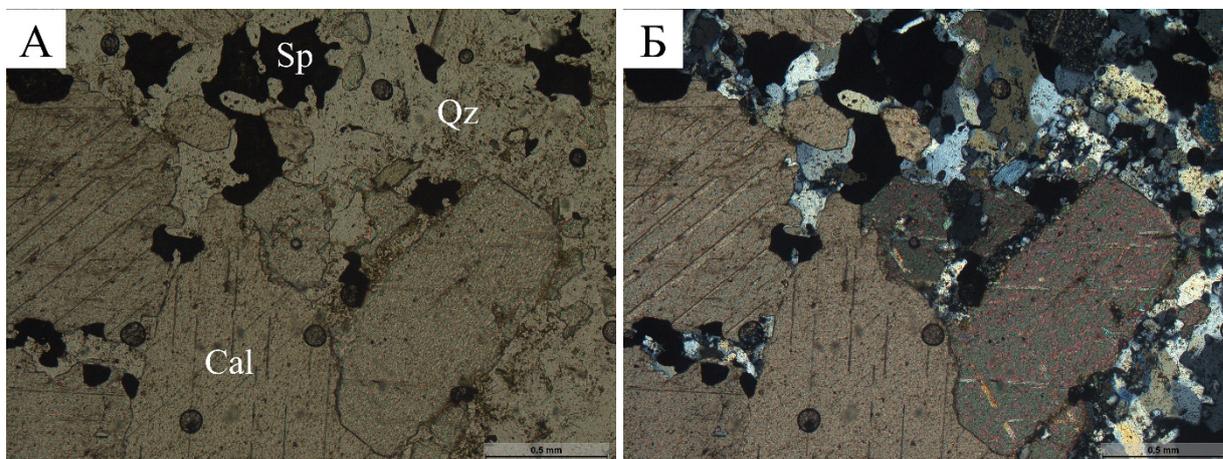
Широкое распространение имеют кварцевые метасоматиты, которые развиваются по вмещающим породам в зонах интенсивной трещиноватости и на контактах вмещающих

пород. Они имеют преимущественно кварцевый состав, среди аксессуарных минералов содержатся рудные минералы (рис.18). Однако, несмотря на широкое распространение, метасоматиты практически не изучены и их природа не установлена.



*Рисунок 18. Кварцевые метасоматиты. Вид в оптическом микроскопе: А – при параллельных николях; Б – при скрещенных николях. (Qz – кварц, Sp – сфалерит).*

Именно по этим метасоматитам (рис.19) развиваются кальцитовые жилы с полиметаллическим оруденением, которые стали объектом нашего интереса.



*Рисунок 19. Контакт кварцевого метасоматита и кальцитовой жилы. Вид в оптическом микроскопе: А – при параллельных николях; Б – при скрещенных николях. (Qz – кварц, Sp – сфалерит, Cal – кальцит).*

#### 4.3 Кальцитовые жилы

На острове широко представлены кальцитовые жилы с бедным свинцово-цинковым оруденением. Всего на острове зафиксировано 6 таких жил. Все они невыдержанные по простиранию и падению, секут все вмещающие породы, их средняя мощность 50 см. Рассекая амфиболиты, они проникают по трещинам вглубь породы, образуя подобие брекчии, в случае пересечений с гранитами контакты четкие, резкие (рис.20).



Рисунок 20. Кальцитовая жила, секущая вмещающие породы на восточном побережье (жила №51) (фото – Фришман Н.И.)

Геохронологические исследования жил приводят к разноречивым выводам. Так, рудные жилы острова отнесены к палеозойским по результатам изучения К – Аг методом, их возраст определен в пределах 325 млн.лет (Жиров и др., 1969).

Главным минералом жил является кальцит, к второстепенным относятся кварц и флюорит, среди аксессуарных распространены сфалерит, галенит, серебро, акантит, пирит и другие минералы. Как можно заметить на рисунке 19, рудная минерализация приурочена именно к приконтактовой части жил, центральная часть полностью состоит из кальцита (рис.21).

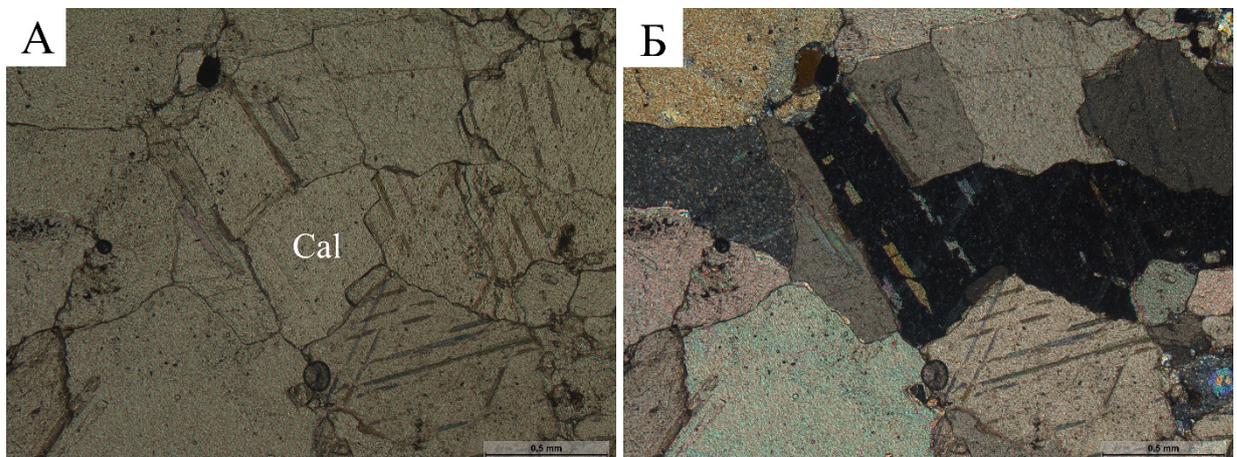


Рисунок 21. Центральная часть кальцитовой жилы. Вид в оптическом микроскопе: А – при параллельных николях; Б – при скрещенных николях. (Cal – кальцит).

Жила №46 залегает в амфиболитах, ее прослеженная длина составляет 90 м, мощность варьирует от 1 до 80 см. Представлена в основном мелко- и

крупнокристаллическим кальцитом, в меньшей степени кварцем. Среди рудных минералов представлены галенит и сфалерит. В жильной массе встречаются ксенолиты вмещающих амфиболитов.

Жила №47 залегает на 60 м южнее от жилы №46 и также сечет амфиболиты. Она имеет вертикальное падение, прослежена по простиранию около 220 м. Мощность жилы не превышает 10 см, в среднем – 3-5 см. Минеральный состав жилы идентичен предыдущей, отличается присутствием флюорита и самородного серебра, встречаются вкрапленники пирита.

Жилы №48, 49, 50, 51 не представляют особого интереса из-за своей малой протяженности и практически полного отсутствия в них оруденения.

Некоторые жилы в прошлом являлись объектом не только разведочных, но и эксплуатационных работ. Следы таких работ остались в виде открытых горных выработок – канав и карьеров, а также шахт. Наиболее интенсивно разведывалась и разрабатывалась жила №47, на которой расположены Шахта-штольня, шахта «Орел» и шахта «Новая». На находящейся неподалеку жиле №48 расположены карьер №4 и шахта №3 («Дал бог счастья»). Находящаяся под обрывами жилы №49 известна шахтой «Надежда». В южной части острова на жиле №50 находится шахта «Стрельна», а на восточном на жиле №51 – шахта «Бояре».

## Глава 5 Минералогия кальцитовых жил о. Медвежий

### 5.1 Минералогический состав жил

В рамках исследования состава жил удалось обнаружить довольно большое разнообразие минералов, особенно среди второстепенных и акцессорных.

Всего в составе изученных пород диагностировано 15 минералов (табл. 1). Главным минералом является кальцит, остальные относятся к второстепенным и акцессорным.

**Таблица 1.** Минералы кальцитовых жил о. Медвежий

№	Минерал	Формула	Методы диагностики		
			ВД	ОМ	ЭМ
Металлы					
1	Серебро	Ag	+	+	+
Интерметаллиды					
2	Евгенит (?)	Ag <sub>11</sub> Hg <sub>2</sub>			+
Сульфиды					
3	Галенит	PbS	+	+	+
4	Сфалерит	ZnS	+	+	+
5	Халькопирит	CuFeS <sub>2</sub>			+
6	Пирит	FeS <sub>2</sub>	+	+	
7	Акантит	Ag <sub>2</sub> S	+	+	+
Оксиды					
8	<i>Кварц</i>	SiO <sub>2</sub>	+	+	+
9	Ильменит	FeTiO <sub>3</sub>			+
Силикаты					
10	Титанит	CaTi(SiO <sub>4</sub> )O			+
11	Шамозит	(Fe) <sub>5</sub> Al(Si,Al) <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH,O) <sub>8</sub>			+
12	Олигоклаз	(Na,Ca)(Si,Al) <sub>4</sub> O <sub>8</sub>			+
Карбонаты					
<b>13</b>	<b>Кальцит</b>	CaCO <sub>3</sub>	+	+	+
14	Смитсонит (?)	ZnCO <sub>3</sub>			+
Фториды					
15	<i>Флюорит</i>	CaF <sub>2</sub>	+	+	+

*Примечания.* Методы диагностики минералов: ВД – визуальная диагностика, ОМ – оптическая микроскопия, ЭМ – электронная микроскопия. В таблице приведены идеальные формулы минералов. Жирным шрифтом выделены главные минералы, курсивом – второстепенные, обычным – акцессорные. Минералы, отмеченные знаком вопроса, имеют предварительную оценку и требуют более детального исследования для их диагностики.

Далее приведено более подробное описание минералов в порядке их распространенности в изучаемых жилах.

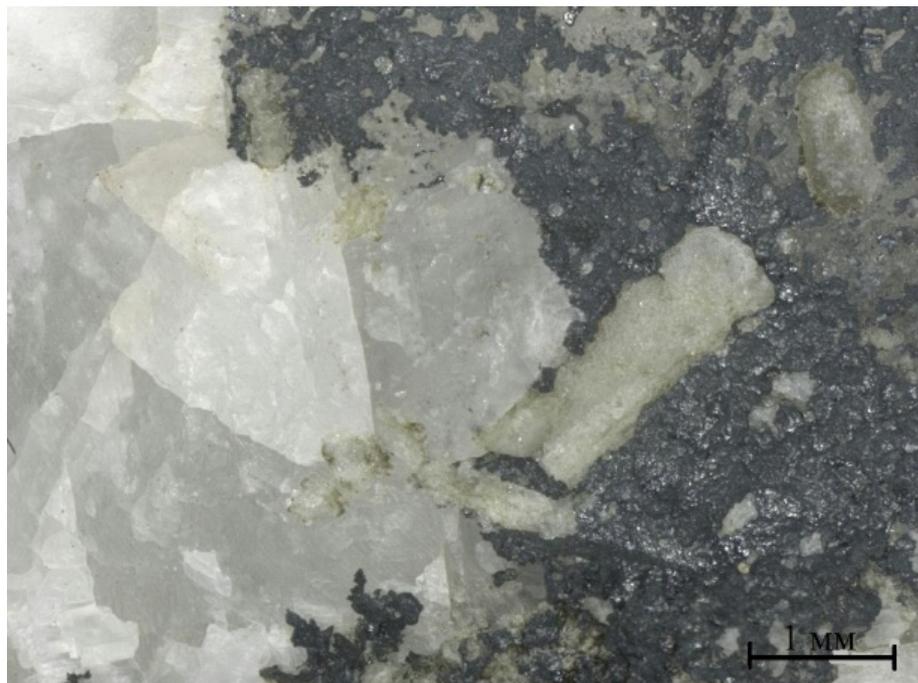
## 5.2 Характеристика основных минералов

**Кальцит.** Встречается в виде крупных ромбоэдрических индивидов и составляет основную часть жил. Цвет минерала белый, характеризуется весьма совершенной спайностью. Размеры индивидов кальцита достигают 3 см.



*Рисунок 22. Ромбоэдрические индивиды кальцита из центральной части жилы. Размер образца 10х8см. Шахта «Орел» (фото – Фришман Н.И.)*

В приконтактовой части жил в нем наблюдаются полости растворения, заполненные агрегатами флюорита с различными сульфидами и самородным серебром (рис.23).



*Рисунок 23. Агрегат крупнокристаллического кальцита, разбитый более поздними прожилками флюорита с серебряной минерализацией. Шахта «Орел» (фото – Синиченко О.)*

При изучении минерала методом электронной микроскопии, было установлено отсутствие в нем каких-либо примесей.

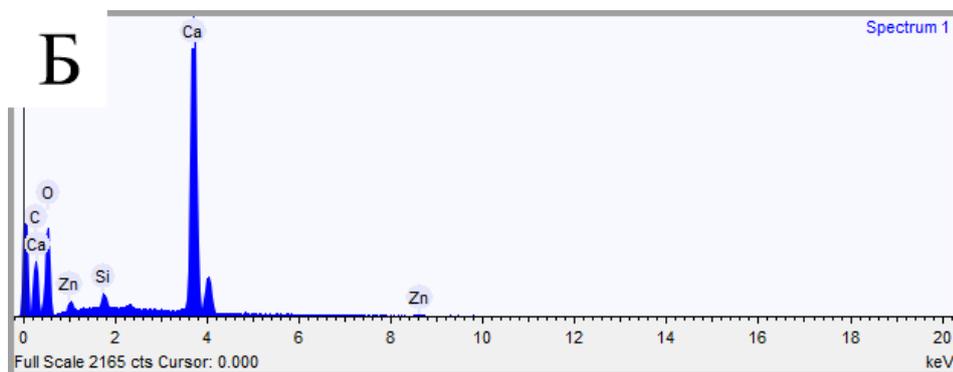
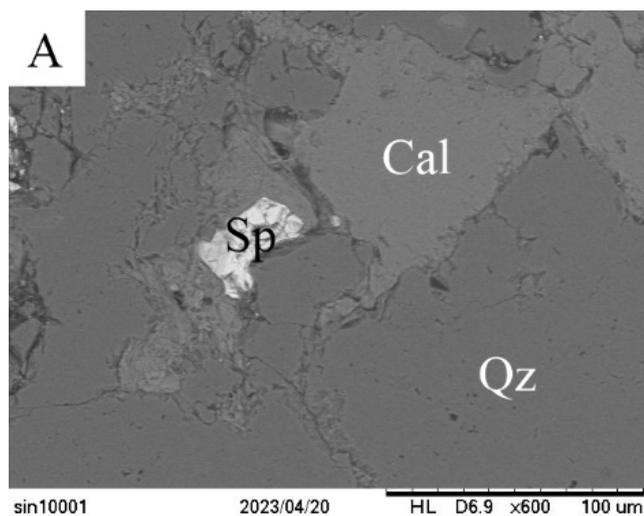


Рисунок 24. Кальцит: А – фото в обратно-отраженных электронах, Б – спектр химического состава. (Cal – кальцит, Qz – кварц, Sp – сфалерит)

**Кварц.** Встречается в двух морфологических типах: первый тип – мелкокристаллический агрегат, развивающийся по вмещающим жилы породам (рис.25).

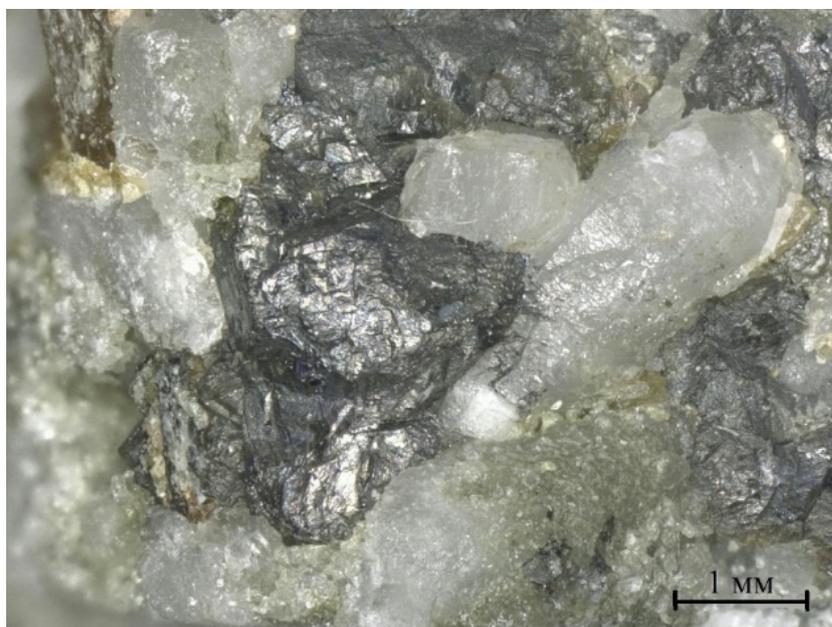


Рисунок 25. Призматические индивиды кварца со сростком плохообразованных кристаллов сфалерита. Шахта «Орел» (фото – Синиченко О.)

Второй тип кварца – крупные призматические индивиды, выполняющие полости в метасоматитах (рис.26).



Рисунок 26. Призматические кристаллы кварца в ассоциации с флюоритом и сфалеритом.. Шахта-штольня №2 (фото – Фришман Н.И.)

Окраска минерала светло-серая, характеризуется жирным блеском. Кристаллы в полостях часто водяно-прозрачные, размером до нескольких сантиметров.

Химический анализ методом электронной микроскопии показал, что минерал является химически чистым.

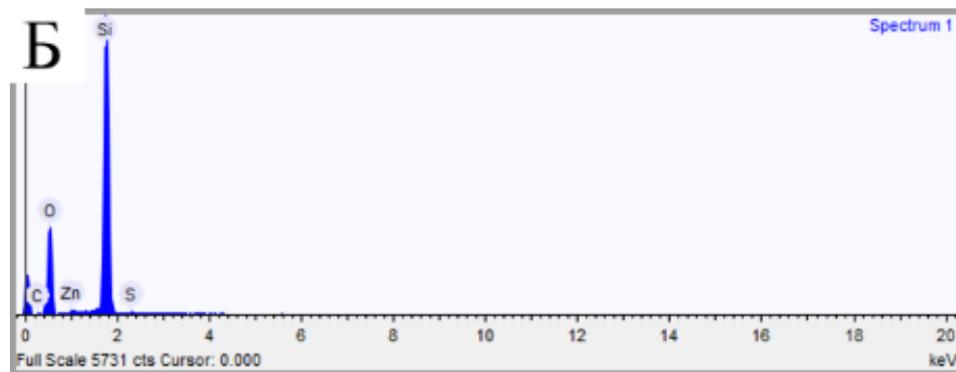
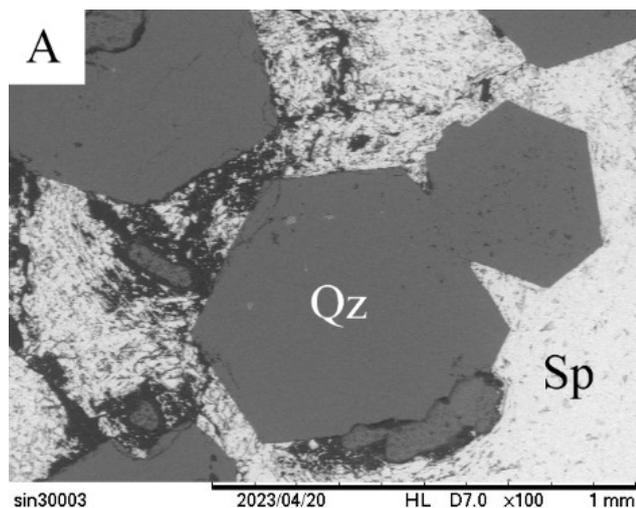


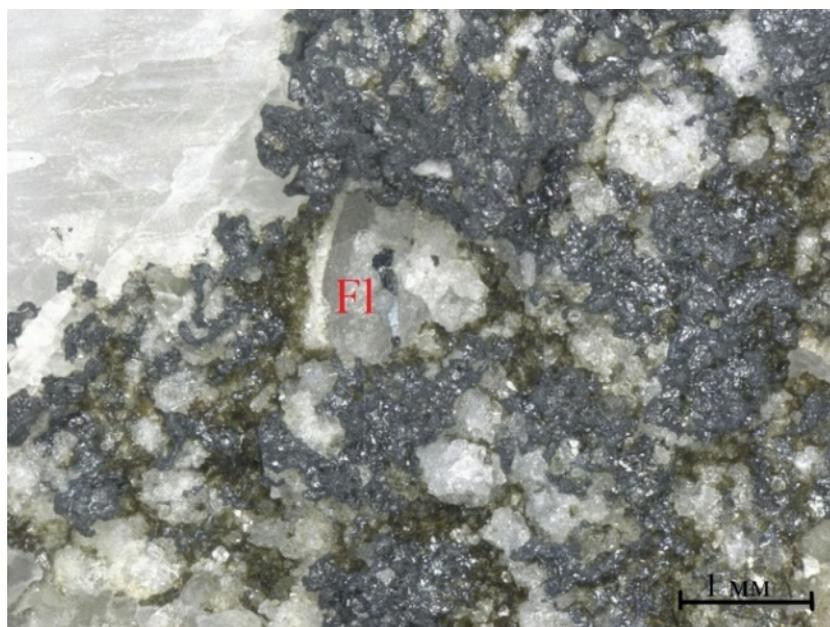
Рисунок 27. Кварц: А – фото в обратно-отраженных электронах, Б – спектр химического состава. (Qz – кварц, Sp – сфалерит)

**Флюорит.** Образует мелкокристаллический агрегат, приурочен к полостям растворения в раздробленном крупнокристаллическом кальците и сложен мелкими октаэдрическими кристаллами, размером до 1мм, с сильно растворенной поверхностью (рис.28). Изредка скопления мельчайших кристаллов флюорита встречаются в центральных частях жил. Окраска минерала от бледно-желтой до водяно-прозрачной, характерна весьма совершенная спайность.



*Рисунок 28. Мелкокристаллический агрегат флюорита, заполняющий трещины в кальците (1 – кальцит, 2 – флюорит). Шахта «Орел» (фото – Синиченко О.)*

Иногда хорошо образованные кристаллы флюорита наблюдаются среди кристаллических корок акантита и проволоковидных выделений самородного серебра (рис.29, 30).



*Рисунок 29. Хорошо образованный кристалл флюорита среди самородного серебра и акантита. Шахта «Орел» (фото – Синиченко О.)*

Химический анализ флюорита методом электронной микроскопии также показал отсутствие примесей.

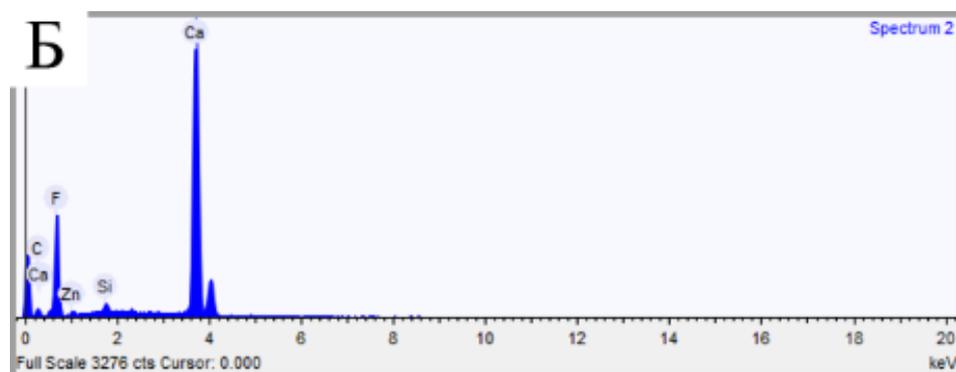
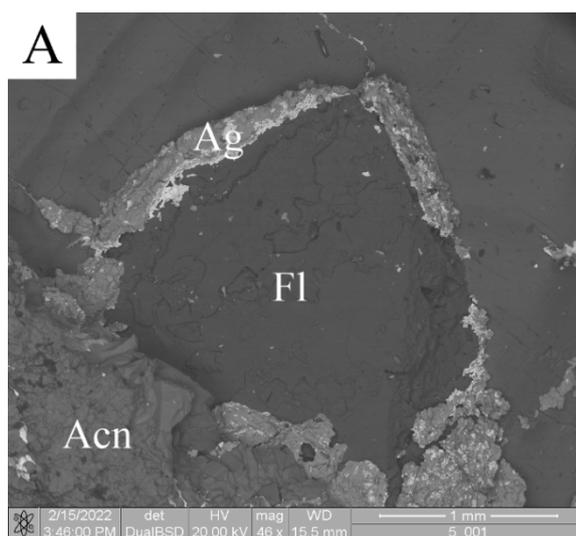


Рисунок 30. Кристалл флюорита: А – фото в обратно-отраженных электронах, Б – спектр химического состава. (Fl – флюорит, Ag – серебро, Acn – акантит)

**Сфалерит.** Встречается в виде плохо образованных кристаллов размером до нескольких см. Они характеризуются весьма совершенной спайностью, а окраска минерала варьирует от почти черной до яркой желто-зеленой вплоть до желтой (рис.31).



Рисунок 31. Сросток плохо образованных индивидов сфалерита с зональной окраской. Шахта «Орел» (фото – Синиченко О.)

Редко встречаются хорошо образованные кристаллы размером от нескольких мм до нескольких см (рис.32).



Рисунок 32. Кристаллы сфалерита в кальцитовой массе. Шахта «Орел»  
(фото – Фришман Н.И)

При изучении минерала методом электронной микроскопии, было установлено, что сфалерит тоже является химически чистым.

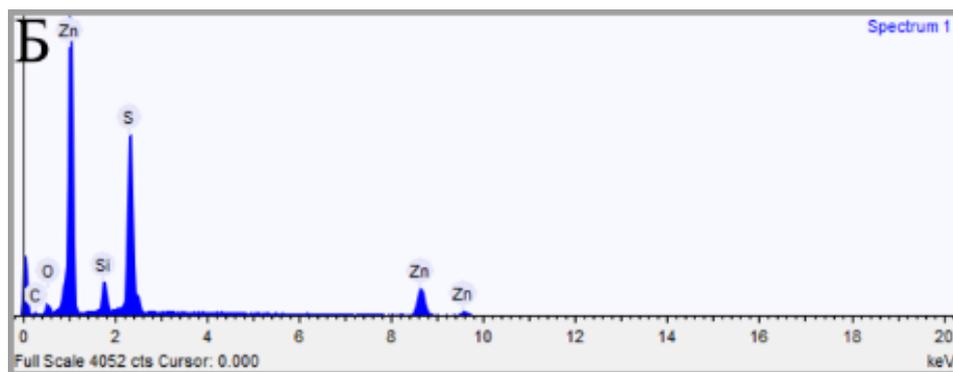
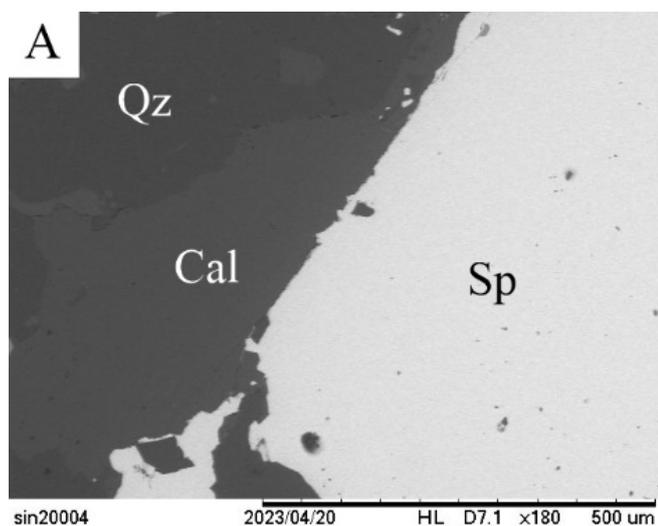


Рисунок 33. Сфалерит: А – фото в обратно-отраженных электронах, Б – спектр химического состава. (Sp – сфалерит, Cal – кальцит, Qz – кварц)

**Галенит.** Встречен в виде редких кристаллических выделений с ярко выраженной спайностью в ассоциации с другими рудными минералами месторождения (рис.34).



Рисунок 34. Кристаллы галенита в кальцитовой массе. Размер образца 3,5х6 см. (фото – Синиченко О.А.)

Химический анализ минерала методом электронной микроскопии показал отсутствие в нем примесей.

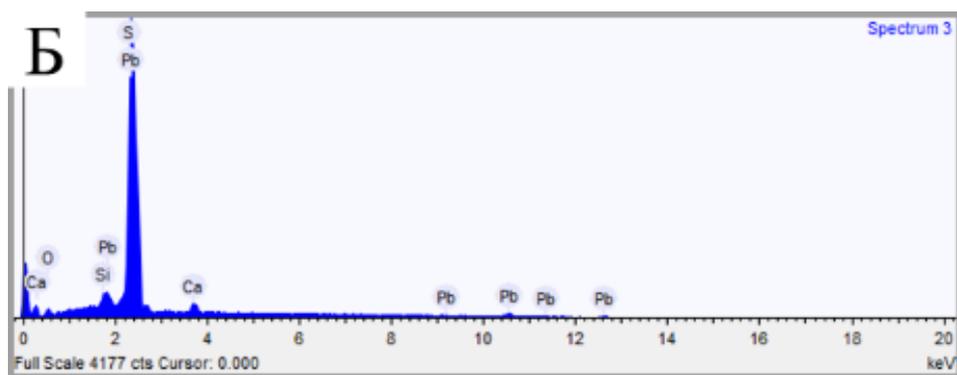
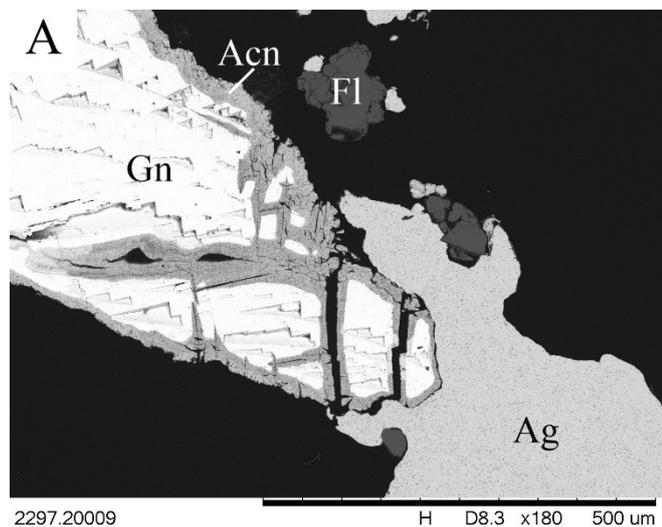
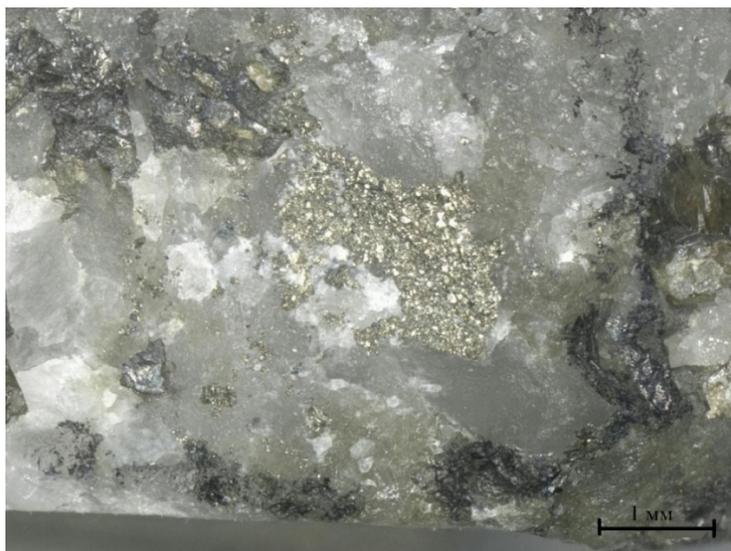


Рисунок 35. Галенит: А – фото в обратно-отраженных электронах, Б – спектр химического состава. (Gn – галенит, Fl – флюорит, Ag – серебро, Асн – акантит)

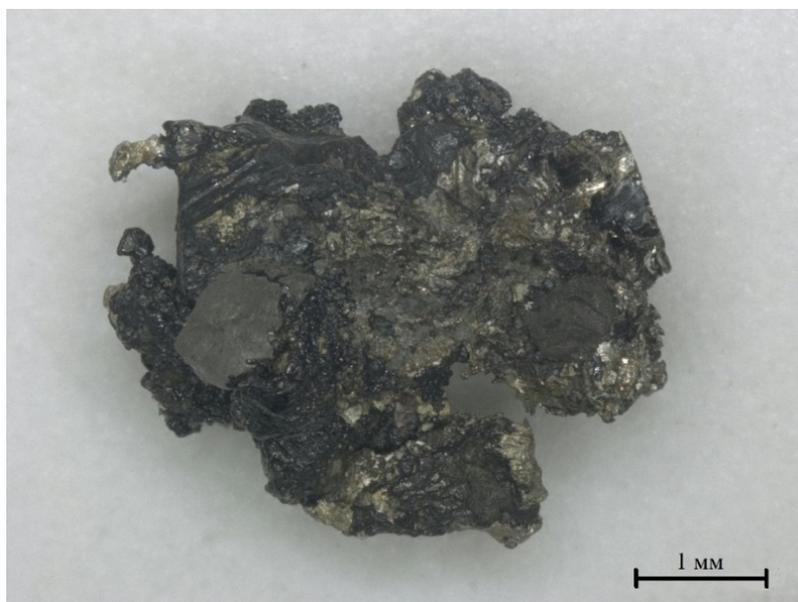
**Пирит.** Образует кристаллические корки мелких кубических кристаллов в трещинах между индивидами крупнокристаллического кальцита (рис.36).



*Рисунок 36. Кристаллическая корка пирита между индивидами крупнокристаллического кальцита со сфалеритом. Шахта «Орел» (фото – Синиченко О.)*

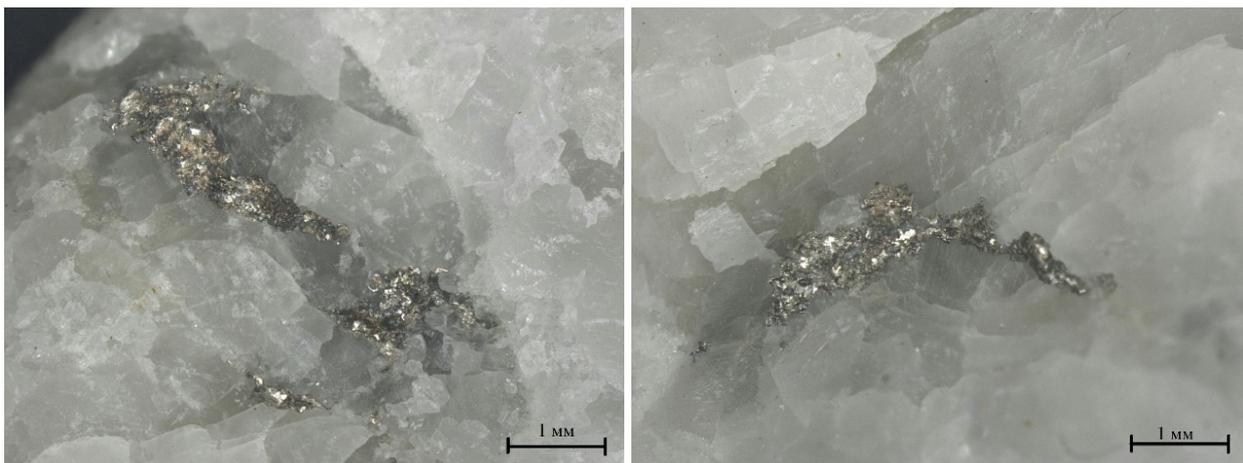
Изредка встречается в виде сходных агрегатов или одиночных кристаллов совместно со сфалеритом, акантитом в трещинах растворения в приконтактной части между метасоматитами и кристаллическим кальцитом. Размеры кристаллов не превышают доли мм.

**Серебро.** Исследованные образцы представляют собой либо самородки (рис.37), либо проволочные или губчатые агрегаты в крупнокристаллическом кальците на контакте с окварцованными метасоматитами. В самородках, сложенных дендритовидными агрегатами самородного серебра, изредка встречаются включения кристаллического кальцита и кристаллов флюорита.



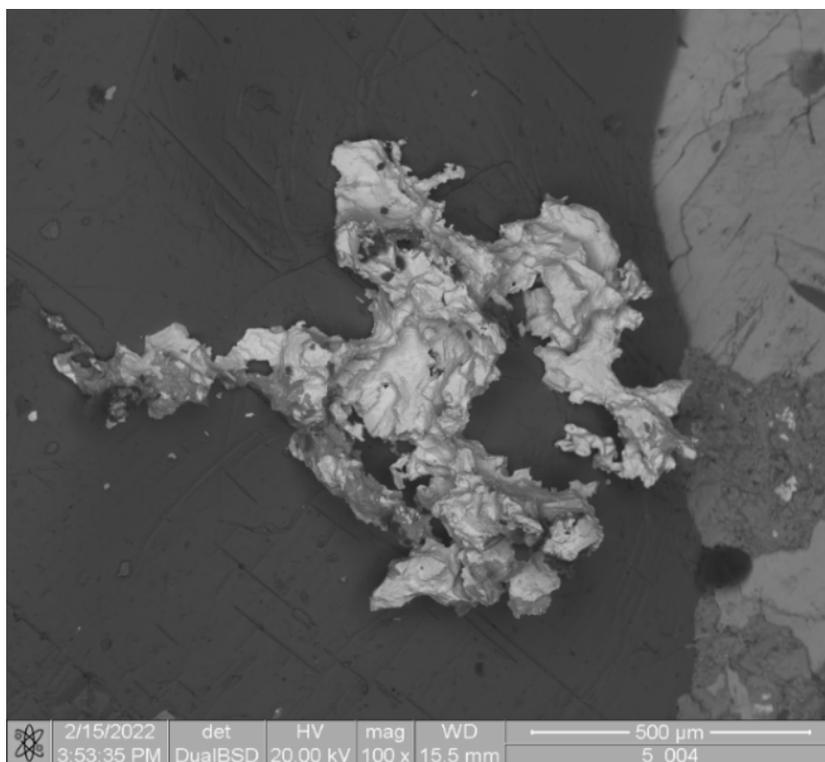
*Рисунок 37. Самородок, сложенный дендритами серебра, с включениями кристаллов флюорита. Шахта-штольня №2 (фото – Синиченко О.)*

Проволоковидные выделения самородного серебра встречаются как в метасоматитах, так и в крупнокристаллическом кальците (рис.38 и рис.39).



*Рисунок 38 и 39. Проволоковидные выделения самородного серебра в кристаллическом кальците. Шахта-штольня №2 (фото – Синиченко О.)*

Размер таких выделений достигает нескольких см. Они часто покрыты кристаллическими корками акантита.



*Рисунок 40. Выделение самородного серебра в кальците. Изображение в обратно-отраженных электронах (фото – Синиченко О.)*

При изучении серебра в электронном микроскопе удалось выяснить, что примеси в нем также отсутствуют.

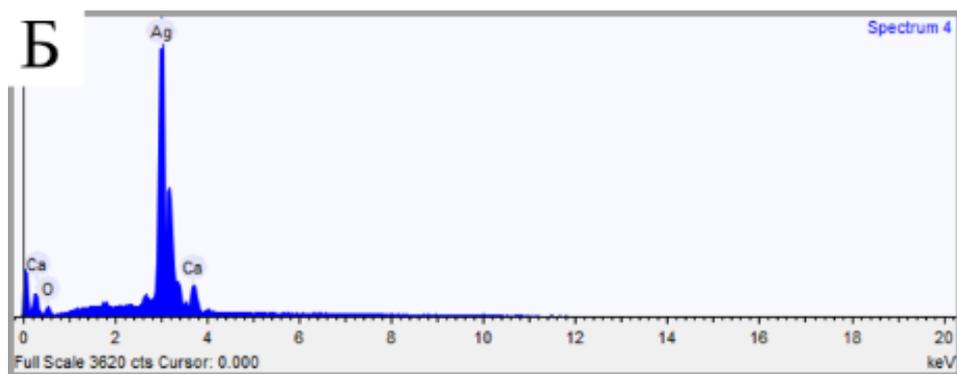
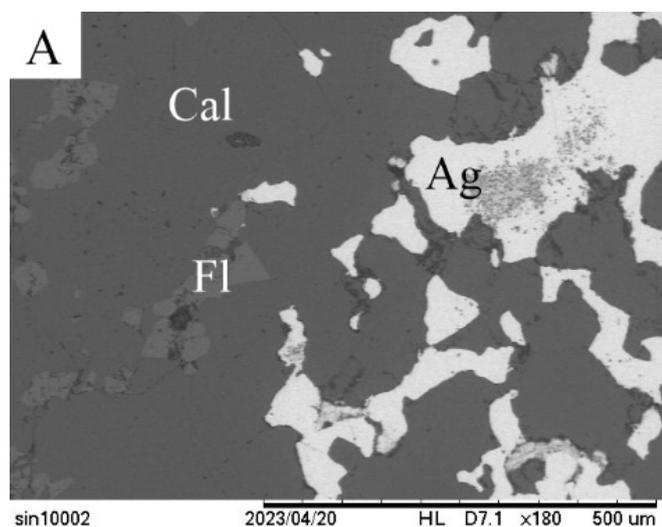


Рисунок 41. Самородное серебро: А – фото в обратно-отраженных электронах, Б – спектр химического состава. (Ag – серебро, Fl – флюорит, Cal – кальцит)

**Акантит.** Образует мелкокристаллические корки в трещинах растворения в кальците в зоне контакта метасоматитов с кристаллическим кальцитом (рис.42).



Рисунок 42. Мелкокристаллические корки акантита среди кристаллического сфалерита с кварцем и кальцитом. Шахта «Орел». (фото – Синиченко О.)

Часто обростают проволоковидные выделения самородного серебра разноориентированным агрегатом пирамидально-призматических кристаллов (рис.43,44).

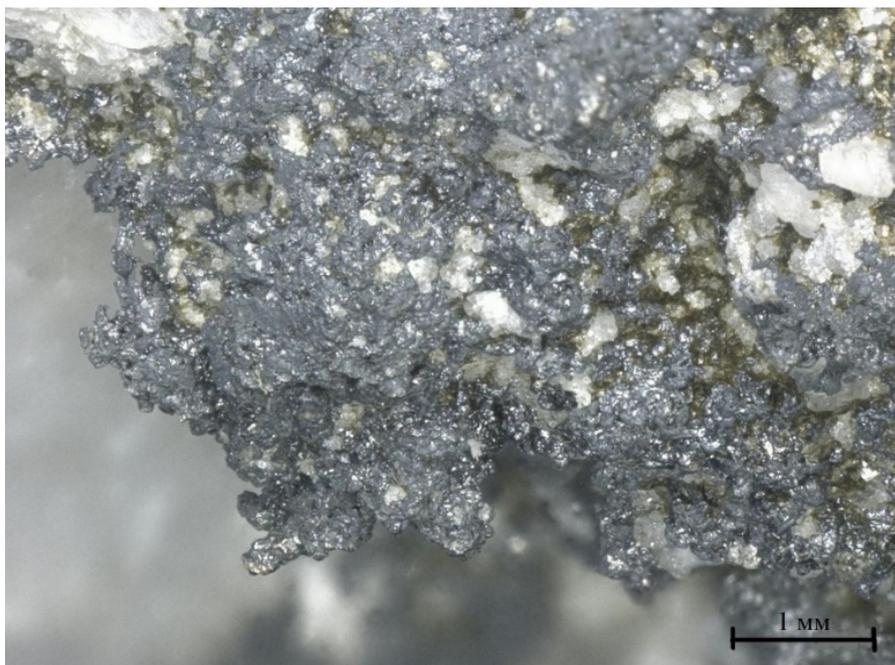


Рисунок 43. Кристаллические корки акантита, нарастающие на дендриты самородного серебра. Шахта «Орел». (фото – Синиченко О.)

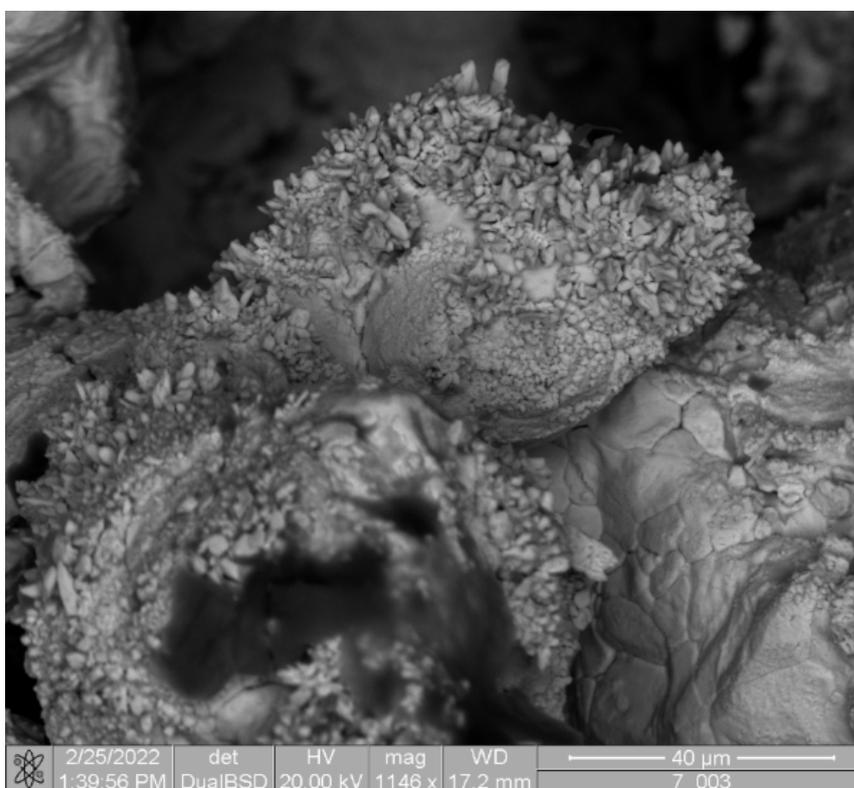


Рисунок 44. Щетки пирамидально-призматических кристаллов акантита на самородном серебре. (фото – Синиченко О.) Изображение в обратно-отраженных электронах.

Минерал характеризуется голубоватым отливом и сильным металлическим блеском. Размеры кристаллических корок варьируют от первых миллиметров до нескольких сантиметров, а величина кристаллов в них не превышает нескольких микрон.

### 5.3 Другие минералы

При изучении минералов жил методом электронной микроскопии нами были встречены также другие минералы. Их детального исследования не проводилось, так как это не входило в задачи данной работы.

**Титанит и ильменит.** Ильменит образует изометричные зерна в титаните.

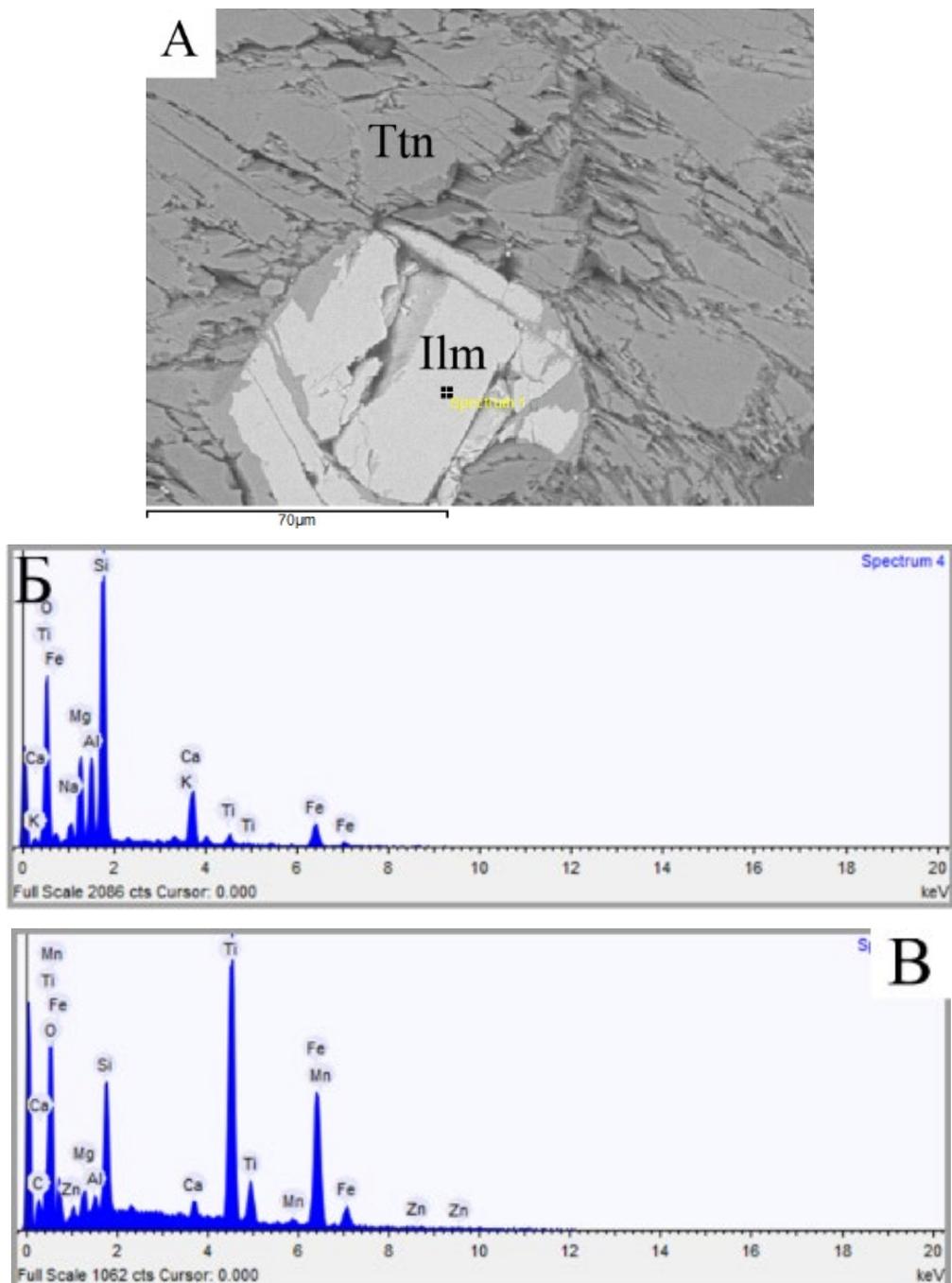


Рисунок 45. Титанит и ильменит: А – фото в обратно-отраженных электронах, Б – спектр химического состава титанита, В – спектр химического состава ильменита. (Тtn – титанит, Ilm – ильменит)

**Халькопирит.** Встречается в виде мелких включений в сфалерите.

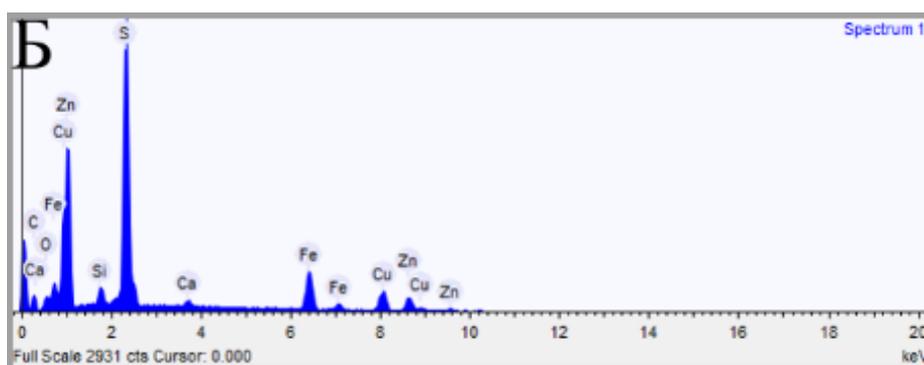
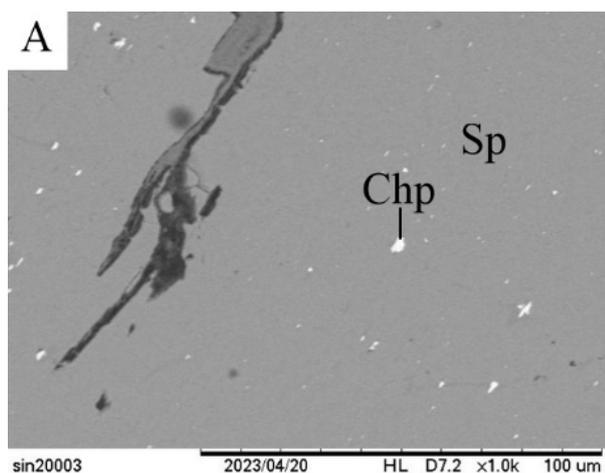


Рисунок 46. Халькопирит в сфалерите: А – фото в обратно-отраженных электронах, Б – спектр химического состава (Chp – халькопирит, Sp – сфалерит)

**Шамозит.** Встречен в виде пластинчатого агрегата в кальците.

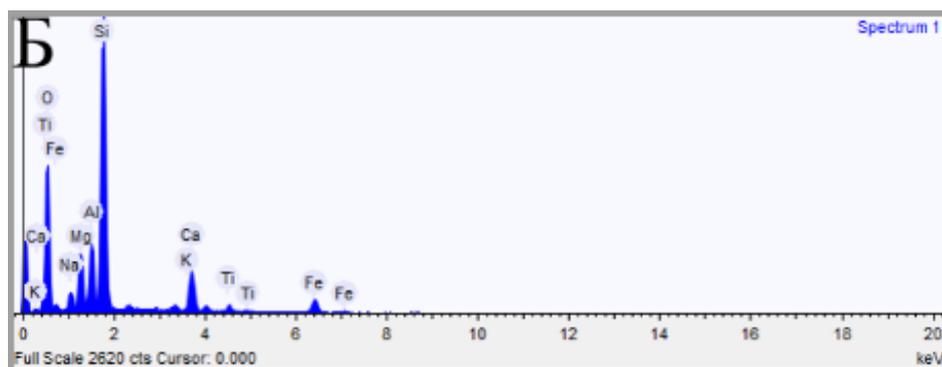
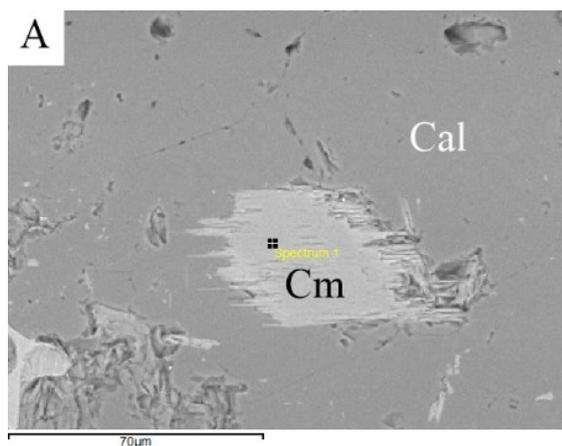


Рисунок 47. Шамозит в кальците: А – фото в обратно-отраженных электронах, Б – спектр химического состава (Cm – шамозит, Cal – кальцит)

**Олигоклаз.** Встречен в ассоциации с кальцитом и ильменитом.

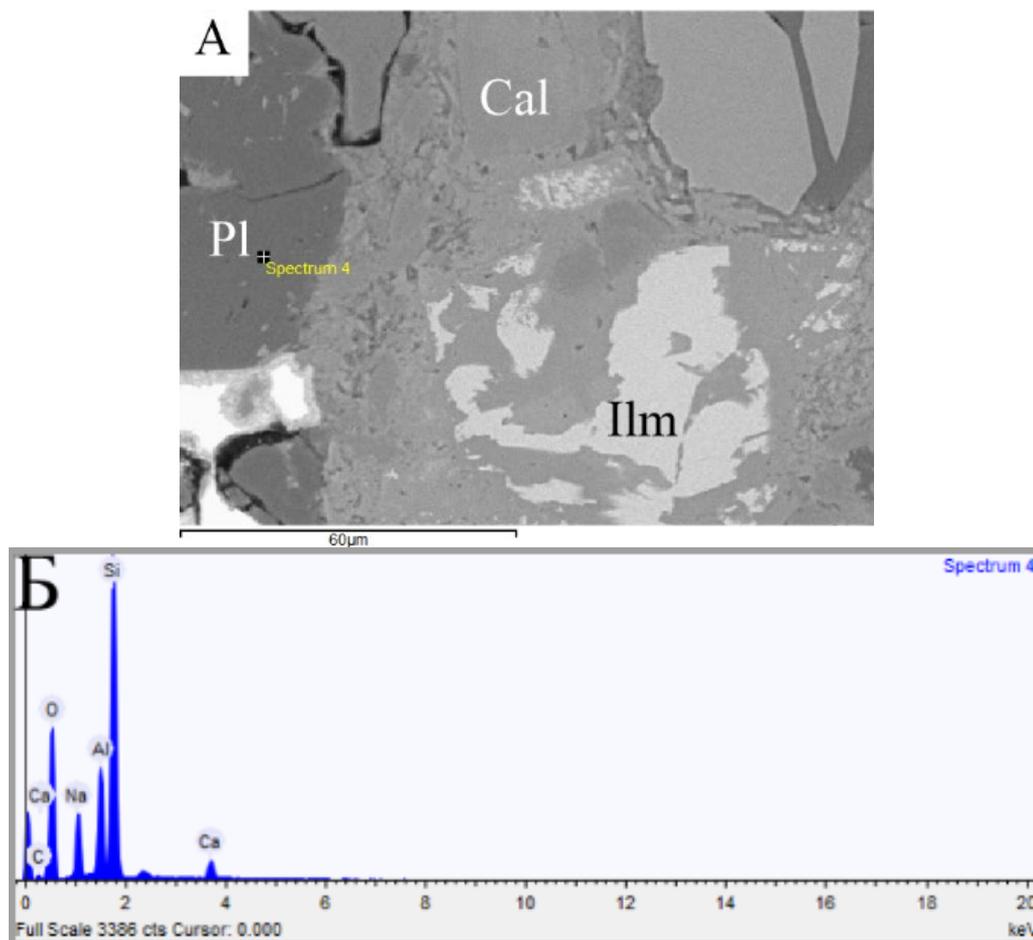


Рисунок 48. Олигоклаз: А – фото в обратно-отраженных электронах, Б – спектр химического состава (Pl – олигоклаз, Cal – кальцит, Ilm – ильменит)

**Смитсонит(?).** Данный минерал встречается в виде пленок по сфалериту (рис.49). Может являться гидроксидом цинка (минерал ашверит  $Zn(OH)_2$ ), оксидом цинка (минерал цинкит  $ZnO$ ) или карбонатом цинка (минерал цинкит  $ZnCO_3$ ). Точная диагностика минерала требует более подробного его изучения другими методами исследований. В данной работе мы склоняемся к минералу смитсонит из-за преобладания кальцита в жилах.

**Евгениит(?).** Минерал встречается в виде очень маленьких включений в самородном серебре (рис.50). При изучении химического состава этого минерала, мы выяснили, что это ртутно-серебряный минерал, однако сказать какой точно мы не можем из-за отсутствия более детального изучения другими методами исследований. Предварительные расчеты показали, что этот минерал может быть евгениитом.

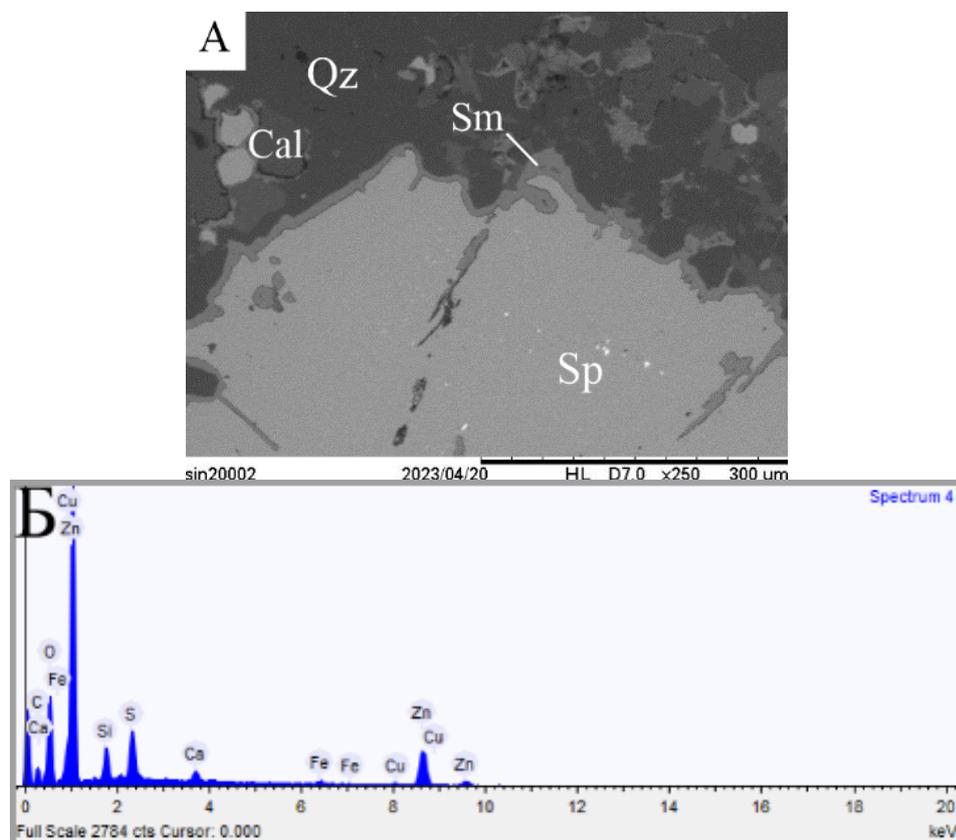


Рисунок 49. Пленка смитсонита(?) по сфалериту: А – фото в обратно-отраженных электронах, Б – спектр химического состава (Sm – смитсонит, Sp – сфалерит, Qz – кварц, Cal – кальцит)

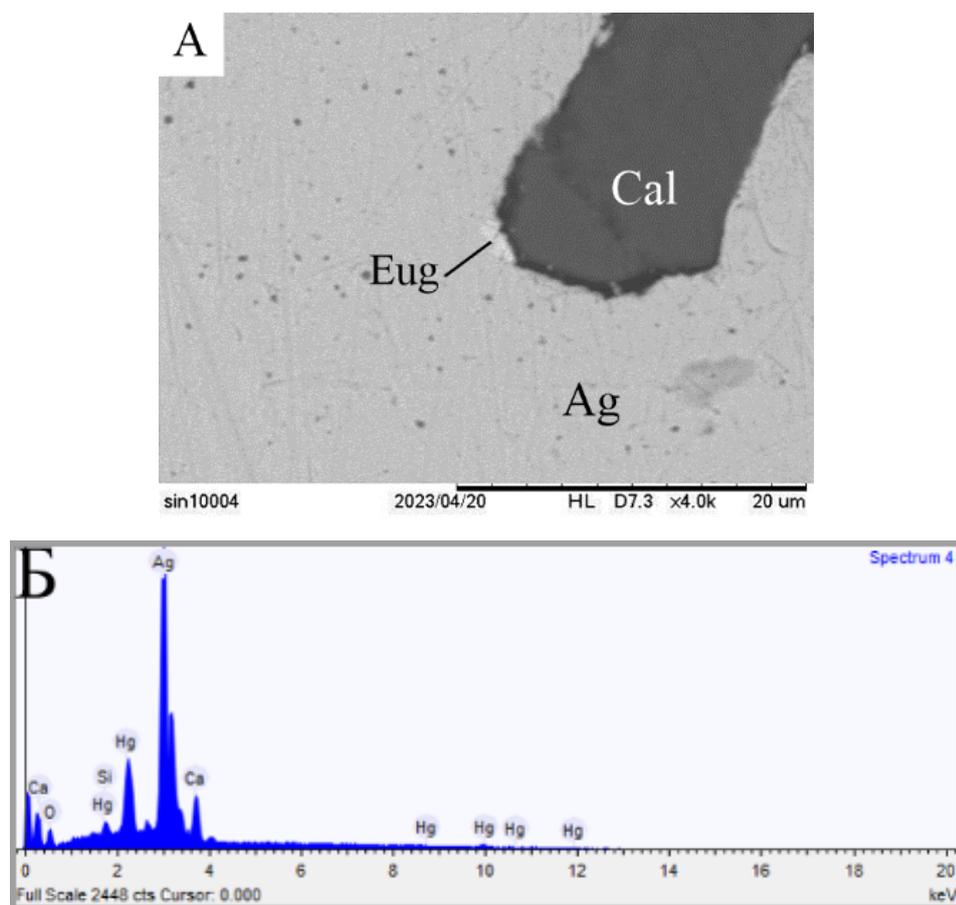


Рисунок 50. Выделения евгенита(?) в самородном серебре: А – фото в обратно-отраженных электронах, Б – спектр химического состава (Eug – евгенит, Ag – серебро, Cal – кальцит)

#### 5.4 Включения в минералах

Для более детального изучения природы кальцита, нами были исследованы газожидкие включения в нем. Также были встречены твердые включения (рис.51,6), но их детальное изучение не входило в задачи работы.

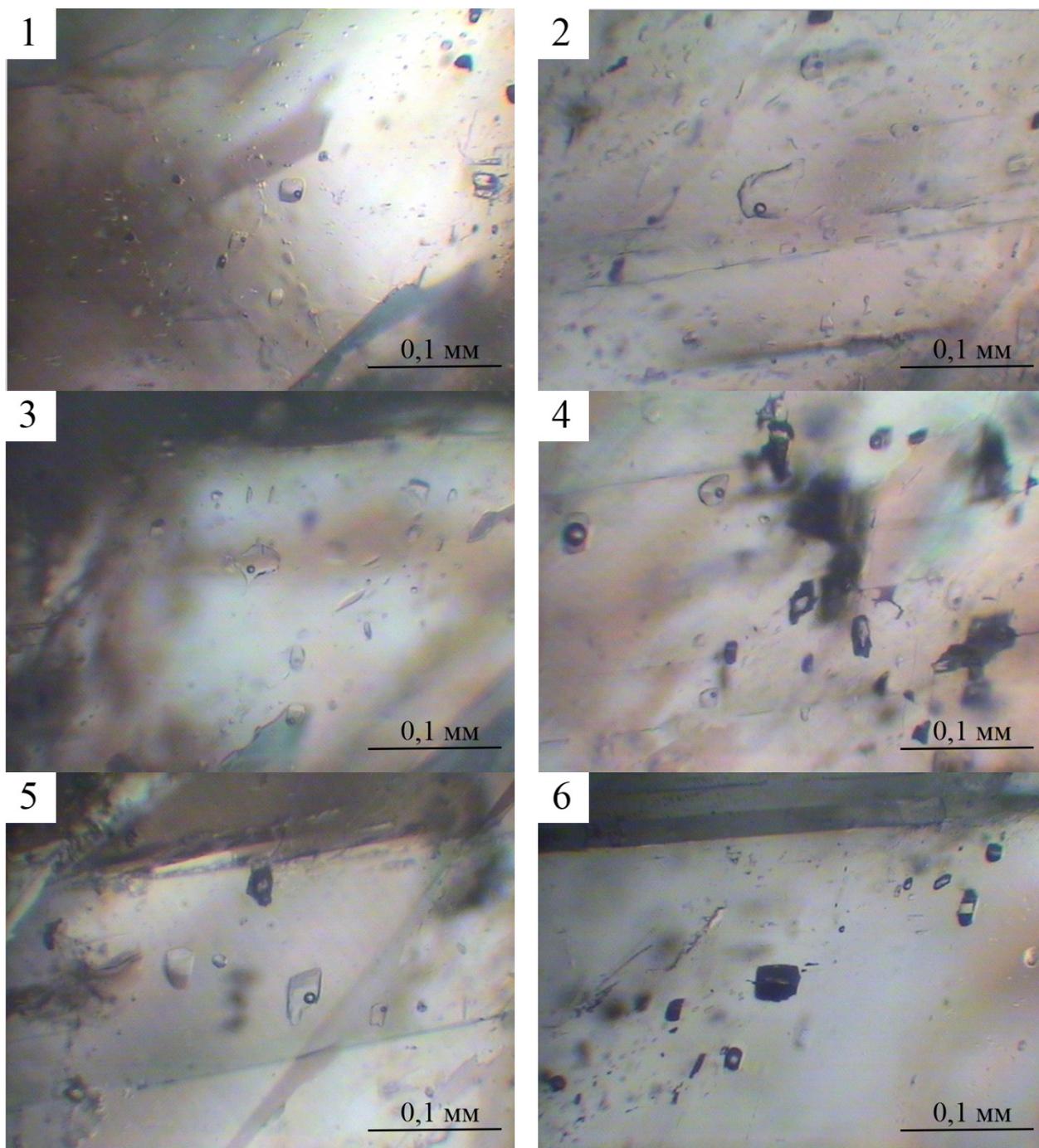
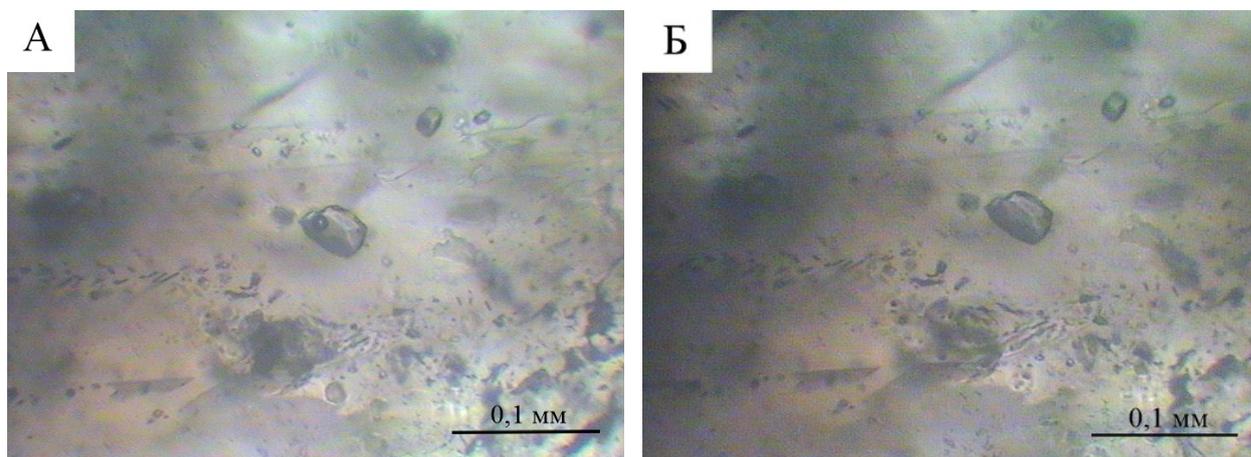


Рисунок 51. Включения в кальците: 1-5 – газожидкие, 6 – твердые.

Средний размер газожидких включений не превышает 0,05 мм. Как можно заметить по фотографиям, включения имеют различную форму: от квадратной (рис.51,1) до неправильных угловатых. Газовый пузырек в большинстве включений составляет порядка 10% всего включения, однако встречаются включения, где пузырек занимает больше половины включения (рис.51,4).

При изучении включений термобарометрическим методом, было установлено, что температура гомогенизации составляет порядка  $150^{\circ}\text{C}$ . Данный вывод позволяет нам говорить о том, что кальцит кристаллизовался при достаточно низких температурах, следовательно, сами жилы являются низкотемпературными.



*Рисунок 52. Гомогенизация включения: А – изначальный вид при комнатной температуре  $23^{\circ}\text{C}$ , Б – вид при температуре  $150^{\circ}\text{C}$ .*

## Обсуждение результатов

Острый Медвежий, который является первым серебряным рудником России, слагают следующие породы: гранатовые амфиболиты и щелочные граниты.

По вмещающим породам повсеместно образуются кварцевые метасоматиты, природа которых не установлена.

По метасоматитам развиваются кальцитовые жилы, с которыми и связана рудная минерализация острова.

Главным минералом жил является кальцит, который встречается в виде крупных ромбоэдрических кристаллов.

Среди второстепенных распространены флюорит и кварц, главным морфологическим типом которых являются мелкокристаллические агрегаты.

Рудные минералы, которые встречаются на месторождении являются аксессуарными. К ним относятся сфалерит, галенит, пирит, серебро и акантит. Сфалерит образует сростки кристаллов размером до нескольких см, галенит встречается в виде мелких кристаллов, пирит образует мелкокристаллические корки кубических кристаллов.

Серебро встречается в виде самородков и проволочных или губчатых агрегатов, заполняет полости в кальците. Акантит часто обрастает серебро, но также может образовываться самостоятельно, встречается в виде мелкокристаллического агрегата, состоящего из призматических кристаллов.

Химический анализ всех вышеперечисленных минералов показал отсутствие примесей в каждом из них.

Также были встречены следующие минералы: титанит, ильменит, халькопирит, шамозит, олигоклаз, смитсонит (?) и енгенит (?). Стоит отметить, что последние два минерала нуждаются в более детальном изучении различными методами исследований для точного диагностирования.

Изучение включений показало, что они имеют различный размер (в среднем до 0,05 мм) и форму (в основном неправильной формы), преобладают газовой-жидкие включения, в меньшей степени встречаются твердые. Температура гомогенизации газовой-жидких включений составляет порядка 150°C.

## Заключение

В качестве результатов проведенных нами исследований можно сделать следующие выводы:

1. Определено 15 минералов, слагающих жилы. Из них 1 главный, 2 второстепенных, 12 акцессорных.

2. Впервые были установлены и зафиксированы морфологические формы агрегатов самородного серебра, встречающихся в рудных жилах на Медвеьем острове: самородки и губчатые или проволочные агрегаты.

3. Химический анализ основных минералов жил (кальцита, кварца, флюорита, сфалерита, галенита и серебра) показал отсутствие примесей в их составе.

4. В серебре содержатся включения ртутно-серебряного минерала, это подтверждает данные, полученные нашими предшественниками, и требует дальнейших исследований.

5. Температура гомогенизации включений в кальците, которая составляет порядка 150°C, указывает на то, что жилы являются низкотемпературными.

В заключение стоит отметить, что все задачи, поставленные в начале работы, были выполнены.

## Список используемой литературы

### Книги

1. Балаганский В.В., Глебовицкий В.А. Лапландский гранулитовый пояс и комплементарные структуры.// Ранний докембрий Балтийского щита. – СПб.:Наука, 2005, стр. 124-174.

2. Бискэ Ю.С. Геология России: курс лекций. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2019.

### Статьи в журналах

3. Белянкин Д., Куплетский Б. Горные породы и полезные ископаемые Северного побережья и прилегающих к нему островов Кандалакшской губы Белого моря.// Труды Северной Научно-Промысловой Экспедиции, вып.18, М.-Л., 1924.

4. Гинзбург И.И. Полезные ископаемые побережья Кандалакшского залива Белого моря.// Труды Северной Научно-Промысловой Экспедиции, вып.7, Петроград, 1921.

5. Жиров К.К., Лоскутов А.В., Кравченко М.П., Кравченко Э.В., Рюнгенен Г.Н. Аномальный свинец из гидротермальных жил Кандалакшского побережья Кольского полуострова.// Геохимия, №7, 1969.

6. Кузин А.А. К вопросу о серебрянорудном промысле в районе Белого моря.// Вопросы истории естествознания и техники, вып.7, 1959.

7. Максимов М.М. Русскому серебру 300 лет (монета из серебра Медвежьего острова).// Геология рудных месторождений, №2, 1969.

8. Токарев В.А. К минералогии Терского берега Кольского полуострова (Порья губа – Куз-река).// Труды Ленинградского общества естествоиспытателей, т. LXIV, вып.1, 1935.

9. Федотова М.Г. Самородное серебро острова Медвежьего в Белом море.// Природа и хозяйство Севера, Л., вып.5, 1976.