

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).

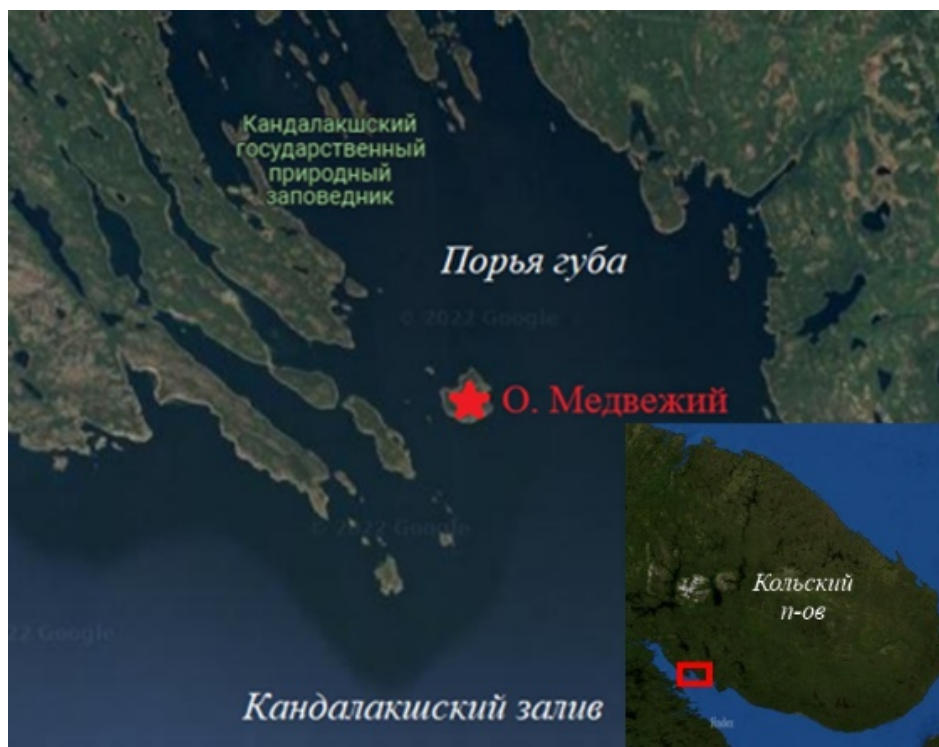


Рисунок 1. Расположение острова Медвежьего в Порьей губе Белого моря.

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.

Глава 3 Геологическое положение острова

Остров Медвежий расположен на юге Кольского полуострова, в пределах Лапландско-Кольского орогена. Основными породами орогена являются гранатовые и гиперстеновые гнейсы, метаморфизм которых относится к гранулитовой фации. По исходному составу это кислые, средние и основные породы – габбро, анортозиты и амфиболиты, иногда близкие к эклогитам (Бискэ Г.С., 2014).

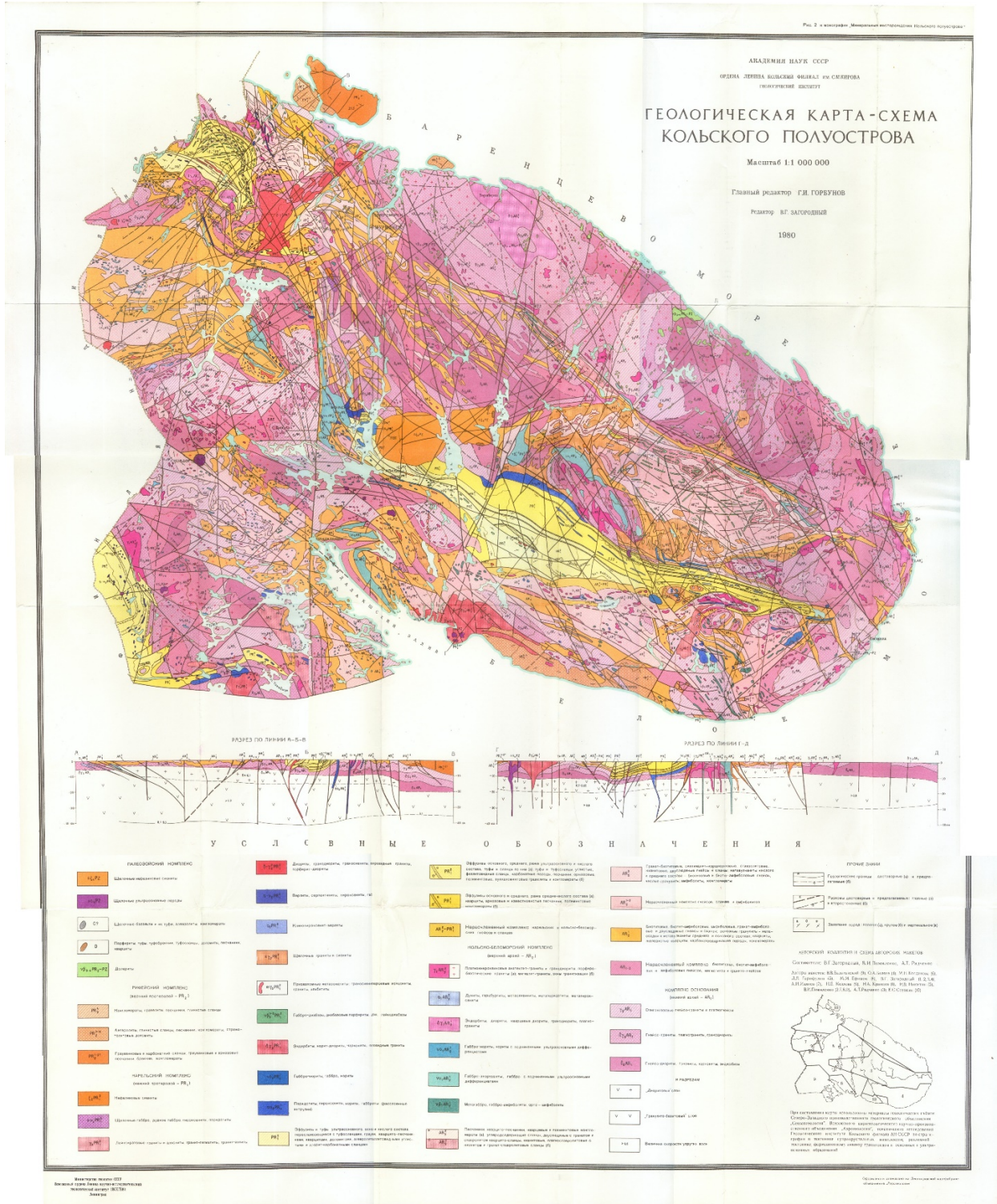


Рисунок 10. Геологическая карта-схема Кольского полуострова.

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).

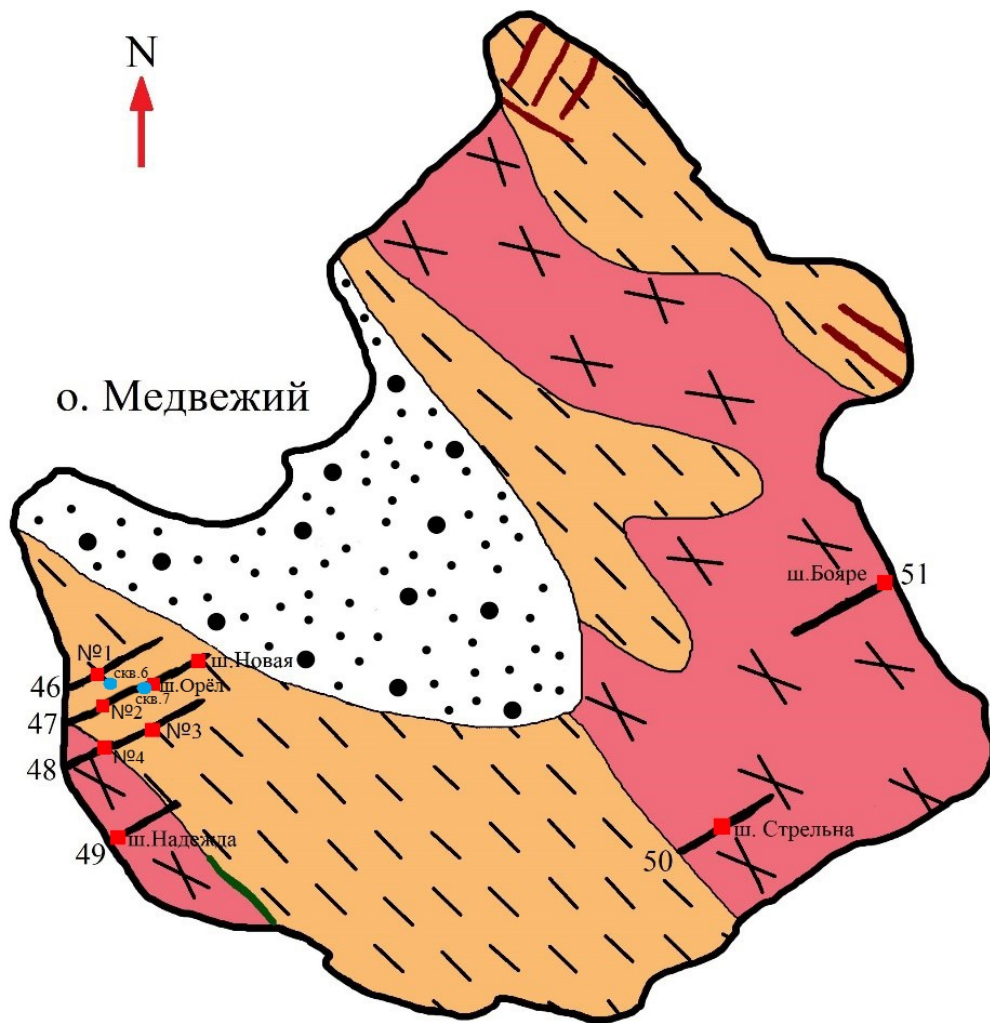


Рисунок 11. Схема строения ядра Лапландско-Кольского орогена. (Ранний докембрий Балтийского щита, 2005)

1 - нефелиновые сиениты, 2 - гранитоиды, 3 - островодужные эндербиты, 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


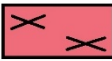
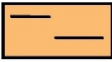





-  Четвертичные отложения
-  Щелочные граниты
-  Гранатовые амфиболиты
-  Кальцитовые жилы с полиметаллическим оруденением
-  Дайки ультраосновного и основного состава
-  Пегматитовые жилы
-  Горные выработки
-  Скважины
- 46 Номер жилы

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).

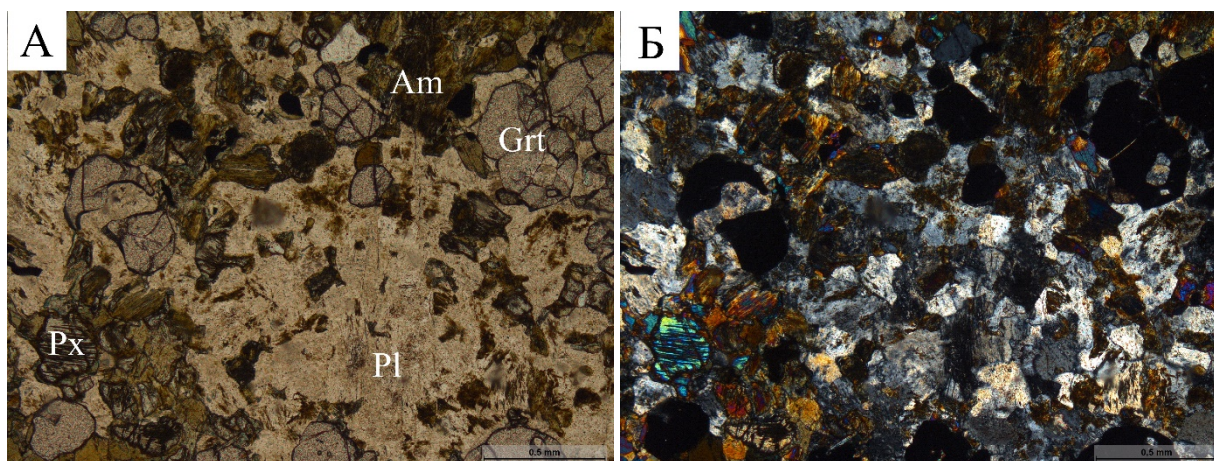


Рисунок 17. Вмещающие амфиболиты. Вид в оптическом микроскопе: А – при параллельных николях; Б – при скрещенных николях. (Pl – плагиоклаз, Am – амфибол, Grt – гранат, Px – пироксен).

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.

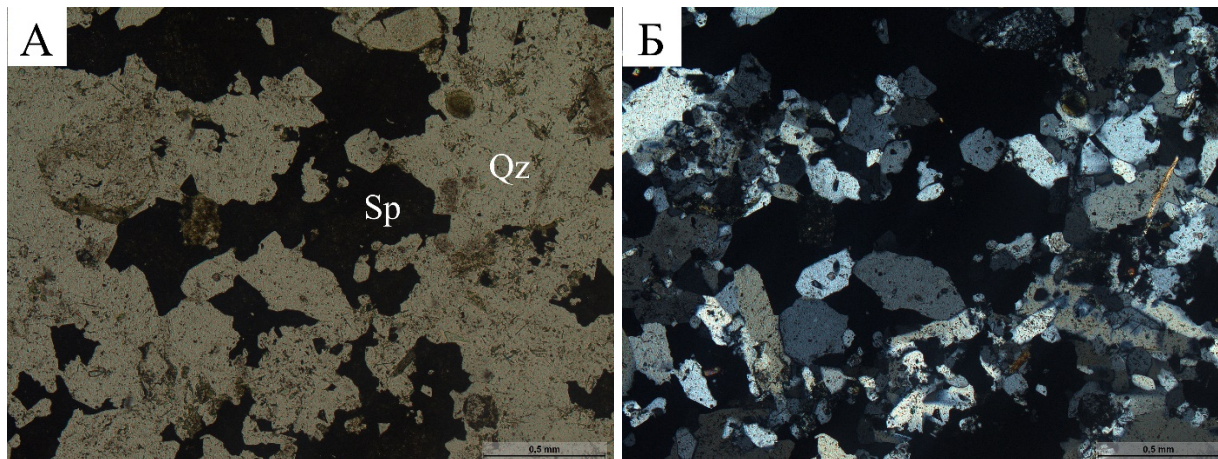


Рисунок 18. Кварцевые метасоматиты. Вид в оптическом микроскопе: А – при параллельных николях; Б – при скрещенных николях. (Qz – кварц, Sp – сфалерит).

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

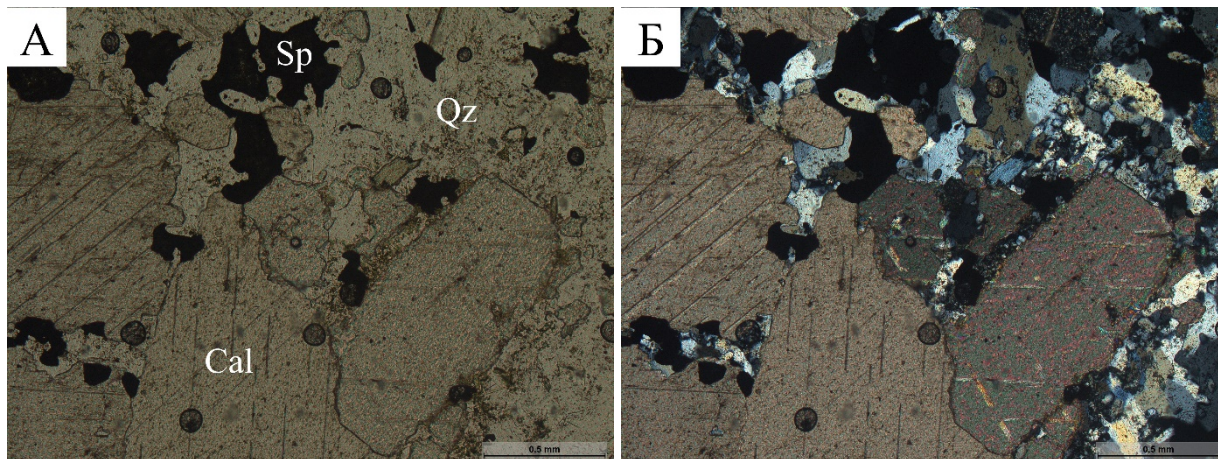


Рисунок 19. Контакт кварцевого метасоматита и кальцитовой жилы. Вид в оптическом микроскопе: А – при параллельных николях; Б – при скрещенных николях. (Qz – кварц, Sp – сфалерит, Cal – кальцит).

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).

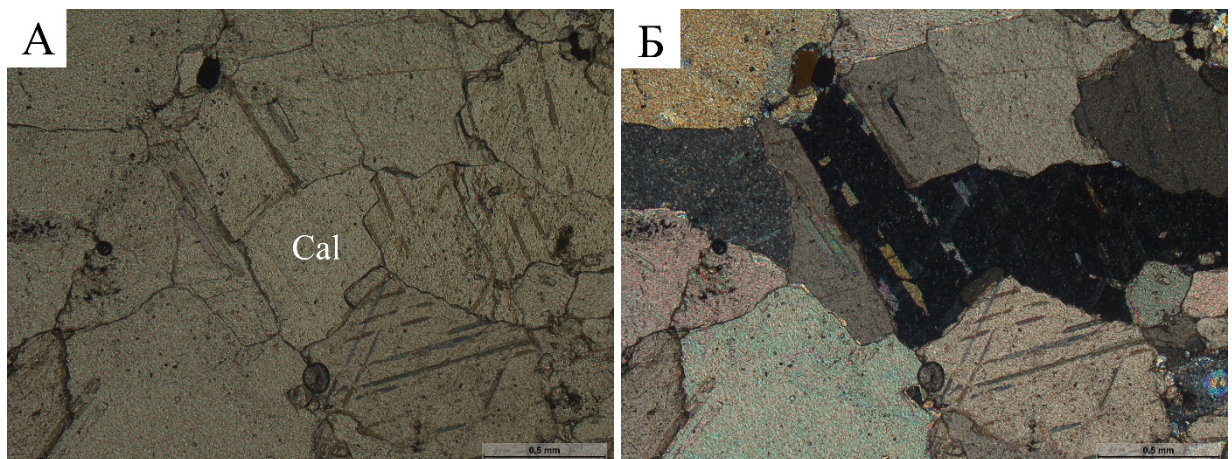


Рисунок 21. Центральная часть кальцитовой жилы. Вид в оптическом микроскопе: А – при параллельных николях; Б – при скрещенных николях. (Cal – кальцит).

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 простирацию 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 ₁₁ Hg ₂			+
Сульфиды					
3	Галенит	PbS	+	+	+
4	Сфалерит	ZnS	+	+	+
5	Халькопирит	CuFeS ₂			+
6	Пирит	FeS ₂	+	+	
7	Акантит	Ag ₂ S	+	+	+
Оксиды					
8	<i>Кварц</i>	SiO ₂	+	+	+
9	Ильменит	FeTiO ₃			+
Силикаты					
10	Титанит	CaTi(SiO ₄)O			+
11	Шамозит	(Fe) ₅ Al(Si,Al) ₄ O ₁₀ (OH,O) ₈			+
12	Олигоклаз	(Na,Ca)(Si,Al) ₄ O ₈			+
Карбонаты					
13	Кальцит	CaCO ₃	+	+	+
14	Смитсонит (?)	ZnCO ₃			+
Фториды					
15	<i>Флюорит</i>	CaF ₂	+	+	+

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).

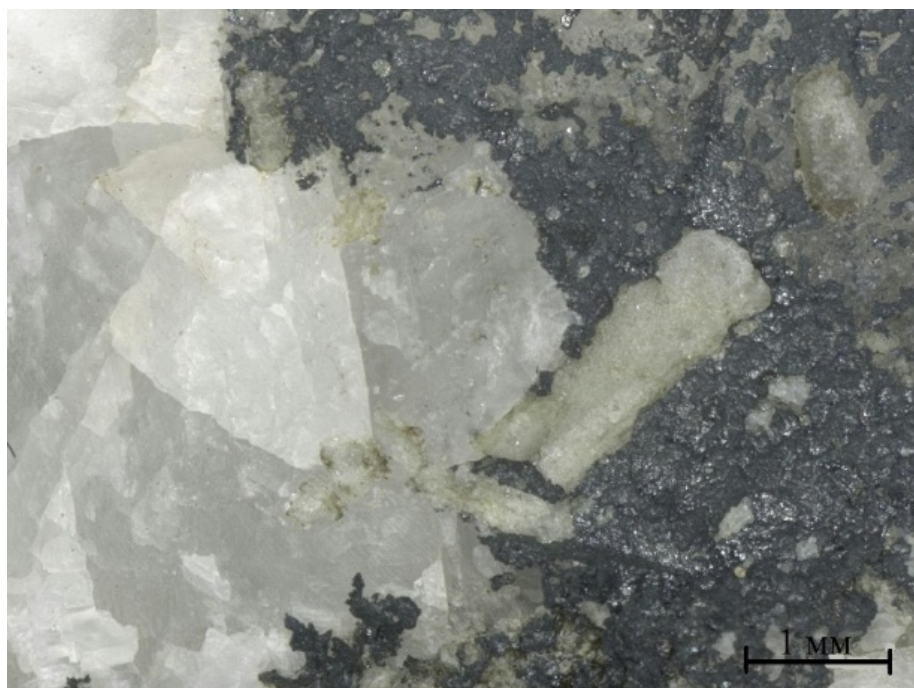


Рисунок 23. Агрегат крупнокристаллического кальцита, разбитый более поздними прожилками флюорита с серебряной минерализацией. Шахта «Орел» (фото – Синиченко О.)

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

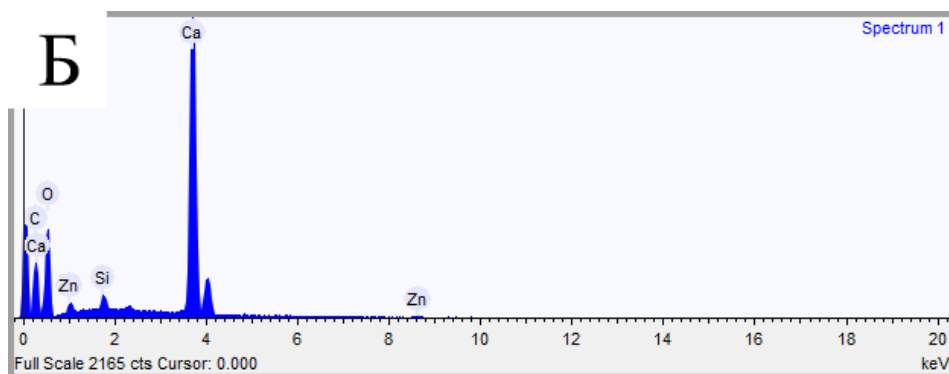
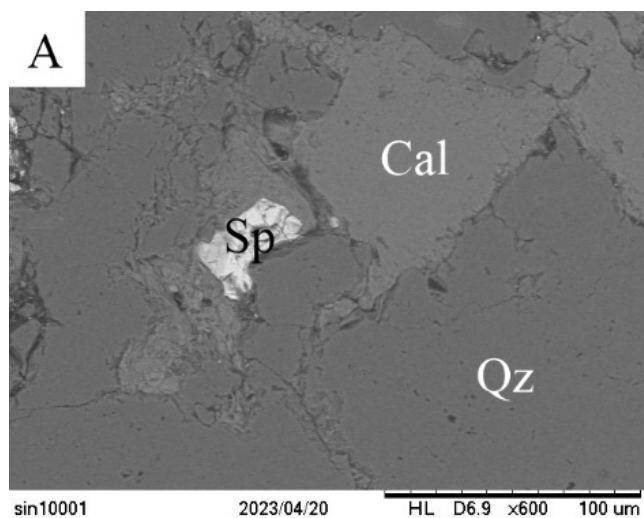


Рисунок 24. Кальцит: А – фото в обратно-отраженных электронах, Б – спектр химического состава. (Cal – кальцит, Qz – кварц, Sp – сфалерит)

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

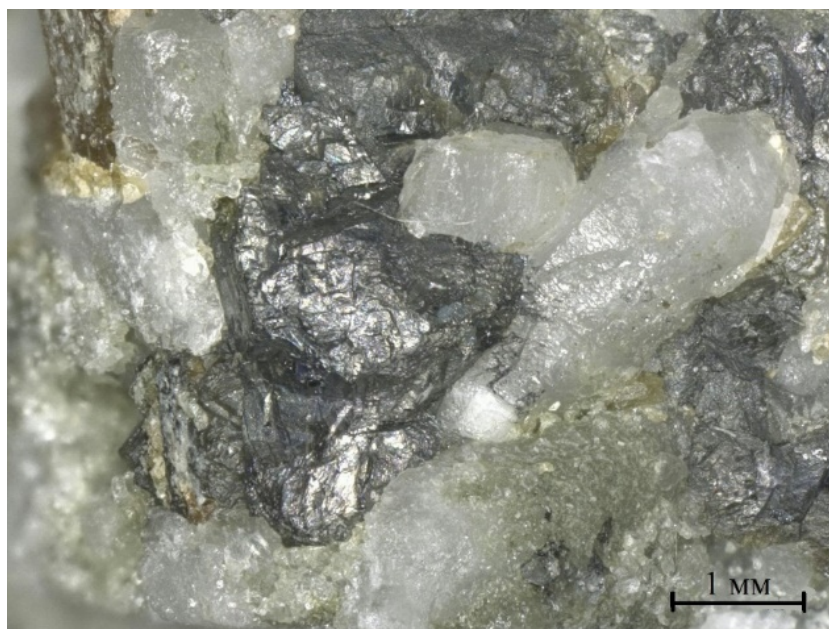


Рисунок 25. Призматические индивиды кварца со сростком плохообразованных кристаллов сфалерита. Шахта «Орел» (фото – Синиченко О.)

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.

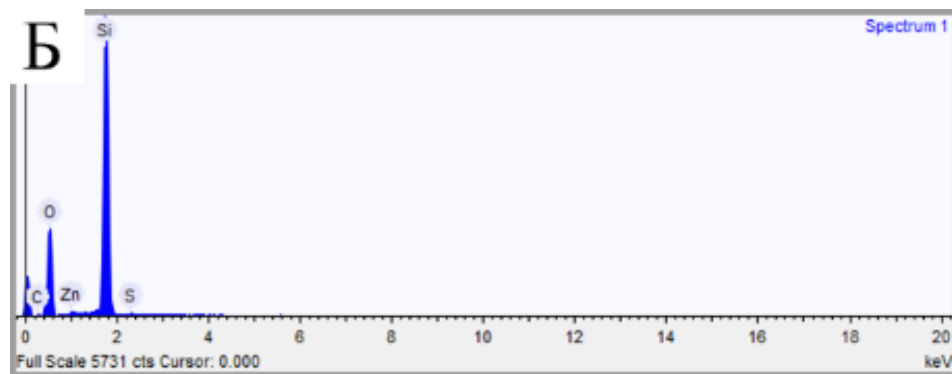
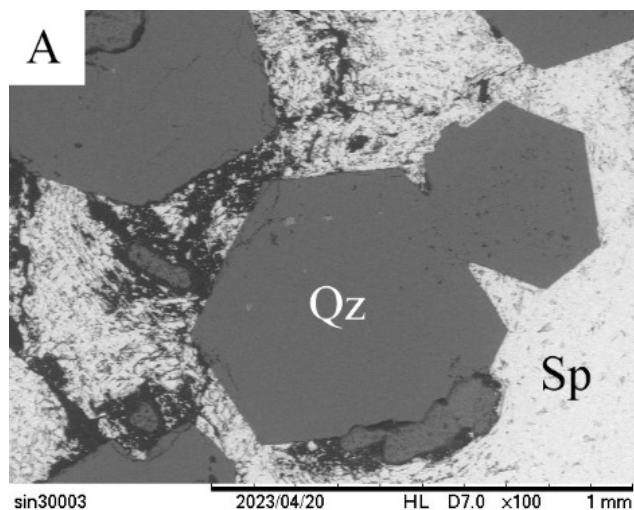


Рисунок 27. Кварц: А – фото в обратно-отраженных электронах, Б – спектр химического состава. (Qz – кварц, Sp – сфалерит)

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.

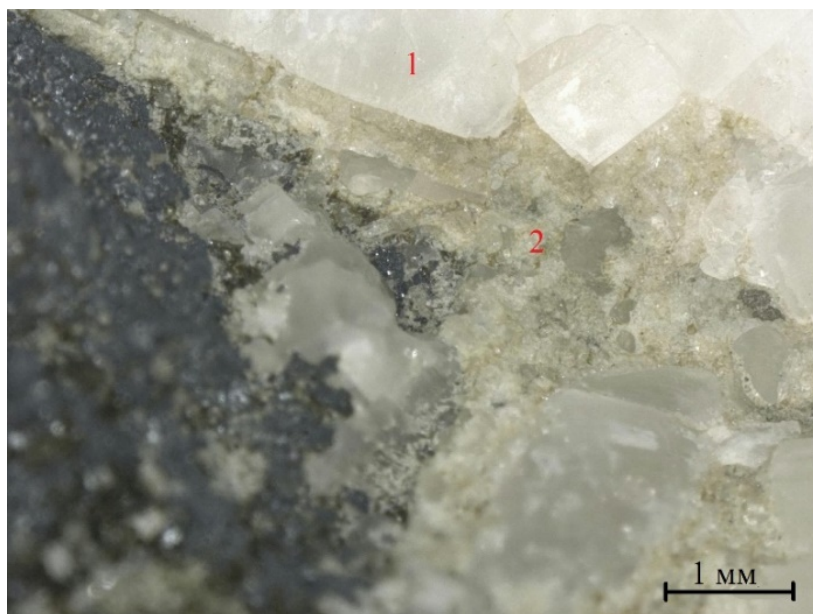


Рисунок 28. Мелкокристаллический агрегат флюорита, заполняющий трещины в кальците (1 – кальцит, 2 – флюорит). Шахта «Орел» (фото – Синиченко О.)

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

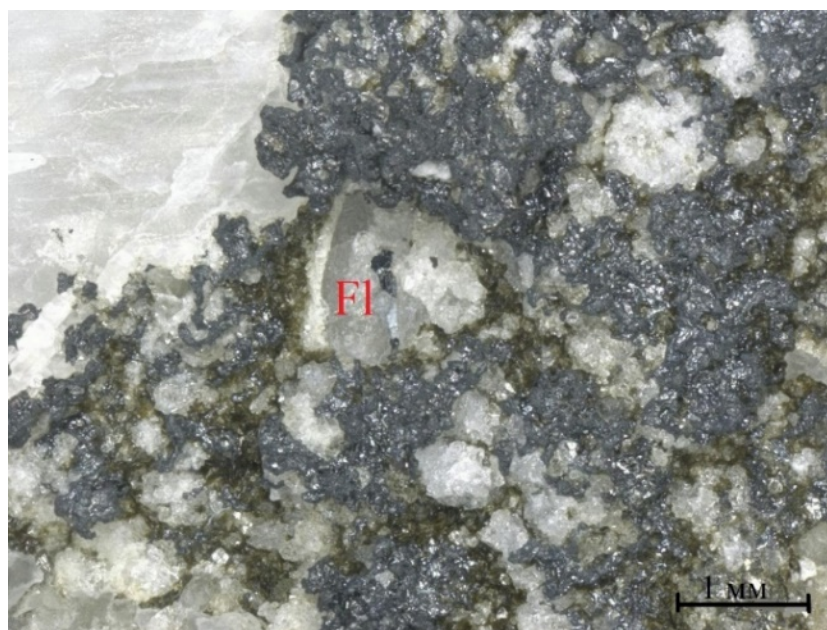


Рисунок 29. Хорошо образованный кристалл флюорита среди самородного серебра и акантита. Шахта «Орел» (фото – Синиченко О.)

Химический анализ флюорита методом электронной микроскопии также показал отсутствие примесей.

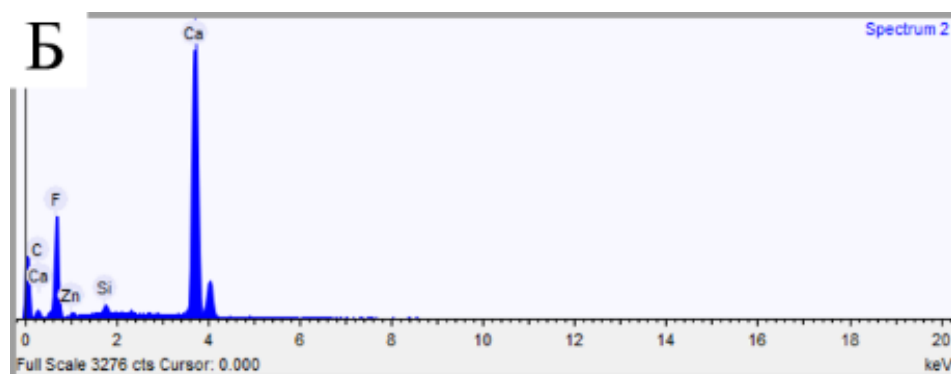
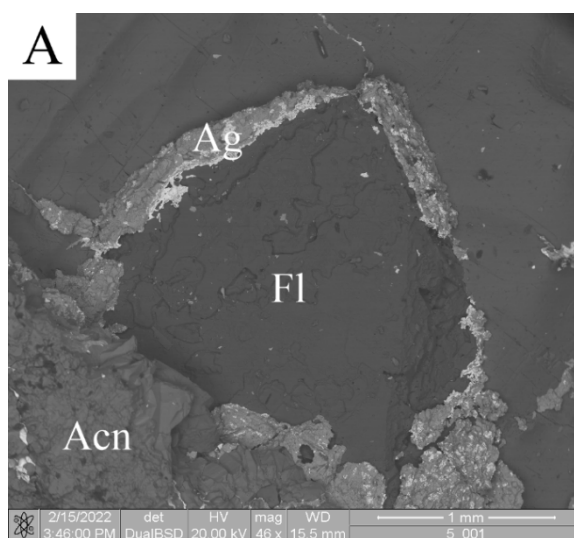


Рисунок 30. Кристалл флюорита: А – фото в обратно-отраженных электронах, Б – спектр химического состава. (Fl – флюорит, Ag – серебро, Acn – акантит)

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.

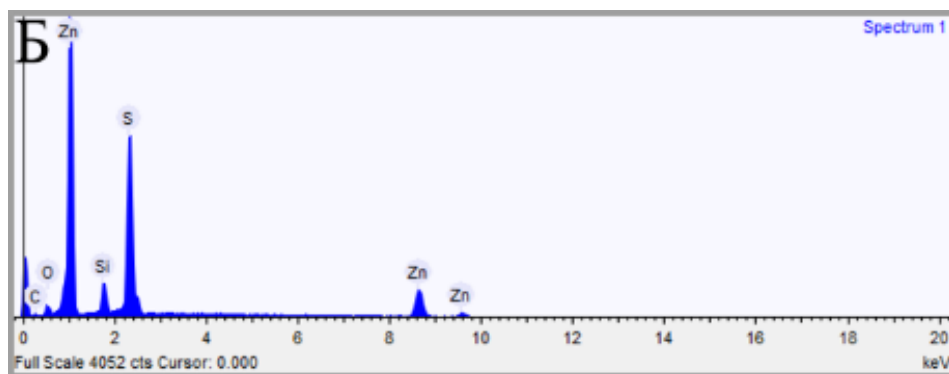
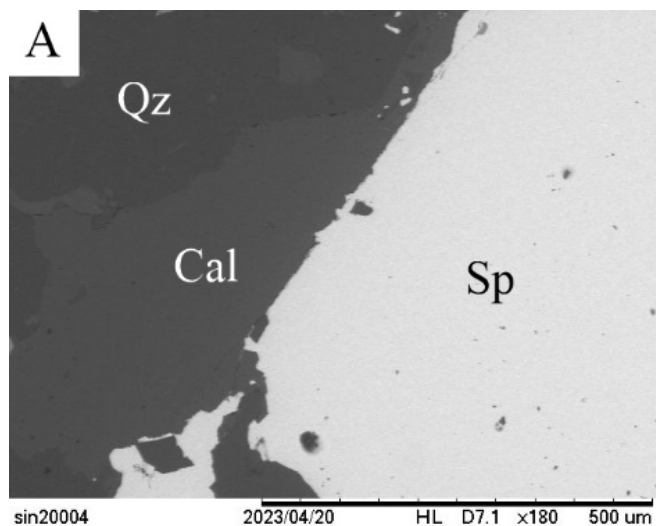


Рисунок 33. Сфалерит: А – фото в обратно-отраженных электронах, Б – спектр химического состава. (Sp – сфалерит, Cal – кальцит, Qz – кварц)

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.

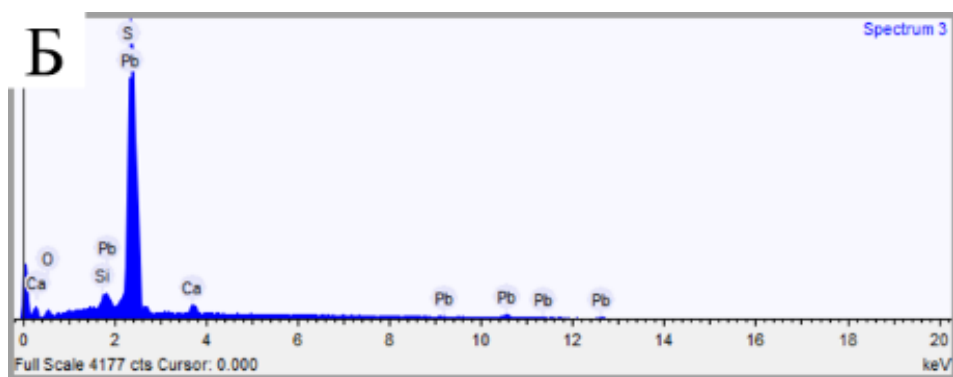
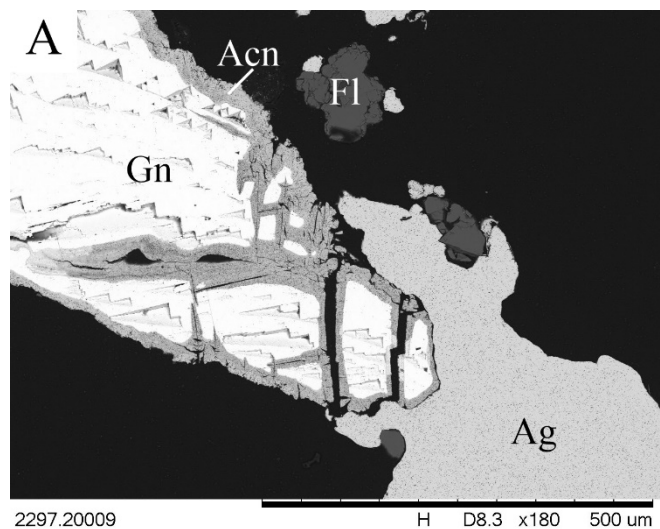


Рисунок 35. Галенит: А – фото в обратно-отраженных электронах, Б – спектр химического состава. (Gn – галенит, Fl – флюорит, Ag – серебро, Асн – акантит)

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

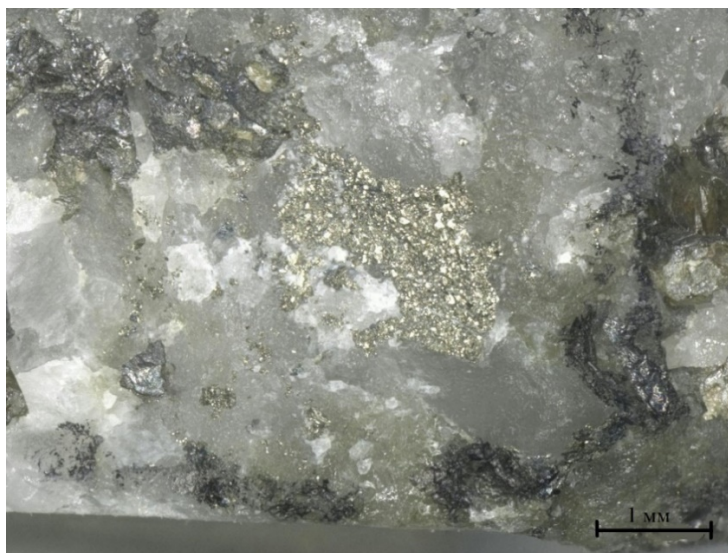


Рисунок 36. Кристаллическая корка пирита между индивидами крупнокристаллического кальцита со сфалеритом. Шахта «Орел» (фото – Синиченко О.)

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.

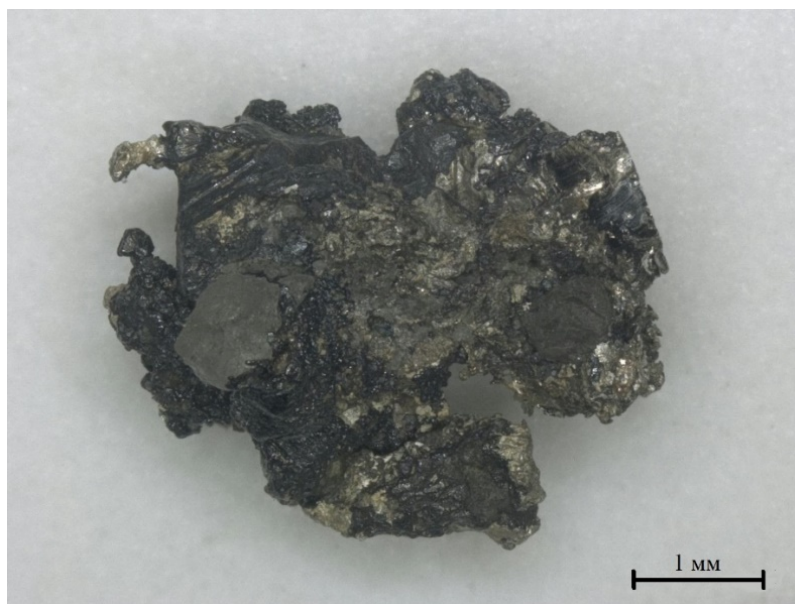


Рисунок 37. Самородок, сложенный дендритами серебра, с включениями кристаллов флюорита. Шахта-штольня №2 (фото – Синиченко О.)

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

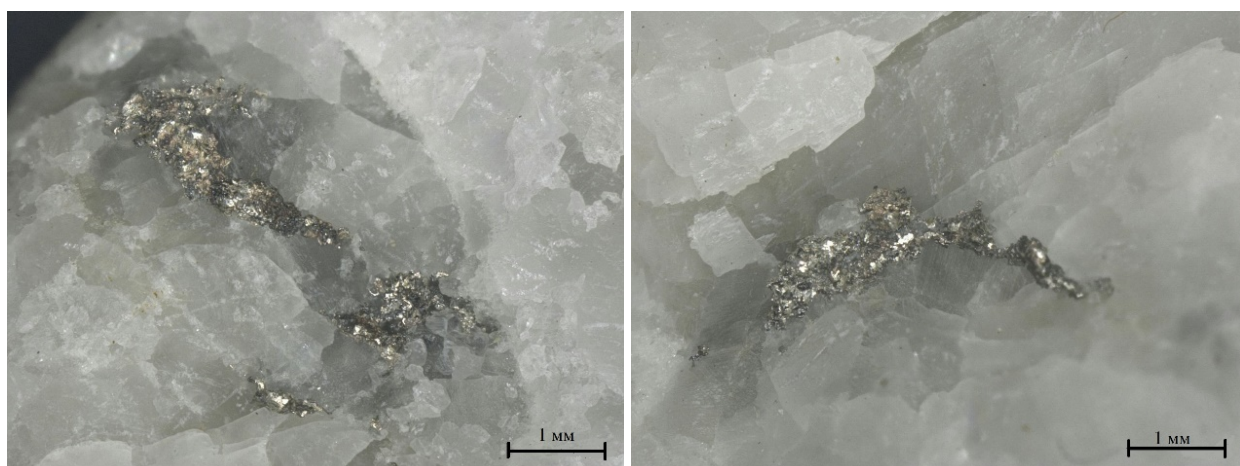


Рисунок 38 и 39. Проволоковидные выделения самородного серебра в кристаллическом кальците. Шахта-штольня №2 (фото – Синиченко О.)

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

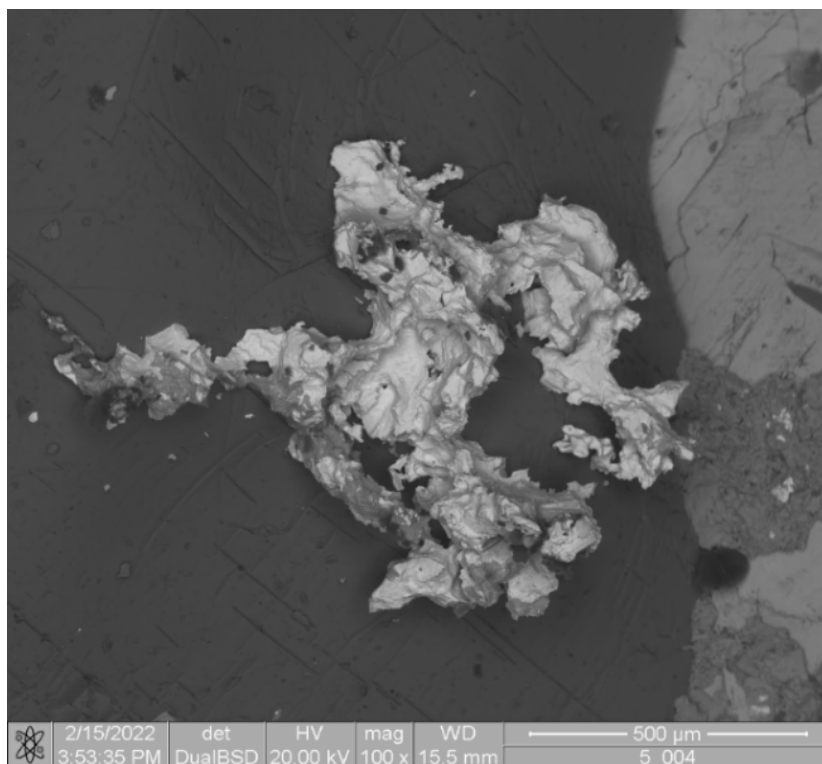


Рисунок 40. Выделение самородного серебра в кальците. Изображение в обратно-отраженных электронах (фото – Синиченко О.)

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

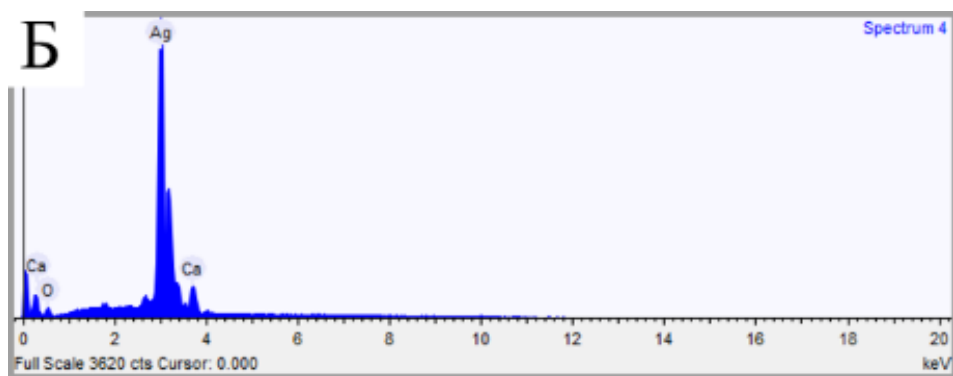
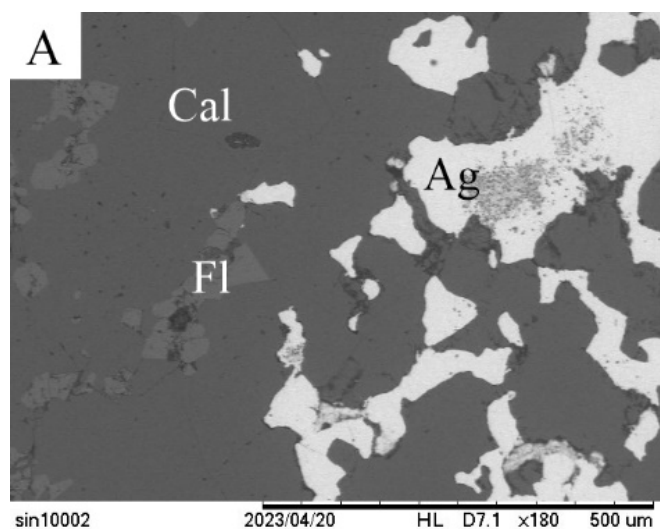


Рисунок 41. Самородное серебро: А – фото в обратно-отраженных электронах, Б – спектр химического состава. (Ag – серебро, Fl – флюорит, Cal – кальцит)

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

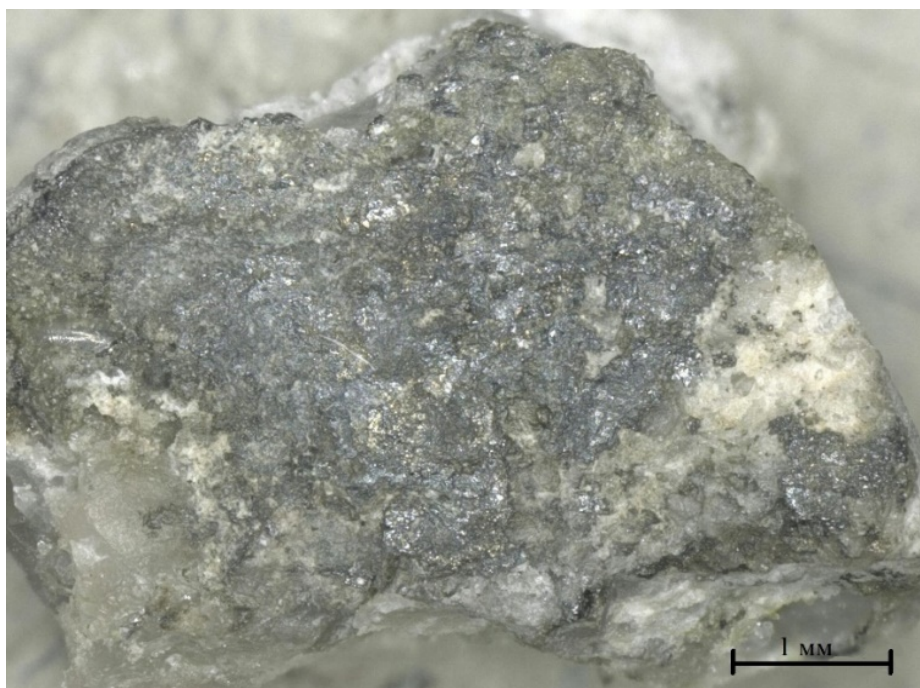


Рисунок 42. Мелкокристаллические корки акантита среди кристаллического сфалерита с кварцем и кальцитом. Шахта «Орел». (фото – Синиченко О.)

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

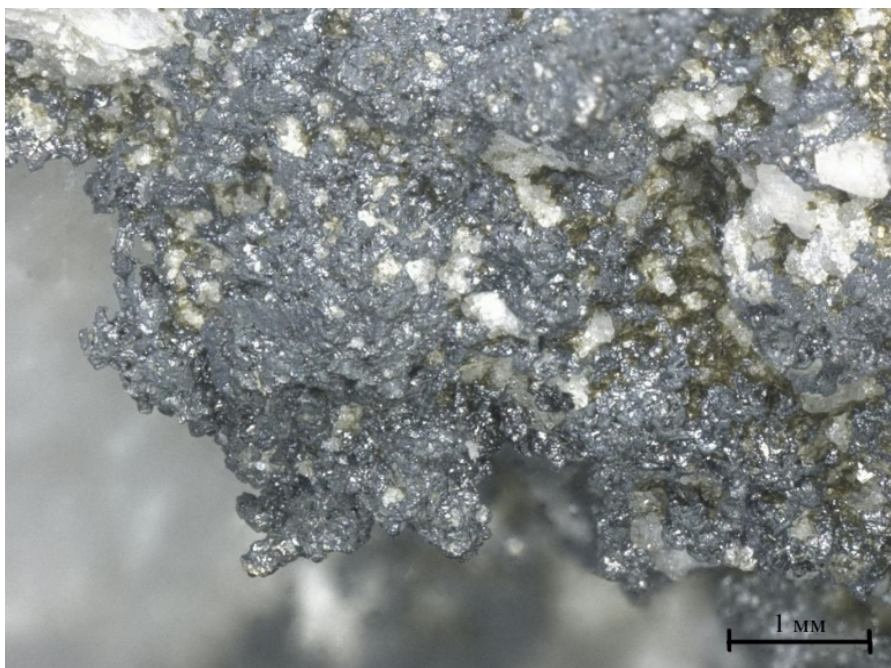


Рисунок 43. Кристаллические корки акантита, нарастающие на дендриты самородного серебра. Шахта «Орел». (фото – Синиченко О.)

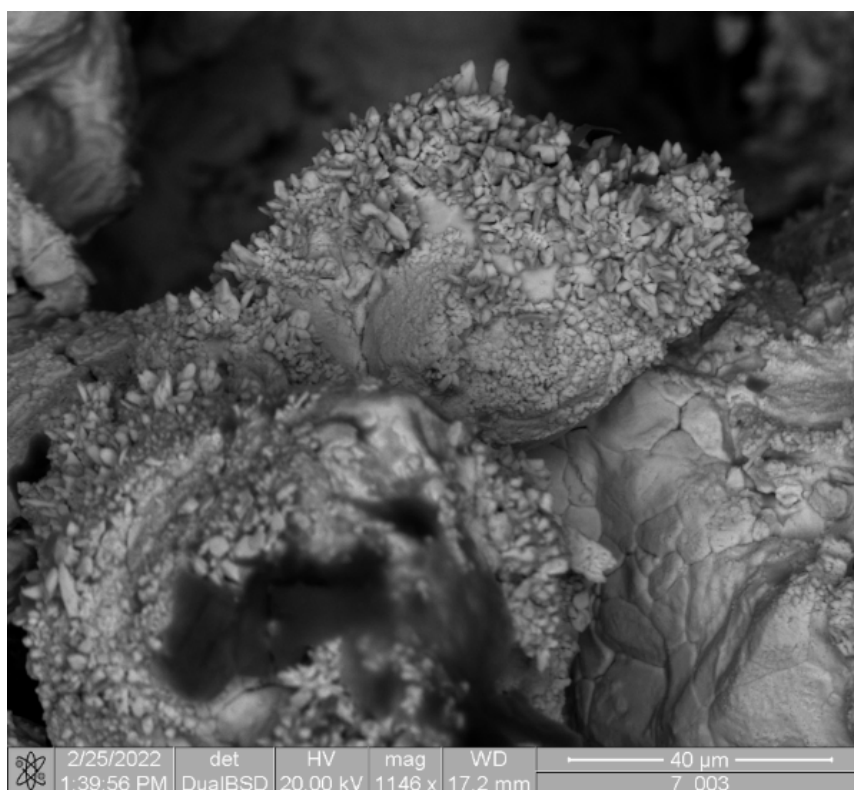


Рисунок 44. Щетки пирамидально-призматических кристаллов акантита на самородном серебре. (фото – Синиченко О.) Изображение в обратно-отраженных электронах.

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.

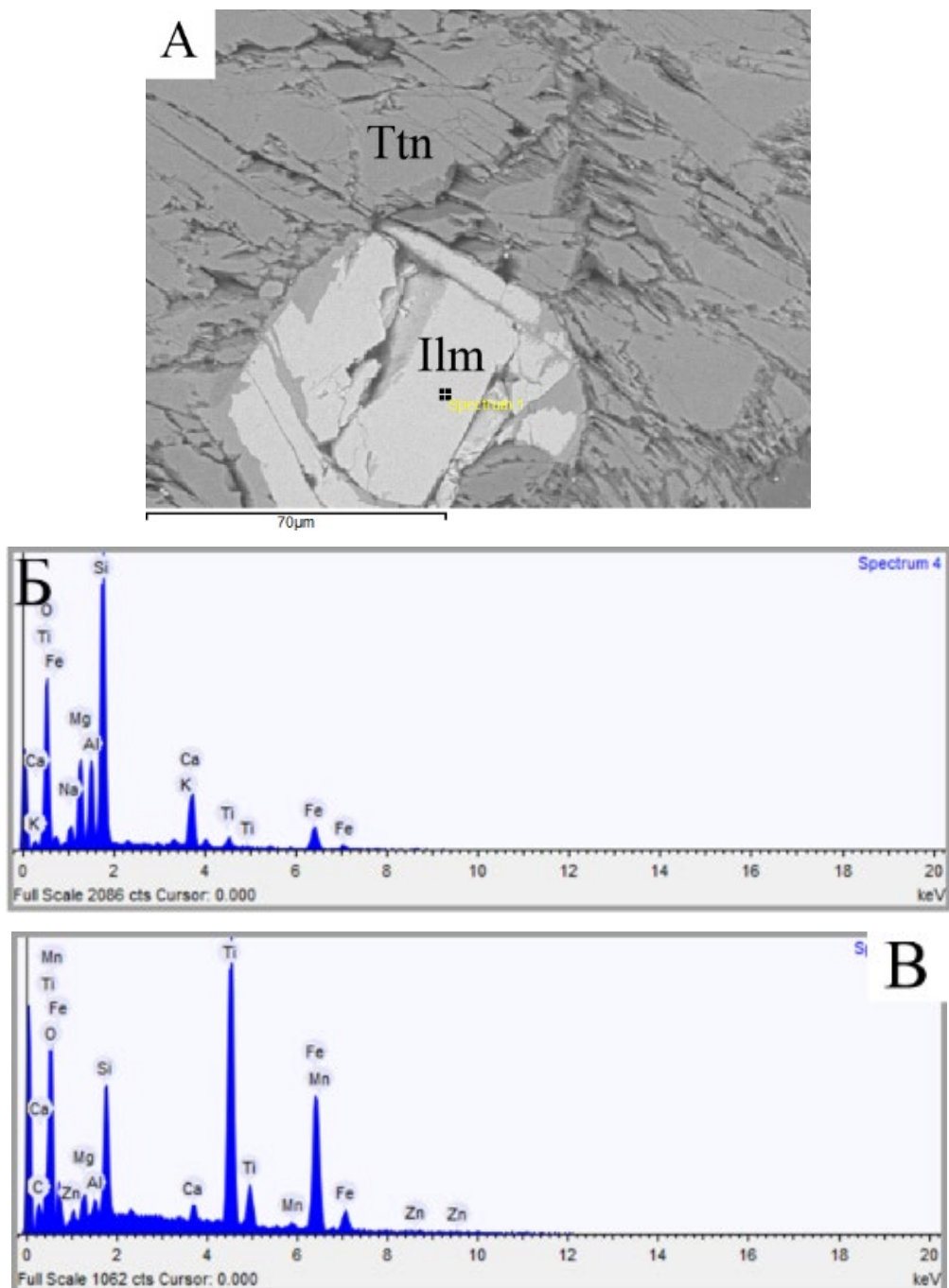


Рисунок 45. Титанит и ильменит: А – фото в обратно-отраженных электронах, Б – спектр химического состава титанита, В – спектр химического состава ильменита. (Тtn – титанит, Ilm – ильменит)

Халькопирит. Встречается в виде мелких включений в сфалерите.

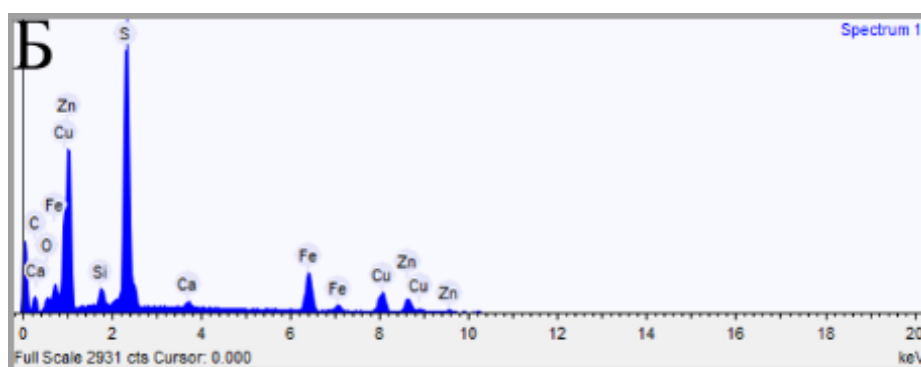
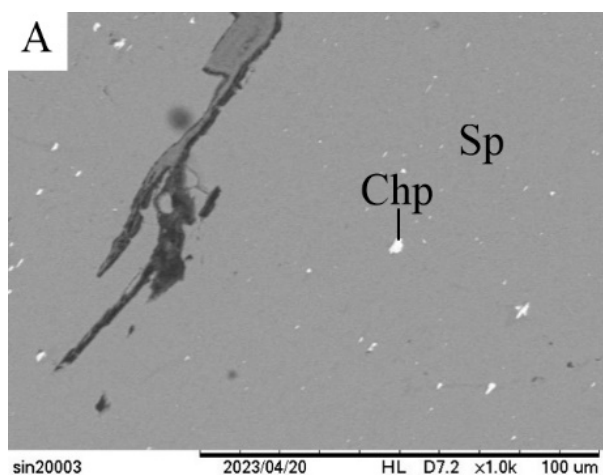


Рисунок 46. Халькопирит в сфалерите: А – фото в обратно-отраженных электронах, Б – спектр химического состава (Chp – халькопирит, Sp – сфалерит)

Шамозит. Встречен в виде пластинчатого агрегата в кальците.

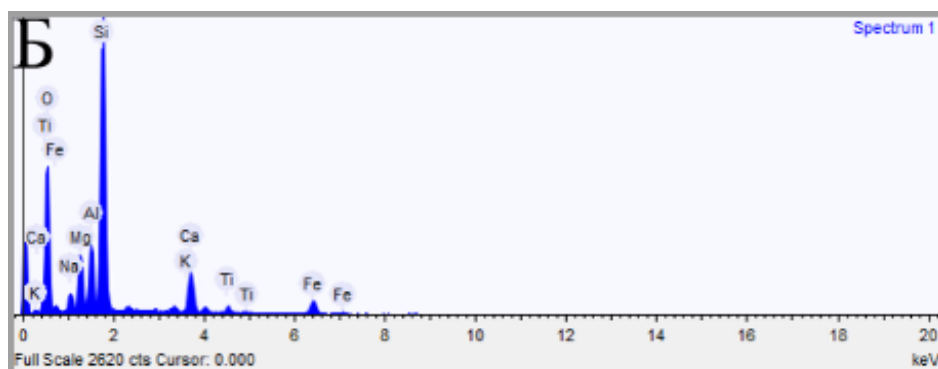
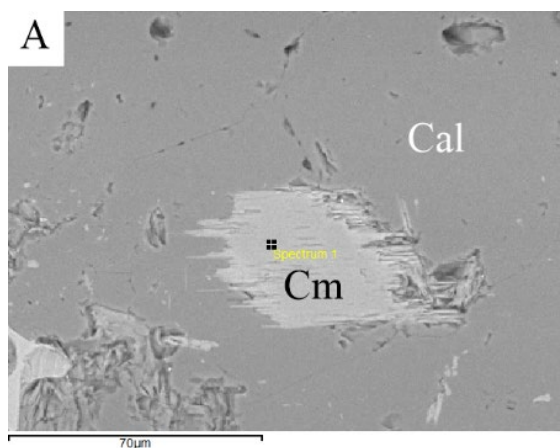


Рисунок 47. Шамозит в кальците: А – фото в обратно-отраженных электронах, Б – спектр химического состава (Cm – шамозит, Cal – кальцит)

Олигоклаз. Встречен в ассоциации с кальцитом и ильменитом.

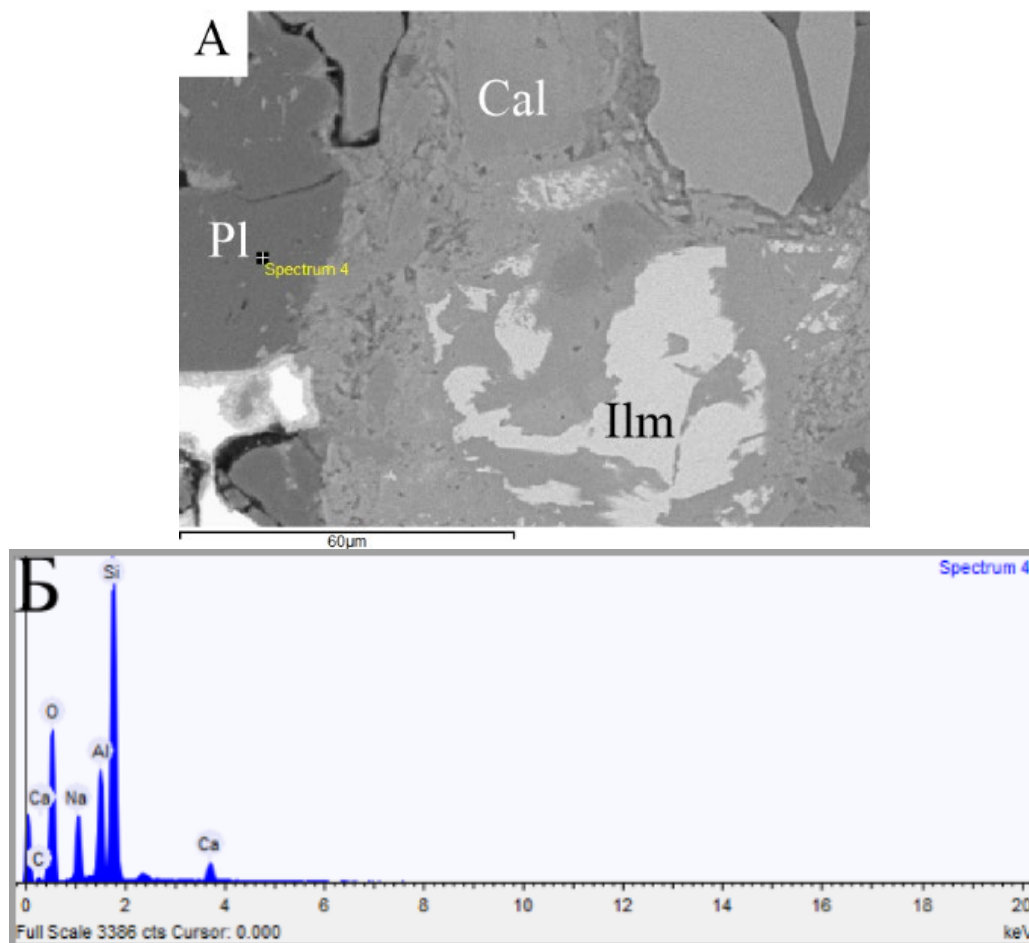


Рисунок 48. Олигоклаз: А – фото в обратно-отраженных электронах, Б – спектр химического состава (Pl – олигоклаз, Cal – кальцит, Ilm – ильменит)

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.

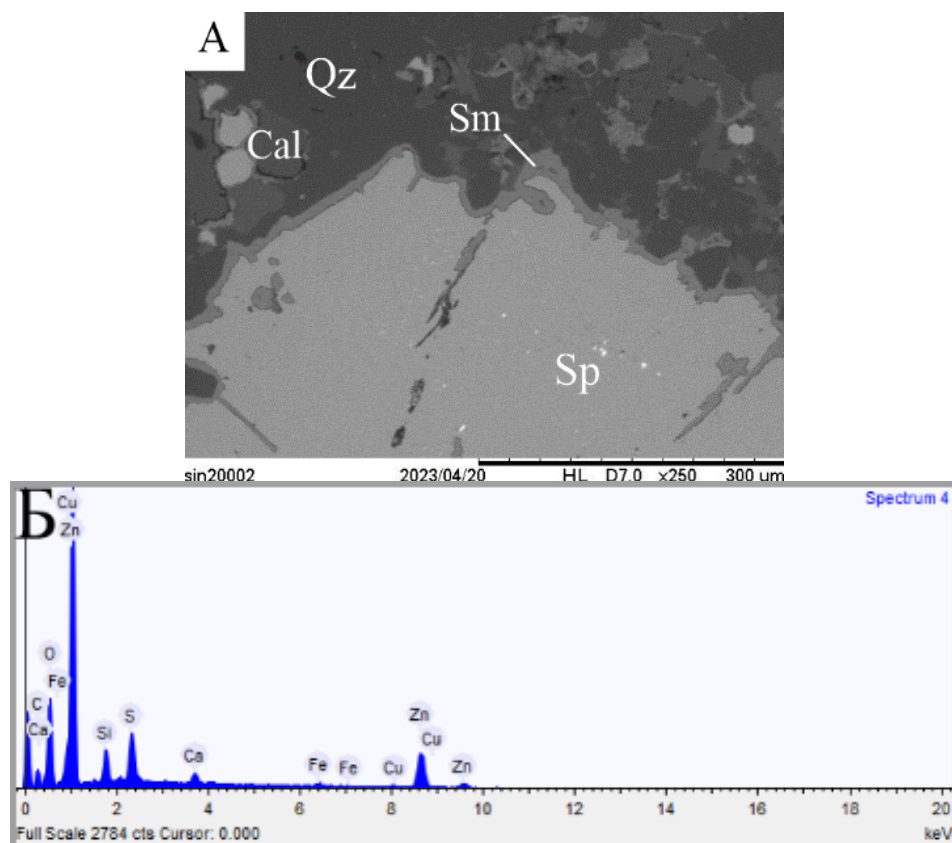


Рисунок 49. Пленка смитсонита(?) по сфалериту: А – фото в обратно-отраженных электронах, Б – спектр химического состава (Sm – смитсонит, Sp – сфалерит, Qz – кварц, Cal – кальцит)

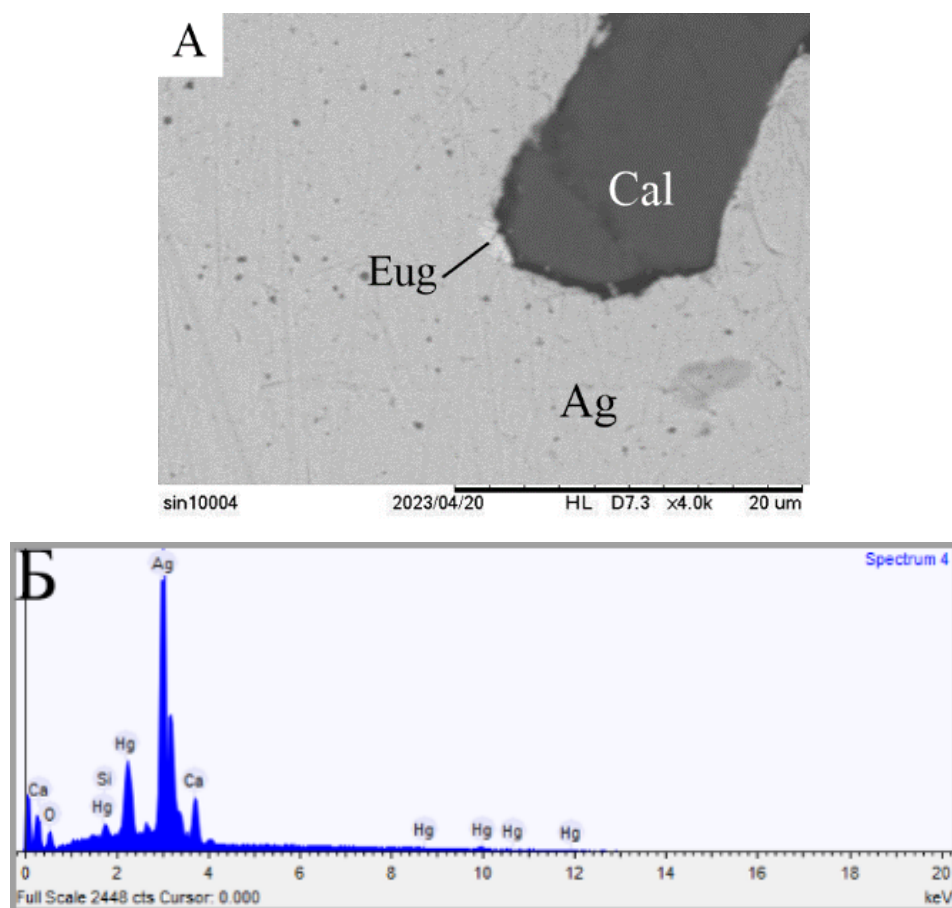


Рисунок 50. Выделения евгенита(?) в самородном серебре: А – фото в обратно-отраженных электронах, Б – спектр химического состава (Eug – евгенит, Ag – серебро, Cal – кальцит)

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.

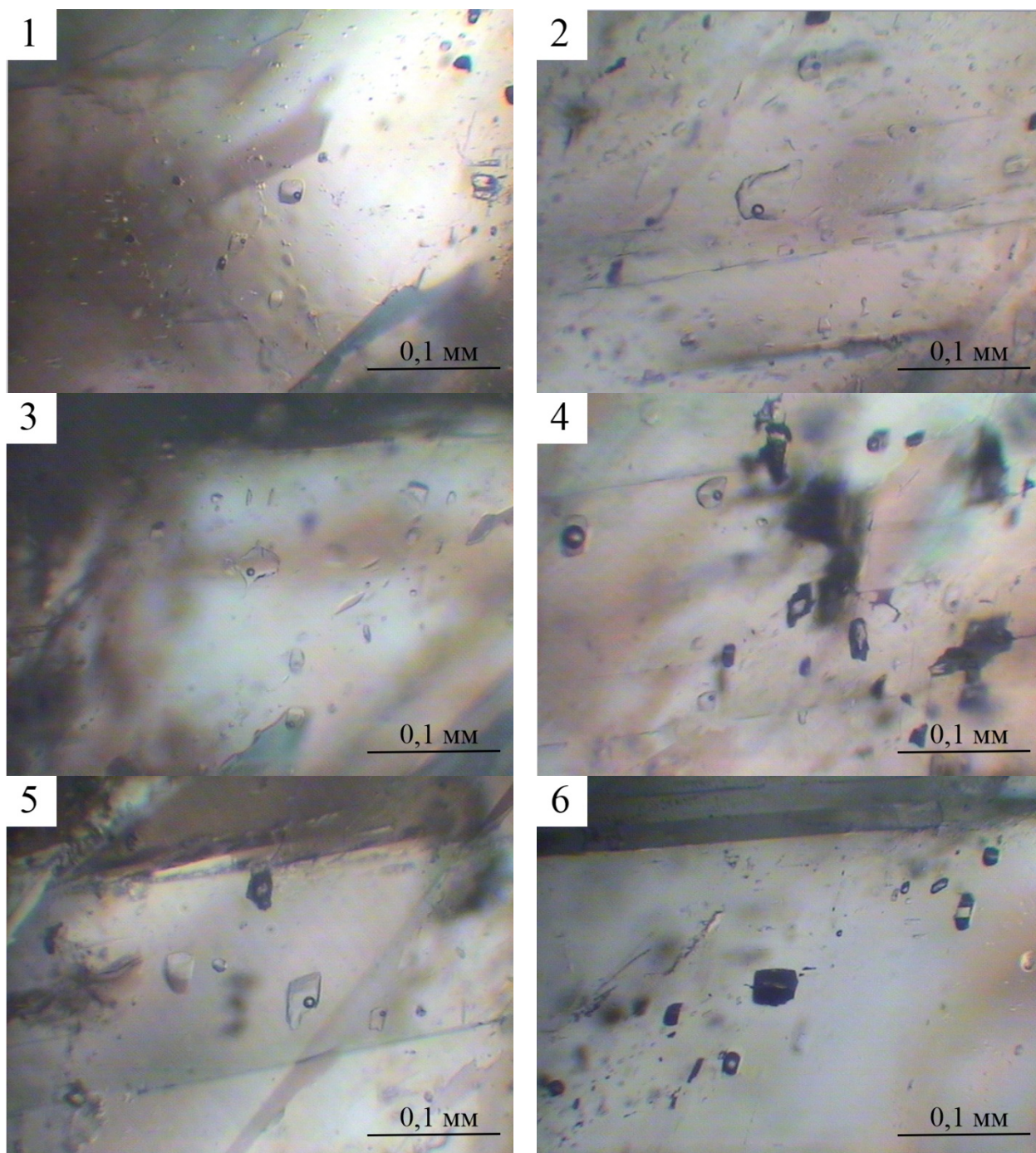


Рисунок 51. Включения в кальците: 1-5 – газожидкие, 6 – твердые.

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°C . Данный вывод позволяет нам говорить о том, что кальцит кристаллизовался при достаточно низких температурах, следовательно, сами жилы являются низкотемпературными.

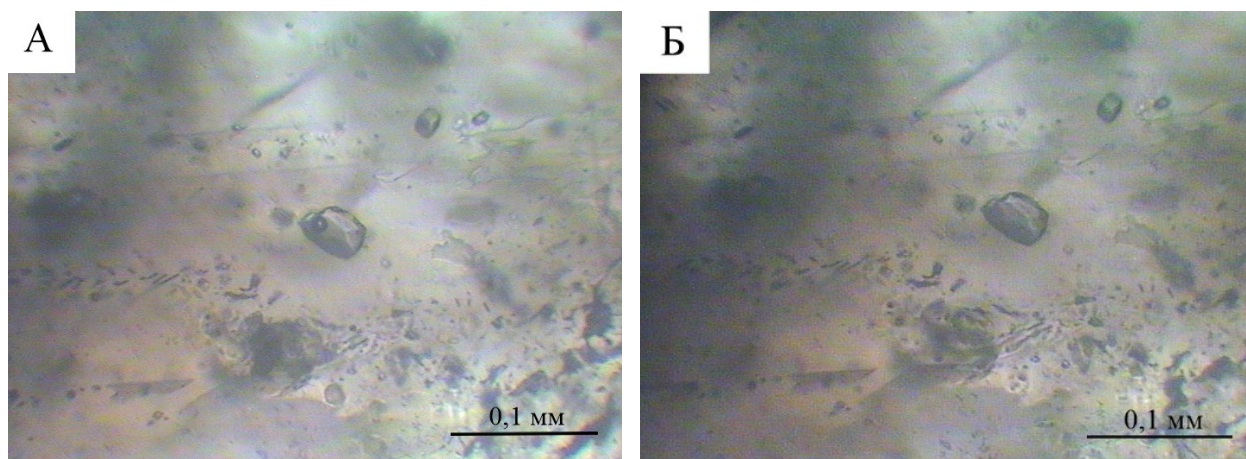


Рисунок 52. Гомогенизация включения: А – изначальный вид при комнатной температуре 23°C , Б – вид при температуре 150°C .

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.