

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт наук о Земле

Дмитриева Наталия Владимировна

**Минералогия баритовых и свинцово-цинковых руд
месторождения Дальнезападный Жайрем,
Центральный Казахстан**

Магистерская диссертация
по направлению 05.04.01 «Геология»

Научный руководитель: д. г-м. н.,
профессор Брусницын Алексей Ильич



«__» _____ 2020

Рецензент: в. н. с.
Мелекесцева Ирина Юрьевна

Аннотация

Месторождение Дальнезападный Жайрем относится к типу SEDEX и содержит богатые залежи барита, свинца и цинка. Оно приурочено к палеорифту, возникшему в результате деструкции эпикаледонского Центрально-Казахстанского континентального блока в позднем девоне и заполненному мощными осадочными толщами с красноцветными континентальными отложениями в основании и морскими глинисто-кремнисто-карбонатными породами в верхней части.

Несмотря на распространенность месторождений типа SEDEX, изучаемое месторождение обладает уникальной чертой – крупным баритовым ядром.

В данной работе приведены результаты минералогического исследования баритовых и свинцово-цинковых руд, а также петрографическое описание минералогических типов руд и данные о геологическом строении района. В сумме это позволило дополнить существующую модель образования месторождений типа SEDEX для данного месторождения.

Annotation

The Dalnezapadny Jairem deposit is the SEDEX type deposit and it is the rich deposit of barite, galena and sphalerite. It is confined to the paleorift, which arose as a result of the destruction of the Epicaledonian Central Kazakhstan continental block in the Late Devonian and filled with thick sedimentary strata with red-colored continental deposits at the base part and marine clay-siliceous-carbonate rocks in the upper part.

Despite the prevalence of SEDEX type deposits, the studied deposit has a unique feature - a large barite core.

This paper presents the results of a mineralogical study of barite and lead-zinc ores, as well as a petrographic description of the mineralogical types of ores and data on the geological structure of the region. Altogether this made it possible to supplement the existing model for the formation of SEDEX-type deposits for this particular deposit.

Оглавление

Введение.....	4
Глава 1. Общие сведения о месторождении	6
1.1. География и история открытия и изучения	6
1.2. Геологическое строение.....	6
1.2.1. Регион	6
1.2.2. Район.....	7
1.2.3. Месторождение.....	10
1.2.4. Условия залегания руд.....	11
Глава 2. Петрографическая характеристика руд	14
2.1. Баритовый тип руды.....	14
2.2. Галенит-баритовый тип руды.....	19
2.3. Галенит-сфалеритовый тип руды.....	25
2.4. Пирит-галенит-сфалеритовый тип руды.....	29
2.5. Пирит-сфалеритовый тип руды.....	33
2.6. Пиритовый тип руды.....	36
Глава 3. Минералогия руд	40
2.1. Главные минералы	43
2.2. Второстепенные минералы.....	51
2.3. Акцессорные минералы	60
2.3.1. Сомнительные минералы.....	66
Обобщение и обсуждение результатов	70
Заключение.....	74
Список используемой литературы.....	76
Приложения	78

Введение

Объектом изучения данной работы является месторождение барита, свинца и цинка Дальнезападный Жайрем в Центральном Казахстане. Пик его изучения приходится на 50-80 гг. прошлого столетия. В этот период там трудились Е.И. Бузмаков, И.М. Варенцов, А.Б. Веймарн, О.В. Иванов, А.К. Кайманов, В.В. Калинин, М.М. Каюпов, Я.М. Кисляков, В.П. Клименко, В.А. Кличков, В.С. Котик, И.И. Кузнецов, В.А. Лыткина, Н.М. Митряева, Д.Н. Муратова, Н.М. Неговора, Л.Н. Павенко, Н.М. Радченко, А.А. Рожнов, Н.С. Скрипченко и многие другие исследователи. Ими проведена большая работа, благодаря которой стали известны геологические условия залегания, параметры рудных залежей, размеры, запасы, строение, минералогия и многое другое. Результаты этих работ актуальны и в наши дни.

Однако, технические возможности предшественников были ограничены, а за последние десятилетия научное оборудование шагнуло вперед, позволяя изучить месторождение более досконально. Появилась возможность детальнее рассмотреть минеральный состав и микроструктуру пород, которая может помочь в понимании условий рудонакопления.

Таким образом, целями исследования данной работы являются изучение минералогии баритовых и свинцово-цинковых руд месторождения Дальнезападный Жайрем и использование этих данных для уточнения условий формирования месторождения.

Для достижения поставленных целей необходимо выполнить ряд задач:

- собрать и обобщить литературные данные о геологическом строении месторождения;
- рассортировать рабочую коллекцию образцов по минералогическим типам руд;
- провести рентгенофазовый анализ для оценки общего минералогического состава руд;
- провести петрографическое изучение образцов методом оптической микроскопии;
- провести минералогическое изучение руд методом электронной микроскопии;
- сопоставить все полученные данные с результатами изучения генетически родственных месторождений.

Образцы для исследований были предоставлены научным руководителем. Для каждого из 14 образцов изготовлено по одному шлифу, почти для всех сняты и обработаны 25 рентгенограмм, для всех проведено 18 смен электронно-оптических исследований (14 – Hitachi, 4 – Quanta).

Для изучения использовались следующие методы: рентгенофазовый анализ, оптическая и электронная микроскопии. Исследования проводились на кафедре минералогии СПбГУ и на базе Научного парка СПбГУ. Условия экспериментов приведены далее.

Оптическая микроскопия осуществлялась на кафедре минералогии с помощью поляризационного микроскопа Leica DM 4500P в отраженном и проходящем свете.

Рентгенофазовый анализ проводился в ресурсном центре «Рентгенодифракционные методы исследования» на дифрактометре Rigaku «MiniFlexII» с кобальтовым излучателем. Материал получили с помощью минибура (соскребли с разных участков отобранных образцов) и приготовили из спиртовой суспензии на кремниевой подложке. Параметры съемки: интервал углов $2\theta=10-50^\circ$, скорость съемки $4^\circ/\text{мин.}$, шаг $0,02^\circ$, режим работы источника рентгеновского излучения – $30 \text{ кВ} / 15 \text{ мА}$.

Электронная микроскопия проводилась в «Центре микроскопии и микроанализа». В работе применялись система со сфокусированными электронным и ионным зондами QUANTA-200-3D и растровый электронный микроскоп-микроанализатор Hitachi-TM-3000. Перед установкой шлифы напылялись углеродом во избежание электризации образцов, перед началом работы внутри аппаратов откачивался воздух до высокого вакуума.

Я признательна профессору Брусницыну Алексею Ильичу за руководство и за предоставление рабочего материала, сотрудникам ресурсного центра «Микроскопии и микроанализа» за помощь в освоении электронной микроскопии и микроскопа Hitachi-TM-3000, персонально Янсон Светлане Юрьевне и Бенкен Константину Александровичу за проведение работ на зонде QUANTA-200-3D, а также ресурсному центру «Нанотехнологии» (проект 115-11320).

Глава 1.

Общие сведения о месторождении

1.1. География и история открытия и изучения

Месторождение Дальнезападный Жайрем относится к Жайремскому рудному узлу, входящему в состав Атасуйского рудного района. Данная структура находится в Карагандийской области Центрального Казахстана в 340 км от г. Караганда близ одноименного поселка Жайрем.

Изучение месторождения начинается с 50-х годов прошлого столетия после его открытия: при проверке ранее выявленной магнитной аномалии было вскрыто барит-полиметаллическое оруденение при бурении. Однако, дальнейшее изучение особых результатов не принесло. В 1960 г. были открыты богатые свинцово-цинковые руды на флангах Западного участка, и начиная с этого момента изучение района становится более интенсивным.

В последующее десятилетие проводились разведка и картирование территории, по результатам которых на Дальнезападном участке определены границы запасов руд категории С₂ и изучены физико-механические характеристики пород вскрыши. В 70-80-х годах началось освоение месторождения с последующими уточняющими изучениями: построена первая очередь Жайремского ГОКа, уточнены основные структурные элементы, морфология и внутреннее строение рудных тел, часть запасов переведена в категорию В, установлено значительное перераспределение руд и так далее (Фондовые материала АО «Жайремский ГОК»).

В настоящее время месторождение активно разрабатывается АО «Жайремский ГОК».

1.2. Геологическое строение

Месторождение Дальнезападный Жайрем является наиболее мелкой структурной единицей на территории, и более подробная локализация имеет следующий вид: Жайремский рудный узел – Жаильминская мульда – Атасуйский рудный район. Каждая структурная единица описана далее начиная с более крупной.

1.2.1. Регион

Атасуйский горнорудный район находится во внутренней зоне сочленения юго-западной и субширотной ветвей девонского краевого вулканического пояса Центрального Казахстана.

В геологическом плане регион состоит из двух структурных ярусов. Наиболее древний сложен терригенно-вулканогенными (D₁₋₂) и морскими терригенно-карбонатными осадками (D₃-

C₁). Второй сформирован комплексом рыхлых кайнозойских осадков, залегающих на эродированной поверхности палеозойского складчатого основания.

Широко развита древняя кора выветривания, сильнее всего переработке подверглись породы фаменского и турнейского ярусов. Ее мощность составляет от первых метров до 330 м на Жайремском рудном поле. Вероятное время образования – мезозойская эра. (Щерба, 1967; Бузмаков и др., 1975; Митряева, 1979; Веймарн, 1982; Варенцов и др., 1993; Коробкин, Буслов, 2011).

1.2.2. Район

Жаильминская грабен-синклиналь (мульда) является одним из основных элементов Атасуйского рудного района. Здесь находится несколько десятков рудопроявлений марганца, железа, бария, свинца и цинка., и все они разделяются на два узла – Каражальский на востоке и Жайремский на западе (рис. 1).

Грабен-синклиналь является рифтогенной структурой, осложненной более мелкими складками. Ее размеры достигают 140 км в длину и 10-40 км в ширину. Палеорифт образовался в результате деструкции эпикаледонского Центрально-Казахстанского континентального блока в позднем девоне (Щерба, 1967; Бузмаков и др., 1975; Митряева, 1979; Веймарн, 1982; Варенцов и др., 1993; Коробкин, Буслов, 2011). Согласно с синформой на периферии структуры обнажаются более древние породы, ближе к центру более молодые. Фундамент образован разнонаправленными блоками различного состава: восточная часть сформирована метаморфизованными вулканогенно-терригенными отложениями раннего палеозоя, а остальная – вулканогенными комплексами нижнего-среднего девона. Заполнение рифта выполнено терригенными отложениями мощностью до 2 км: красноцветными алевролитами, песчаниками и конгломератами (дарьинская свита). Их перекрывают углеродистые глинисто-кремнисто-карбонатные отложения и известняки, образовавшиеся в морском бассейне с извилистой береговой линией и расчлененным рельефом дна (Бузмаков и др., 1975, Бузмаков, Щибрик, 1976; Митряева, 1979).

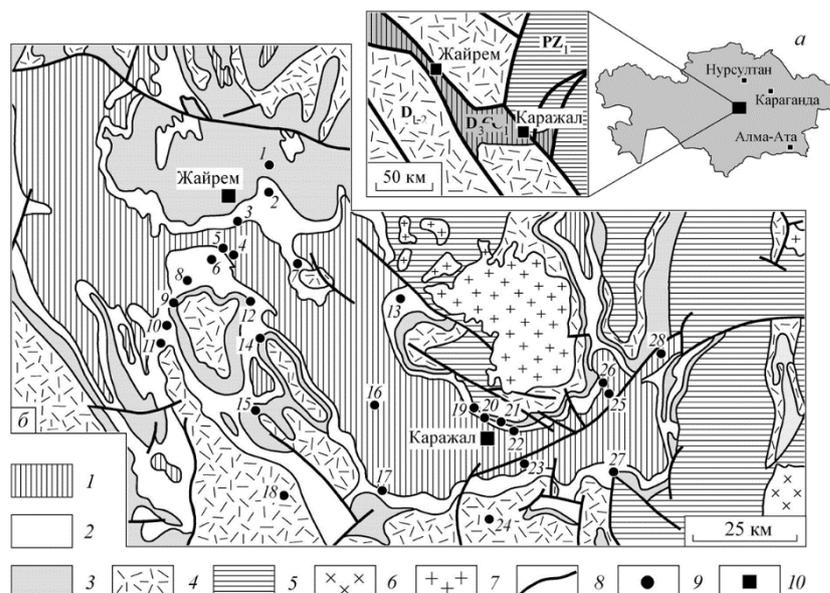


Рисунок 1. Схемы расположения (а) и геологического строения (б) Жайльминской мульды (по Бузмакову, Шибрику (1976) и Рожнову (Справочное..., 1990))

1 – известняки, аргиллиты (C_1), 2 – известняки, глинисто-кремнисто-карбонатные породы с линзами туффитов, железо-марганцевых и полиметаллических руд (D_3fm), 3 – красноцветные конгломераты, алевролиты, песчаники с линзами трахидацитов (D_3fg), 4 – вулканиты (D_{1-2}), 5 – метаморфизованные вулканогенно-терригенные отложения (PZ_1), 6 – граниты (C_{2-3}), 7 – граниты (D_{2-3}), 8 – разломы, 9 – месторождения, 10 – города.

Месторождения: 1 – Ушкатын-I, 2 – Ушкатын-III, 3 – Северный Жайрем, 4 – Восточный Жайрем, 5 – Западный Жайрем, 6 – Дальнезападный Жайрем, 7 – Веерный, 8 – Баир-Переезд, 9 – Гора Жомарт, 10 – Ручей Безымянный, 11 – Жомарт, 12 – Когальжар, 13 – Баир-Демидовский, 14 – Аккудук, 15 – Караоба, 16 – Таскудук, 17 – Бестау, 18 – Бектау, 19 – Дальнезападный Каражал, 20 – Западный Каражал, 21 – Восточный Каражал, 22 – Южный Каражал, 23 – Ащилы, 24 – Карашоки, 25 – Южный Ктай, 26 – Большой Ктай, 27 – Южный Клыч, 28 – Бестюбе.

Рудоносные слои локализуются в фаменском ярусе (D_3fm), образованном породами верхней части разреза (рис. 2). Ярус разделен на 2 стратиграфические единицы: нижний (D_3fm_1) и верхний подъярусы (D_3fm_2), каждый расчленен еще на пачки. Нижний включает в себя три пачки. Первые две: невыдержанно-слоистая (мощность 120–300 м) и ритмично-слоистая пачки (мощность 40–55 м) представлены карбонатными породами с тонкодисперсным углеродистым веществом. Третья, флишеидная пачка (мощность 150–220 м) состоит из ритмов с трехчленным строением: органогенно-детритовые известняки с примесью песчаников, известняки с большим количеством глинистого и кремнистого вещества и уменьшающимся по размеру обломочным материалом, углеродистые глинисто-кремнисто-известковистые пелиты с пиритом. У верхнего подъяруса 2 пачки: сероцветная (мощность 40–55 м) и красноцветная (мощность 100–130 м), сложенные органогенно-детритовыми известняками (Щерба, 1967; Бузмаков и др., 1975; Митряева, 1979; Веймарн, 1982; Веймарн, Милановский, 1990; Варенцов и др., 1993; Коробкин, Буслов, 2011).

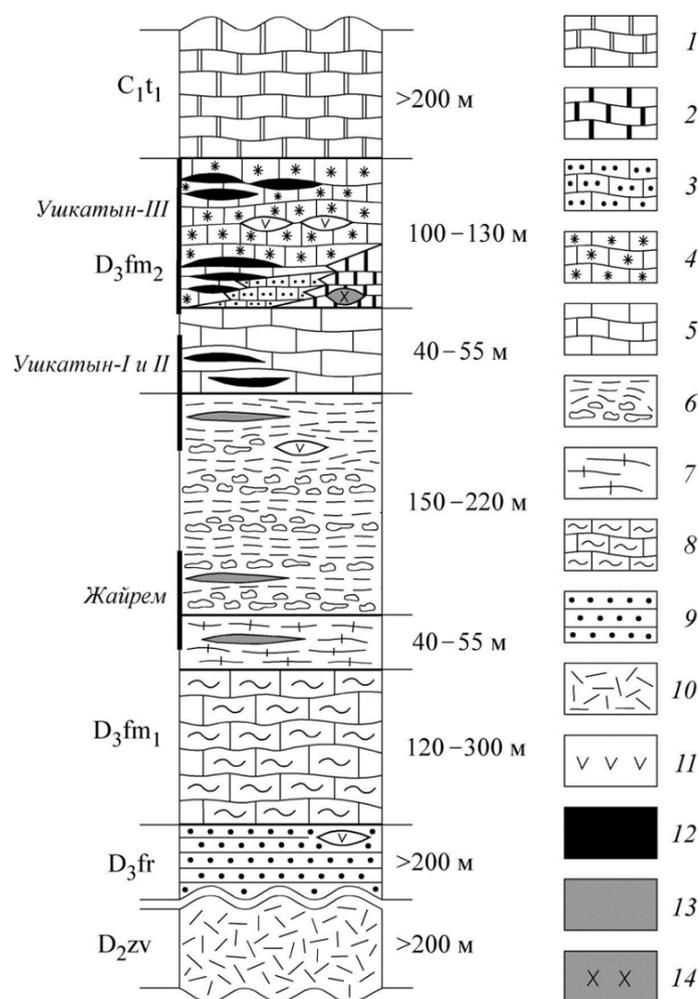


Рисунок 2. Стратиграфическая колонка Жайремского рудного узла (составил А.И. Брусницын по материалам Бузмакова с соавторами (1975), Митряевой (1972), Рожнова (1982) с упрощениями).

- 1 – известняки серые органогенно-детритовые, волнисто-слоистые; 2–4 – пачка красноватая: 2 – известняки рифогенные органогенно-водорослевые, 3 – седиментогенные известняковые брекчии; 4 – известняки органогенно-детритовые и узловато-слоистые; 5 – пачка сероцветная: известняки органогенно-детритовые, кремнистые известняки линзовидно-слоистые; 6 – пачка флишоидная: глинисто-кремнисто-известковистые породы с прослоями углеродистых и пиритовых ритмов; 7 – пачка ритмично-слоистая: углеродистые глинисто-кремнисто-известковые породы; 8 – пачка невыдержанно-слоистая: кремнистые известняки, глинисто-карбонатные породы, ракушники; 9 – Дарьинская свита: полимиктовые алевролиты и песчаники; 10 – вулканогенно-терригенные породы: лавы кислого состава, полимиктовые песчаники, гравелиты; 11 – вулканогенные породы кислого и основного состава; 12–14 – руды: 12 – марганцевые, железо-марганцевые и железные, 13 – свинцово-цинковые слоистые, 14 – барит-свинцовые прожилково-вкрапленные.

Интрузивные породы распространены ограничено и приурочены к конседиментационным разломам, образуют дайки, линзовидные, штокообразные, пластообразные и куполообразные тела. По составу магматические породы весьма разнообразны: трахибазальты и трахириолиты, гранит-порфиры и аплиты. Интрузии локализованы на разных стратиграфических уровнях.

1.2.3. Месторождение

Жайремский рудный узел расположен в северо-западной части Жайльминской мульды, осложненной здесь складчатостью второго порядка – Жайремской антиклиналью.

Антиклиналь протянулась на северо-восток и имеет изгиб в юго-восточном направлении, в ее пределах обнажены породы нижнефаменского подъяруса и частично дарьинской свиты (рис. 3).

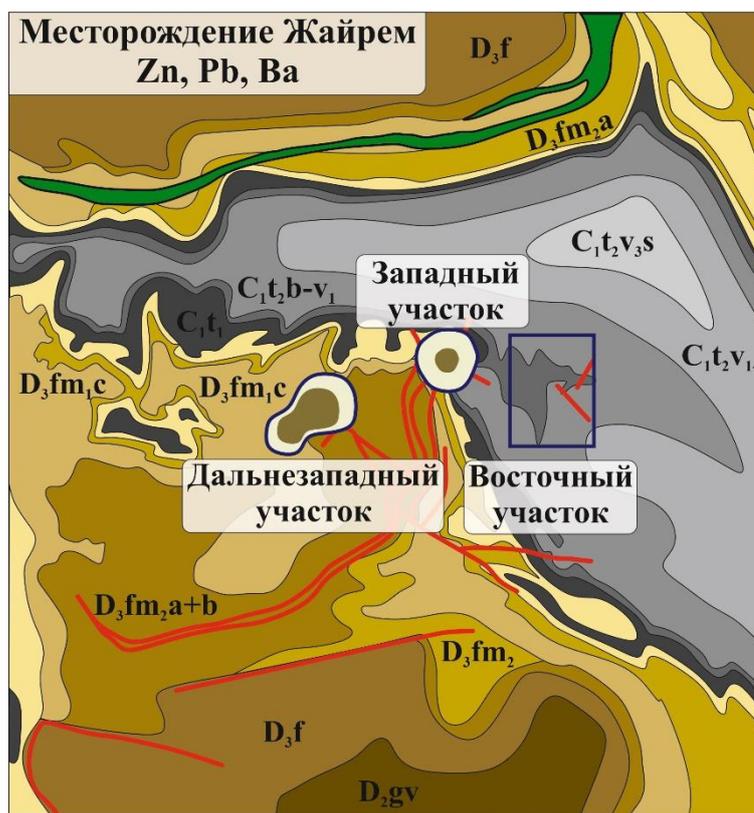


Рисунок 3. Схематическая геологическая карта района месторождения. Масштаб 1:100000

Юго-восточное крыло сформировано отложениями нижнефаменского подъяруса (средние углы падения до 45°). Северо-западное крыло проще в строении и более пологое (средние углы падения до 20-30°). Ближе к центру рудного поля крыло осложнено серией более мелких опрокинутых складок (Щерба, 1967; Бузмаков и др., 1975; Митряева, 1979; Веймарн, 1982; Веймарн, Милановский, 1990; Варенцов и др., 1993; Коробкин, Буслов, 2011).

Ядро антиклинали в разрезе имеет форму узкой опрокинутой к западу складки с тектоническими швами, вдоль которых развита альбитизация, доломитизация и окварцевание кремнисто-карбонатных пород (рис. 4).

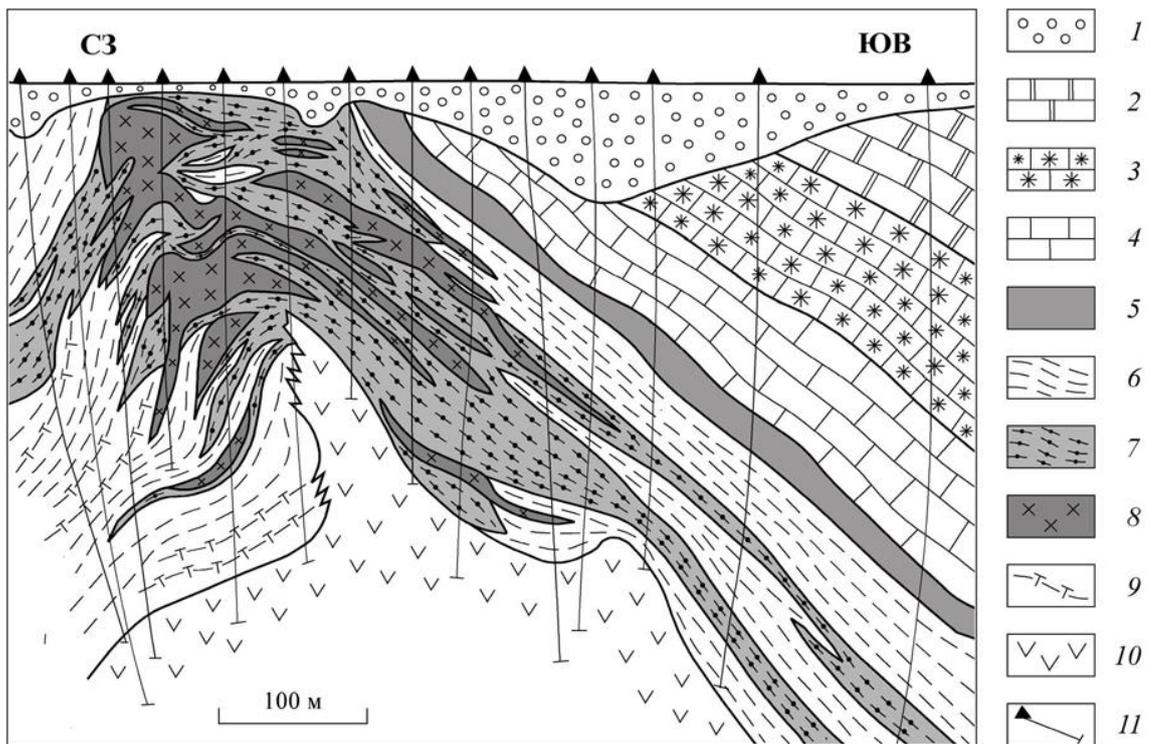


Рисунок 4. Геологический разрез месторождения Жайрем (по Рожнову, Митряевой, Муратовой, воспроизводится по Митряевой, 1979)

1 – рыхлые отложения, пески, глины, суглинки (KZ), 2 – черные углистые кремнистые известняки (C_{1t1}), 3 – известняки красные органогенные узловато-слоистые (D_{3fm2b}), 4 – известняки кремнистые серые узловато-слоистые (D_{3fm2a}), 5 – железные руды, 6 – рудоносная пачка: глинисто-кремнисто-карбонатные породы (D_{3fm1}), 7 и 8 – руды: 7 – барито-свинцово-цинковые, 8 – цинково-свинцово-баритовые, 9 – прослои туфитов, 10 – трахибазальты, 11 – проекции буровых скважин.

Характерной особенностью для месторождения Жайрем является совмещение в пространстве сингенетичных пластовых железомарганцевых и свинцово-цинковых руд с барит-свинцово-цинковым оруденением.

Промышленное оруденение развито на всех трех участках - Дальнезападном, Западном и Восточном, каждый из которых обладает общими чертами строения и мелкими различиями при детальном рассмотрении (Щерба, 1967; Бузмаков и др., 1975; Митряева, 1979; Веймарн, 1982; Веймарн, Милановский, 1990; Варенцов и др., 1993; Коробкин, Буслов, 2011).

1.2.4. Условия залегания руд

Морфология рудных тел определяется генезисом и структурным положением месторождения. В пределах Жайремского рудного узла рудоносные толщи приурочены к слабо выраженным антиклинальным поднятиям. В общем плане в вертикальном разрезе месторождение обладает большой мощностью в ядре, уменьшающейся и выклинивающейся к периферии. При этом, на месторождении отмечается концентрическая зональность.

Н.С. Скрипченко (1989) выделяет несколько зон: кремнисто-баритовая, галенит-баритовая, богатая барит-свинцово-цинковая, свинцово-цинковая, бедная цинковая (рис. 5).

Кремнисто-баритовая зона выполнена однородным баритом местами с прослоями кварца. В качестве включений встречаются сульфиды меди, железа и свинца. В основании и кровле разреза барит образует жильные и неправильные гнездовые тела.

В галенит-баритовой зоне уже в значительной части появляется галенит, а также сфалерит. Толща сложена чередующимися согласными массивными баритовыми линзами и слоистыми сфалерит-галенитовыми пачками.

Богатая барит-свинцово-цинковая зона похожа на предыдущую, но сульфиды преобладают. Полиметаллические руды представляют собой переслаивающиеся пелит-алевролитовые и галенит-сфалеритовые слои. Рудоносные толщи залегают в известково-глинисто-кремнистых флишоидах.

В свинцово-цинковой зоне руды переслаиваются с известково-глинистыми пелитами, барит почти полностью отсутствует. Содержания цинка здесь почти в 3 раза больше, чем свинца.

Бедная цинковая зона сложена алеврит-пелитами с пачками сфалерита. Количество минерала сильно уменьшается одновременно с выклиниванием рудоносных толщ, но при этом значительно возрастает роль фрамбоидального пирита (Скрипченко, 1989).

Баритовое ядро представляет собой наложенные друг на друга выпуклые линзы, иногда прерывающиеся безрудными толщами. Остальные зоны имеют вид вложенных друг в друга колец. Переход от кремнисто-баритовой зоны имеет изрезанный характер, а внутри полиметаллических границы плавные (Скрипченко, 1989).

Рудные тела имеют сложное внутренне строение из-за безрудных окон и неровной границы с вмещающими породами. В крупных образованиях характерно разнообразие слагающих руд – баритовые, барит-полиметаллические и полиметаллические, а ответвления, в основном, монотипные.

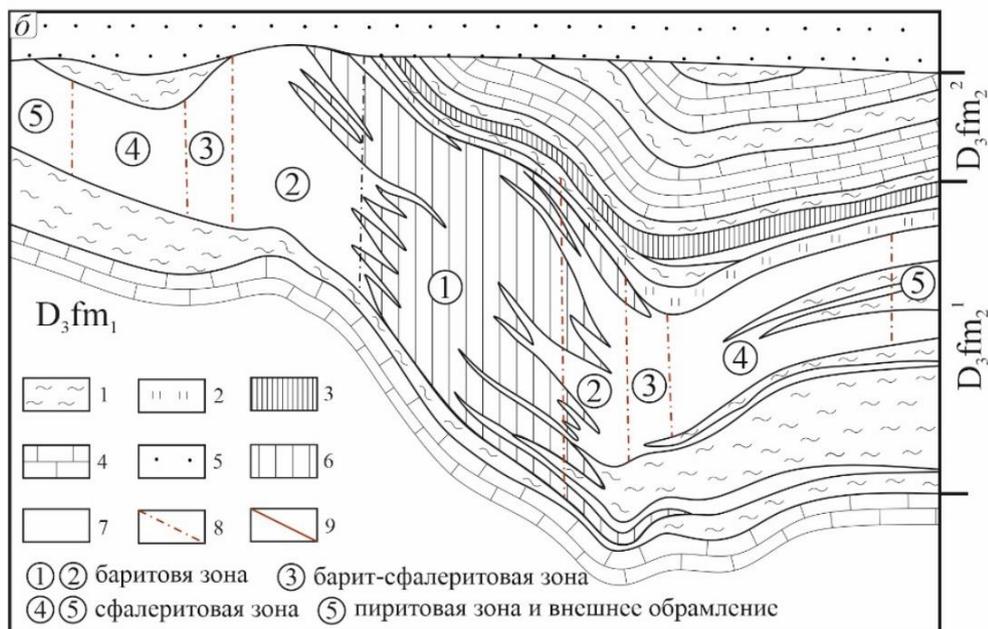
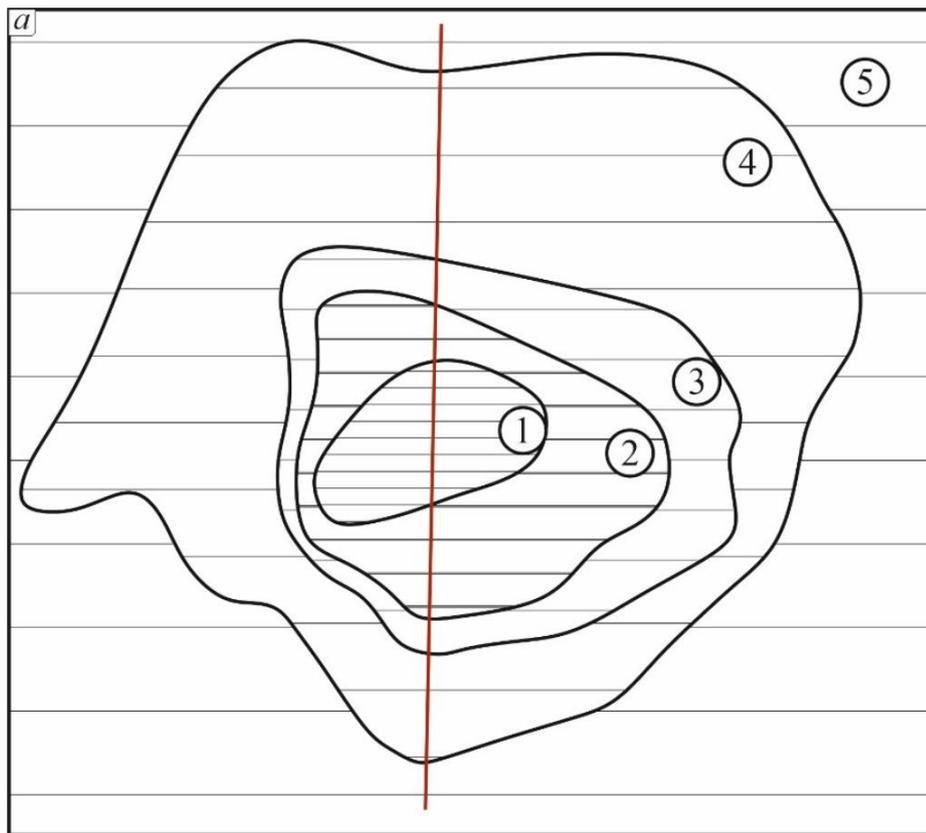


Рисунок 5. Схема зональности месторождения Дальнезападный Жайрем (по Скрипченко, 1980).
 а) горизонтальная проекция; б) разрез месторождения.
 Условные обозначения: 1 – безрудные участки флишоида; 2 – карбонат- полевошпат-кремнистые породы; 3 - горизонт слоистых железных руд; 4 – глинистые и кремнистые известняки; 5 – кайнозойские песчано-глинистые отложения; 6 – кремнисто-баритовое ядро; 7 - флишоидные глинисто-кремнисто-карбонатные отложения с сульфидным свинцово-цинковым оруденением; 8 – границы зон рудной залежи; 9 – линия разреза месторождения.

Глава 2.

Петрографическая характеристика руд

В данной главе представлены результаты исследования оптической и электронной микроскопий. В процессе работы выделились 6 минералогических типов руд: баритовый, галенит-баритовый, галенит-сфалеритовый, пирит-галенит-сфалеритовый, пирит-сфалеритовый и пиритовый. Их разделение проводится по рудным минералам – бариту, галениту, сфалериту и пириту, – и по их количеству, начиная с того, как минерал становится главным или распространённым второстепенным в породе.

К каждому типу относится по 2-3 образца. Предварительно почти для всех проведена рентгенография для определения главных минералов (прил. 1-26).

2.1. Баритовый тип руды

Образец ДЗЖ-18-4. Руда сложена в основном баритом и имеет неравномерно-слоистую текстуру с пористыми зонами выветривания, есть закономерность в строении слоев: наблюдается плавный переход от красных слоев к серым и более резкий от серых к красным. Выделяются кварцевые жилы и ржавые прослойки, образованные мелкими включениями гематита. По результатам исследования можно выделить две зоны: массивную и пористую.

Массивная зона сложена крупнозернистым баритом с прослоями мелкозернистого кварца (рис. 7а) и включениями гематита ($<0,04$ мм), киновари ($<0,006$ мм), сфалерита ($<0,06$ мм), аргентита ($<0,01$ мм), йодаргирита ($<0,01$ мм), токорналита ($<0,01$ мм) и галенита ($<0,025$ мм). Все перечисленные минералы, кроме кварца, гематита и киновари, являются акцессорными. В распределении и ассоциации некоторых минералов есть закономерности: гематит и киноварь образуют агрегаты (рис. 6б.І), крупные зерна сфалерита имеют кайму из киновари (рис. 6б.ІІ), йодаргирит находится внутри дефектов барита (рис. 6б.ІІІ). В данной зоне гематит формирует волокнистые зерна и шарообразные агрегаты (рис. 6а, 6в-д), кварц имеет аллотриоморфнозернистую структуру и кайму растворения на контакте с органическим веществом (рис. 6а, 7а, 7б).

Пористая зона, вероятно, является результатом растворения кварца и переотложения гематита. Здесь наблюдаются реликты кварца, барита, галенита и гипса, а гематит образует на них скорлуповидные структуры с рассеянным ореолом оксида железа вокруг (рис. 6е, 7в-г).

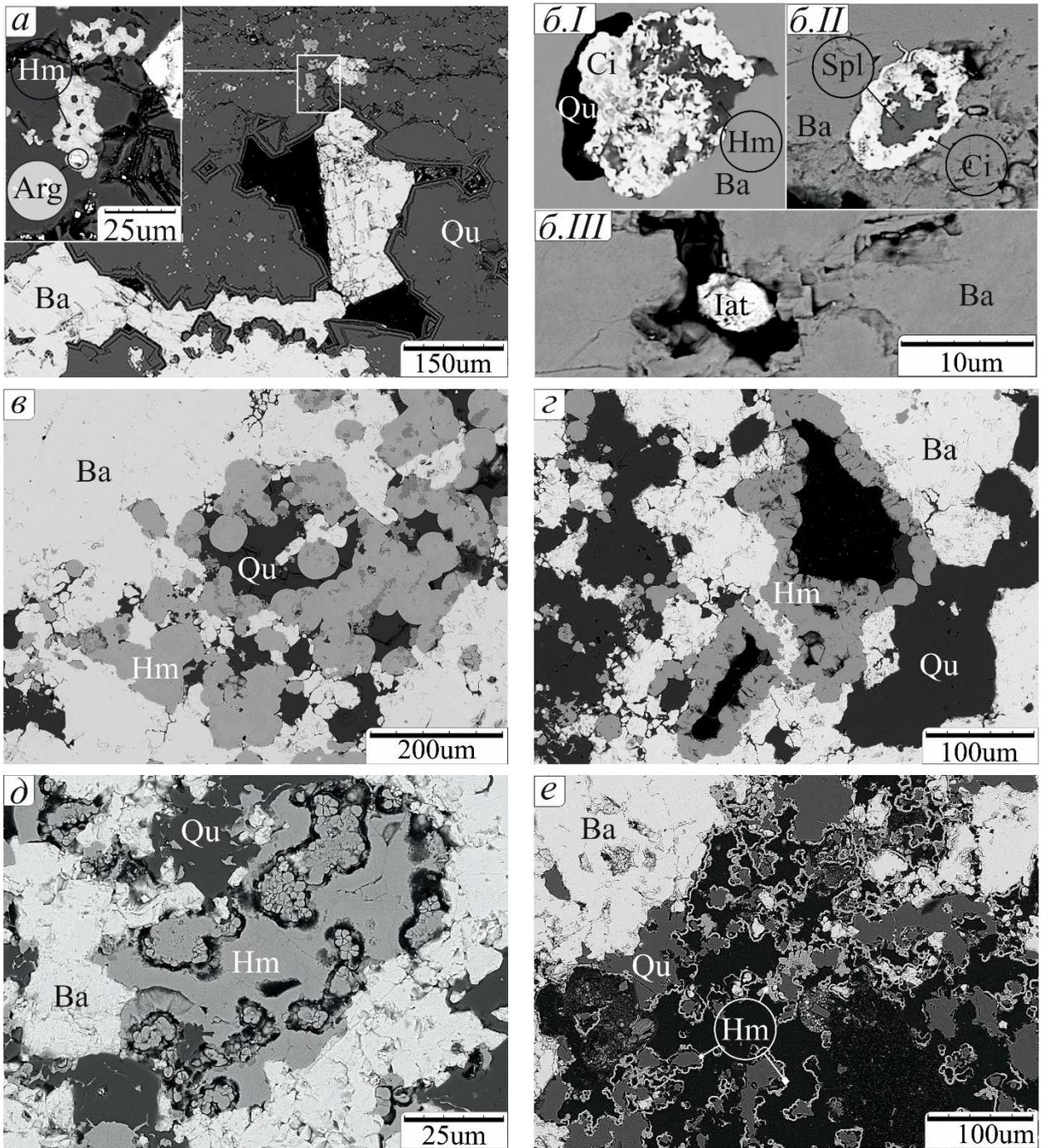


Рисунок 6. Образец ДЗЖ-18-4. Фотографии в обратно-отраженных электронах.

Hm – гематит, Arg – аргентит, Ci – киноварь, Iat – йодаргирит.

а) гематит, барит и кварц с каймой растворения;

- б) I – ассоциация гематита и киновари; II – сфалерит в киновари; III – йодаргирит в трещине;
 в-е) результаты процесса растворения и переотложения гематита.

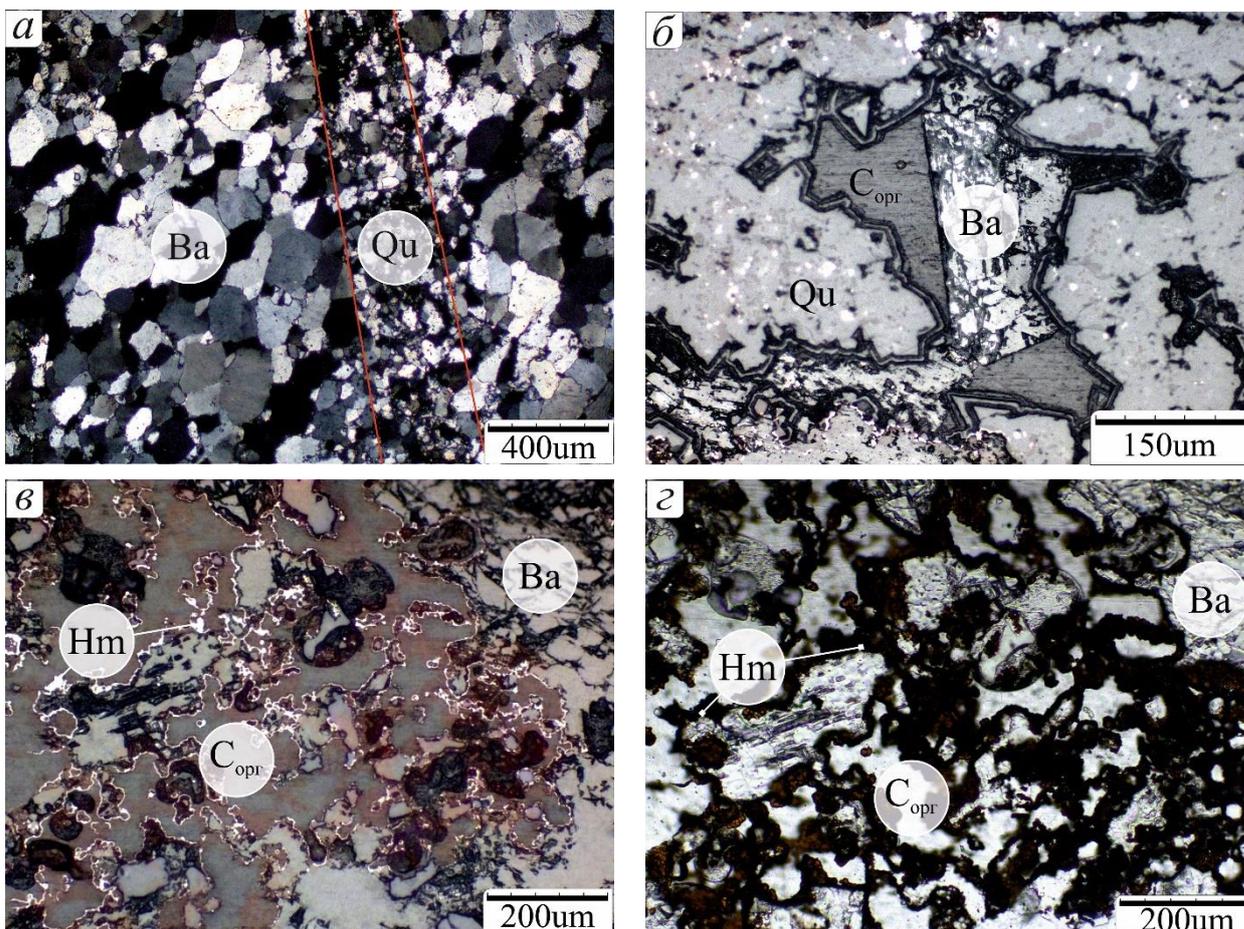


Рисунок 7. Образец ДЗЖ-18-4. Фотографии в отраженном (б, в) и проходящем свете со скрещенными николями (а) и без поляризатора (г).

Ва – барит, Qu – кварц, Hm – гематит, C_{орг} – органическое вещество, красные линии – границы кварца и барита.

а) слой мелкозернистого кварца в крупнозернистом барите;

б) барит и кварц с каймой растворения;

в-г) пористая зона со скорлуповидным гематитом.

Образец ДЗЖ-5. Образец массивный, сложен серым баритом с прослоями кварца и вкраплениями пирита (рис. 8а, 9а, 9б).

В основной массе барита редко встречаются галенит (<0,04 мм), гематит (<0,02 мм), халькозин (<0,08 мм) и халькопирит (<0,02 мм). В кварцевых прослоях концентрируются пирит (<0,02 мм) в виде фрамбоидов и кристаллов (рис. 8а, 8б) и реже халькозин (рис. 8в). Также в кварце встречаются реликты железобактерий в виде гематитовых колец (<0,015 мм, рис. 8г). Сам кварц образует зерна неправильной формы (<0,5 мм) и идиоморфные кристаллы (<0,15 мм, рис. 8а).

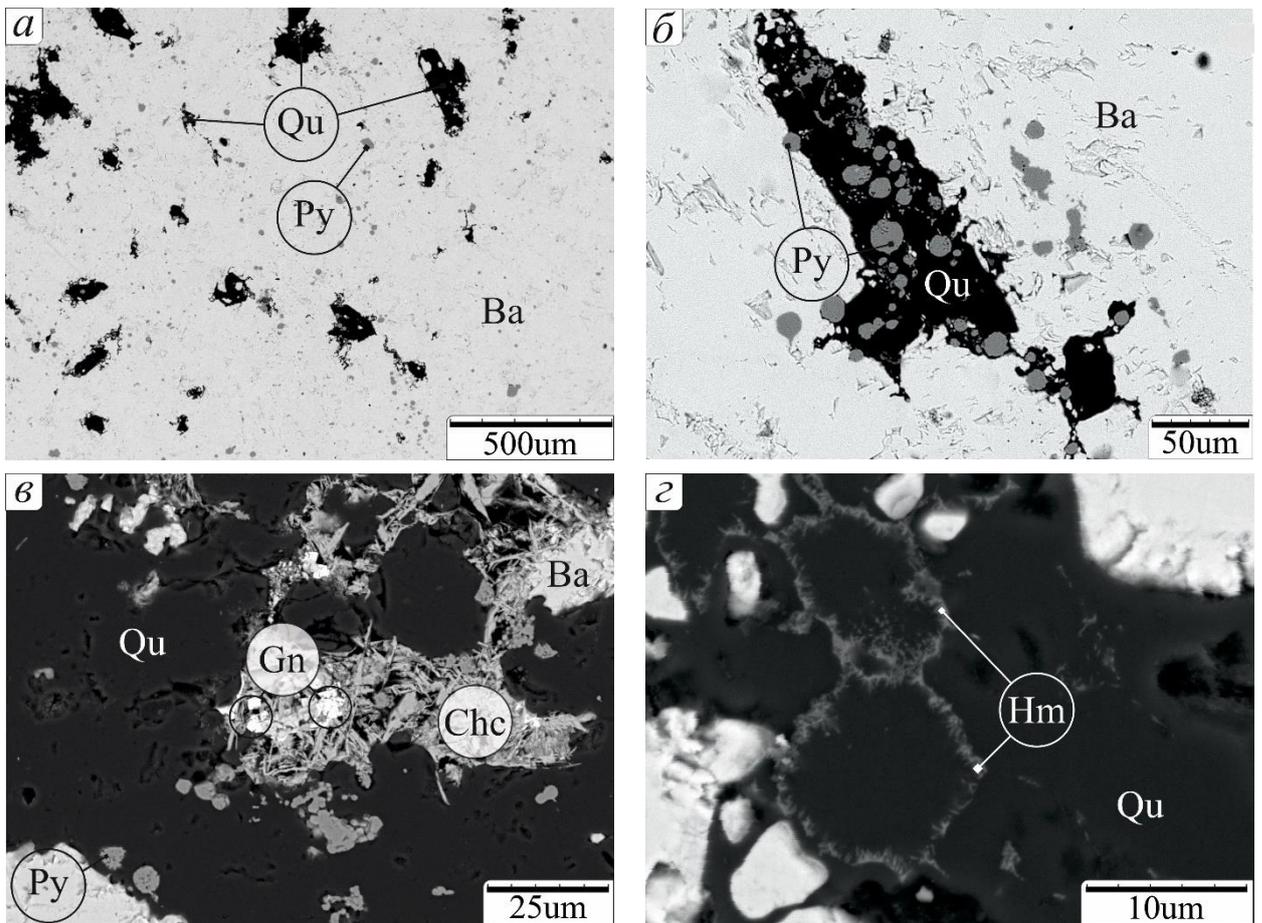


Рисунок 8. Образец ДЗЖ-5. Фотографии в обратно-отраженных электронах.
 Ba – барит, Qu – кварц, Hm – гематит, Py – пирит, Gn – галенит, Chc – халькозин.
 а) общий вид руды и кристаллы кварца;
 б) кварц с фрамбоидами пирита;
 в) халькозин с галенитом в кварце;
 г) реликты микроорганизмов, замещенные гематитом.

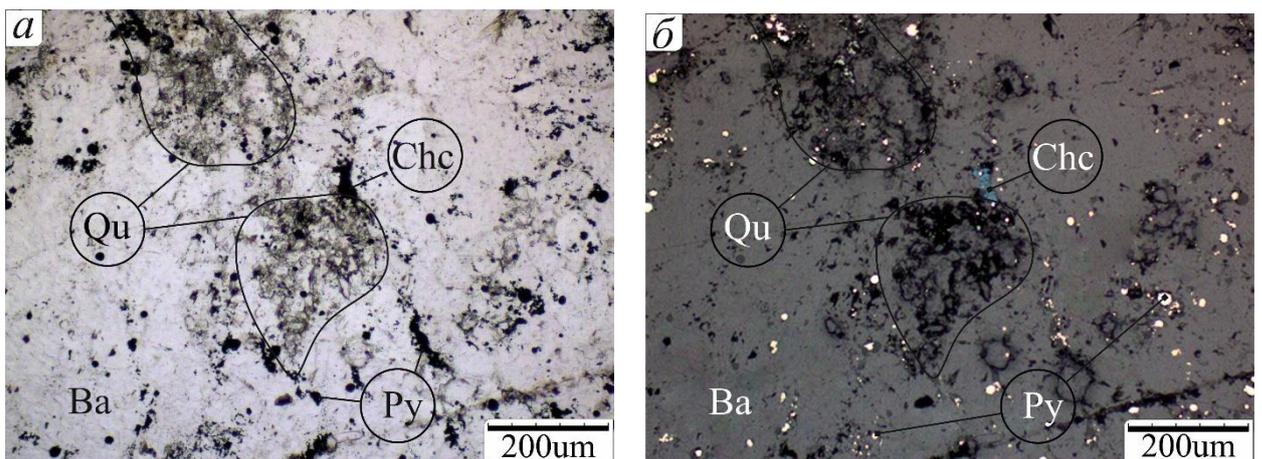


Рисунок 9. Образец ДЗЖ-5. Фотографии в проходящем свете без поляризатора (а) и в отраженном свете (б).
 Ba – барит, Qu – кварц, Hm – гематит, Py – пирит, Chc – халькозин.
 Общий вид руды.

Образец ДЗЖ-19-9. Образец массивный, сложен светло-серым баритом с тонкими прослойками желтого пирита.

Барит однородный с включениями кварца (<1 мм), пирита (<0,5 мм) и галенита (<0,05 мм); сфалерит (<0,1мм) и мусковит (<0,1 мм) – аксессуарные минералы. Пирит и кварц образуют тонкие жилки (рис. 10а, 11б). Пирит представлен в основном кристаллами и редко фрамбоидами и иногда содержит включения галенита (рис. 10а, 10б). Кварц заполняет межзерновое пространство и имеет аллотриоморфнозернистую структуру (рис. 10а, 11а).

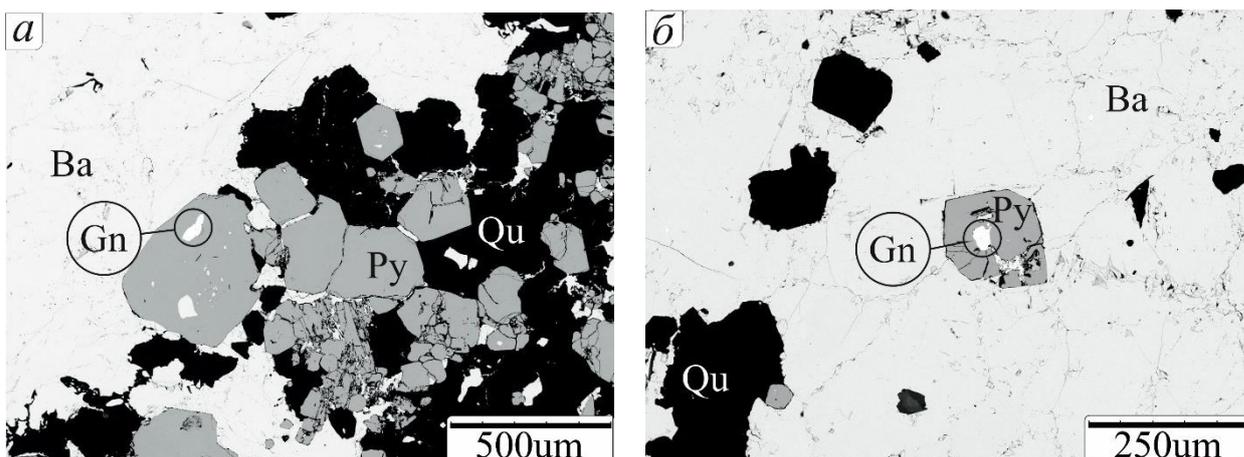


Рисунок 10. Образец ДЗЖ-19-9. Фотографии в обратно-отраженных электронах.

Ba – барит, Qu – кварц, Gn – галенит, Py – пирит.

- а) Кварц-пиритовая жилка в барите;
- б) галенит в ядре пирита.

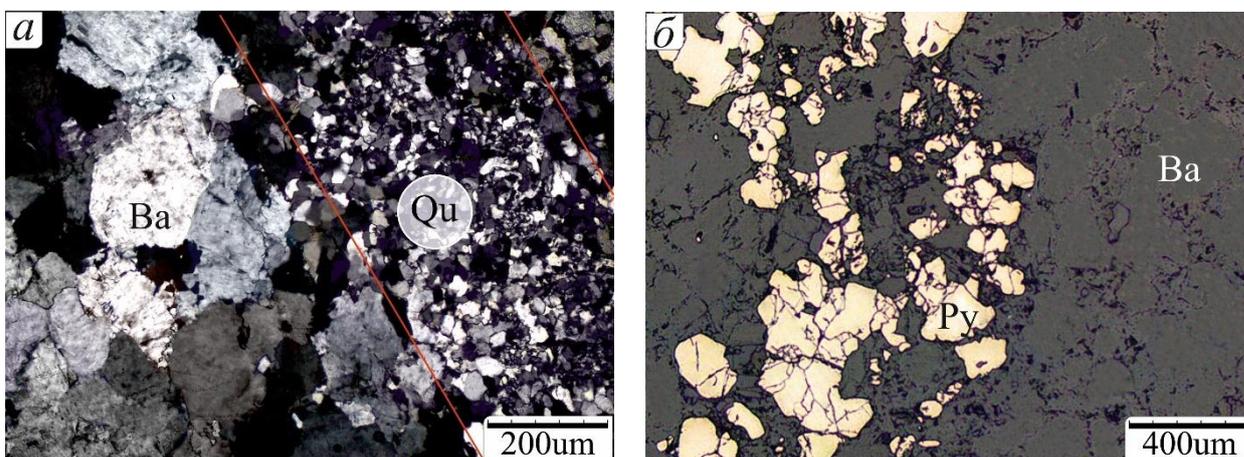


Рисунок 11. Образец ДЗЖ-19-9. Фотографии в проходящем свете со скрещенными николями (а) и в отраженном свете (б).

Ba – барит, Qu – кварц, Py – пирит.

- а) слой мелкозернистого кварца (<0,02 мм) в крупнозернистом барите (0,1-0,4 мм);
- б) Кварц-пиритовая жилка в барите.

2.2. Галенит-баритовый тип руды

Образец ДЗЖ-3а. Образец массивный с неясной слоистостью, сложен серым баритом с прослоями кварца.

Баритовая масса пустая, редко встречаются зерна галенита ($<0,05$ мм) и сфалерита ($<0,2$ мм). В кварцевых прослоях обнаружены галенит, калиевый полевой шпат, мусковит, пирит, в единичных количествах апатит, англезит, теннантит, моноцит и гётит (рис. 14а, 14б, 15а, 15б).

По сравнению с предыдущими образцами, галенит встречается в больших количествах и занимает межзерновое пространство в кварце и барите (рис. 14а). Кварц образует сростания с мусковитом ($<0,06$ мм) и калиевым полевым шпатом ($<0,05$ мм), внутри встречаются пирит ($<0,015$ мм), галенит и акцессорные минералы (рис. 14б, 15б). Мусковит редко встречается в барите в виде таблитчатых кристаллов в поперечном сечении ($<0,025$ мм, рис. 14в). Пирит в основном образует идиоморфные кристаллы с включениями или без них ($<0,2$ мм, рис. 14в) и реже фрамбоиды ($<0,015$ мм), иногда сцементированные галенитом (рис. 14б).

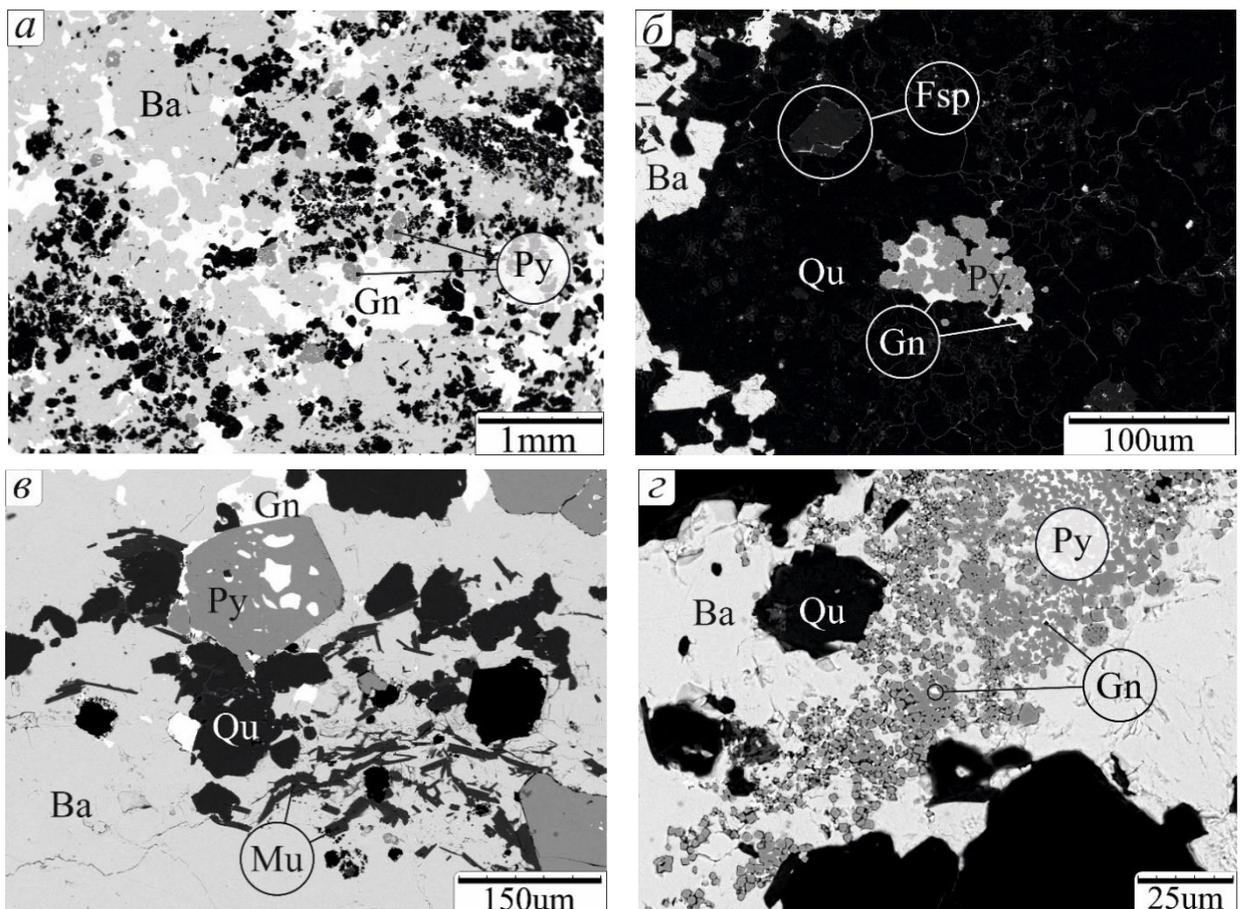


Рисунок 14. Образец ДЗЖ-3а. Фотографии в обратно-отраженных электронах. Ba – барит, Qu – кварц, Py – пирит, Gn – галенит, Fsp – калиевый полевой шпат, Mu – мусковит, красные линии – границы кварца и барита.

- а) общий вид образца в кварцевом поле;
- б) фрамбоиды пирита, сцементированные галенитом;
- в) идиоморфный кристалл пирита с включениями галенита и мусковитовый агрегат;
- г) скопление мелких кристаллов и фрамбодов пирита.

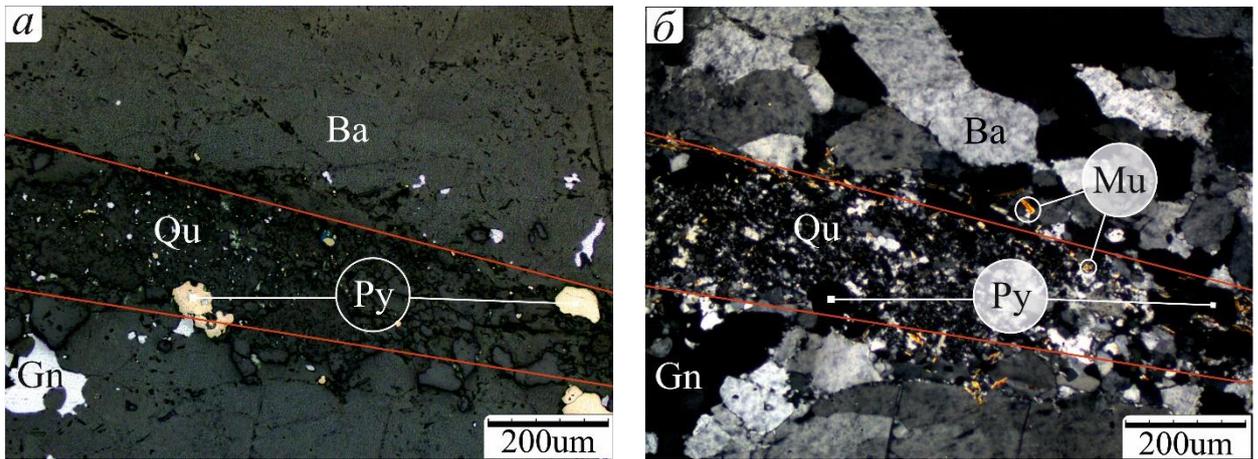


Рисунок 15. Образец ДЗЖ-3. Фотографии в отраженном свете (а) и в проходящем свете со скрещенными николями (б).

Ва – барит, Qu – кварц, Py – пирит, Gn – галенит, Mu – мусковит.
Кварцевая жила с мусковитом и пиритом и галенит в барите.

Образец ДЗЖ-18-3. Образец сложен в основном серым баритом, в нем можно выделить два участка: массивный с тонкими прослоями кварца и вкраплениями галенита и неравномерно-слоистый. Присутствуют ржавые слойки.

Минерально-структурный состав в обеих частях аналогичен, отличается плотностью распространения включений: кварца, галенита (<0,4 мм), сфалерита (<0,1 мм), пирита (<0,25 мм), халькопирита (<0,1 мм) и акцессорного теннантита (<0,1 мм). Кварц почти не имеет включений. Галенит, сфалерит и халькопирит образуют либо самостоятельные зерна, либо сростки с друг с другом (рис. 12а, 12б, 13а, 13б). В обоих случаях зерна имеют неправильную форму и изрезанные края. Пирит встречается редко и образует фрамбоиды и кристаллы с включениями или без них (рис. 12б).

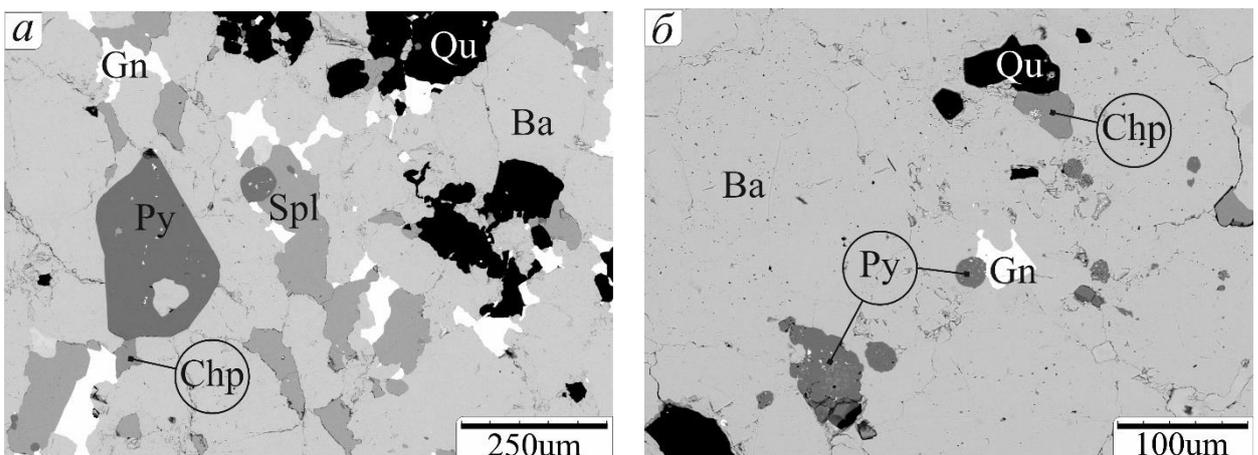


Рисунок 12. Образец ДЗЖ-18-3. Фотографии в обратно-отраженных электронах.

Ва – барит, Qu – кварц, Py – пирит, Gn – галенит, Spl – сфалерит, Chp – халькопирит.

а) вид неравномерно-слоистого участка, скопление сульфидных минералов;

б) кварц, фрамбоиды пирита, галенит и халькозин в барите.

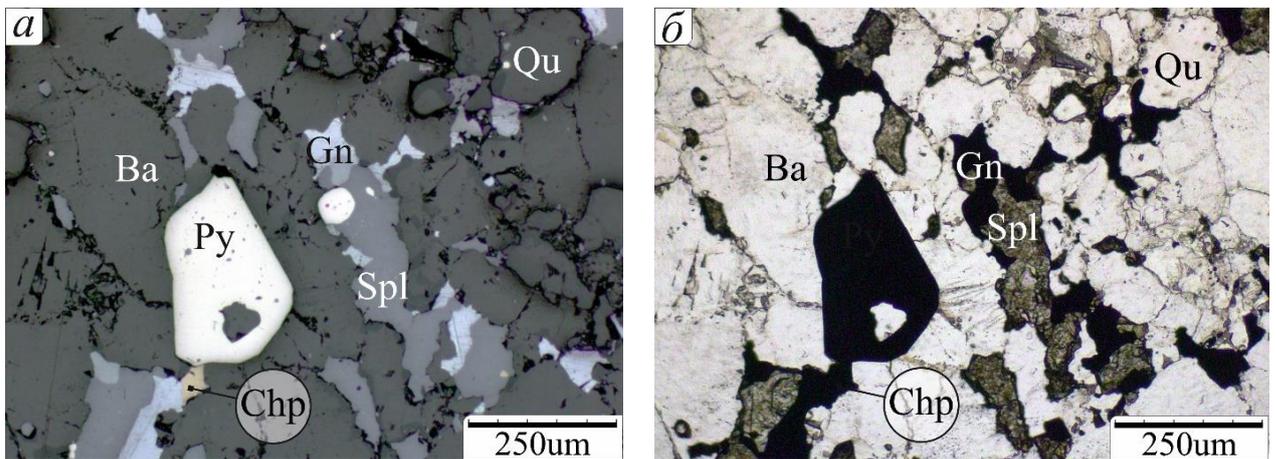


Рисунок 13. Образец ДЗЖ-18-3. Фотографии в отраженном свете (а) и в проходящем свете без поляризатора (б).

Ва – барит, Qu – кварц, Py – пирит, Gn – галенит, Spl – сфалерит, Chp – халькопирит.
Вид неравномерно-слоистого участка, скопление сульфидных минералов.

Образец ДЗЖ-18-2. Образец имеет сложную неравномерно-слоистую текстуру. Можно условно выделить три крупных слоя в пределах образца: кварц-сфалерит-галенитовый неяснослоистый ($>1,5$ см); кварц-галенитовый с выраженными границами слоев ($0,5-1$ см); кварц-баритовый с крупными зернами галенита и сфалерита ($>0,7$ см). Описание для упрощения разделено на части согласно слоям.

Кварц-сфалерит-галенитовый слой.

Состоит из тонких слоев галенита и сфалерита с плавными переходами, перемежающихся кварцем. Структура в них сходная, различается соотношением рудных минералов (рис. 16а, 16б). Сфалерит образует округлые зерна, галенит имеет интерстициальную структуру, присутствуют реликты барита ($<0,2$ мм) и редкие фрамбоиды пирита ($<0,15$ мм). нерудные минералы представлены кварцем и гиалофаном ($<0,2$ мм), оба в основном образуют зазубренные зерна неправильной формы и редко идиоморфные. Переход к следующей зоне отмечен тонкими параллельными линзами кварца (рис. 17а, 17б).

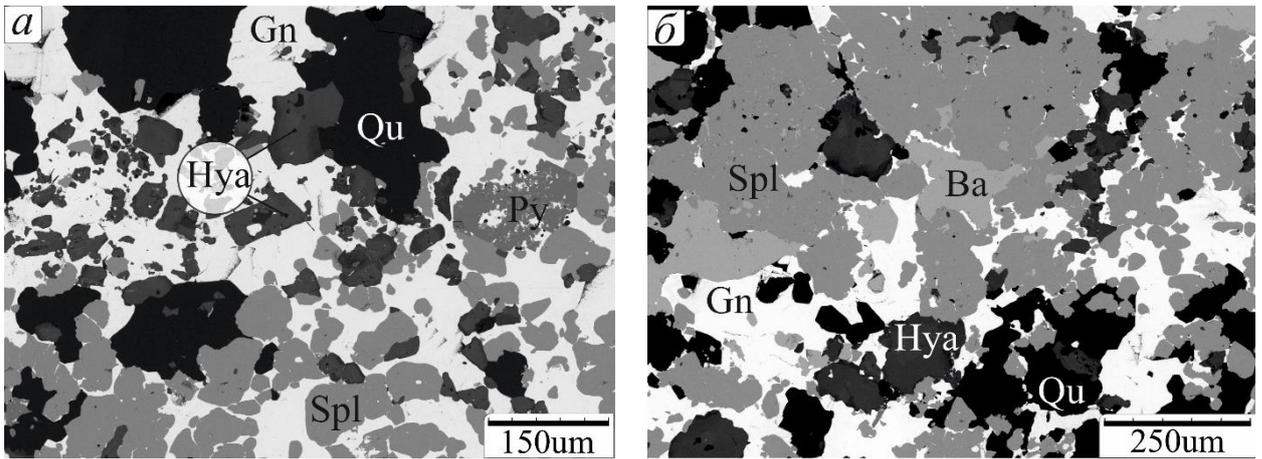


Рисунок 16. Образец ДЗЖ-18-2. Фотографии в обратно-отраженных электронах. Ва – барит, Qu – кварц, Py – пирит, Gn – галенит, Spl – сфалерит, Hya – гиалофан.

а) общий вид кварц-сфалерит-галенитового слоя;

б) общий вид кварц-сфалерит-галенитового слоя с меньшим содержанием галенита.

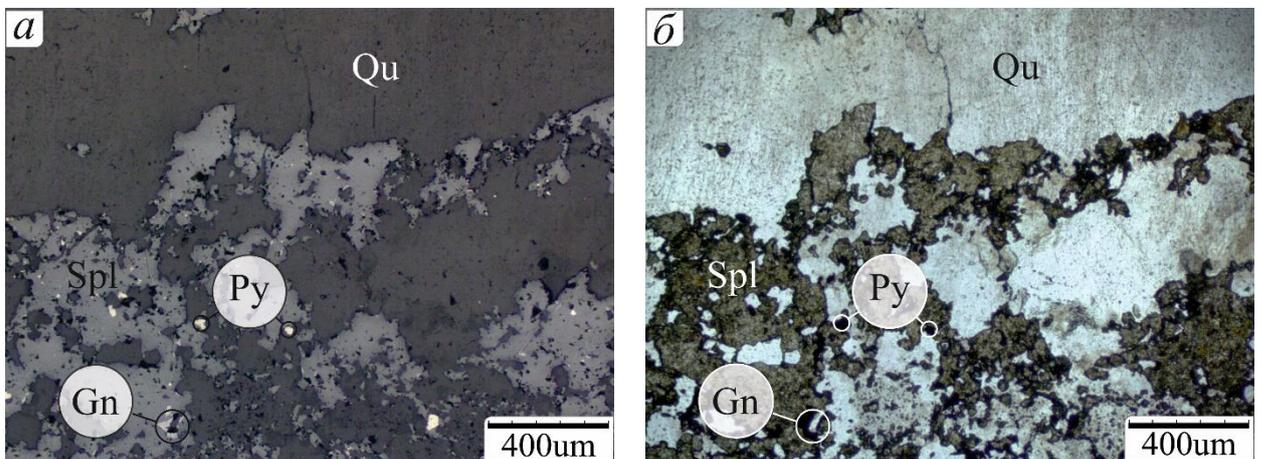


Рисунок 17. Образец ДЗЖ-18-2. Фотографии в отраженном свете (а) и в проходящем свете без поляризатора (б).

Qu – кварц, Py – пирит, Gn – галенит, Spl – сфалерит.

Переходная часть от кварц-сфалерит-галенитового слоя к кварц-галенитовому слою, сфалерит с вкраплениями пирита и галенита в кварце.

Кварц-галенитовый слой.

В общем плане слой представлен двумя галенитовыми слойками в кварц-баритовой матрице и мелкозернистым гиалофан-кварцевым агрегатом посередине (рис. 18а, 19а, 19б).

В рудном слое закономерности распределения мелкозернистого кварца (<0,04 мм) и крупнозернистого барита (<0,2 мм) не наблюдаются, галенит занимает межзерновое пространство (рис. 19б). Ближе к следующему слою появляется немного пирита и гиалофана (рис. 18б, 18б-г). Пирит представлен фрамбоидами (<0,025 мм), сцементированными галенитом. Некоторые из них являются центром кристаллизации для гиалофана (рис. 18г). Эти агрегаты в свою очередь окружены кварцем, баритом и галенитом.

У гиалофана отмечается зональность, выражающаяся в различном содержании бария: чем больше содержание элемента, тем светлее гиалофан на фотографиях в обратно-отраженных электронах. Можно выделить три типа зональности: мозаичная, с бариевым ядром и с бариевой каймой (рис. 18б, 18в).

Безрудный слой образован мелкозернистыми кварцем и гиалофаном. Этот слой нарушен трещинами, внутри которых кристаллизовались более крупнозернистый кварц (<0,08 мм) на стенках и галенит в центре (рис. 18а, 19а). По всему слою равномерно распределены зерна минералов, которые точно идентифицировать не представилось возможным. Предположительно ими могут быть бораты стронция (витчит/ танелит) и более редкий здесь паризит. Бораты стронция (?) и паризит (?) образуют игольчатые (<0,5 мм, рис. 18а, 19а) и короткостолбчатые (<0,01 мм) кристаллы соответственно.

Из аксессуарных здесь обнаружены рутил и теннантит.

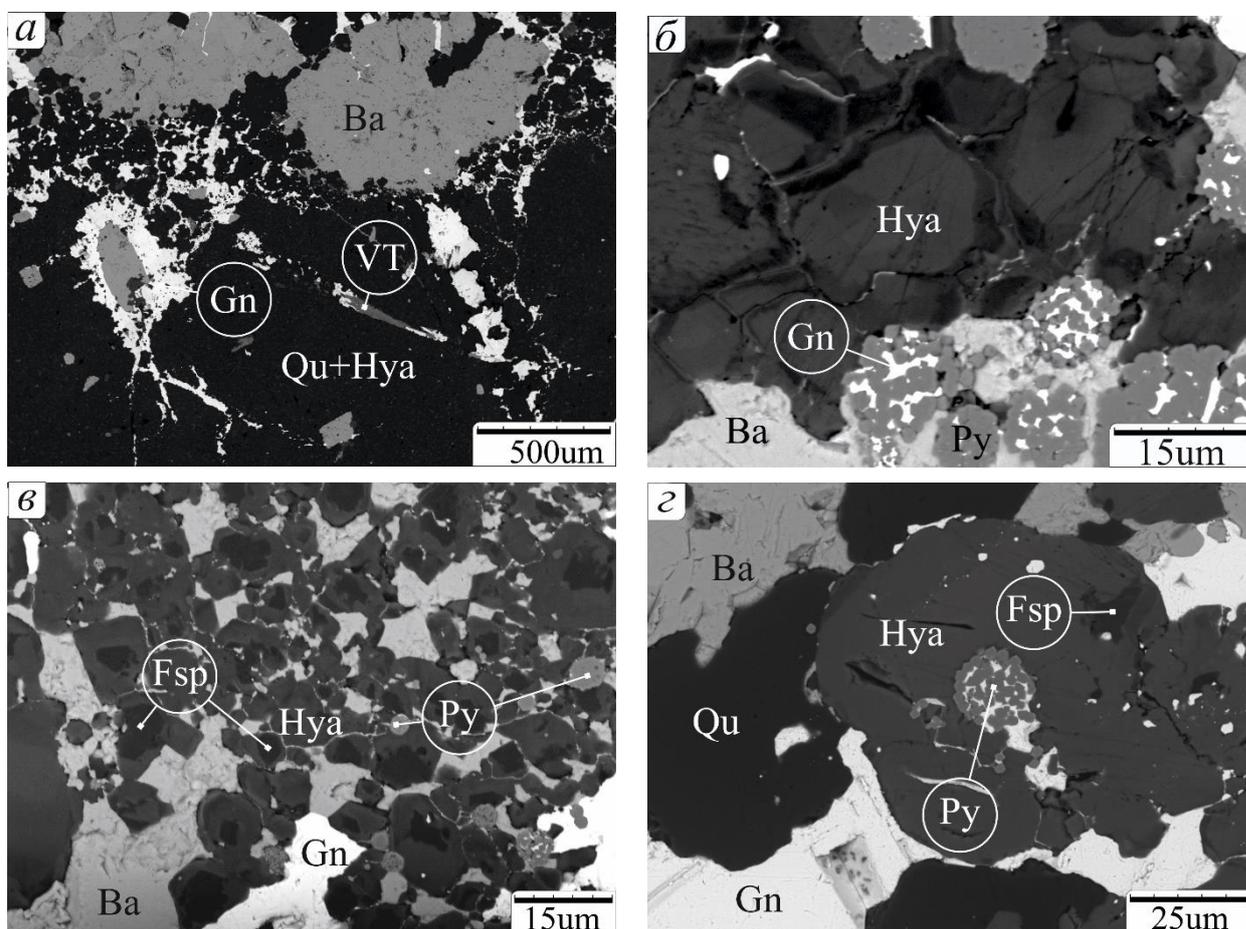


Рисунок 18. Образец ДЗЖ-18-2. Фотографии в обратно-отраженных электронах.
 Qu – кварц, Py – пирит, Gn – галенит, Spl – сфалерит, Fsp – калиевый полевой шпат,
 Hya – гиалофан, VT – бораты стронция (витчит/ танелит).
 а) граница рудного и безрудного слоев с трещиной;
 б) зональный гиалофан с обедненной барием каймой;
 в) зональный гиалофан с обедненным барием ядром;
 г) фрамбоид пирита в ядре гиалофана.

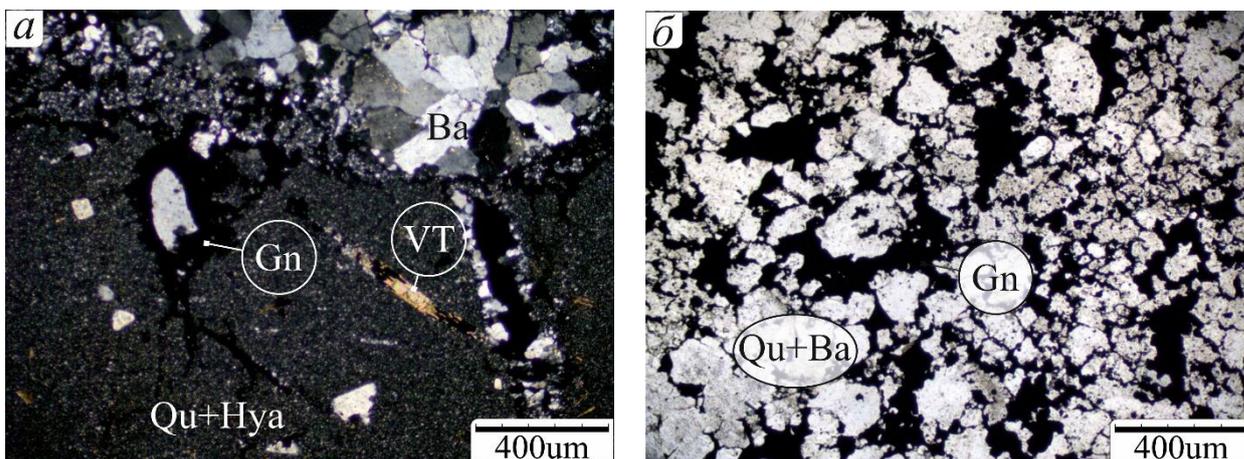


Рисунок 19. Образец ДЗЖ-18-2. Фотографии в проходящем свете со скрещенными николями (а) и без поляризатора (б).

Ba – барит, Qu – кварц, Py – пирит, Gn – галенит, VT – бораты стронция (витчит/ танелит).

а) граница рудного и безрудного слоев с трещиной;

б) Общий вид рудного слоя, галенит в межзерновом пространстве кварца и барита.

Кварц-баритовый слой с галенитом и сфалеритом.

По сравнению с предыдущей зоной, кварцевый слой более однородный, зерна гиалофана значительно крупнее ($<0,06$ мм, рис. 20а), также встречается борат стронция (?). Барит, сфалерит и галенит ассоциируют, характерна галенитовая кайма на сфалерите. Эти минералы образуют зерна с зазубренными краями (рис. 20б).

Здесь обнаружены в единичных количествах апатит и предположительно карбонаты церия (паризит, аризит/ люкчейджит).

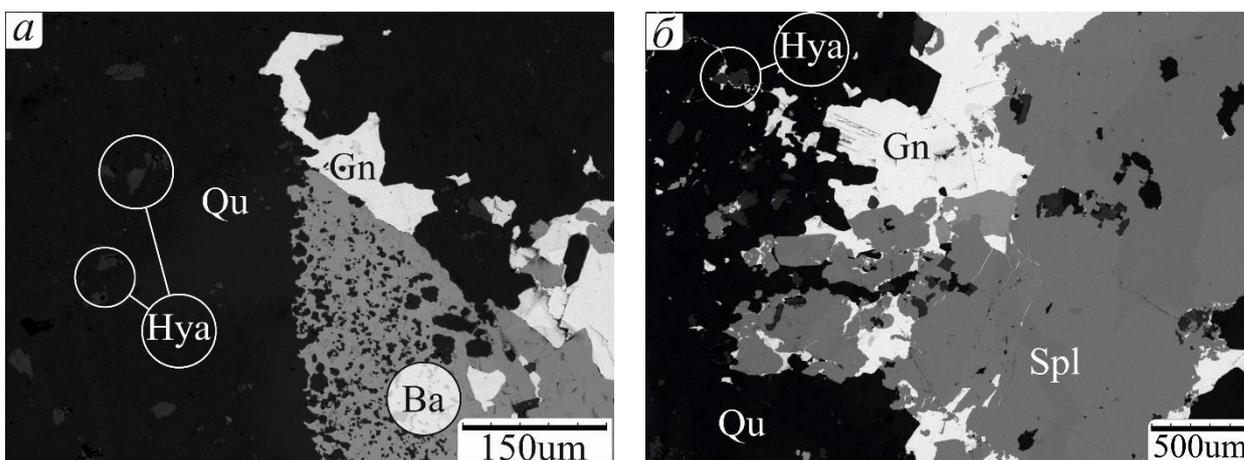


Рисунок 20. Образец ДЗЖ-18-2. Фотографии в обратно-отраженных электронах.

Qu – кварц, Py – пирит, Gn – галенит, Spl – сфалерит, Hya – гиалофан.

а) барит с галенитом в однородном кварце;

б) зазубренные зерна сфалерита и галенита.

2.3. Галенит-сфалеритовый тип руды

Образец ДЗЖ-19-8. Образец неравномерно-слоистый, ритмичный, чередуются «графитовые» кварц-полевошпатовые прослои (0,7-1,5 см) и рудные (0,4-1 см, рис. 21а, 22 а). В нерудной части присутствует две системы трещин: широкие различной формы и расположения (рис. 22б) и тонкие субвертикальные (рис. 22в, 22г). У некоторых слоев нет четкой границы.

В рудных слоях основной объем занимают сфалерит и кварц приблизительно в одинаковом соотношении, между ними наблюдается расслоение (рис. 21а, 21в). В сфалерите пирит образует зерна неправильной формы, галенит занимает межзерновое пространство. Во всем слое мусковит расположен между зернами сфалерита и пирита (рис. 21б). Здесь гиалофан часто образует четко ограненные кристаллы (рис. 21в), редко встречаются крупные зерна кальцита (<0,5 мм, рис. 22а). Параллельно рудным слоям в бóльшем количестве образовался мусковит, а также и идиоморфные кристаллы пирита (рис. 21г).

Безрудный слой состоит из гиалофана (<0,03 мм) и кварца с рассеянным пиритом (<0,03мм, рис. 21д). Гиалофан имеет зональность: по краям зерен повышенное содержание бария, кайма повторяет форму зерна. Мелкодисперсный кварц выступает в роли цемента, редко встречаются идиоморфные кристаллы, окруженные галенитом. Пирит представлен здесь в большей степени и имеет две генерации: кристаллы и фрамбоиды. Системы трещин заполнены более крупнозернистым кварцем (<0,1 мм), чем в окружающем слое, а в широких трещинах в ядре образовался галенит (рис. 22б-г).

Акцессорные минералы представлены рутилом и апатитом.

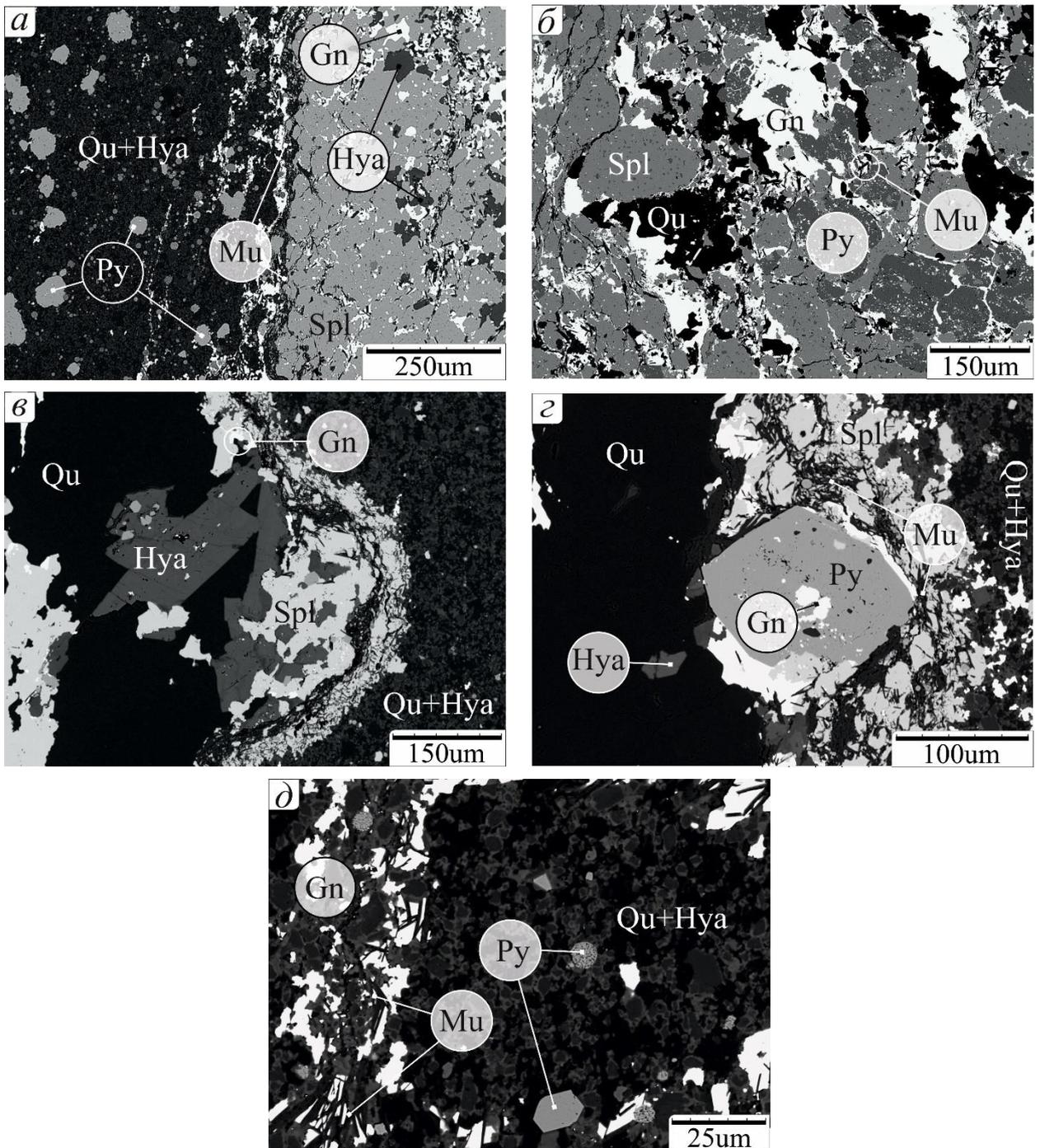


Рисунок 21. Образец ДЗЖ-19-8. Фотографии в обратно-отраженных электронах.
 Qu – кварц, Py – пирит, Gn – галенит, Spl – сфалерит, Hya – гиалофан, Mu – мусковит,
 Fsp – калиевый полевой шпат,
 а) граница рудного и безрудного слоев;
 б) отдельные зерна сфалерита, пирита и кварца, межзерновое пространство заполнено мусковитом и галенитом;
 в) идиоморфный кристалл гиалофана с сфалеритом в кварце на границе слоев;
 г) идиоморфный кристалл пирита в сфалерите и мусковите на границе слоев;
 д) безрудный слой на границе, зональный гиалофан сцементирован кварцем.

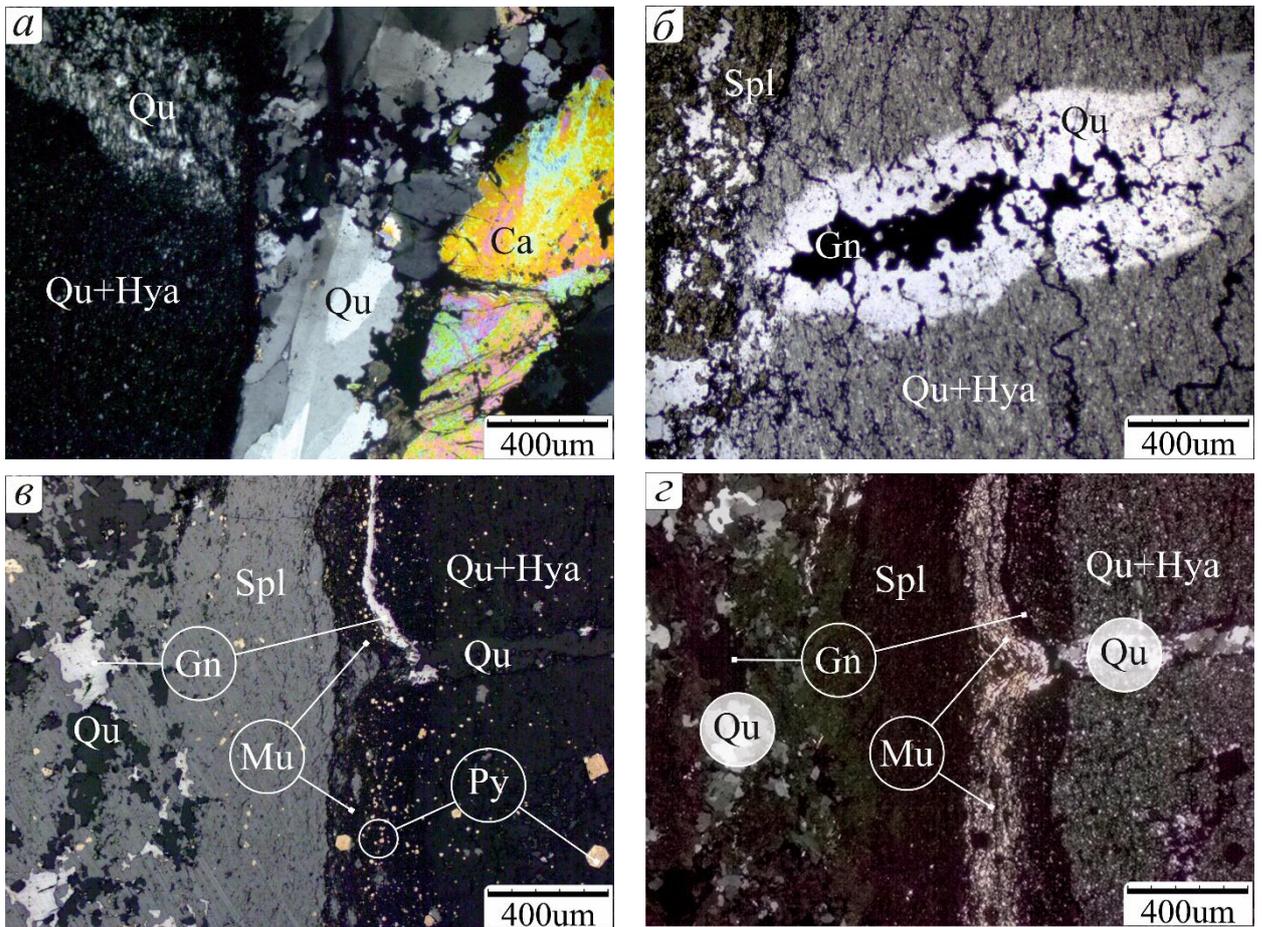


Рисунок 22. Образец ДЗЖ-19-8. Фотографии в проходящем свете со скрещенными николями (а, г) и без поляризатора (б) и в отраженном свете (в).

Qu – кварц, Py – пирит, Gn – галенит, Spl – сфалерит, Mu – мусковит.

а) граница рудного и безрудного слоев с крупным зерном кальцита;

б-г) граница рудного и безрудного слоев и трещины с разным заполнением.

Образец ДЗЖ-4. Образец ритмично-слоистый, ритмы различные, мощность не превышает 0,5 см. Одни слойки имеют четкие границы, другие размытые. Присутствуют секущие жилки кварца, по которым происходит смещение. Наблюдаются крупные кристаллы пирита в более темных слойках.

Руда в основном сложена кварцем и сфалеритом и в меньшей степени галенитом (рис. 23а). Реже встречается пирит; калиевый полевой шпат и апатит – акцессорные минералы. Согласно рентгенофазовому анализу весьма распространен мусковит. Кварц заполняет межзерновое пространство среди рудных минералов. Сфалерит образует округлые зерна и агрегаты из них, галенит более вытянутые и угловатые и занимает межзерновое пространство в сфалерите. Пирит представлен «пористыми» идиоморфными кристаллами, захватывающими другие минералы. (рис. 23б)

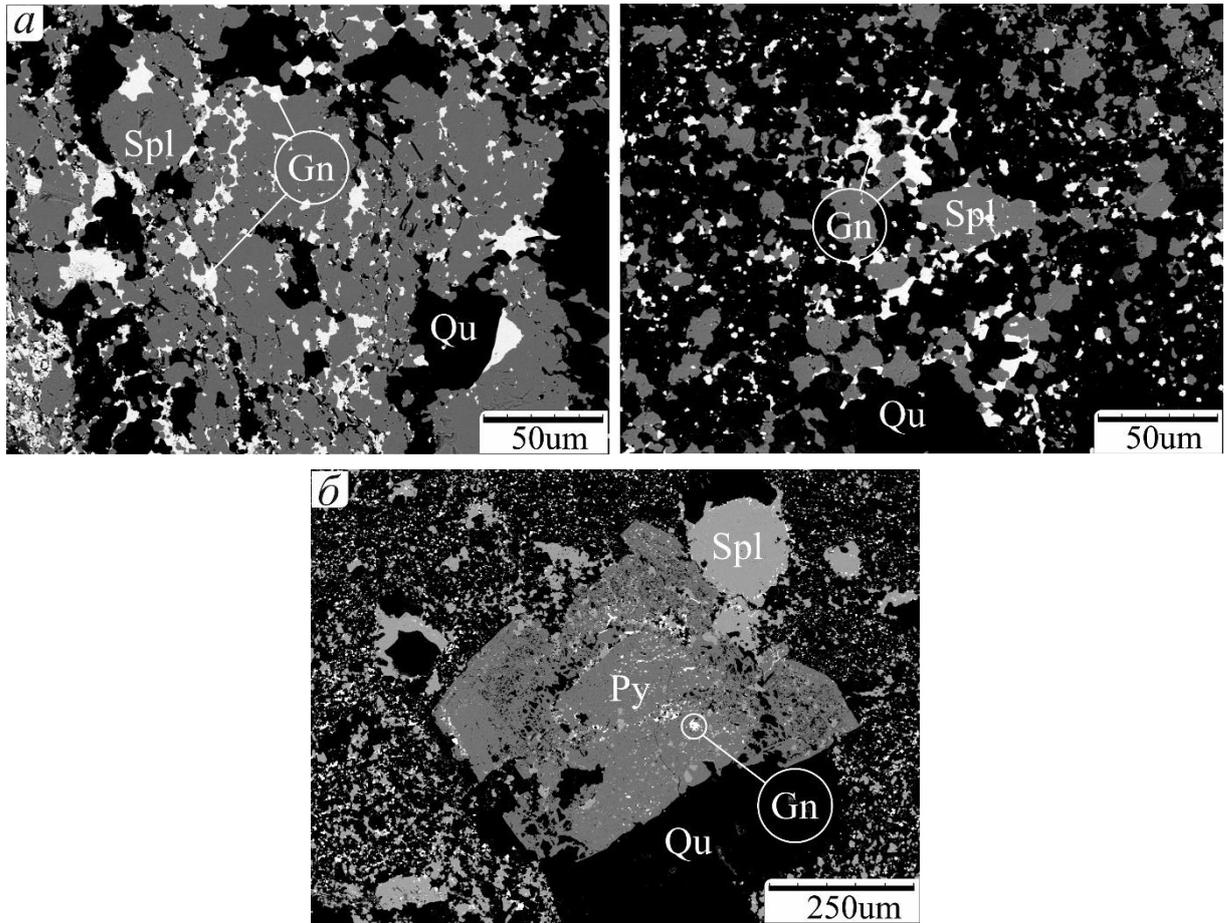


Рисунок 23. Образец ДЗЖ-4. Фотографии в обратно-отраженных электронах.

Qu – кварц, Gn – галенит, Spl – сфалерит.

Общий вид руды:

- а) слои с бóльшим (слева) и с меньшим (справа) содержанием рудных минералов;
- б) идиоморфный кристалл пирита.

2.4. Пирит-галенит-сфалеритовый тип руды

Образец ДЗЖ-2. В образце выделяются два участка: неравномерно-слоистый и рудный массивный. В слоистой части наблюдаются кристаллы пирита ($<1\text{мм}$) и ржавые прослои. В массивной присутствуют кварц и скопления пирита. Граница между участками волнообразная.

В рудной части преобладают сфалерит, галенит и пирит (рис. 24а, 24б). Сфалерит образует округлые зерна и сростания, галенит в основном занимает межзерновое пространство (рис. 24а, 24б) и концентрируется внутри фрамбоидов пирита (рис. 24в), в редких случаях образует мелкоигольчатые агрегаты с фрамбоидами пирита внутри (рис. 24г). Пирит образует идиоморфные кристаллы и фрамбоиды ($<0,03\text{ мм}$, рис. 24а, 24в), последние более распространенные. Кварц занимает межзерновое пространство и редко образует кристаллы. Широко представлены второстепенные минералы. Мусковит наблюдается в виде таблитчатых кристаллов в поперечном сечении по всему объему (рис. 24в), магнетит образует идиоморфные кристаллы (рис. 24д) и занимает межзерновое пространство, кальцит и доломит имеют интерстициальную структуру. Арсенопирит формирует крупные идиоморфные кристаллы ($<0,2\text{ мм}$, рис. 24б, 24е). Кристаллы пирита, магнетита и арсенопирита захватывают фрамбоиды пирита, сфалерит и мусковит.

Из акцессорных встречаются рутил, пирофиллит, альбит, апатит и предположительно котуннит. При рентгенофазовом анализе зарегистрирован пирротин.

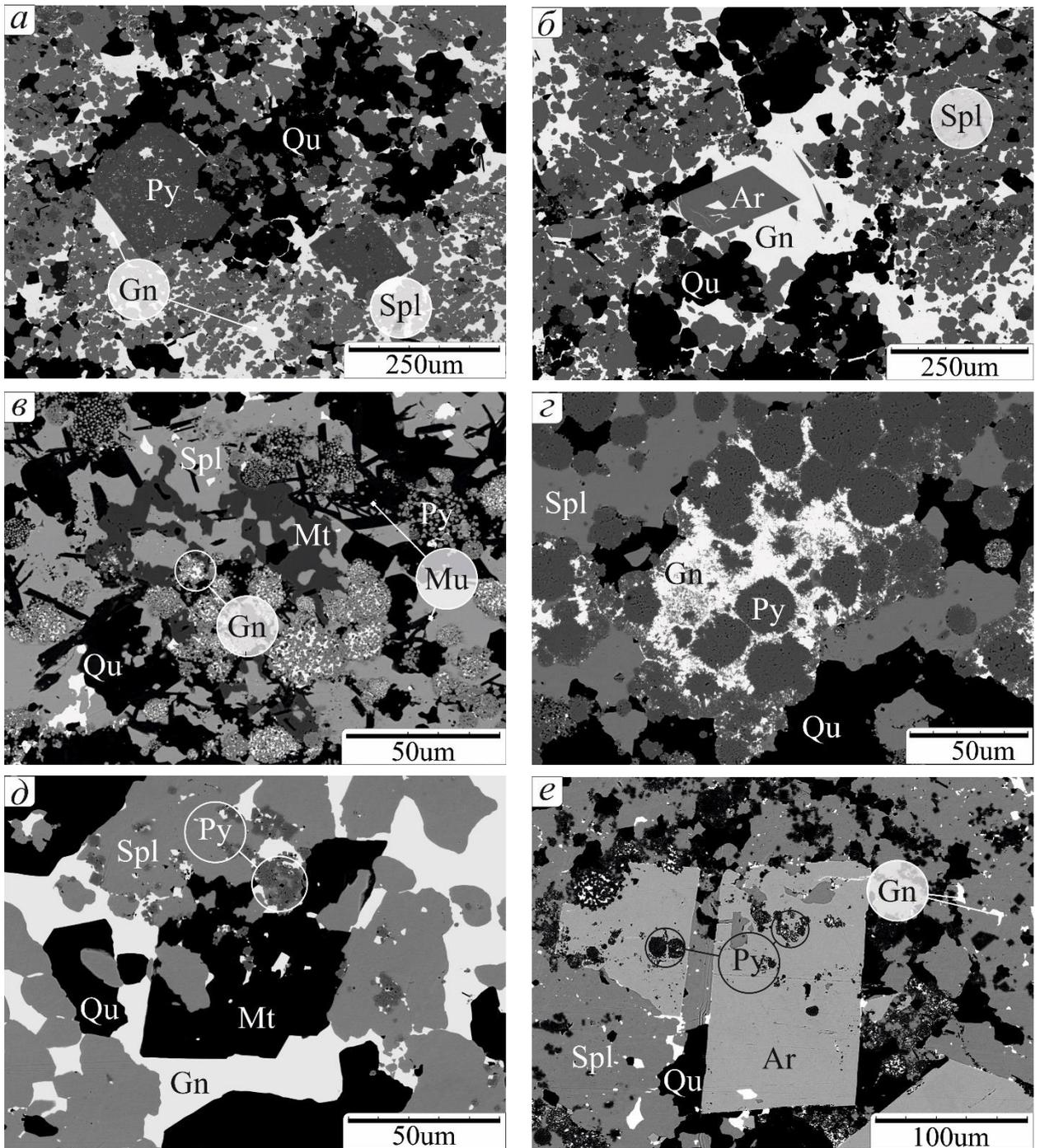


Рисунок 24. Образец ДЗЖ-2. Фотографии в обратно-отраженных электронах.
 Qu – кварц, Py – пирит, Gn – галенит, Spl – сфалерит, Ar – арсенопирит, Mu – мусковит,
 Mt – магнетит.

- а) общий вид рудной части с идиоморфными кристаллами пирита;
- б) общий вид рудной части с идиоморфным кристаллом арсенопирита;
- в) скопления фрамбоидов с мусковитом, кварцем и магнетитом, сцементированными сфалеритом;
- г) мелкоигольчатый галенит с фрамбоидами пирита;
- д) идиоморфный кристалл магнетита с включениями сфалерита и фрамбоидами пирита;
- е) идиоморфные кристаллы арсенопирита с включениями сфалерита и фрамбоидами пирита.

Образец ДЗЖ-8. Рудная составляющая находится в трещине кварц-кальцитового сланца. Внутри наблюдается послойное распределение вещества: карбонатов, кальцита и немного сидерита, и кварца. Рудные минералы концентрируются в основном в последнем.

Сланец почти не содержит рудных минералов, редко попадаются фрамбоиды пирита, на рентгенограммах есть пики слюды и гипса, но при электронно-микроскопическом исследовании эти минералы не обнаружены. Карбонатная часть в малом количестве содержит галенит, сфалерит, кварц и идиморфные кристаллы пирита. В кварце рудные минералы различны по морфологии. В одном случае они формируют отдельные зерна, которые в свою очередь образуют параллельные слои или агрегаты (рис. 25а). В другом минералы имеют биоморфную структуру. Вероятно, это одноклеточные организмы и их колонии, замещенные сульфидами (рис. 25б-г). Рядом с ними кальцит имеет более широкое распространение. На фото видны несколько разных уровней среза организмов: в основном, «тело» замещено пиритом, который к краям становится игольчатым, а полости при этом заполняются галенитом (рис. 25б). Колонии организмов замещены галенит-пиритовыми агрегатами (рис. 25а, 25в, 26а). На одном участке мелкозернистые пирит и галенит сцементированы органикой (рис. 25г, 26б).

Акцессорные минералы представлены рутилом, пирофиллитом, апатитом и шамозитом.

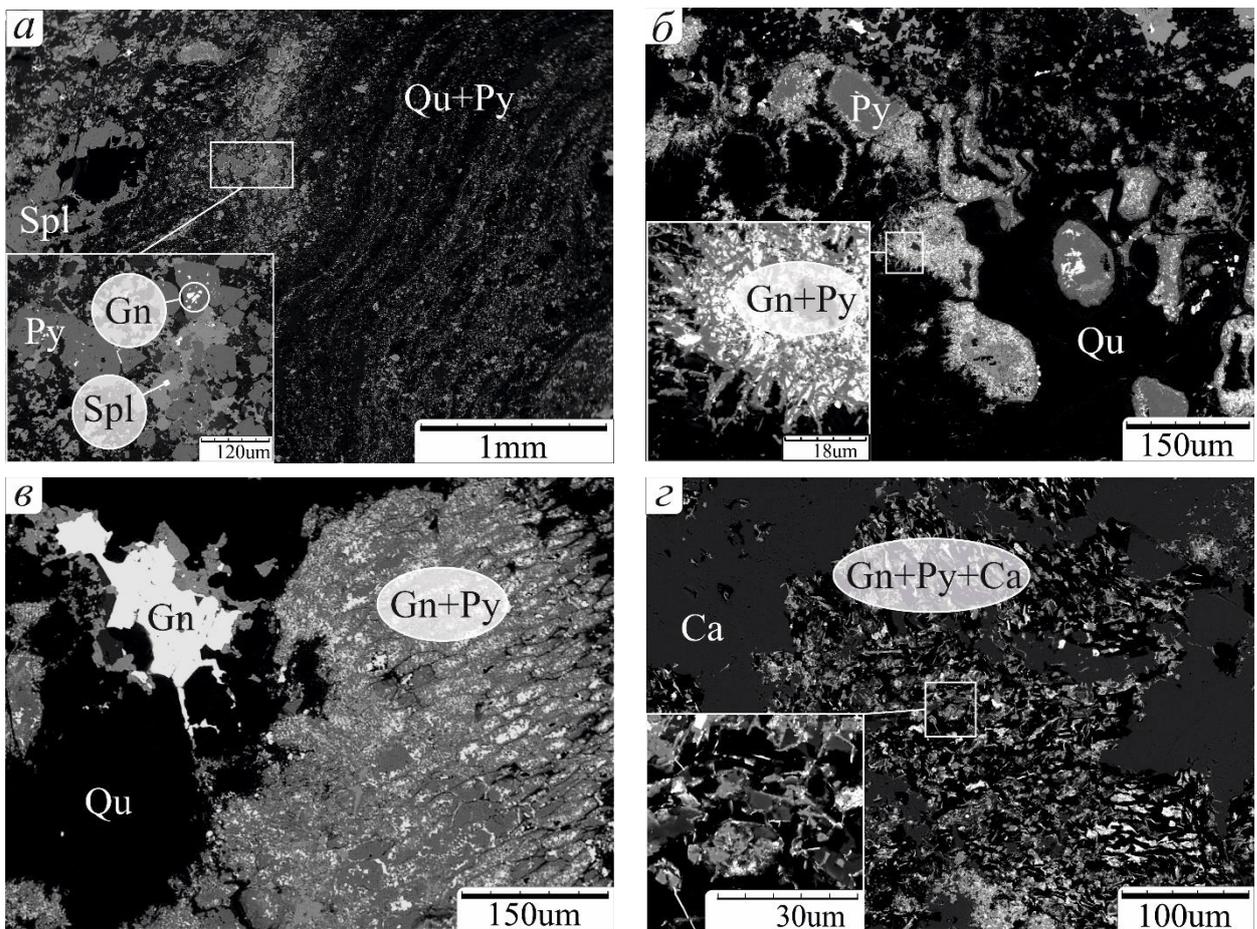


Рисунок 25. Образец ДЗЖ-8. Фотографии в обратно-отраженных электронах.
 Qu – кварц, Py – пирит, Gn – галенит, Spl – сфалерит, Ca – кальцит, C_{орг} – органическое вещество.
 а) общий вид руды с зернами пирита, сфалерита и галенита;
 б) отдельные биоморфные структуры;
 в) минерализованная колония микроорганизмов;
 г) зерна пирита, галенита и кальцита, сцементированные органическим веществом.

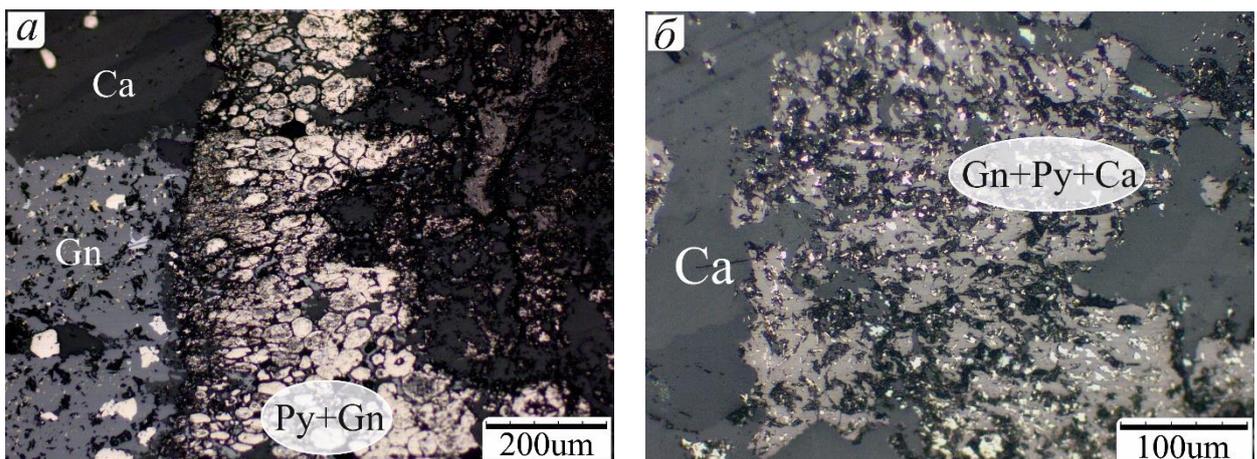


Рисунок 26. Образец ДЗЖ-8. Фотографии в отраженном свете.
 Qu – кварц, Py – пирит, Gn – галенит, Ca – кальцит.
 а) минерализованная колония микроорганизмов;
 б) зерна пирита, галенита и кальцита, сцементированные органическим веществом.

2.5. Пирит-сфалеритовый тип руды

Образец ДЗЖ-7. Образец неравномерно ритмично-слоистый, сложен рудными и безрудными слоями.

Безрудные слои образованы мелкозернистым кварцем и калиевым полевым шпатом с гиалофановой каймой (рис. 27б). В качестве включений здесь присутствуют кальцит и доломит (<0,01 мм), кристаллы и фрамбоиды пирита (<0,2 мм) и редко галенит (<0,005 мм, рис. 27б). В рудных слоях сфалерит цементирует кварц (<0,3 мм), гиалофан (<0,15 мм), мусковит (<0,05 мм), кальцит (<0,1 мм) и пирит (<0,1 мм, рис. 27в). Пирит образует фрамбоиды и кристаллы, последние концентрируются на границах слоев и иногда захватывают фрамбоиды (рис. 28). Галенит формирует редкие мелкие зерна (<0,01 мм). Кальцита мало, редко заполняет трещины в гиалофане. Мусковит представлен таблитчатыми кристаллами с обломанными краями (рис. 27в). Часто у гиалофана наблюдается каёмка с меньшим содержанием бария на контакте со сфалеритом. Барит образует скопления мелких зерен внутри сфалерита (рис. 27г).

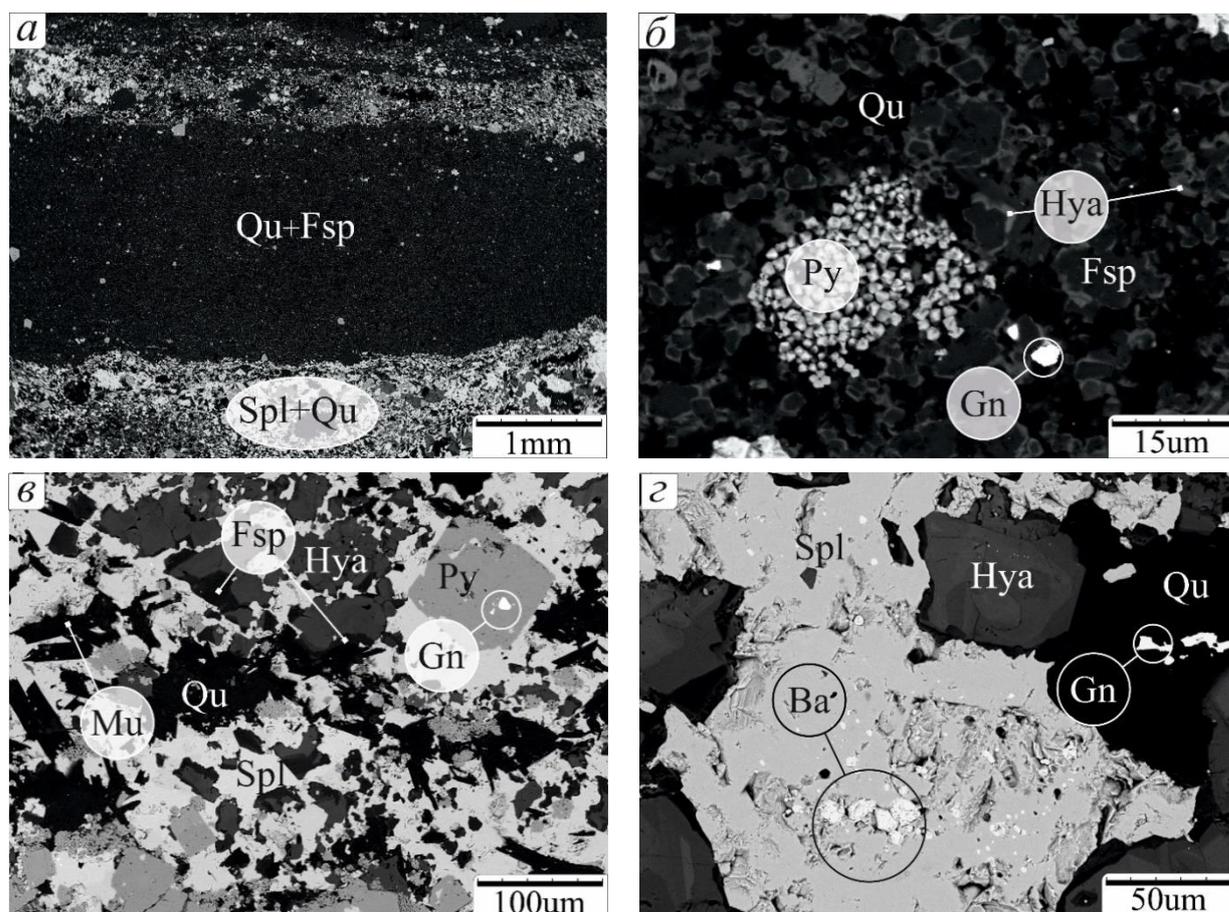


Рисунок 27. Образец ДЗЖ-7. Фотографии в обратно-отраженных электронах.

Qu – кварц, Spl – сфалерит, Py – пирит, Gn – галенит, Ba – барит, Fsp – калиевый полевой шпат, Hya – гиалофан, Mu – мусковит.

а) общий вид руды;

б) безрудный слой со скоплением мелких кристаллов пирита;

в) рудный слой, в котором пирит, мусковит, гиалофан и кварц сцементированы сфалеритом;

г) гиалофан, окруженный сфалеритом, и скопление барита.

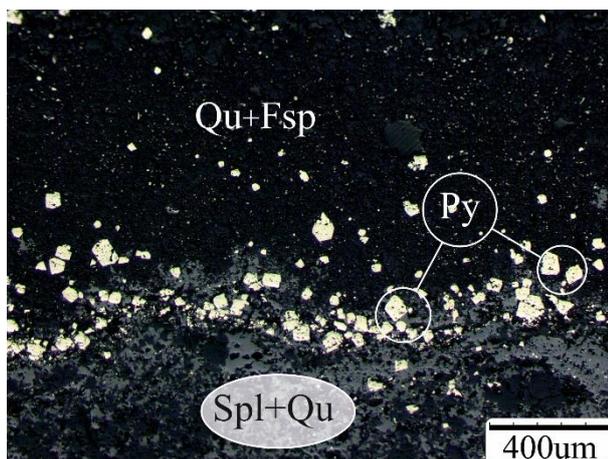


Рисунок 28. Образец ДЗЖ-7 Фотографии в отраженном свете.
 Qu – кварц, Spl – сфалерит, Py – пирит, Fsp – калиевый полевой шпат.
 Граница рудного и безрудного слоя с пиритом.

Образец ДЗЖ-18-5. Образец неравномерно ритмично-слоистый. Безрудный черный слой образован смесью кварца и кальцита (0,7-1,5см), рудный в основном пиритом (0,5-0,7 мм, рис. 30б).

Безрудный слой сложен мелкозернистыми кальцитом и кварцем, редко попадаются фрамбоиды пирита (<0,006 мм), мусковит (<0,01 мм) и доломит (<0,025 мм). Акцессорные минералы представлены рутилом (<0,01 мм), пирофиллитом (<0,02 мм), апатитом (<0,05 мм), монацитом (<0,008 мм) и цирконом (<0,02 мм). Некоторые скопления фрамбоидов сцементированы галенитом (рис. 29а) или органическим веществом (рис. 29б). Рудный слой образован в основном фрамбоидами (<0,05 мм) с галенитом и без него, их соотношение приблизительно одинаковое (рис. 29в, 29г, 30а). Кристаллы пирита попадают крайне редко. В рудном слое обнаружен рутил внутри фрамбоида. В данном образце рентгенофазовым анализом зарегистрирован вюрцит, но учитывая, что минерал имеет идеальную формулу ZnS, здесь его назовем «сфалеритом». «Сфалерит» образует зерна неправильной формы и занимает межзерновое пространство (рис. 29в).

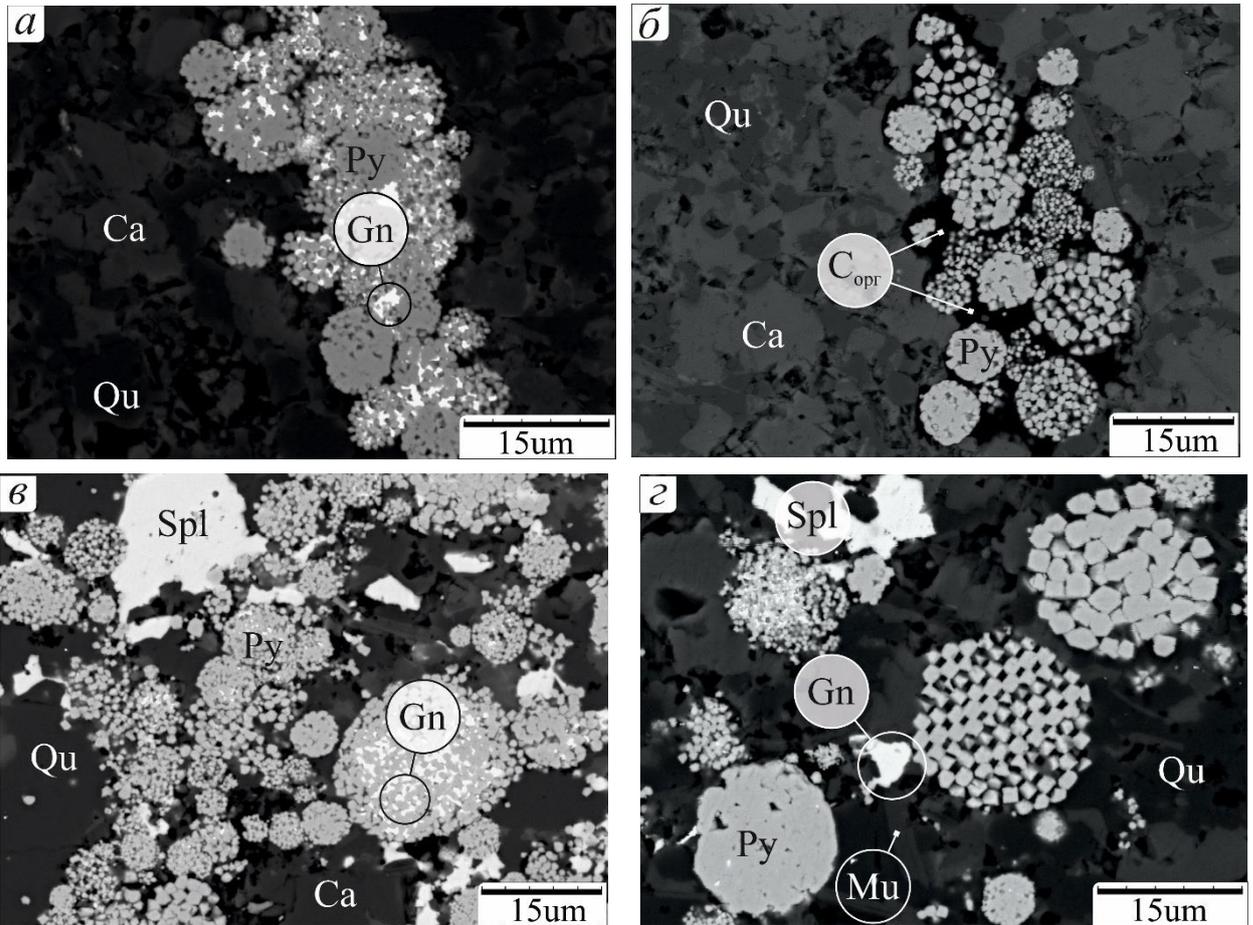


Рисунок 29. Образец ДЗЖ-18-5. Фотографии в обратно-отраженных электронах.
 Qu – кварц, Spl – сфалерит, Py – пирит, Gn – галенит, Ca – кальцит, C_{орг} – органическое вещество.
 а) фрамбоиды пирита, сцементированные галенитом, в безрудном слое;
 б) фрамбоиды пирита, сцементированные органическим веществом, в безрудном слое;
 в) общий вид рудного слоя;
 г) различные по виду фрамбоиды пирита.

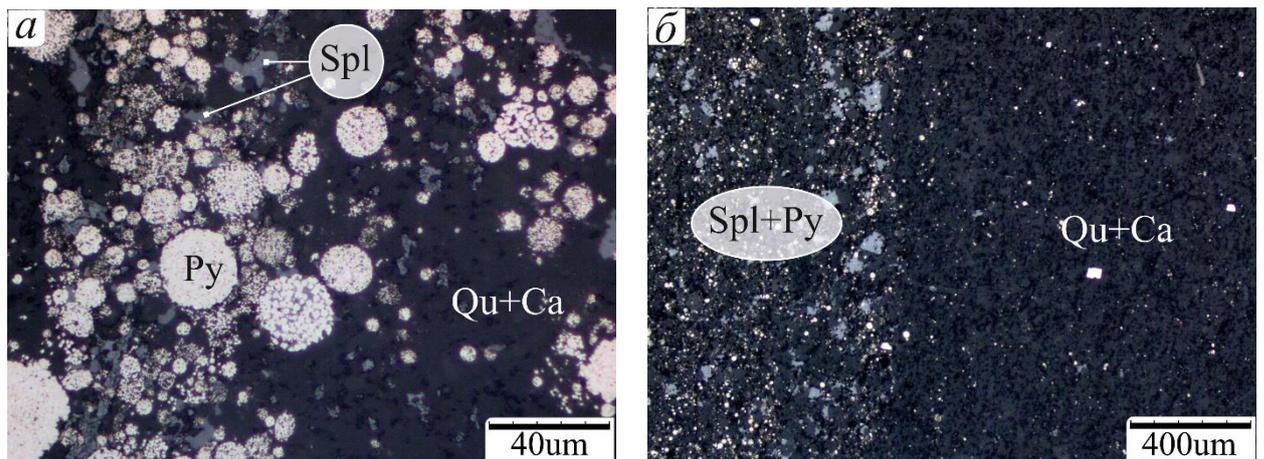


Рисунок 30. Образец ДЗЖ-18-5. Фотографии в отраженном свете.
 Qu – кварц, Spl – сфалерит, Py – пирит, Ca – кальцит.
 а) общий вид рудного слоя;
 б) граница рудного и безрудного слоев.

2.6. Пиритовый тип руды

Образец ДЗЖ-1. Образец массивный, темно-серый, с тонкими краплениями пирита.

Образец в основном сложен кварцем, калиевым полевым шпатом и фрамбоидами пирита (<0,04 мм, рис. 31а). Сфалерита мало, местами цементирует пирит. Галенит встречается в очень небольшом количестве внутри фрамбоидов пирита или отдельными зернами, некоторые из них покрыты англезитом (<0,04 мм, рис. 31б). Помимо фрамбоидов пирита встречаются кристаллы (<0,015 мм).

Акцессорные минералы – мусковит (<0,02 мм), рутил (<0,01 мм), барит (<0,06 мм) и предположительно плумбогуммит (<0,01 мм).

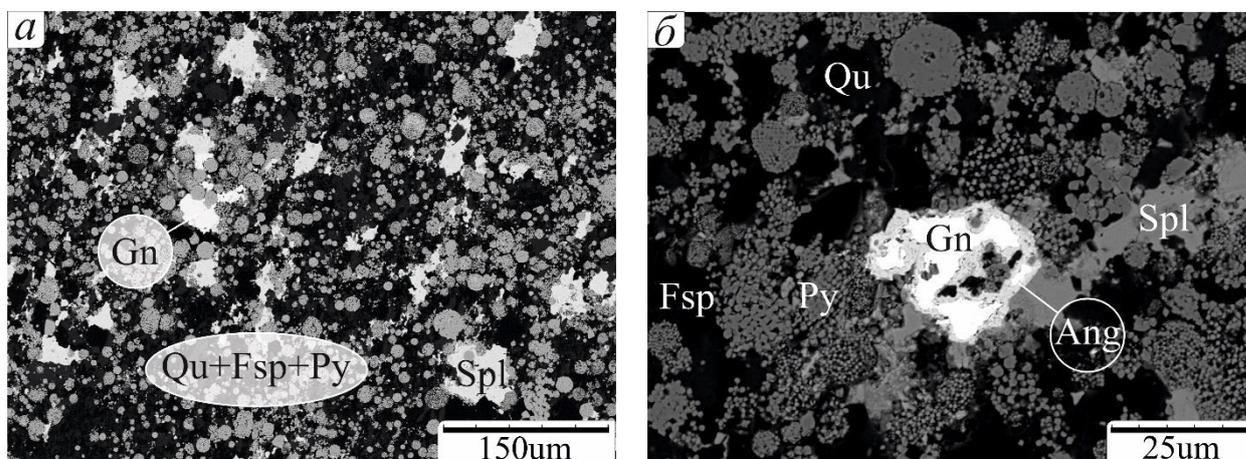


Рисунок 31. Образец ДЗЖ-1. Фотографии в обратно-отраженных электронах.

Qu – кварц, Spl – сфалерит, Py – пирит, Gn – галенит, Fsp – калиевый полевой шпат, Ang – англезит.

а) общий вид породы, фрамбоиды пирита, частично сцементированные сфалеритом и галенитом;

б) фрамбоиды пирита и галенит с англезитом.

Образец ДЗЖ-18-6. Образец неравномерно-слоистый, состоит в основном из карбонатов, кварца и пирита (рис. 32а, 33а). Можно условно выделить два участка для упрощения описания: грубозернистый с безрудными прослоями и мелкозернистый.

Грубозернистый участок

Здесь пирит почти полностью представлен идиоморфными кристаллами (<1 мм, рис. 32а), фрамбоиды образуют местами тонкие линзы. Гематит формирует мелкозернистые и игольчатые агрегаты (рис. 32а, 32б). Сфалерит, галенит, барит и халькопирит представлены мелкими кристаллами (<0,02 мм). Барит, гематит и кварц также кристаллизуются между «иголками» гематита. Помимо кварца и кальцита вмещающая порода в значительной степени содержит альбит, сидерит, доломит (согласно рентгенофазовому анализу) и флогопит (рис. 32в, 33б), в незначительных количествах встречаются мусковит (0,03 мм), анкерит (<0,05 мм) и гиалофан (<0,01 мм). В безрудной части рассеяны крупные кристаллы (<1 мм) и фрамбоиды пирита (рис. 32г, 33а).

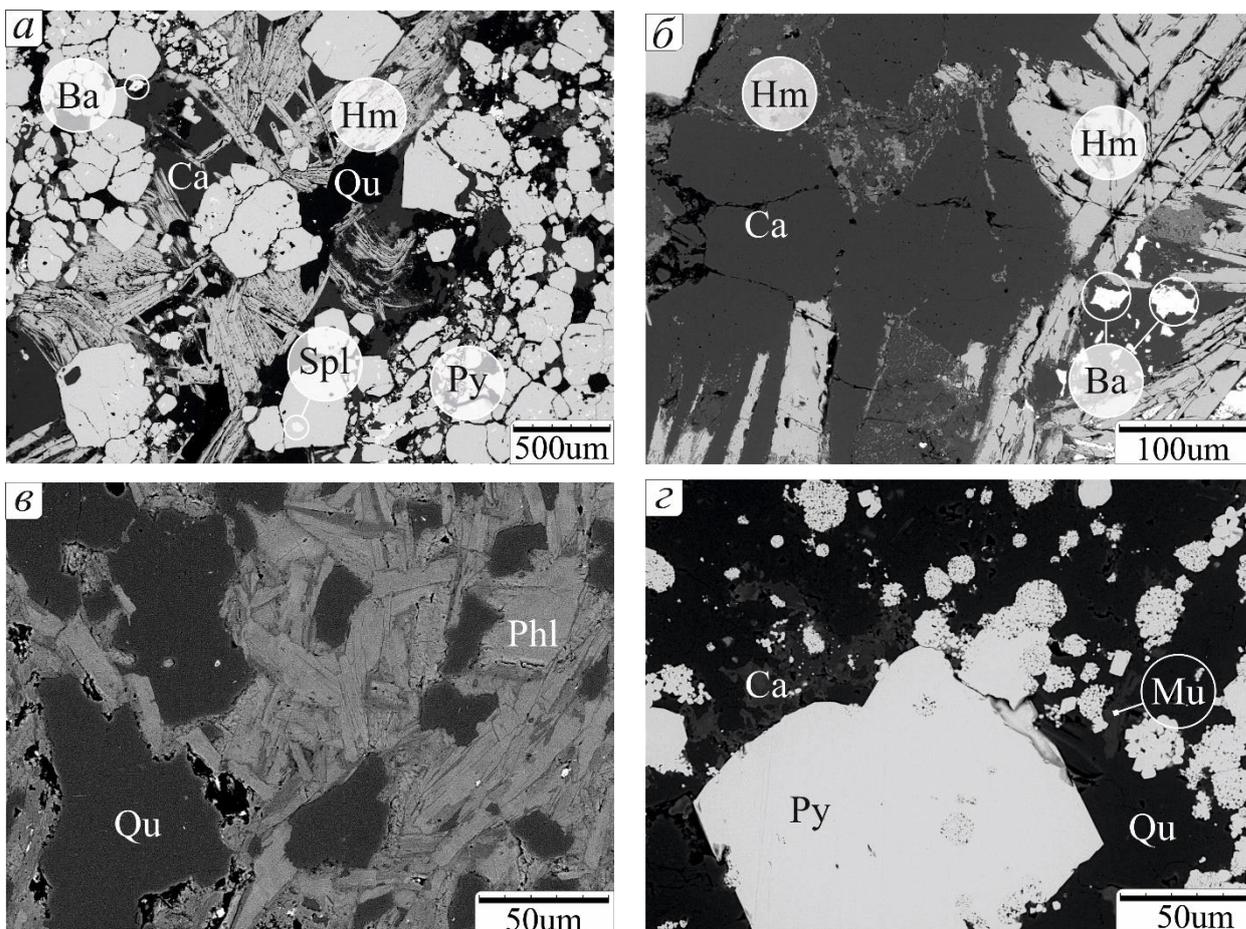


Рисунок 32. Образец ДЗЖ-18-6. Фотографии в обратно-отраженных электронах.
 Qu – кварц, Py – пирит, Spl – сфалерит, Gn – галенит, Hm – гематит, Phl – флогопит,
 Mu – мусковит, Ca – кальцит.
 а) общий вид грубозернистого участка, игольчатый гематит огибает кристаллы пирита;
 б) две генерации гематита: слева – мелкозернистый, справа - игольчатый;
 в) пластины флогопита в кварце;
 г) кристалл пирита поглощает фрамбоиды в безрудной части.

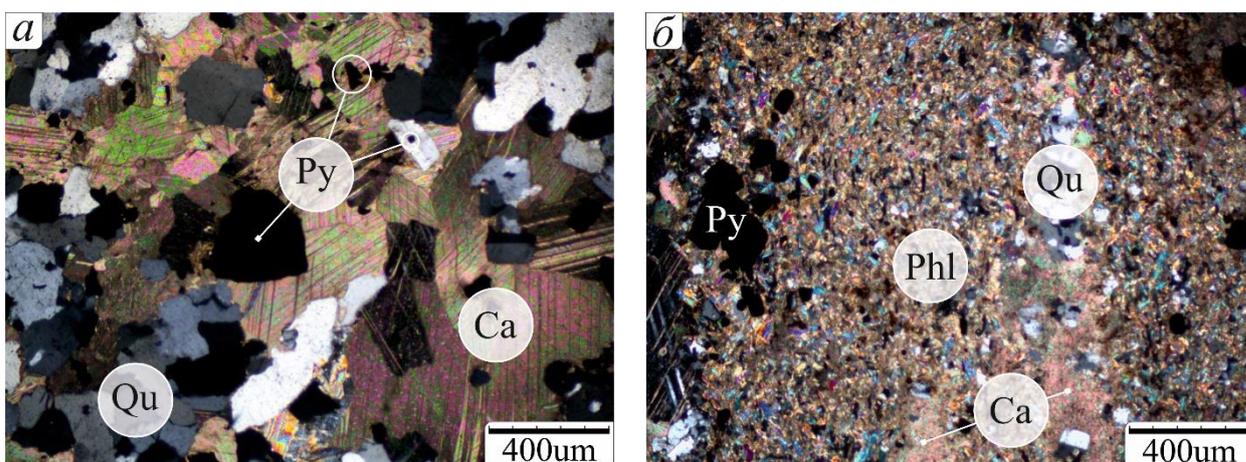


Рисунок 33. Образец ДЗЖ-18-6. Фотографии в проходящем свете со скрещенными николями.
 Qu – кварц, Py – пирит, Phl – флогопит, Ca – кальцит.
 а) пирит в кварце и кальците в безрудном слое;
 б) мелкозернистый агрегат флогопита.

Мелкозернистый участок

Руда содержит мелкие фрамбоиды пирита с прослойками из агрегатов кристаллов ($<0,06$ мм, рис. 34а, 35а, 35б). Барит здесь встречается немного чаще, чем в грубозернистом участке, и цементирует пирит (рис. 34б). Часть кальцита представлена отдельными зернами почти без включений пирита (<1 мм, рис. 34в). Сфалерит ($<0,02$ мм), барит ($<0,5$ мм), апатит ($<0,025$ мм), халькопирит ($<0,02$ мм) и предположительно тистарит ($<0,25$ мм) представлены отдельными зернами (рис. 34б, 34г). Слой нарушен системами трещин разных генераций, заполненных крупнозернистым кварцем и кальцитом. Пиритовые прослойки пересекают их (рис. 34а, 35а, 35б).

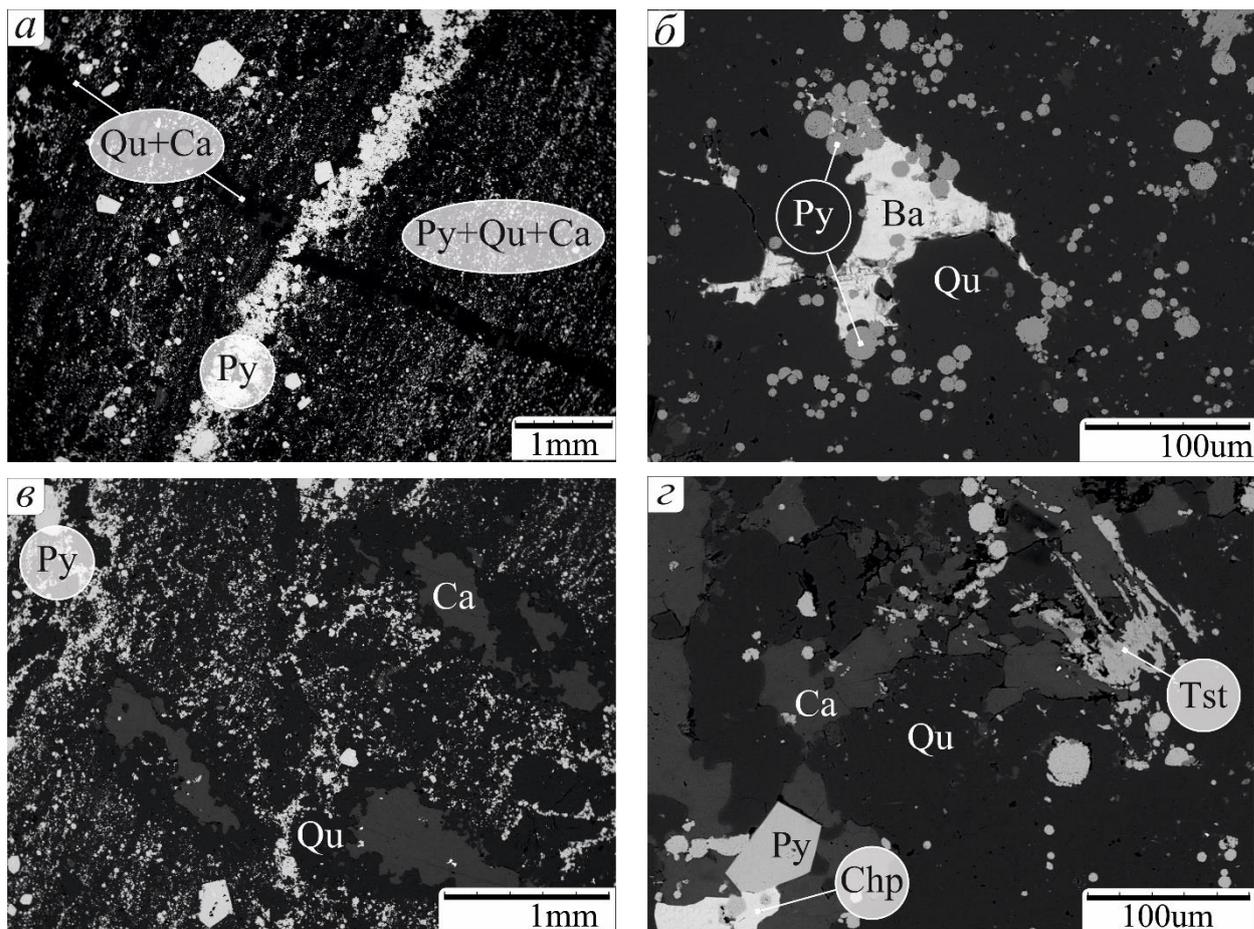


Рисунок 34. Образец ДЗЖ-18-б. Фотографии в обратно-отраженных электронах.
Qu – кварц, Py – пирит, Chp – халькопирит, Ba – барит, Tst – тистарит, Ca – кальцит.
а) общий вид мелкозернистого слоя;
б) барит цементирует фрамбоиды пирита;
в) кальцитовые зерна в кварцевой оболочке, почти не содержащие пирит;
г) тистарит, халькопирит и пирит в кварце и кальците.

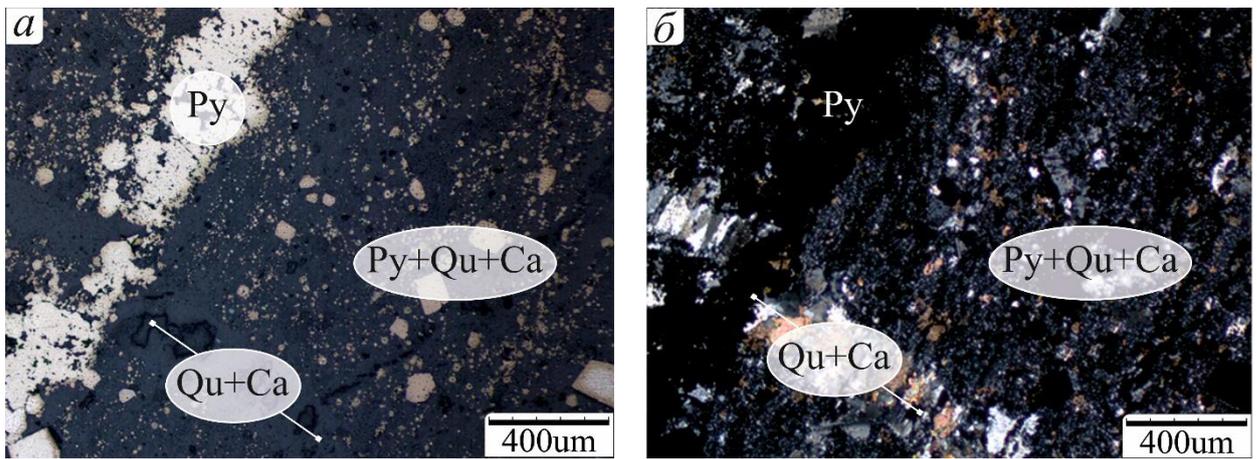


Рисунок 35. Образец ДЗЖ-18-6. Фотографии в отраженном свете (а) и в проходящем свете со скрещенными николями (б).

Py – пирит, Ca – кальцит, Qu – кварц.
Общий вид мелкозернистого слоя.

Глава 3.

Минералогия руд

Последние минералогические исследования руд месторождения выполнены в 1979 году Н.М. Митряевой. Она диагностировала 34 рудных и 17 нерудных минералов. Полученный в результате данного исследования список содержит 41 минерал (таб. 1) и в целом совпадает по главным и ведущим второстепенным минералам, но есть новые. К минералам, слагающим вмещающие породы, добавлен гиалофан. Остальные новые для месторождения минералы акцессорные – рутил, гётит, аргентит, халькозин, циркон, пирофиллит, монацит, апатит, англезит, йодаргирит, токорналит. Некоторые из них требуют дополнительной диагностики – это тистарит, котуннит, плюмбогуммит, минералы стронция (витчит/ танелит) и цезия (паризит, аризит/ люкейченжит).

В главе минералы разделены на главные, второстепенные и акцессорные. К главным рудным минералом относятся барит, галенит, сфалерит и пирит, а к главным нерудным – кварц, калиевый полевой шпат, гиалофан и кальцит. Содержание в породе главных минералов превышает 10%, но их количество в разных типах руд меняется от акцессорного до главного в различных зонах. Содержание второстепенных минералов варьируется в пределах от 1% до 10%. Среди них наиболее распространенными являются мусковит и, в меньшей степени, доломит. Минералы, содержание которых не превышает 1%, являются акцессорными. Среди них часто обнаруживаются рутил, апатит, халькопирит и теннантит.

Почти во всех образцах минералы, зарегистрированные при рентгенофазовом анализе, подтверждались и электронно-микроскопическими исследованиями. Однако, в некоторых случаях минералы обнаруживались только при рентгенографии. Например, гипс и мусковит в образце ДЗЖ-8, но при этом они появлялись в других на электронно-микроскопических исследованиях. О присутствии вюрцита (образец ДЗЖ-18-5) и пирротина (образец ДЗЖ-2) можно судить только по результатам рентгенофазового анализа.

Таблица 1. Минералы барит-свинцово-цинковых руд
месторождения Дальнезападный Жайрем

Минерал	Формула	Номер образца (ДЗЖ-...)													
		Ba ¹			Pb-Ba			Pb-Zn		Fe-Pb-Zn		Fe-Zn		Fe	
		18-4	5	19-9	3a	18-3	18-2	19-8	4	2	8	7	18-5	1	18-6
кварц	SiO ₂	Г	Г	Г	Г	Г	Г ⁺	Г ⁺	Г ⁺	Г	Г ⁺	Г ⁺	Г ⁺	В ⁺⁺	Г ⁺
рутил	TiO ₂						А	А		А	А		А	А	
тистарит (?)	Ti ₂ O ₃														А
гематит	Fe ₂ O ₃	В ⁺	В												В ⁺
магнетит	FeFe ₂ O ₄									В ⁺					
гётит	HFeO ₂				А										
аргентит	Ag ₂ S	А ⁺													
галенит	PbS	А ⁺	В	В	В ⁺⁺	В ⁺⁺	Г	Г	Г	Г	В ⁺⁺	А ⁺⁺	В	А ⁺⁺	А
сфалерит	ZnS	А		А	А	В	В ⁺⁺	Г	Г ⁺	Г	Г	Г ⁺		В	А
вюрцит	ZnS												В ⁺⁺²		
киноварь	HgS	В ⁺	А												
халькозин	Cu ₂ S		В												
пирротин	Fe _{1-x} S									В ⁺⁺²					
халькопирит	CuFeS ₂		А ⁺⁺			В	А								А
пирит	FeS ₂		В ⁺	В ⁺⁺	В ⁺	В	В ⁺⁺	В ⁺	В	Г	Г	Г	Г	Г ⁺	Г ⁺
арсенопирит	FeAsS									В					
теннантит	Cu ₁₂ AsS ₁₂				А	А	А								А
циркон	ZrSiO ₄												А		
пирофиллит	Al ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₄									А ⁺⁺	А		А		
мусковит	KAl ₂ (AlSi ₃ O ₁₀)(OH) ₂			А	А ⁺⁺			В ⁺⁺	В ⁺⁺	В ⁺⁺	В ⁺⁺²	В ⁺⁺	В ⁺⁺		А
флогопит	KMg ₃ (AlSi ₃ O ₁₀)(OH) ₂														В ⁺⁺
шамозит	(Fe ²⁺ ₅ Al)(AlSi ₃ O ₁₀)(OH) ₈										А				
альбит	NaAlSi ₃ O ₈									А					В ⁺⁺
калиевый полевой шпат	KAlSi ₃ O ₈				А ⁺⁺		В ⁺	Г ⁺	А ⁺	В	В ⁺⁺	Г	Г	В ⁺⁺	А
гиалофан	(K,Ba)((Al,Si) ₄ O ₈)						В ⁺	Г				Г			А
кальцит	CaCO ₃							А ³		Г	Г ⁺	В ⁺⁺	Г ⁺		В ⁺⁺
сидерит	FeCO ₃										В				В ⁺⁺
доломит	CaMg(CO ₃) ₂									А		А	В ⁺⁺		В ⁺⁺
анкерит	CaFe(CO ₃) ₂									А			В ⁺		
паризит (?)	CaCe ₂ (CO ₃) ₃ F ₂						А								
аризит (?)	NaCe ₂ (CO ₃) ₂ (F _{2x} (CO ₃) _{1-x})F						А								
люкчейнжит (?)	Na ₃ Ce ₂ (CO ₃) ₄ F														

Таблица 1 (продолжение). Минералы барит-свинцово-цинковых руд месторождения Дальнезападный Жайрем

Минерал	Формула	Номер образца (ДЗЖ-...)													
		Ba			Pb-Ba			Pb-Zn		Fe-Pb-Zn		Fe-Zn		Fe	
		18-4	5	19-9	3a	18-3	18-2	19-8	4	2	8	7	18-5	1	18-6
монацит	CePO ₄				A								A ⁺		
апатит	Ca ₅ (PO ₄) ₃ (OH, F)				A		A	A	A	A	A		A		A
плюмбогуммит (?)	PbAl ₃ (PO ₄) ₂ (OH) ₅ · H ₂ O													A	
барит	BaSO₄	Г⁺⁺	Г⁺⁺	Г⁺⁺	Г⁺⁺	Г⁺⁺	Г						A⁺	A	A⁺
англезит	PbSO ₄													A ⁺	
гипс	CaSO ₄ · 2H ₂ O	A										B ⁺⁺²			
котуннит (?)	PbCl ₂											A			
йодаргирит	AgI	A ⁺													
токорналит	(Ag, Hg)I	A ⁺													
витчит (?)	Sr ₂ B ₁₁ O ₁₆ (OH) ₅ · H ₂ O														
танелит (?)	SrB ₆ O ₉ (OH) ₂ · 3H ₂ O						A ⁺⁺								

Примечания:

- Главные минералы – >10%:
 - Г⁺⁺ – 70-100%;
 - Г⁺ – 40-70%;
 - Г – 10-40%.
- Второстепенные минералы – 1-10%:
 - В⁺⁺ – 7-10%, зарегистрированы при рентгенофазовом анализе не во всех пробах образца и/ или имеет наиболее слабые пики;
 - В⁺ – 4-7%, образуют скопления/ крупные зерна, нерегистрируемые при рентгенофазовом анализе;
 - В – 1-4%, больше 50 мкм, встречаются регулярно/ закономерно, достаточно часто.
- Акцессорные минералы – <1%:
 - А⁺⁺ – до 50 мкм, встречаются регулярно/ закономерно, достаточно часто;
 - А⁺ – до 50 мкм, встречаются регулярно/ закономерно;
 - А – единичные, любого размера.
- **Жирным шрифтом** выделены минералы, по которым выделялись минералогические типы руд.
- ¹ – минералогические типы руд: Ba – баритовый, Pb-Ba – галенит-баритовый, Pb-Zn – галенит-сфалеритовый, Fe-Pb-Zn – пирит-галенит-сфалеритовый, Fe-Zn – пирит-сфалеритовый, Fe – пиритовый.
- ² – определен только по результатам рентгенофазового анализа.
- ³ – обнаружен только при оптическом исследовании.
- Знаком (?) отмечены минералы, диагностика которых нуждается в уточнении.

2.1. Главные минералы

Кварц SiO_2

Самый распространённый минерал, во всех образцах является главным. Ассоциирует со всеми минералами.

Морфология разнообразна. Кварц образует идиоморфные кристаллы (рис. 36а, 36б), крупные агрегаты с аллотриоморфнозернистой структурой (рис. 36в), заполняет межзерновое пространство (рис.36 г).

Под оптическим микроскопом при скрещенных николях серый, наблюдаются отдельные зерна размером не более 0,1 мм. При параллельных николях шагрень и рельеф отсутствует.

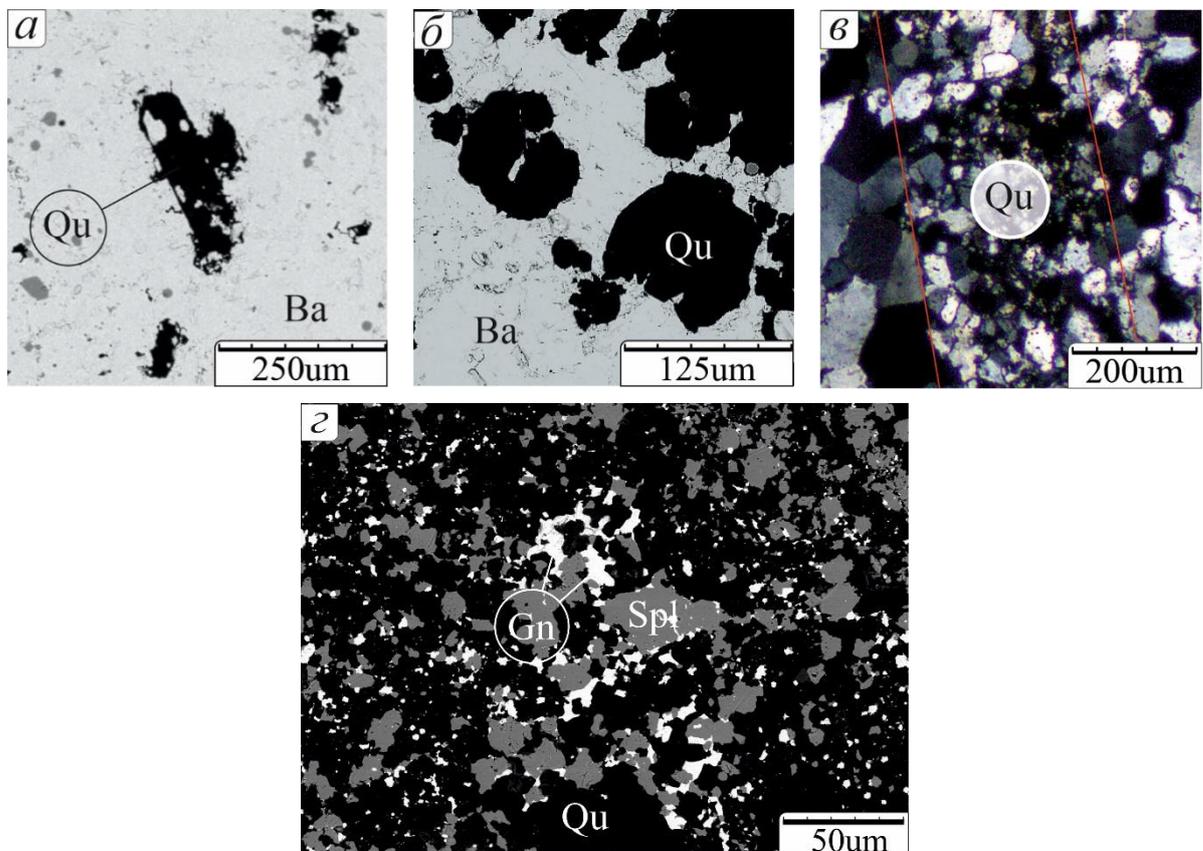


Рисунок 36. Фотографии кварца в обратно-отраженных электронах (а, б и г) и проходящем свете со скрещенными николями (в)

Ba – барит, Qu – кварц, Gn – галенит, Spl – сфалерит, красные линии – граница кварца и барита.

а) идиоморфный кристалл кварца в продольном сечении (образец ДЗЖ-5);

б) идиоморфный кристалл кварца в поперечном сечении (образец ДЗЖ-3а);

в) жилка аллотриоморфнозернистого кварца (образец ДЗЖ-18-4);

г) кварц в межзерновом пространстве (образец ДЗЖ-4).

Галенит PbS

Встречается во всех образцах, по содержанию изменяется от акцессорного до главного минерала. Ассоциирует со всеми главными рудными и нерудными минералами, мусковитом и некоторыми акцессорными минералами.

В основном, галенит занимает межзерновое пространство (рис. 37а). Также часто встречается внутри фрамбоидов пирита (рис. 37б) и кристаллов: сфалерита, пирита, гиалофана и других минералов (рис. 37а). В образце ДЗЖ-2 галенит образовал мелкоигльчатый агрегат, захватив фрамбоиды пирита (рис. 37в).

В отраженном свете галенит светло-серый (рис. 37г).

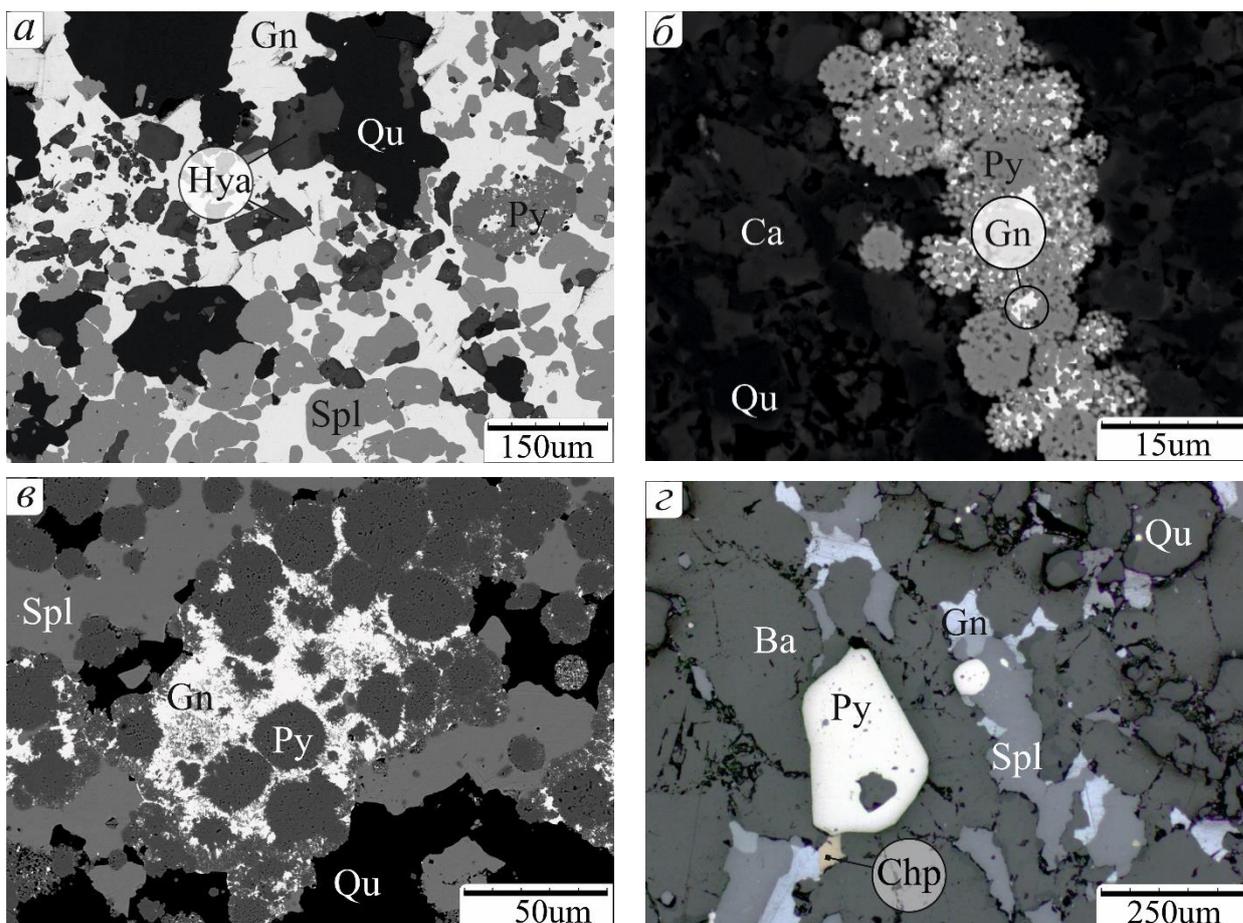


Рисунок 37. Фотографии галенита в обратно-отраженных электронах (а-в) и отраженном свете (г)

Ba – барит, Qu – кварц, Gn – галенит, Spl – сфалерит, Py – пирит.

а) галенит в межзерновом пространстве (образец ДЗЖ-18-2);

б) галенит внутри фрамбоидов пирита (образец ДЗЖ-18-5);

в) мелкоигльчатый агрегат галенита (образец ДЗЖ-2);

г) светло-серые зерна галенита в отраженном свете (образец ДЗЖ-18-3).

Сфалерит ZnS

Встречается во всех образцах, кроме ДЗЖ-5 и ДЗЖ-18-5 (вместо сфалерита вюрцит), по содержанию изменяется от акцессорного до главного минерала. Ассоциирует со всеми главными рудными и нерудными минералами, мусковитом и некоторыми акцессорными минералами.

Образует угловатые до 0,5 мм (рис. 38а) и округлые до 0,2 мм зерна и агрегаты из них (рис. 38б), занимает межзерновое пространство (рис. 38в).

Сфалерит изотропный. В отраженном свете темно-серый, темнее галенита, в проходящем свете без поляризатора темно-коричневый (рис. 38г).

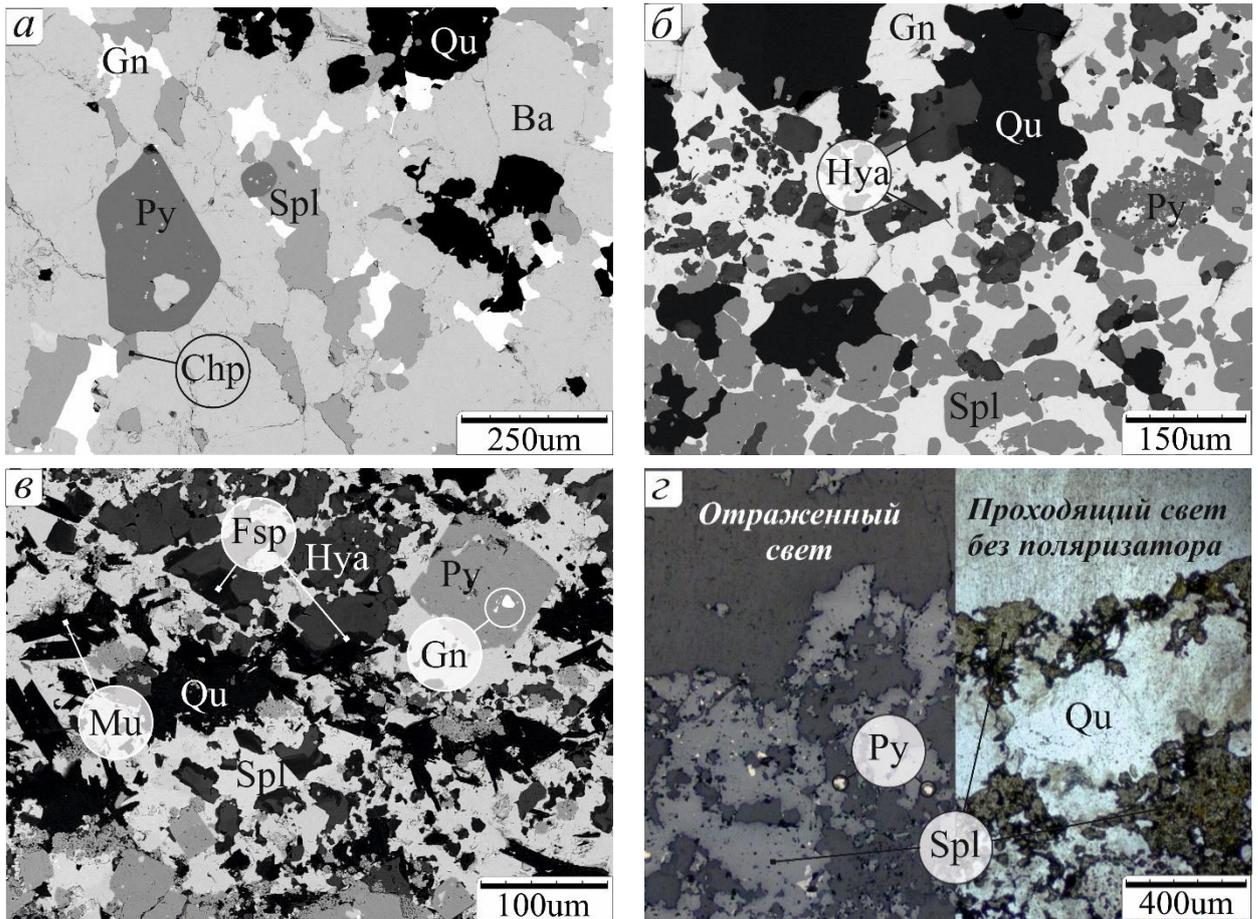


Рисунок 38. Фотографии сфалерита в обратно-отраженных электронах (а-в) и отраженном и проходящем свете без поляризатора (г).

Ва – барит, Qu – кварц, Gn – галенит, Spl – сфалерит, Py – пирит, Нуа – гиалофан, Му – мусковит.

а) угловатые зерна сфалерита (образец ДЗЖ-18-3);

б) округлые зерна сфалерита (образец ДЗЖ-18-2);

в) сфалерит в межзерновом пространстве (образец ДЗЖ-7);

г) темно-серый сфалерит в отраженном свете и коричневый в проходящем без поляризатора (образец ДЗЖ-18-2).

Пирит FeS₂

Встречается во всех образцах, кроме ДЗЖ-18-4, по содержанию изменяется от аксессуарного до главного минерала. Ассоциирует со всеми главными рудными и нерудными минералами, мусковитом, альбитом и некоторыми аксессуарными минералами.

У пирита можно выделить два морфологических вида: кристаллы и фрамбоиды. Кристаллы могут быть с включениями или без (рис. 39а), с четко выраженной кристаллографической формой или более сглаженные (рис. 39а и 39б), некоторые индивиды поглощают фрамбоиды (рис. 39б, 39в). Фрамбоиды представляют собой сферы из микрокристаллов, в некоторых случаях хорошо просматриваются отдельные кластеры, в других агрегаты более монолитные (рис. 39г). Они часто сцементированы галенитом, в редких случаях органическим веществом (рис. 39д). Кристаллы могут достигать размерами 1 мм, фрамбоиды в основном не превышают 0,1 мм, редко больше.

В отраженном свете светло-желтый.

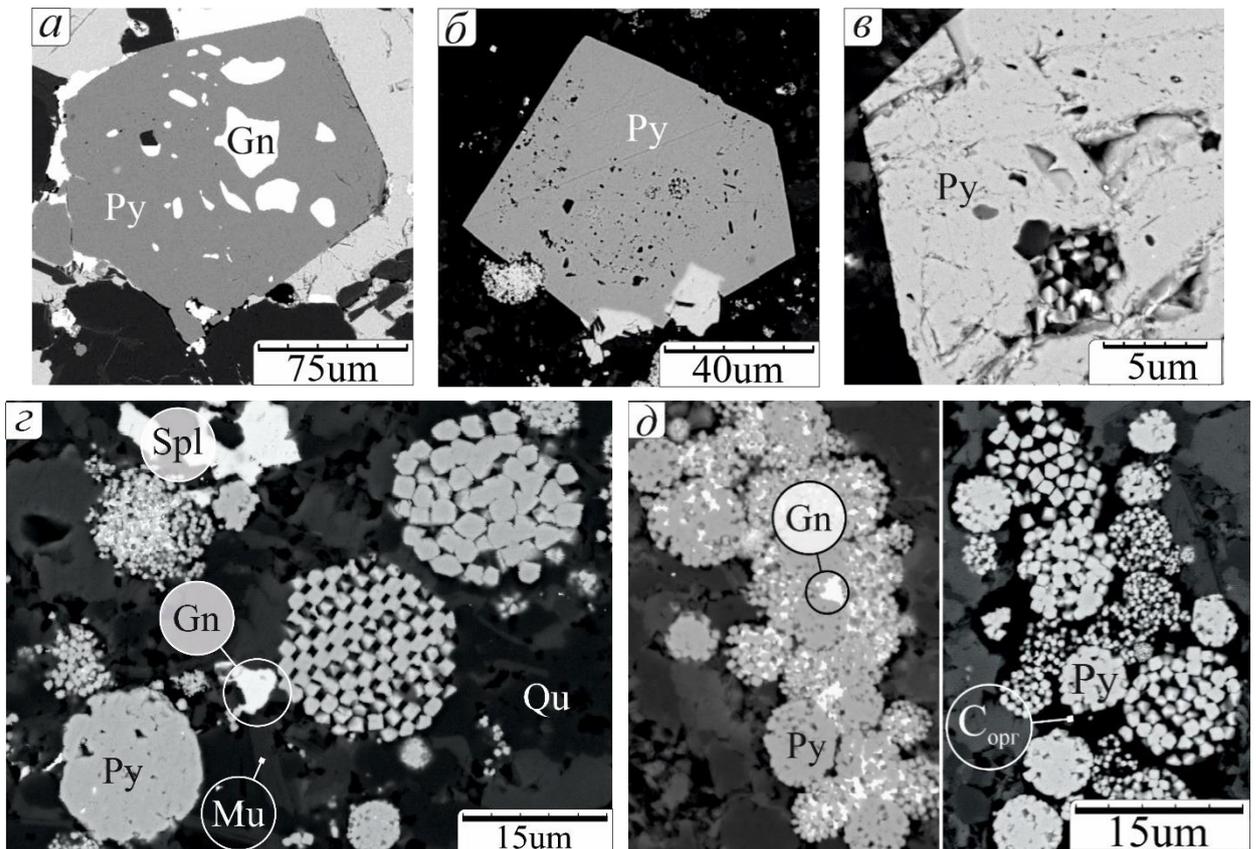


Рисунок 39. Фотографии пирита в обратно-отраженных электронах.

Py – пирит, Qu – кварц, Gn – галенит, Mu – мусковит, C_{орг} – органическое вещество.

- а) кристалл пирита с включениями галенита и сглаженными углами (образец ДЗЖ-3а);
- б) кристалл с четко выраженной кристаллографической формой (образец ДЗЖ-2);
- в) поглощенный кристаллом фрамбоид (образец ДЗЖ-7);
- г) различные по виду фрамбоиды пирита (образец ДЗЖ-18-5);
- д) сцементированные фрамбоиды пирита: слева галенитом и справа органическим веществом (образец ДЗЖ-18-5).

Калиевый полевой шпат $KAlSi_3O_8$

Является второстепенным и главным минералом в образцах с барит-галенитового до пиритового типа руд. Ассоциирует со всеми полиметаллическими рудными и нерудными минералами, мусковитом и некоторыми акцессорными минералами.

В самостоятельном виде образует угловатые зерна не более 0,03 мм (рис. 40а). Характерна ассоциация с гиалофаном и зональность образуемых индивидов (рис. 40б, 40в). На рисунках 40в и 40г видно, что зерна отличаются: в первом случае они угловатые, кайма широкая и не повторяет форму ядра, во втором наоборот, тонкая кайма оконтуривает более округлые зерна с неровными краями. Размеры обоих вариантов не превышают 0,015 мм.

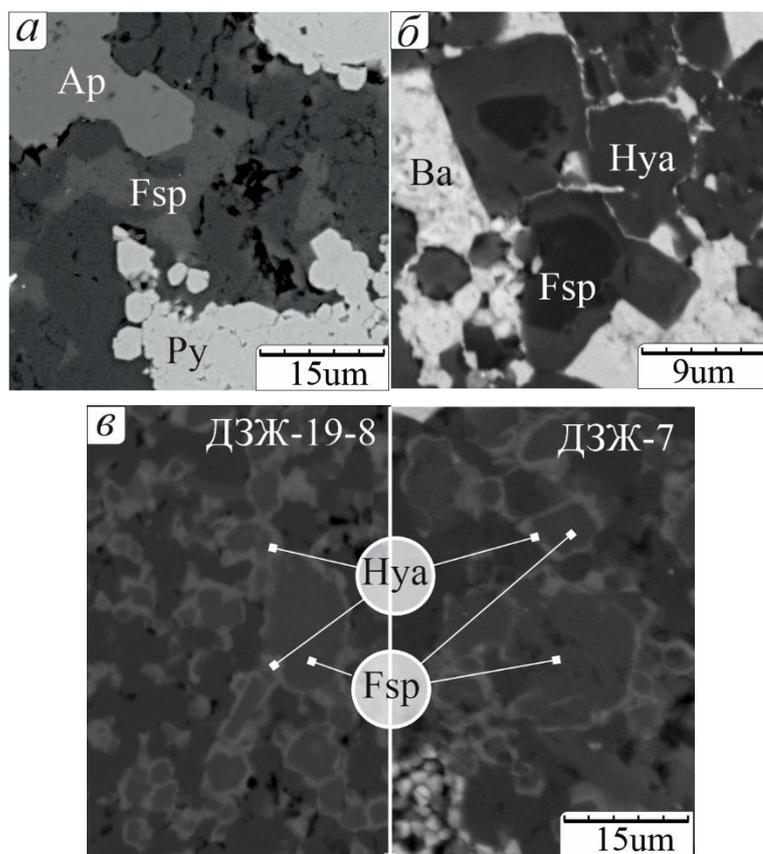


Рисунок 40. Фотография калиевого полевого шпата в обратно-отраженных электронах.

Fsp – калиевый полевой шпат, Ba – барит, Qu – кварц, Hya – гиалофан.

а) отдельное зерно в кварце (образец ДЗЖ-18-6);

б) калиевый полевой шпат с широкой гиалофановой каймой (образец ДЗЖ-18-2);

в) калиевый полевой шпат с узкой гиалофановой каймой в образце ДЗЖ-19-8 слева и ДЗЖ-7 справа.

Гиалофан (K, Ba)((Al, Si)Si₃O₈)

Аксессуарный минерал в образце ДЗЖ-18-6, второстепенный в ДЗЖ-2 и главный в ДЗЖ-19-8 и ДЗЖ-7. Ассоциирует с кварцем, кальцитом, калиевым полевым шпатом и полиметаллическими рудными минералами.

Гиалофан представлен в основном окатанными и реже более угловатыми зернами, часто образует индивиды вместе с калиевым полевым шпатом и имеет зональность из-за разного содержания бария. Выделяются три типа: мозаичная без закономерного распределения бария (рис. 41а), с бариевой каймой, в данном случае ядро может быть из калиевого полевого шпата (рис. 41б), и с бариевым ядром (рис. 41в, 41г). Во всех случаях отдельные зерна не превышают 0,05 мм.

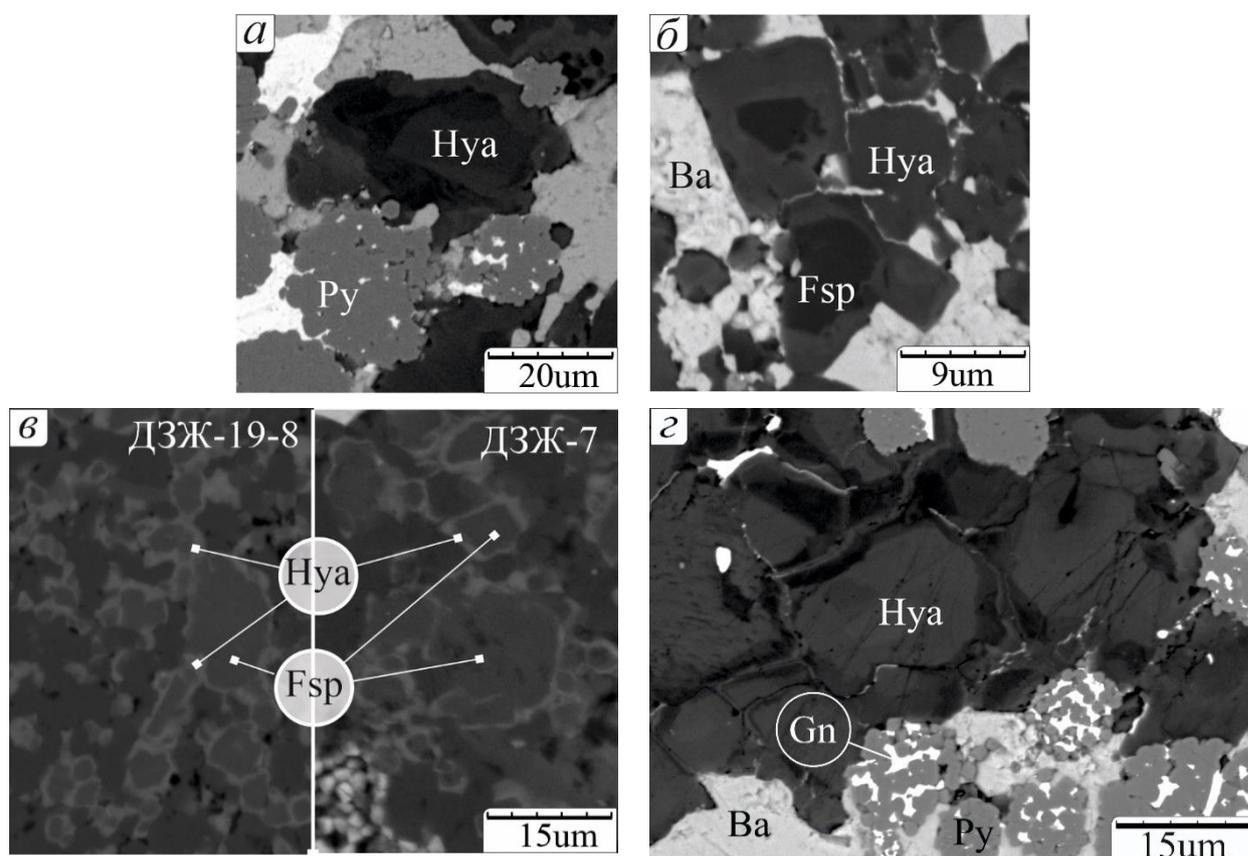


Рисунок 41. Фотография гиалофана в обратно-отраженных электронах.

Hyа – гиалофан, Fsp – калиевый полевой шпат, Ba – барит, Gn – галенит, Py – пирит.

а) мозаичный гиалофан (образец ДЗЖ-18-2);

б) широкая гиалофановая кайма на калиевом полевым шпате (образец ДЗЖ-18-2);

в) узкая гиалофановая кайма на калиевом полевым шпате в образце ДЗЖ-7 справа и ДЗЖ-19-8 слева.

г) гиалофан с обедненной барием каймой (образец ДЗЖ-18-2).

Кальцит CaCO_3

Второстепенный и главный минерал в основном в образцах с галенит-сфалерит-пиритового до пиритового типа руд, кроме ДЗЖ-1. Ассоциирует с полиметаллическими рудными минералами, с главными нерудными минералами, слюдами и с некоторыми акцессорными минералами.

Образует мозаичные срастания с кварцем, характерные в образцах ДЗЖ-8 и ДЗЖ-18-5 (рис. 42а): в первом образце границы слабовыраженные и кальцит преобладает, во втором разделение четкое и соотношение минералов приблизительно одинаковое. Размеры индивидов не более 0,05 мм. В остальных образцах формирует отдельные крупные зерна, до 0,5 мм, и агрегаты, иногда присутствует четкая граница между кальцитом и кварцем (рис. 42б, 42в).

В проходящем свете с поляризатором наблюдаются яркая интерференционная окраска и двойникование (рис. 42в).

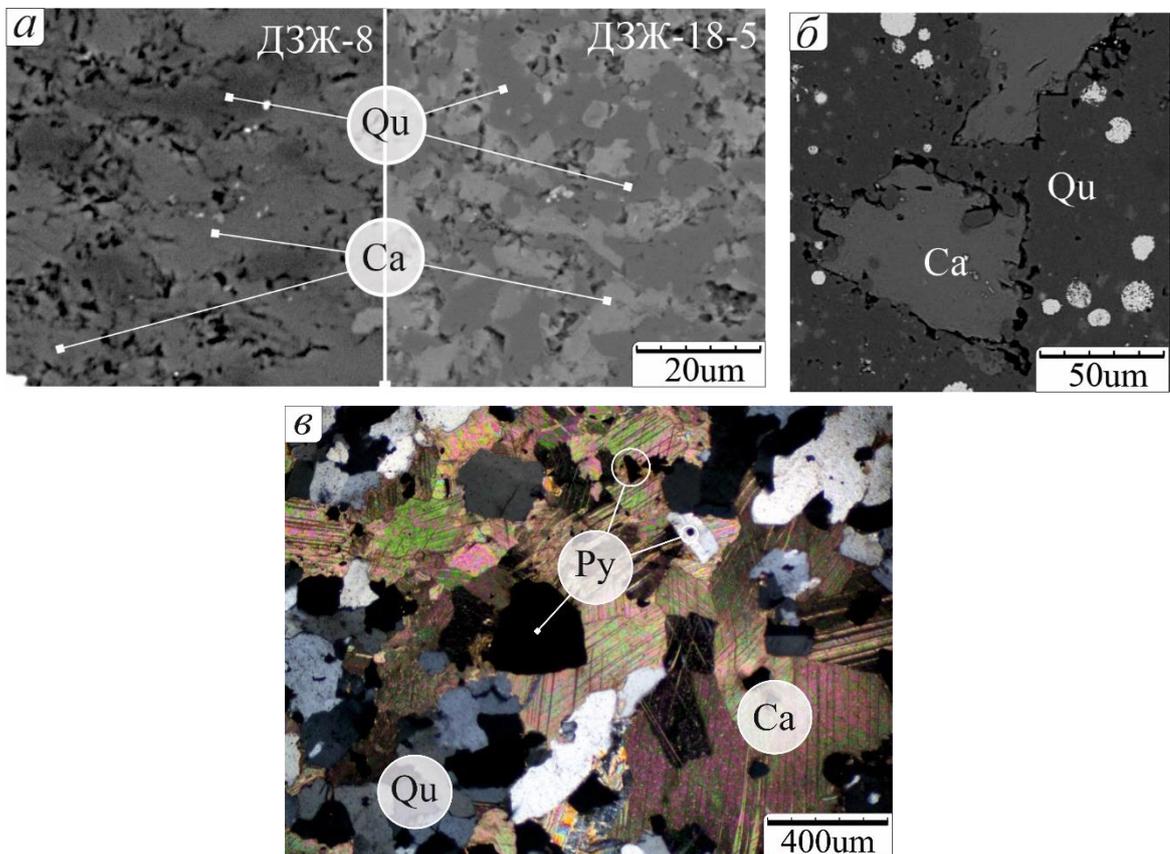


Рисунок 42. Фотографии кальцита в обратно-отраженных электронах (а, б) и в проходящем свете при скрещенных николях (в).

Ca – кальцит, Qu – кварц, Py – пирит.

а) кварц-кальцитовая масса в образце ДЗЖ-8 слева и ДЗЖ-18-5 справа;

б) отдельные зерна кальцита (образец ДЗЖ-18-6);

в) кальцитовый агрегат (образец ДЗЖ-18-6).

Барит $BaSO_4$

Главный минерал в образцах баритового и барит-галенитового типа руд и аксессуарный в ДЗЖ-7, ДЗЖ-1 и ДЗЖ-18-6. Ассоциирует с кварцем, калиевым полевым шпатом, гиалофаном, кальцитом, мусковитом, минералами серебра, сульфидами, оксидами железа и апатитом.

При доминировании в породе барит формирует аллотриоморфнозернистую структуру с крупными до 0,5 мм индивидами (рис. 43а). В образце ДЗЖ-18-2 барита значительно меньше, зерна в сфалерит-галенитовых слоях имеют обломочный вид (рис. 43б), в галенитовом более окатанные. В случае с аксессуарным появлением, барит образует отдельные мелкие зерна (рис. 43в), в некоторых случаях цементирующих пирит (рис. 43г).

В проходящем свете при скрещенных николях барит серый, без анализатора виден четкий рельеф (рис. 43а).

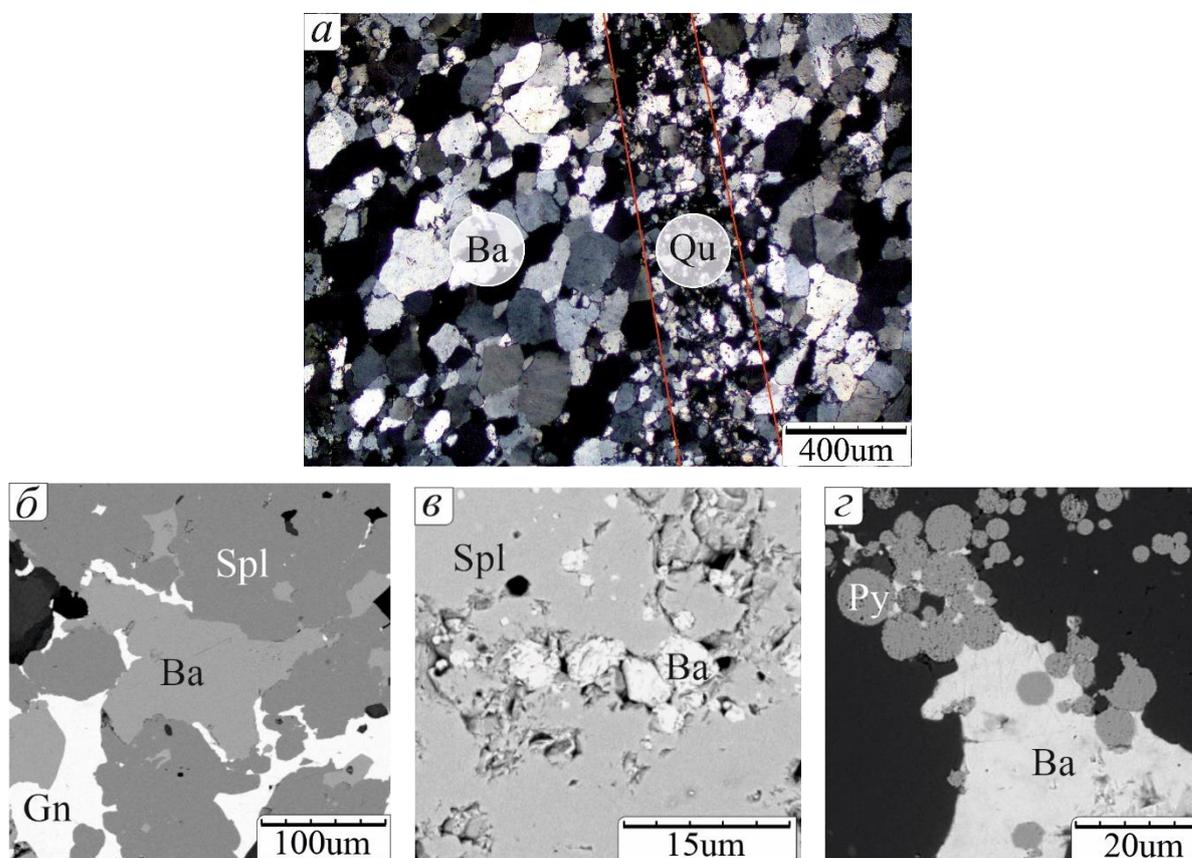


Рисунок 43. Фотографии барита в проходящем свете при скрещенных николях (а) и в обратно-отраженных электронах (б-г).

Ba – барит, Qu – кварц, Spl – сфалерит, Gn – галенит, Py – пирит.

а) аллотриоморфный крупнозернистый барит (образец ДЗЖ-18-4);

б) обломок барита (образец ДЗЖ-18-2);

в) скопление баритовых зерен в сфалерите (образец ДЗЖ 7);

г) сцементированные баритом фрамбоиды пирита (образец ДЗЖ-18-6).

2.2. Второстепенные минералы

Гематит Fe_2O_3

Второстепенный минерал, встречается в образцах ДЗЖ-18-4, ДЗЖ-5 и ДЗЖ-18-6. Ассоциирует с баритом, кварцем, слюдами, сульфидами, карбонатами и полевыми шпатами.

У гематита выделяется несколько морфологических видов, отличающихся в разных образцах: волокнистый (< 0,02мм), шарообразный (<0,03 мм) и скорлуповидный (<0,03 мм) в ДЗЖ-18-4 (рис. 44а-в); волокнистый, кольцевой и массивный в ДЗЖ-5 (рис. 44г-е); мелкозернистый и игольчатый в ДЗЖ-18-6 (рис. 44ж, 44з).

Гематит в отраженном свете белый, в проходящем красноватый.

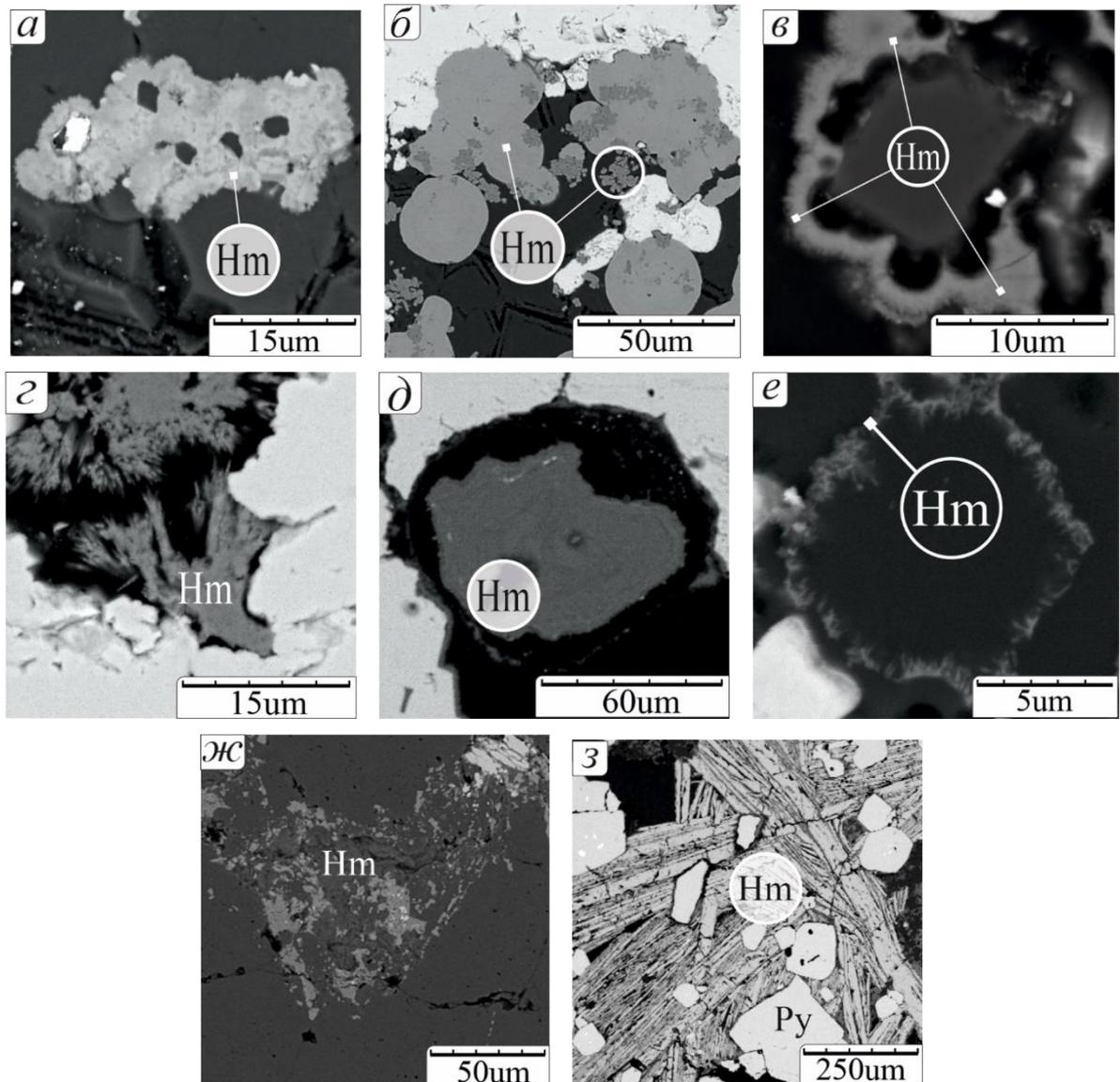


Рисунок 44. Фотографии различных видов гематита в обратно-отраженных электронах.

Hm – гематит, Py – пирит.

Образец ДЗЖ-18-4: а) волокнистый; б) шарообразный; в) скорлуповидный;

Образец ДЗЖ-5: г) волокнистый; д) волокнистый; е) кольцевой;

Образец ДЗЖ-18-6: ж) мелкозернистый; з) игольчатый.

Магнетит $FeFe_2O_4$

Второстепенный минерал, встречается только в образце ДЗЖ-2. Ассоциирует с кварцем, кальцитом, мусковитом, пиритом, сфалеритом и галенитом.

Образует идиоморфные кристаллы ($<0,1$ мм) и вытянутые зерна ($<0,1$ мм), те и другие захватывают минералы (рис. 45а, 45б).

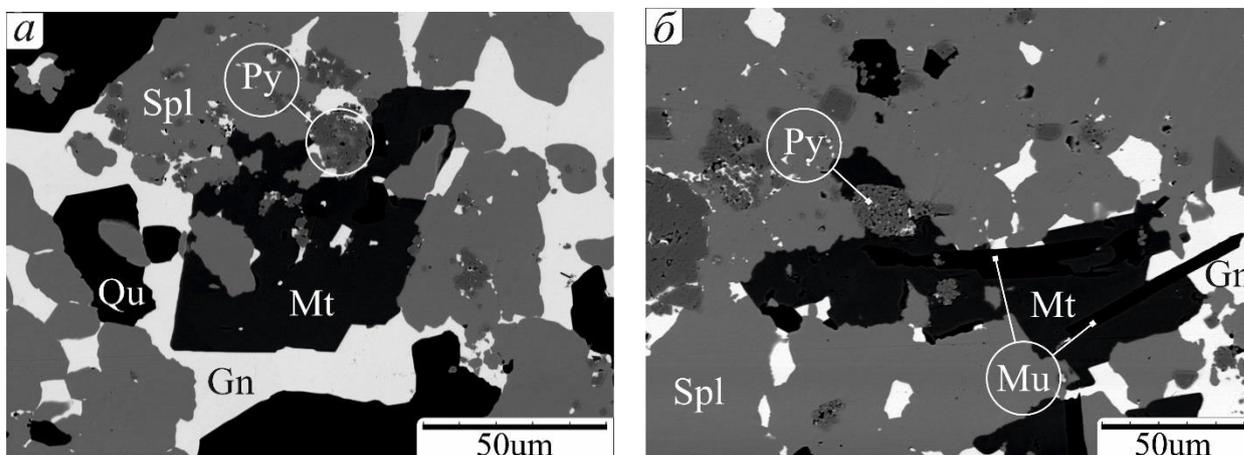


Рисунок 45. Фотографии магнетита в обратно-отраженных электронах. Qu – кварц, Mt – магнетит, Mu – мусковит, Spl – сфалерит, Py – пирит.

а) идиоморфный кристалл магнетита.

б) вытянутое зерно магнетита.

Киноварь HgS

Второстепенный минерал в образце ДЗЖ-18-4 и аксессуарный в образце ДЗЖ-5. Ассоциирует с баритом, сфалеритом, гематитом и кварцем.

Образует массивную кайму на сфалерите (рис. 46а) и волокнистые срастания с гематитом (рис. 46б).

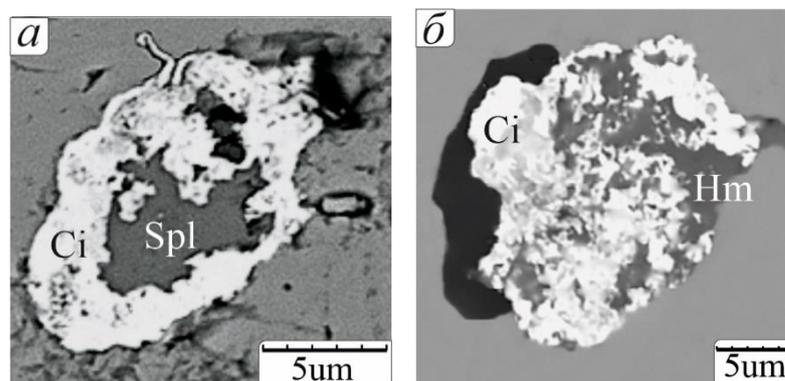


Рисунок 46. Фотографии киновари в обратно-отраженных электронах.

Ci – киноварь, Spl – сфалерит, Hm – гематит.

а) кайма из киновари на сфалерите;

б) срастание киновари с гематитом.

Халькозин Cu_2S

Второстепенный минерал, встречается только в образце ДЗЖ-5. Ассоциирует с кварцем, баритом, пиритом и галенитом. Распределен равномерно в кварцевых прослоях.

Образует в основном самостоятельные вытянутые зерна не более 0,06 мм и иногда сростки с другими минералами (рис. 47а).

Минерал в отраженном свете имеет серо-голубую окраску (рис. 47б).

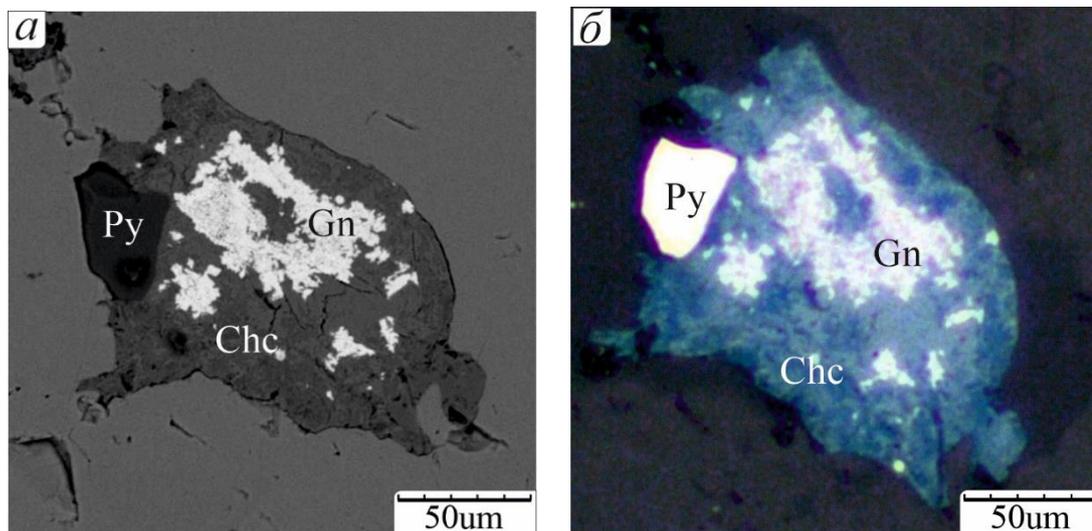


Рисунок 47. Фотографии халькозина в обратно-отраженных электронах (а) и отраженном свете (б).
Chc – халькозин, Gn – галенит, Py – пирит.

Халькопирит $CuFeS_2$

Акцессорный минерал в образцах ДЗЖ-5, ДЗЖ-18-2 и ДЗЖ-18-6 и второстепенный в ДЗЖ-18-3. Ассоциирует с кварцем и рудными минералами (рис. 48а).

Всегда образует угловатые зерна не более 0,07 мм. В отраженном свете имеет охристо-желтый цвет (рис. 48б).

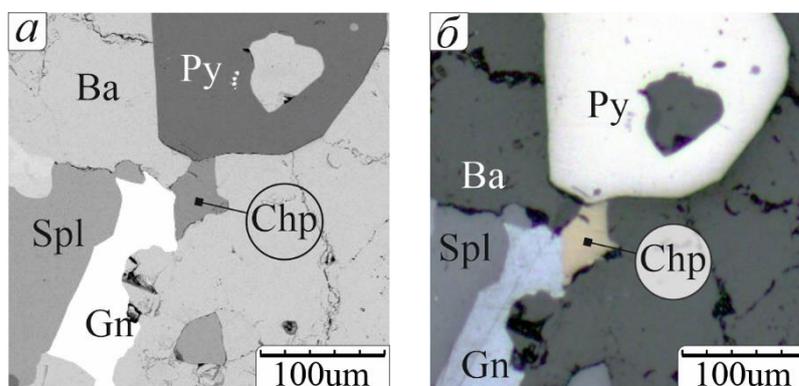


Рисунок 48. Фотографии халькопирита из образца ДЗЖ-18-3 в обратно-отраженных электронах (а) и отраженном свете (б).

Ba – барит, Qu – кварц, Gn – галенит, Spl – сфалерит, Py – пирит.

Арсенопирит FeAsS

Второстепенный минерал, встречающийся только в образце ДЗЖ-2. Ассоциирует с кварцем, гиалофаном, кальцитом, мусковитом, пиритом, сфалеритом и галенитом.

Образует идиоморфные кристаллы, в разрезе образующие параллелограмм, и захватывает более ранние минералы: сфалерит, пирит, кварц (рис. 49). Размеры не более 0,5 мм.

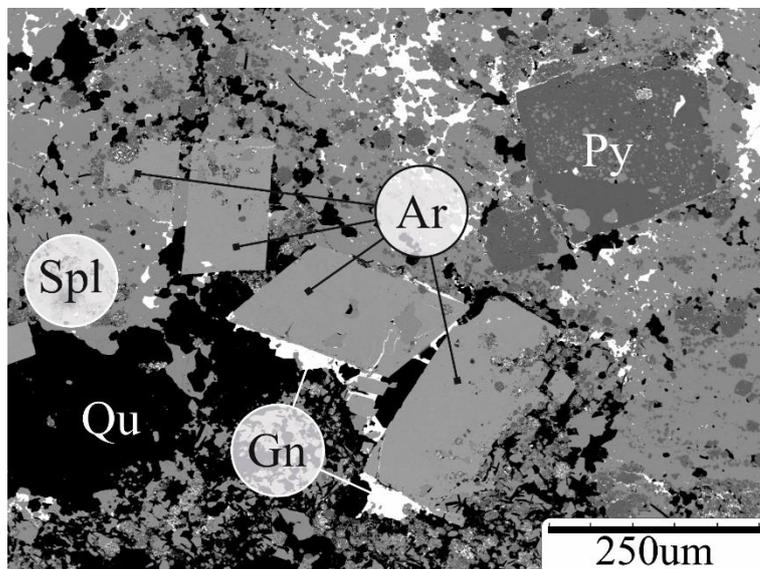


Рисунок 49. Фотография арсенопирита в обратно-отраженных электронах.
Ar – арсенопирит, Qu – кварц, Gn – галенит, Spl – сфалерит, Py – пирит.

Мусковит $KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$

Минерал содержится в основном в образцах от галенит-сфалеритовой до сфалерит-пиритового типа руд. Ассоциирует с главными рудными и нерудными минералами.

В данной работе под мусковитом подразумеваются слюды иллит-мусковитового ряда:

- алюминселадонит $K_{0,9}(Al_{1,6}Mg_{0,4})(Al_{0,5}Si_{3,5}O_{10})(OH)_2$;
- алюминиллит $K_{0,7}(Al_{1,6}Mg_{0,3}Fe_{0,2})(Al_{0,5}Si_{3,5}O_{10})(OH)_2$;
- ферроалюмиллит $K_{0,8}(Al_{1,5}Fe_{0,4}Mg_{0,3})(Al_{0,5}Si_{3,5}O_{10})(OH)_2$;
- мусковит $KAl_{1,9}(Al_{0,7}Si_{3,3}O_{10})(OH)_2$.

Формулы выведены путем усреднения составов слюд, полученных при полуколичественных анализах образцов (таб. 2). В пределах одного образца могут встречаться несколько типов, какой-либо зависимости состава от изменения типа руд не обнаружено.

Во всех случаях мусковит представлен в виде таблитчатых кристаллов в поперечном сечении не более 0,05 мм (рис. 50), в некоторых случаях индивиды имеют обломанные края.

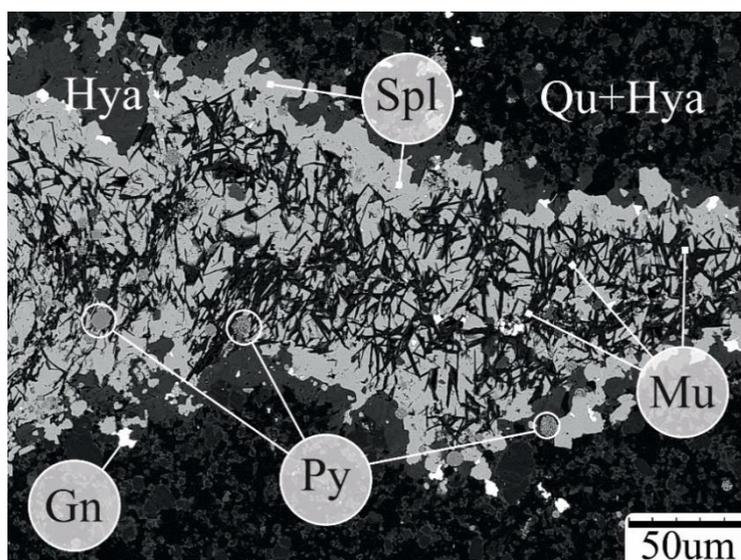


Рисунок 50. Фотография мусковита, сцементированного сфалеритом, в обратно-отраженных электронах (образец ДЗЖ-19-8).

Mu–мусковит, Qu – кварц, Hya–гиалофан, Gn–галенит, Spl–сфалерит.

Флогопит $KMg_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$

Второстепенный минерал, встречается только в образце ДЗЖ-18-6 в безрудных слоях. Ассоциирует с карбонатами, кварцем, альбитом и пиритом. Согласно результатам полуколичественного анализа, слюда имеет следующую формулу (таб. 2):

- $K_{0,8}(Mg_{1,7}Fe_{0,7})(Al_{0,5}Si_{3,5}O_{10})(OH)_2$.

Из нее видно, что присутствует дефицит межслоевых катионов.

Флогопит образует агрегаты (<4 мм) из обломанных разнонаправленных таблитчатых кристаллов не более 0,1 мм (рис. 51а). В отраженном свете при скрещенных николях имеет яркую интерференционную окраску (рис. 51б), без поляризатора бесцветен.

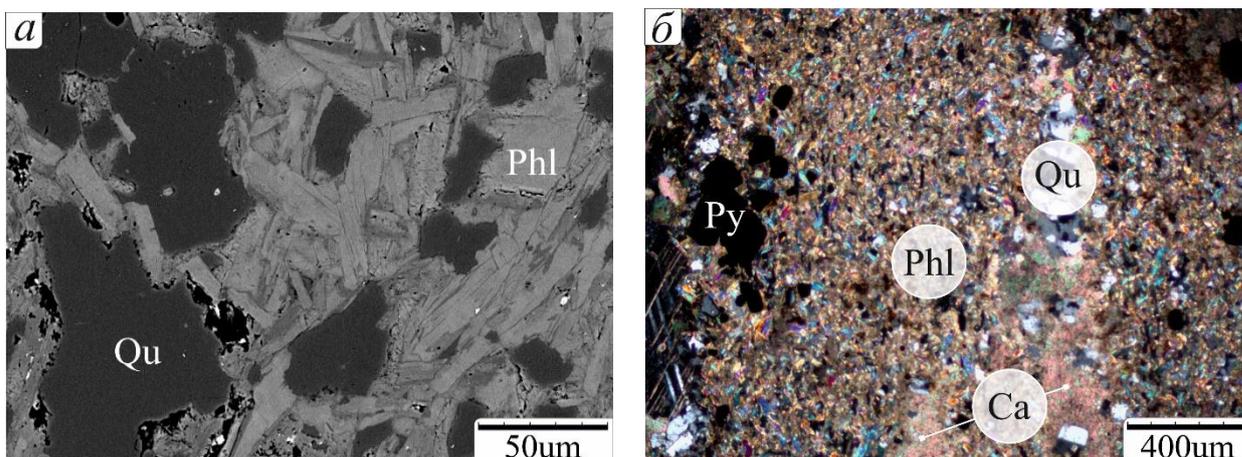


Рисунок 51. Фотографии флогопита в обратно-отраженных электронах (а) и в проходящем свете при скрещенных николях (б).

Phl – флогопит, Qu – кварц, Ca – кальцит.

Таблица 2. Результаты полуколичественного анализа слюды из разных образцов месторождения Дальнезападный Жайрем и расчет коэффициентов.

Название слюды Образец (ДЗЖ-...)	Флогопит		Ферро-алюмиллит		Алюминиллит		Алюминселадонит					Мусковит	
	18-6		18-6	18-5	18-5	2	7	2	2	4	2	19-8	
Результаты полуколичественного анализа													
MgO	14,42	17,44	2,49	2,28	3,81	2,79	5,92	3,72	3,30		3,38	0,81	
Al ₂ O ₃	8,99	10,03	18,57	27,62	28,78	24,76	28,51	26,89	28,54	34,74	26,77	33,59	34,78
SiO ₂	49,69	49,78	47,67	51,39	50,16	57,50	53,23	53,63	54,57	50,07	52,08	46,89	51,50
K ₂ O	8,45	9,93	7,75	9,02	8,07	9,46	12,34	10,41	10,96	11,48	9,73	11,42	11,73
FeO	13,99	9,67	8,77	4,98	2,98	3,20		1,31					
Коэффициенты													
Mg	1,55	1,82	0,29	0,23	0,38	0,27	0,56	0,37	0,32	0,00	0,34	0,08	0,00
Al	0,76	0,82	1,67	2,17	2,26	1,87	2,13	2,07	2,15	2,66	2,13	2,69	2,62
Si	3,55	3,47	3,64	3,43	3,36	3,69	3,37	3,51	3,50	3,26	3,52	3,19	3,30
K	0,77	0,88	0,76	0,77	0,69	0,77	1,00	0,87	0,90	0,95	0,84	0,99	0,96
Fe	0,83	0,56	0,56	0,28	0,17	0,17	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Распределение по позициям													
Si	3,55	3,47	3,64	3,43	3,36	3,69	3,37	3,51	3,50	3,26	3,52	3,19	3,30
Al	0,45	0,53	0,36	0,57	0,64	0,31	0,63	0,49	0,50	0,74	0,48	0,81	0,70
Сумма IV	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Распределение по позициям													
Al	0,31	0,29	1,31	1,60	1,62	1,55	1,50	1,58	1,66	1,93	1,65	1,88	1,92
Fe	0,83	0,56	0,56	0,28	0,17	0,17	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	1,55	1,82	0,29	0,23	0,38	0,27	0,56	0,37	0,32	0,00	0,34	0,08	0,00
Сумма VI	2,69	2,68	2,15	2,10	2,17	1,99	2,06	2,02	1,97	1,93	1,99	1,97	1,92
Распределение по позициям													
K	0,77	0,88	0,76	0,77	0,69	0,77	1,00	0,87	0,90	0,95	0,84	0,99	0,96
Среднее распределение по позициям													
Si	3,51		3,53		3,52		3,48		3,25				
Al	0,49		0,47		0,48		0,52		0,75				
Сумма IV	4,00		4,00		4,00		4,00		4,00				
Среднее распределение по позициям													
Al	0,30		1,45		1,59		1,60		1,91				
Fe	0,70		0,42		0,17		0,02		0,00				
Mg	1,68		0,26		0,33		0,40		0,03				
Сумма IV	2,68		2,13		2,08		2,01		1,94				
Среднее распределение по позициям													
K	0,83		0,76		0,73		0,90		0,97				

Альбит $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$

Второстепенный минерал в образце ДЗЖ-18-6 и акцессорный в ДЗЖ-2. Ассоциирует с кварцем, карбонатами, слюдами и пиритом.

Образует идиоморфные и угловатые кристаллы не более 0,1 мм и скопления из них (рис. 52).

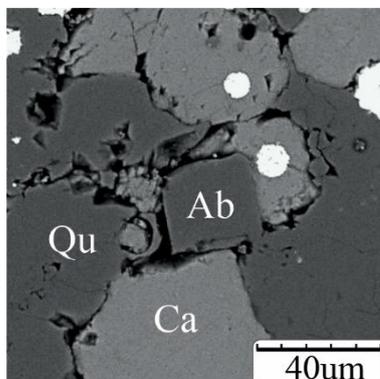


Рисунок 52. Фотография альбита в обратно-отраженных электронах.
Ab – альбит, Qu – кварц, Ca - кальцит.

Карбонаты магния и железа: сидерит FeCO_3 , доломит $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ и анкерит $\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$

Данные минералы всегда встречаются вместе с кальцитом, являются акцессорными или второстепенными. Ассоциируют с теми же минералами, что и кальцит.

Сидерит образует зерна неправильной формы размером не более 0,05 мм и скопления из них (рис. 53а).

Доломит и анкерит вместе образуют идиоморфные и близкие к этому кристаллы размером до 0,04 мм. Внутренняя часть индивида меняется с доломитовой, с большим содержанием магния, на анкеритовую, с большим количеством железа (рис. 53б). Более мелкие кристаллы полностью состоят из анкерита.

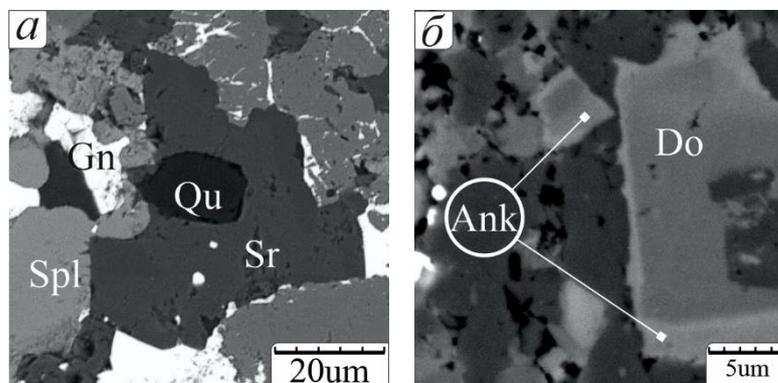


Рисунок 53. Фотографии сидерита, доломита и анкерита в обратно-отраженных электронах.
Sr – сидерит, Do – доломит, Ank – анкерит, Qu – кварц, Spl – сфалерит.
а) сидерит (образец ДЗЖ-8);
б) доломит с анкеритовой каймой (образец ДЗЖ-18-5).

Гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Акцессорный минерал в образце ДЗЖ-18-4 и второстепенный в ДЗЖ-8 по результатам РФА, но не обнаруженный при электронно-микроскопическом исследовании. Ассоциирует с баритом, кварцем и гематитом.

Единственный обнаруженный образец представлен обломком с пластинчатой поверхностью (рис. 55).

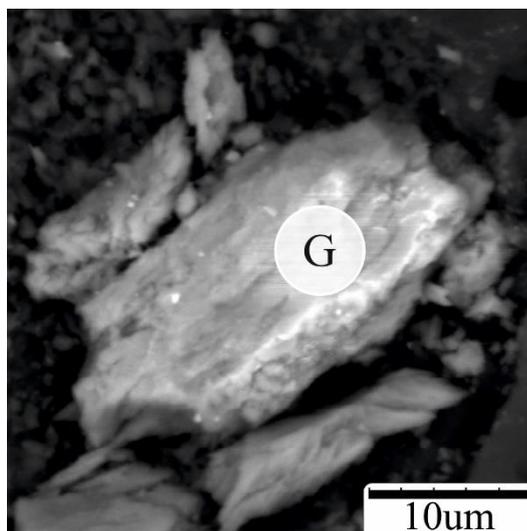


Рисунок 55. Фотография гипса в обратно-отраженных электронах.
G – гипс.

2.3. Акцессорные минералы

Рутил TiO_2

Акцессорный минерал, встречается единичных количествах в образцах ДЗЖ-18-2, ДЗЖ-19-8, ДЗЖ-2, ДЗЖ-8, ДЗЖ-18-5 и ДЗЖ-1. Ассоциирует с сульфидами и главными нерудными минералами.

Образует длинностолбчатые кристаллы размером до 0,03 мм (рис. 56).

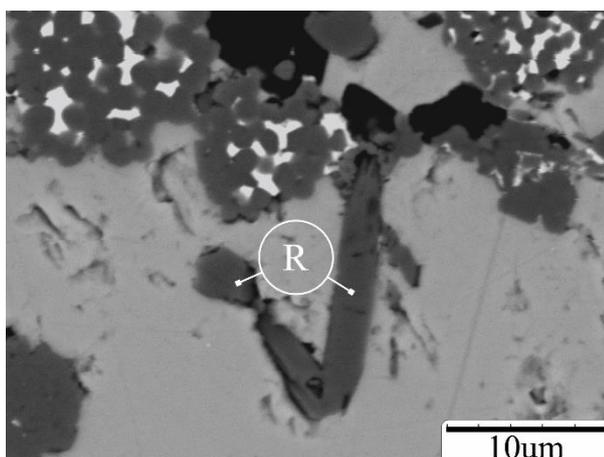


Рисунок 56. Фотография кристаллов рутила в обратно-отраженных электронах.
R – рутил.

Гётит Fe_2O_3

Акцессорный минерал, встречается только в образце ДЗЖ-3а. Ассоциирует с кварцем, баритом и калиевым полевым шпатом.

Образует зерна с волокнистой структурой размером не более 0,05 мм (рис. 57).

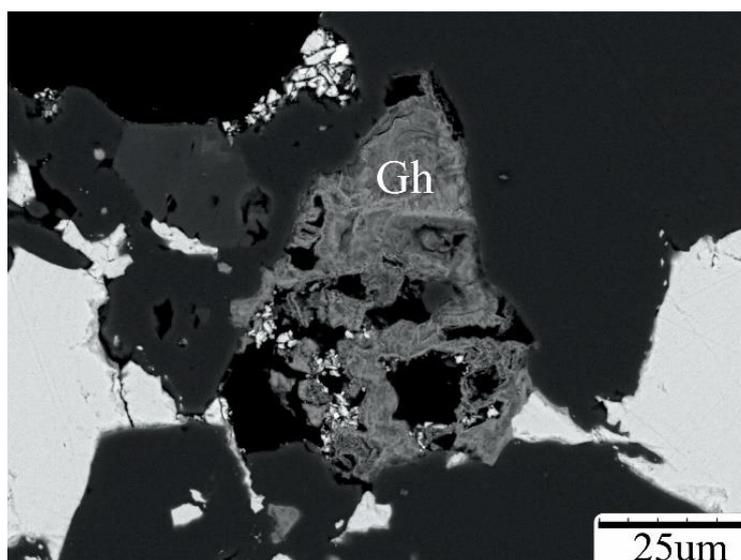


Рисунок 57. Фотография гётита в обратно-отраженных электронах.
Gh – гётит.

Аргентит Ag_2S

Акцессорный минерал, встречается только в образце ДЗЖ-18-4. Ассоциирует с баритом, распределен по всему объему образца. Формирует округлые зерна не более 0,01 мм (рис. 58).

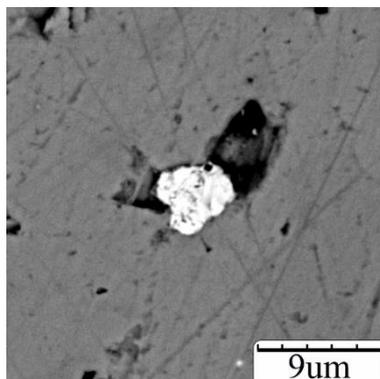


Рисунок 58. Фотография аргентита в обратно-отраженных электронах.

Теннантит $\text{Cu}_{12}(\text{AsS}_3)_4\text{S}$

Акцессорный минерал, встречающийся в единичных количествах в образцах ДЗЖ18-3, ДЗЖ-3а, ДЗЖ-18-2 и ДЗЖ-18-6. Ассоциирует с кварцем, кальцитом, пиритом, сфалеритом, галенитом, баритом и монацитом.

Образует зерна с зазубренными краями, не превышающих 0,06 мм (рис. 59а, 59б).

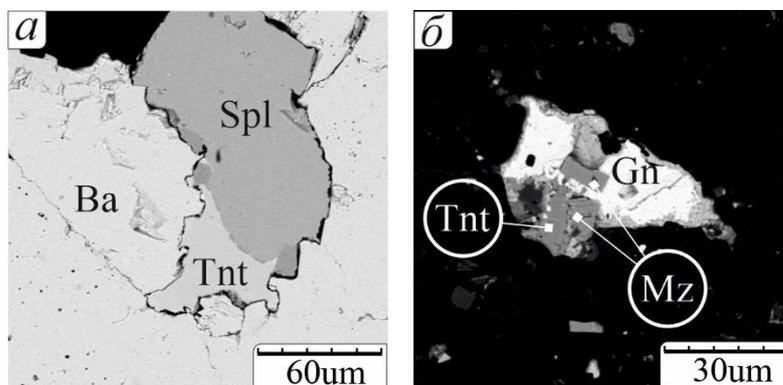


Рисунок 59. Фотографии теннантита в обратно-отраженных электронах.

Tnt – теннантит, Ba – барит, Qu – кварц, Gn – галенит, Spl – сфалерит, Mz – монацит.

а) теннантит в ассоциации с баритом и сфалеритом (образец ДЗЖ-18-3);

б) теннантит в ассоциации с галенитом и монацитом (образец ДЗЖ-3).

Циркон $ZrSiO_4$

Минерал обнаружен в единственном виде в образце ДЗЖ-18-5. Ассоциирует с кварцем, кальцитом, галенитом, сфалеритом и пиритом.

Кристалл имеет идиоморфный облик, отчетливы видны зоны роста. В ядре находится галенит. Размеры 0,015 на 0,02 мм (рис. 60).

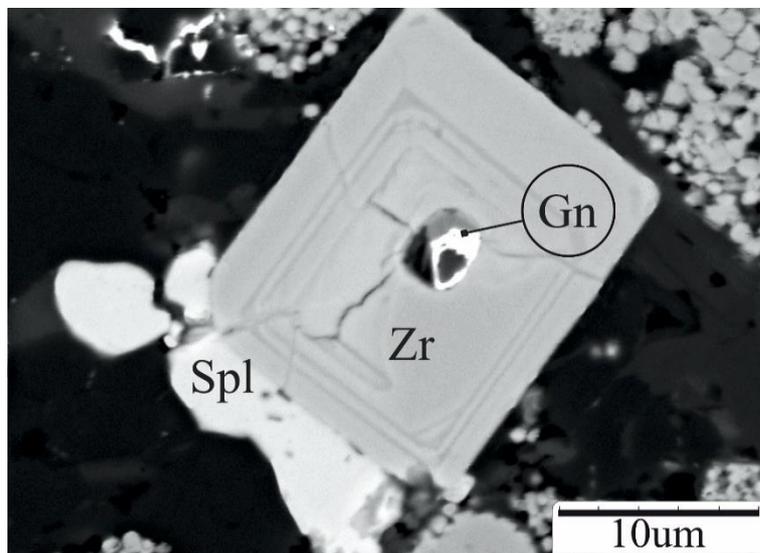


Рисунок 60. Фотография циркона в обратно-отраженных электронах.
Zr – циркон, Gn – галенит, Spl – сфалерит.

Пирофиллит $Al_2(Si_4O_{10})(OH)_4$

Акцессорный минерал, встречающийся в образцах ДЗЖ-2, ДЗЖ-8 и ДЗЖ-18-5. Ассоциирует с кварцем, кальцитом, пиритом и сфалеритом.

Образует вытянутые зерна с изрезанными краями размерами не более 0,03 мм (рис. 61).

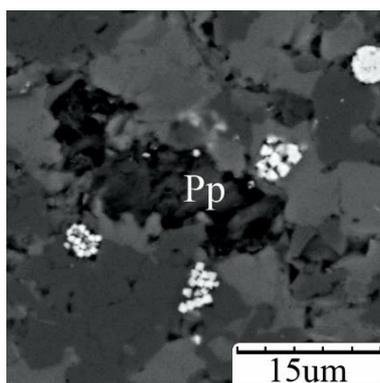


Рисунок 61. Фотография пирофиллита в обратно-отраженных электронах.
Pr – пирофиллит.

Шамозит ($\text{Fe}^{2+}_5\text{Al})(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_8$)

Аксессуарный минерал, встречающийся в образце ДЗЖ-8. Ассоциирует с кварцем, кальцитом и сфалеритом.

Зерно неправильной формы с вытянутыми отдельными частями, размеры 0,04 на 0,02 мм (рис. 62).

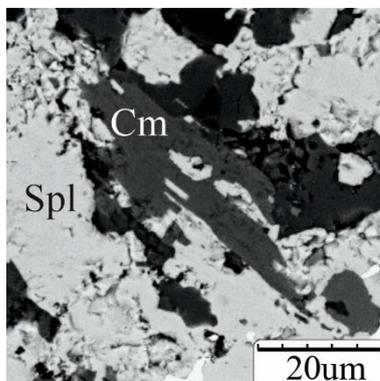


Рисунок 62. Фотография шамозита в обратно-отраженных электронах.
Cm – шамозит, Spl – сфалерит.

Англезит $\text{Pb}(\text{SO}_4)$

Встречается в единственном виде в образце ДЗЖ-1. Ассоциирует с галенитом, сфалеритом, пиритом, кварцем и калиевым полевым шпатом.

Англезит замещает галенит и образует тонкую кайму (рис. 54).

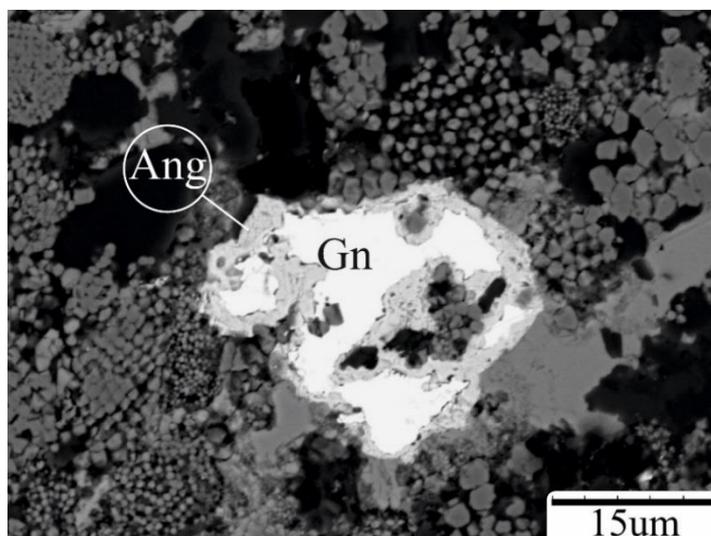


Рисунок 54. Фотография англезита на галените в обратно-отраженных электронах.
Ang – англезит, Gn – галенит.

Монацит CePO_4

Акцессорный минерал, встречающийся в образцах ДЗЖ-3а и ДЗЖ-18-5. Ассоциирует с кварцем, калиевым полевым шпатом, геленитом, теннантитом и кальцитом.

В обоих образцах представляют собой короткостолбчатые кристаллы не более 0,01 мм (рис. 63а, 63б).

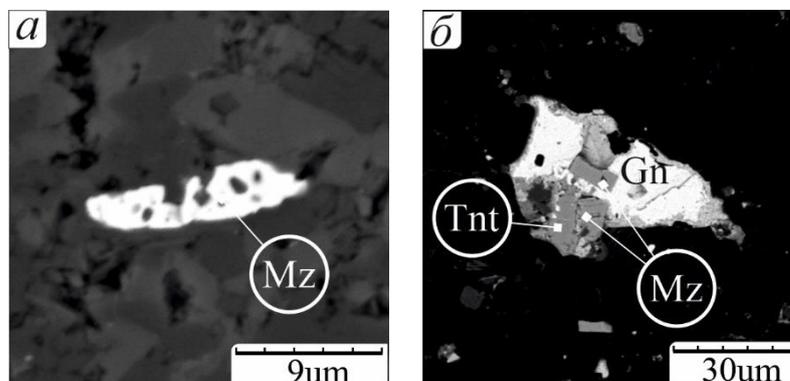


Рисунок 63. Фотография монацита в обратно-отраженных электронах.

Mz – монацит, Tnt – теннантит, Gn – галенит.

а) монацит в кварц-кальцитовой массе (образец ДЗЖ-18-5);

б) монацит в кварце (образец ДЗЖ-3а).

Апатит $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$

Акцессорный минерал, регулярно встречающийся в образцах с барит-галенитового до пиритового типа руд. Ассоциирует с галенитом, сфалеритом, пиритом и главными нерудными минералами.

Образует массивные обломочные зерна до 0,05мм (рис. 64а) и редко идиоморфные кристаллы до 0,1 мм (рис. 64б). Также встречаются фторапатит и реже хлорапатит.

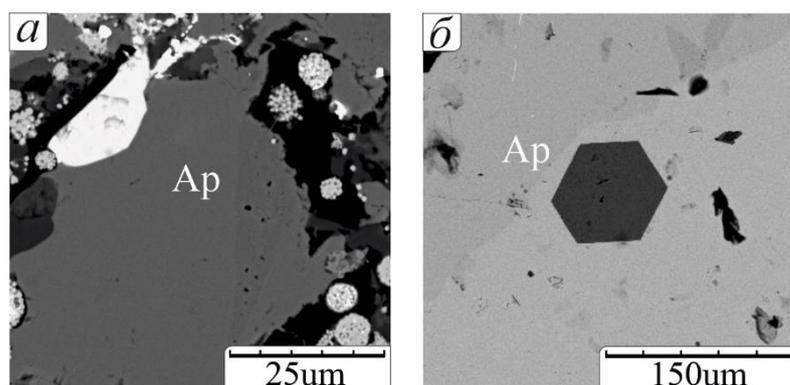


Рисунок 64. Фотографии монацита в обратно-отраженных электронах.

Ap – апатит.

а) обломочное зерно апатита (образец ДЗЖ-18-5);

б) идиоморфный кристалл апатита в сфалерите (образец ДЗЖ-18-2).

Йодиды серебра: йодаргирит AgI и токорналит (Hg, Ag)I

Акцессорные минералы в образце ДЗЖ-18-4. Ассоциируют с баритом, гематитом и киноварью.

Оба минерала имеют округлые зерна, размером менее 0,003 мм (рис. 65).

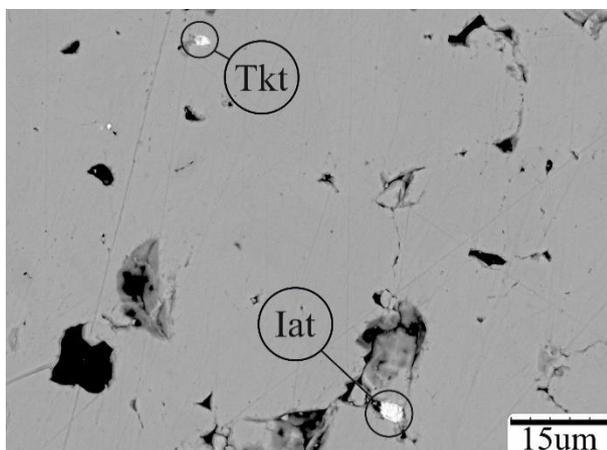


Рисунок 65. Фотография токорналита и йодаргирита в обратно-отраженных электронах.
Iat – йодаргирит, Tkt – токорналит.

2.3.1. Сомнительные минералы

Сомнительные минералы в некоторой степени относятся к предыдущей группе, так как встречаются в основном в единичных количествах. К этой группе принадлежат индивиды, диагностированные методом полуколичественного анализа, при котором результаты получились неоднозначными.

Тистарит Ti_2O_3

Тистарит ранее был обнаружен в кратере метеорита Альенде в Мексике и в магматическом комплексе Ракефет гряды Кармель в Израиле. Согласно исследованиям (Griffin et al., 2016; Ma, Rossman, 2009) для образования минерала необходима высокая активность кислорода. Для минерала условия формирования в данном месторождении неподходящие, поэтому, вероятнее всего, он был транспортирован.

Тистарит встречается только в образце ДЗЖ-18-6. Ассоциирует с пиритом, кварцем и кальцитом.

Образует зерна неправильной формы с вытянутыми отдельными участками размером до 0,25 мм и их скопления (рис. 66).

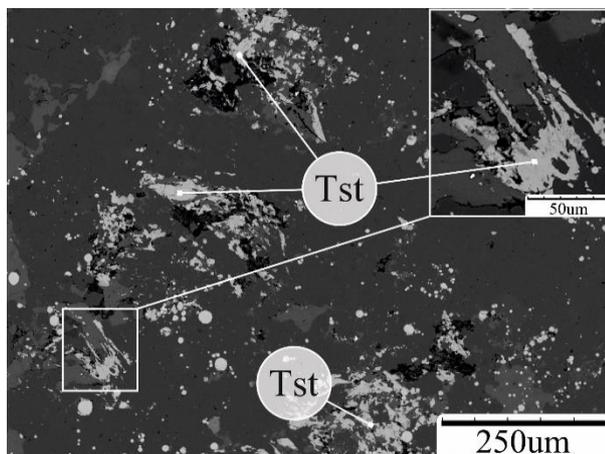


Рисунок 66. Фотография зерен тистарита в обратно-отраженных электронах.
Tst – тистарит.

Карбонаты церия: паризит $\text{CaCe}_2(\text{CO}_3)_3\text{F}_2$ и аризит $\text{NaCe}_2(\text{CO}_3)_2(\text{F}_{2x}(\text{CO}_3)_{1-x})\text{F}$ / люкечейнжит $\text{Na}_3\text{Ce}_2(\text{CO}_3)_4\text{F}$.

По данным полуколичественных анализов присутствуют примеси в значительных количествах, а для идеальной формулы некоторые необходимые элементы испытывают недостаток или избыток, но при этом по базе данных названные минералы были самыми подходящими. Тем более нет четкой границы между паризитом и аризитом/ люкечейнжитом, что тоже затрудняет расчет результатов полуколичественного анализа для более точного определения соотношения элементов.

Минералы обнаружены в одном образце – ДЗЖ-18-2. Ассоциируют с кварцем, гиалофаном, калиевым полевым шпатом, галенитом, апатитом и боратом стронция (?).

На рисунке представлены карты распространения элементов: натрия, церия, углерода и фтора. Области, где отсутствует натрий – предположительно паризит, а где есть – аризит/ люкечейнжит (рис. 67).

Агрегат минералов не превышает 0,015 мм и имеет тонковолокнистую структуру.

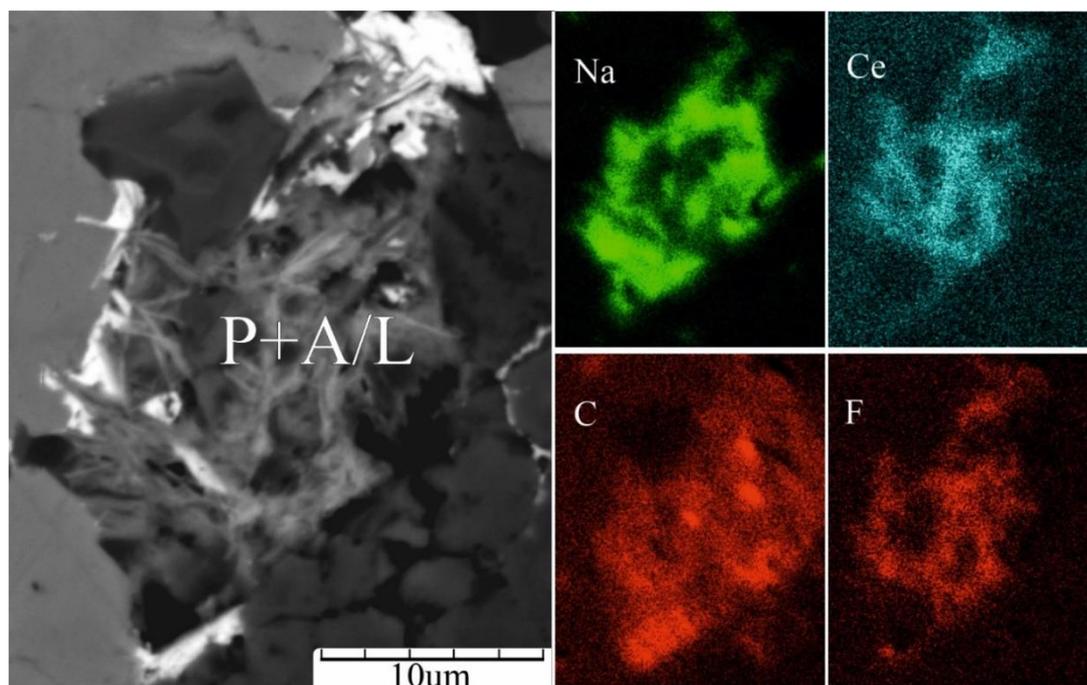


Рисунок 67. Фотографии агрегата паризита и аризита/ люкечейнжита в обратно-отраженных электронах и карты химических элементов.

P – паризит, A/L – аризит/ люкечейнжит, Na – натрий, Ce – церий, C – углерод, F – фтор.

Минералы свинца: плюмбогуммит $\text{PbAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_5\text{H}_2\text{O}$ и котуннит PbCl_2

У плюмбогуммита и котуннита по данным полуколичественного анализа присутствуют примеси в значительных количествах, а для идеальной формулы некоторые необходимые элементы испытывают недостаток или избыток, но при этом по базе данных названные минералы были наиболее подходящими.

Плюмбогуммит встречается в единственном виде в образце ДЗЖ-1. Ассоциирует со сфалеритом, пиритом и кварцем.

Представляет собой идиоморфный ромбический кристалл с отчетливыми зонами роста и размерами 0,01 на 0,01 мм (рис. 68).

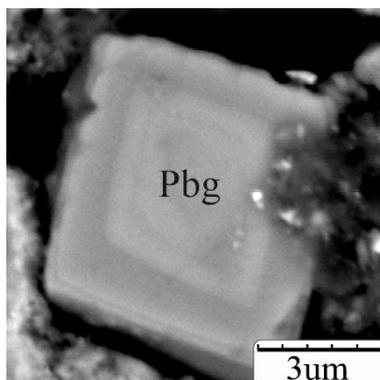


Рисунок 68. Фотография плюмбогуммита в обратно-отраженных электронах.
Pbg – плюмбогуммит.

Котуннит является аксессуарным минералом в образце ДЗЖ-2 в безрудном слое. Ассоциирует с пиритом, пирофиллитом и кальцитом.

Единственный образец представляет собой короткостолбчатый индивид, захватывающий пирит (рис. 69).

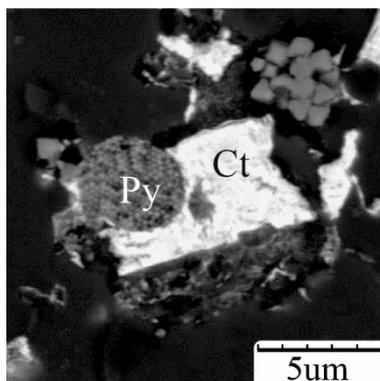


Рисунок 69. Фотография котуннита в обратно-отраженных электронах.
Ct – котуннит, Py – пирит.

Бораты стронция: витчит $\text{Sr}_2\text{B}_{11}\text{O}_{16}(\text{OH})_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$ / танелит $\text{SrB}_6\text{O}_9(\text{OH})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Минерал стронция первоначально был определен как стронцианит, но при съемке карт элементов углерод отсутствовал, и других элементов, кроме стронция, кислорода и редко кальция в малом количестве, не зарегистрировано. Таким образом, возникло две версии – это либо оксид стронция, в природе ранее необнаруженный, либо содержатся неуловимые для регистратора элементы. К ним относятся элементы до бора (чтобы уловить бор необходима хорошо полированная шайба), наиболее подходящим кандидатом оказался бор. К тому же, в названных минералах допустимо замещение стронция кальцием.

Акцессорные минерала, встречающиеся только в образце ДЗЖ-18-2. Ассоциирует с кварцем, калиевым полевым шпатом, гиалофаном, баритом, галенитом и карбонатами церия (?).

Минерал образует игольчатые кристаллы до 0,5 мм (рис. 70а, 70б), зональность обуславливается примесью кальция: с более высоким содержанием элемента минерал становится более темным на фотографиях в обратно-отраженных электронах. В проходящем свете при скрещенных николях имеет яркую интерференционную окраску (рис. 70в).

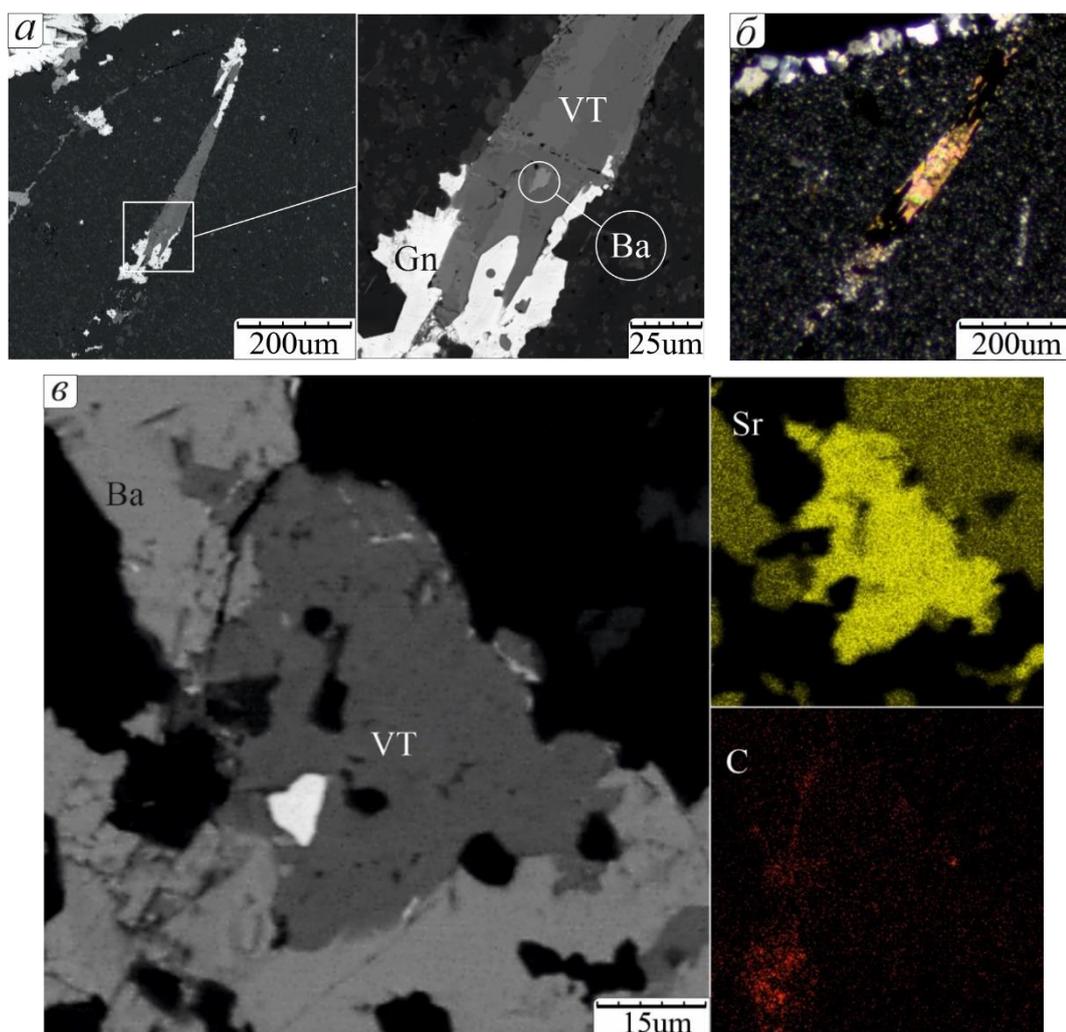


Рисунок 70. Фотографии витчита/ танелита в обратно-отраженных электронах (а), в проходящем свете при скрещенных николях (б) и карты химических элементов (в).
VT – витчит и танелит, Ba – барит, Sr – стронций, C – углерод.

Обобщение и обсуждение результатов

Резюмируя предыдущие главы, можно сделать следующие выводы. Полученные нами минералогические данные подтверждают и дополняют результаты исследований предшественников. На месторождении выделяются 6 минералогических типов руд, которые выстраиваются в последовательности, отражающей постепенное изменение состава рудных залежей: баритовый, галенит-баритовый, галенит-сфалеритовый, пирит-галенит-сфалеритовый, пирит-сфалеритовый и пиритовый. Это хорошо согласуется с геологическими наблюдениями Н.С. Скрипченко о зональном строении месторождения.

Ранние исследователи относили месторождение к гидротермально-осадочному типу. Они предполагали, что месторождение образовалось в результате выноса рудоносных растворов, зародившихся в вулканогенных породах фундамента, на дно морского бассейна, где происходили дифференциация и осаждение полезных компонентов.

Не оспаривая принципиальную возможность такого сценария, тем не менее отметим следующее. В современной научной литературе такой тип месторождения часто называют объектами SEDEX (sedimentary exhalative) типа. Главными их особенностями служат локализация залежей в пределах палеорифтов, наличие мощного осадочного разреза с красноцветными континентальными отложениями в основании и морскими глинисто-кремнисто-карбонатными породами в верхней части; ограниченное развитие в районе магматических пород; стратиформный характер залегания рудных тел; отсутствие окolorудных изменений вмещающих пород; тяготение месторождений к зонам конседиментационных разломов; Pb–Zn + Ba состав руд. Предполагается, что такие месторождения образуются за счет разгрузки растворов, циркулирующих в осадочных толщах, а вклад магматических процессов, если и проявлен, то сводится к поставке тепла, активизировавшего гидротермальную систему (Холодов, 2006; Robb, 2007; Wilkinson, 2014). В отношении месторождений Жайремского узла эти представления приведены, как рабочая гипотеза, требующая дополнительного обоснования и проработки, впервые высказана А.И. Брусницыным с соавторами (2018).

Данный тип месторождений имеет более 50% запасов цинка и свинца обеспечивает более 25% мировой добычи этих минералов. В настоящее время существует следующая модель образования месторождений-SEDEX.

Руды типа SEDEX – это выпавшие из гидротермальных рассолов химические осадки синхронные с формированием углеродисто-пиритовых мелкозернистых сланцев. Для возникновения таких руд должны были сложиться особые геологические, химические и биологические условия.

Месторождения формировались в мелких бассейнах размером в несколько километров, возникших в период рифтогенеза. Они являлись батиметрическими минимумами, внутри которых преобладают мелкозернистые терригенные осадки и восстановительная обстановка. Наполнение бассейна указывает на его удаленность от береговой линии, в противном случае, руды были бы более «разбавленными» грубозернистыми породами. От окислительно-восстановительных условий зависело осаждение минералов: если для образования барита необходим сульфат-ион (окислительная обстановка), то для осаждения свинца и цинка нужен сульфид-ион (восстановительная обстановка). Основной теорией возникновения восстановительной обстановки является биогенная: морской сульфат восстанавливался до сероводорода при поглощении органического вещества микроорганизмами. Также это могло происходить термохимическим путем. Количество сероводорода контролировалось выпадающими в осадок сульфидами свинца и цинка и привнесенным органическим веществом и железом, которое образовывало пирит (Emsbo et al., 2016).

Транспортной средой для рудных элементов являлись базальные рассолы. Условия переноса при этом составляют имеют следующие параметры: температура 150–250 °С, соленость 10–30 мас. % и умеренная или слабокислая рН, так как при этих параметрах возможно выщелачивание свинца, цинка и бария из материнских пород. Подходящая температура возникала за счет термического градиента, при нормальных значениях которого глубина образования флюида достигала более 3 км. Существовало несколько теорий, объяснявших процесс формирования флюида: из захороненных эвапоритов, которые у многих месторождений не обнаружены; из захваченных флюидов при осадконакоплении; из гравитационных притоков остаточных рассолов. Однако, во всех случаях необходимы процессы в масштабах крупного бассейна. Современные изотопные и геохимические исследования указывают на процессы образования рассолов, связанные с субэвральным испарением морской воды. Палеорекострукции установили наличие в то время платформ с интенсивным испарением, превышающим привнос пресной воды. Также бассейны имели крупные, мелководные, карбонатные плато, которые представляют идеальную для образования рассола среду. Таким образом, сейчас общепринятой считается версия, в которой флюид образуется в основном из остаточных рассолов. Участие эвапоритов также присутствует, но в значительно в меньшей мере (Emsbo et al., 2016).

У механизма движения флюида от места зарождения к зоне разгрузки также имеется несколько теорий. Первая – это модель осадочного уплотнения, флюиды выводились и сбрасывались на морское дно за счет накопления и уплотнения отложений. Эта модель согласуется с морфологией бассейнов, наличием отложений в осадочных породах и локализацией вдоль активных в то время разломов. Однако, скорость оседания и уплотнения

недостаточны для мобилизации достаточного количества жидкости, а также многочисленные этапы минерализации в пределах одного и того же бассейна не объясняются этой моделью.

Вторая теория – модель свободной конвекции, вызванная различиями в плотности. Она имеет две ступени развития: первая – рассолы насыщают нижние обломочные отложения во время рифтовой фазы развития бассейна. Считается, что это привело к формированию изолированного резервуара с рассолом, так как длительная циркуляция способствует удалению металлов из вмещающих пород и насыщению ими флюидов. Во вторую ступень эти растворы прорываются по трещинам до границы разлома, и возникает конвекция в следствие опускания холодных и более плотных вод.

Третья теория – топографическая модель осуществляется за счет разности высот рельефа, но мало доказательств достаточной амплитуды для создания региональных потоков флюидов.

Четвертая наиболее основополагающая теория – модель плотностного потока жидкости. Плотные остаточные растворы проникают в края бассейна и опускаются в проницаемые осадочные породы большой мощности (>6 км). Рассол мигрирует через них до тех пор, пока поток не вытиснится на морское дно. Эта теория поддерживается корреляцией между испарением воды и образованием рудоносных осадков (Emsbo et al., 2016).

Насыщение флюидов рудными элементами происходило в период их миграции через терригенный обломочный минерал. Из них источниками для цинка являлись железомарганцевые силикаты, а для бария и свинца – полевые шпаты. За счет их выщелачивания хлоридными рассолами происходило обогащение рудными элементами (Брусницын и др., 2018).

Флюиды мигрировали по разломам в период их активности, тем самым приурочивая большинство рудных залежей к этим нарушениям. Дополнительно это подтвердить могут наличие брекчий и более крупных обломков пород, резкие фациальные границы при переходе от платформы к склону, доломитизация кальцита и ряд других признаков (Emsbo et al., 2016).

Как было сказано ранее, отличительной особенностью месторождения Дальнезападный Жайрем является баритовое ядро. Наличие его всегда вызывало генетические дискуссии. Ранние исследователи месторождения рассматривали его как гидротермально-метасоматическое, наложенное на породы рудоносной пачки на стадии поздних складчатых деформаций осадочных толщ (Рожнов, 1967; Митряева, 1979). Позднее баритовое ядро стали рассматривать как один из элементов зонально-построенных рудных тел, формирующийся одновременно с другими типами руд (Скрипченко, 1989). Последняя точка зрения нам кажется более обоснованной геологическими наблюдениями.

Осевое расположение линзовидных руд барита наводит на мысль, что они, вероятнее всего, формировались на приподнятых выше сероводородного горизонта участках дна в точке выхода флюида, насыщенного барием. При этом в пониженных участках у основания бариевого

поля возникла благоприятная обстановка для существования микроорганизмов, из-за которых возникала восстановительная обстановка, способствовавшая образованию галенит-сфалеритовых слоистых руд. Зональность полиметаллических руд можно объяснить меньшим произведением растворимости сульфида свинца ($IP=3 \cdot 10^{-29}$), чем у сфалерита ($IP=7 \cdot 10^{-27}$). Тогда общая зональность месторождения баритовые руды → барит-галенитовые → галенит-сфалеритовые отражает постепенный переход от окислительных условий на поднятиях к восстановительным в понижениях и, соответственно, уменьшение в этом направлении концентраций в воде сульфат-иона и увеличение сульфид-иона. В этой схеме пирит-содержащие углеродистые сланцы представляют собой «фоновые осадки» во впадинах с восстановительными условиями.

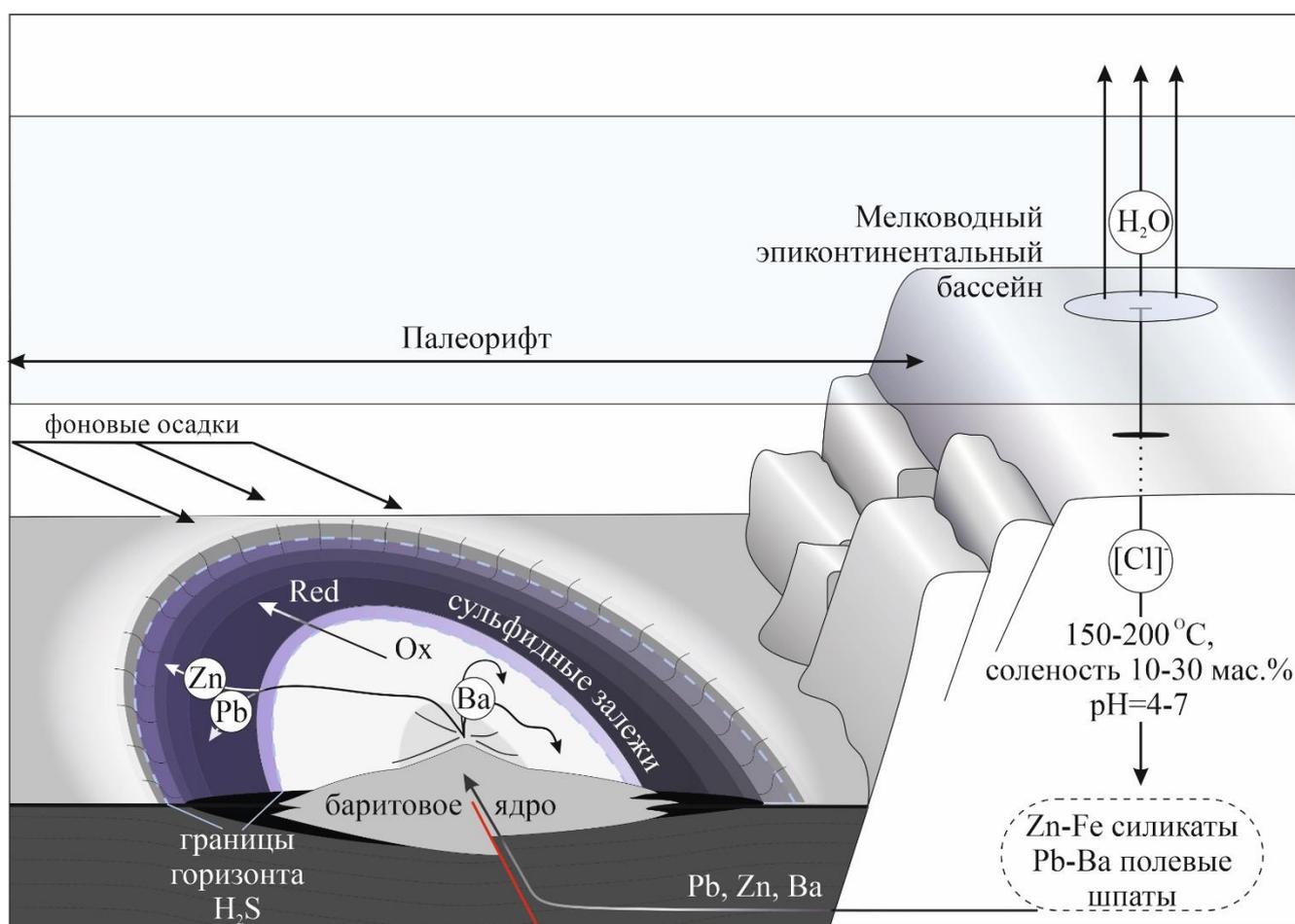


Рисунок 71. Графическое представление модели образования месторождения Дальнезападный Жайрем. Рассолы, образовавшиеся на эпиконтинентальных бассейнах, насыщаются рудными элементами в терригенных осадках, опускаются ко дну палеорифта и разгружаются при выходе из разломов. Дифференциация руд происходит из-за смены окислительно-восстановительной обстановки.

Заключение

- Впервые после более чем 40-летнего перерыва продолжено изучение минералогии баритовых и свинцово-цинковых руд месторождения Дальнезападный Жайрем. Работы выполнены на новом каменном материале, полученном из действующего карьера, современными методами минералогических исследований, недоступных предыдущим исследователям. Это, прежде всего, электронная микроскопия.
- Всего изучено 14 образцов: изготовлено 14 шлифов, осуществлено 25 рентгенофазовых анализа, проведено 18 смен электронно-микроскопических исследований (14, здесь и далее в скобках результаты самостоятельных работ), в ходе которых получено 478 (361) фотографий и 1539 (1290) полуколичественных анализов минералов, достаточных для диагностики большинства из них.
- В ходе работы, по этим образцам было выделено 6 минералогических типов руды по доминирующим рудным минералам: баритовая, барит-галенитовая, галенит-сфалеритовая, галенит-сфалерит-пиритовая, сфалерит-пиритовая и пиритовая.
- Охарактеризован 41 минерал, из которых 12 обнаружены впервые на данном месторождении – рутил, гётит, аргентит, халькозин, циркон, пирофиллит, гиалофан, монацит, апатит, англезит, йодаргирит, токорналит. Кроме того, еще 5 новых для месторождения минералов требуют подтверждения дополнительными методами – тистарит, котуннит, плюмбогуммит, минералы стронция (витчит/ танелит) и цезия (паризит, аризит/ люкейченжит).
- Полученные минералогические данные в целом согласуются с результатами предыдущих исследователей (Митряева, 1979) и дополняют их. В совокупности с известными геологическими сведениями (Скрипченко, 1989) они указывают на то, что месторождение Дальнезападный Жайрем относится к типу SEDEX, но с особенностями строения, а именно наличием баритового ядра. Рудные залежи имеют концентрическое зональное строение, в котором выделенные нами минералогические типы руд распределяются в следующем порядке: баритовый, галенит-баритовый, галенит-сфалеритовый, пирит-галенит-сфалеритовый, пирит-сфалеритовый и пиритовый.

Для данного месторождения предложена схема образования SEDEX с дополнением: в центре бассейна находилась точка разгрузки гидротермального раствора. Скорее всего, баритовые отложения (ядро) формировались на приподнятых участках дна выше сероводородного горизонта. При этом в пониженных участках у основания бариевого поля

возникла благоприятная обстановка для существования микроорганизмов, из-за которых существовала восстановительная обстановка, способствовавшая образованию галенит-сфалеритовых слоистых руд. Зональность полиметаллических руд можно объяснить меньшим произведением растворимости сульфида свинца, чем у сульфида цинка. Тогда общая зональность месторождения баритовые руды → галенит-баритовые → галенит-сфалеритовые отражает окислительных условий на поднятиях к восстановительным в понижениях и, соответственно, уменьшение в этом направлении концентраций в воде сульфат-иона и увеличение сульфид-иона. В этой схеме пирит-содержащие углеродистые сланцы представляют собой «фоновые осадки» во впадинах с восстановительными условиями.

Список используемой литературы

Опубликованная

1. Брусницын А.И., Перова Е.Н., Верещагин О.С., Бритвин С.Н., Летникова Е.Ф., Школьник С.И., Иванов А.В. Барит-свинцово-цинковые и железо-марганцевые месторождения Жайремского рудного узла: геологическая экскурсия в Центральный Казахстан // Минералогия. Екб.: УРО РАН. 2018. № 4(3). С. 82-92.
2. Бузмаков Е.И., Шибрик В.И. Стратиграфия и литология фаменских и турнейский отложений Атасуйского рудного района // Советская геология. М.: Недра, 1976. № 2. С.61–79.
3. Бузмаков Е.И., Шибрик В.И., Рожнов А.А., Середа В.Я., Радченко Н.М. Стратиформные железомарганцевые и полиметаллические месторождения Ушкатынского рудного поля (Центральный Казахстан) // Геология рудных месторождений. М.: Наука, 1975. №1. С.32–46.
4. Варенцов И.М., Веймарн А.Б., Рожнов А.А., Шибрик В.И., Соклова А.Л. Геохимическая модель формирования марганцевых руд фаменскогорифтогенного бассейна Казахстана (главные компоненты, редкие земли, рассеянные элементы) // Литология и полез. ископаемые. М.: Наука, 1993. № 3. С.56–79.
5. Веймарн А.Б. Железо-марганцевые месторождения фамена Центрального Казахстана // Геология и геохимия марганца. М.: Наука, 1982. С.122–127.
6. Веймарн А.Б., Милановский Е.Е. Фаменский рифтогенез на примере Казахстана и некоторых других регионов Евразии. Статья 1 // Бюллетень московского общества испытателей природы. Отдел геологический. М.: МГУ, 1990. Т. 65. Вып. 4. С. 34–47.
7. Коробкин В.В., Буслов М.М. Тектоника и геодинамика западной части Центрально-Азиатского складчатого пояса (Палеозоиды Казахстана) // Геология и геофизика. Нск.: СО РАН, 2011. №12. С.2032–2055.
8. Митряева Н.М. Минералогия барито-цинково-свинцовых руд месторождений Атасуйского района. Алма-Ата. М.: Наука, 1979. С.219.
9. Рожнов А.А. Сравнительная характеристика марганцевых месторождений Атасуйского и Никопольско-чиатурского типов // Геология и геохимия марганца. М.: Наука, 1982. С.116–121.
10. Скрипченко Н.С. Гидротермально-осадочные полиметаллические руды известково-сланцевых формаций. М.: Недра, 1980. С.215.
11. Скрипченко Н.С. Прогнозирование месторождений цветных металлов в осадочных породах. М.: Недра, 1989. С.207.
12. Справочное пособие по стратиформным месторождениям // Под ред. Л.Ф. Наркелюна, А.И. Трубачева. М.: Недра, 1990. С.391.
13. Холодов В.Н. Геохимия осадочного процесса. М.: ГЕОС, 2006. С.608.

14. Щерба Г.Н. Месторождения Атасуйского типа // Геология рудных месторождений. 1967. № 5. С. 106–114.
15. Щерба Г.Н. Некоторые особенности изучения месторождений атасуйского типа // Известия АН КазССР. Сер. геол., 1964. № 5.
16. Emsbo P., Seal R.R., Breit G.N., Diehl S.F., Shah A.K. Sedimentary exhalative (sedex) zinc-lead-silver deposit model. U.S.A.: Geological Survey. Scientific Investigations Report. 2016. P.57.
17. Griffin W.L, Gain S.E.M., Adams D.T., Huang J-X., Saunders M., Toledo V., Pearson N.J., O'Reilly S.Y. First terrestrial occurrence of Tistarite (Ti₂O₃): Ultra-low oxygen fugacity in the upper mantle beneath Mount Carmel, Israel // Geology. U.S.A.: GSA, 2016. V. 44 (10). P.815-818.
18. Ma Ch., Rossman G. Tistarite, Ti₂O₃, a new refractory mineral from the Allende meteorite // American Mineralogist. U.S.A.: MSA, 2009. V.94. P.841–844.
19. Robb L. Introduction to ore-forming processes. Blackwell Publishing, 2005. P.373.
20. Wilkinson J.J. Sediment-hosted zinc-lead mineralization: processes and perspectives // Treatise on geochemistry. Amsterdam: Elsevier, 2014. V.13. P. 219–250.
21. <https://www.mindat.org> – Минералогическая база данных.
22. <https://chem21.info> – Справочник химика 21 века.

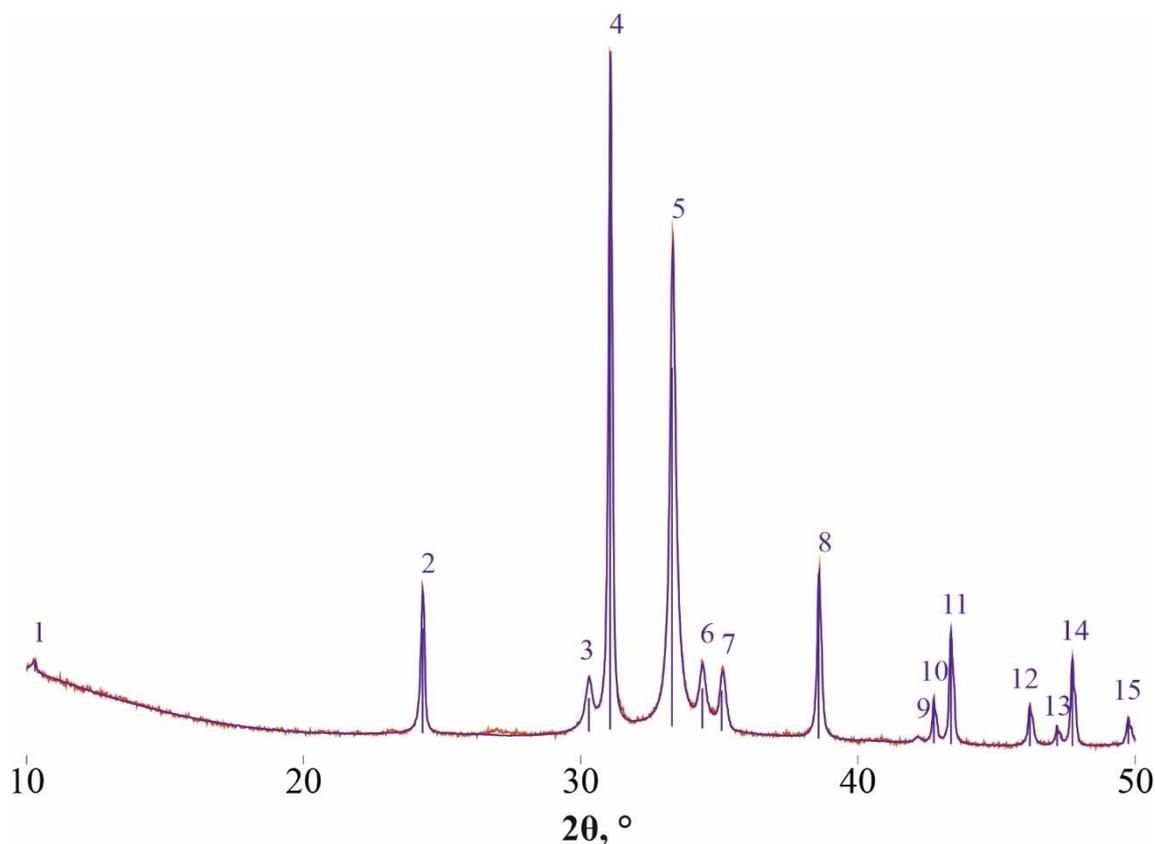
Фондовая

1. Фондовые материала АО «Жайремский ГОК».

Приложения

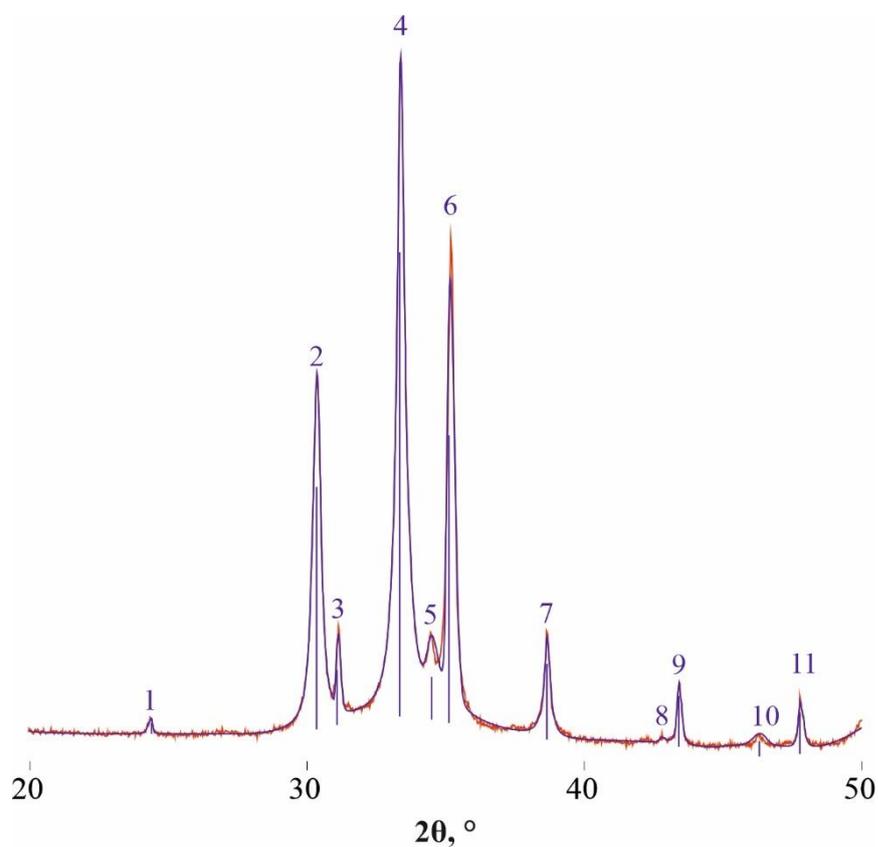
Приложение 1

Рентгенограмма и результаты расчёта образца ДЗЖ-2, темно-серая слоистая порода.



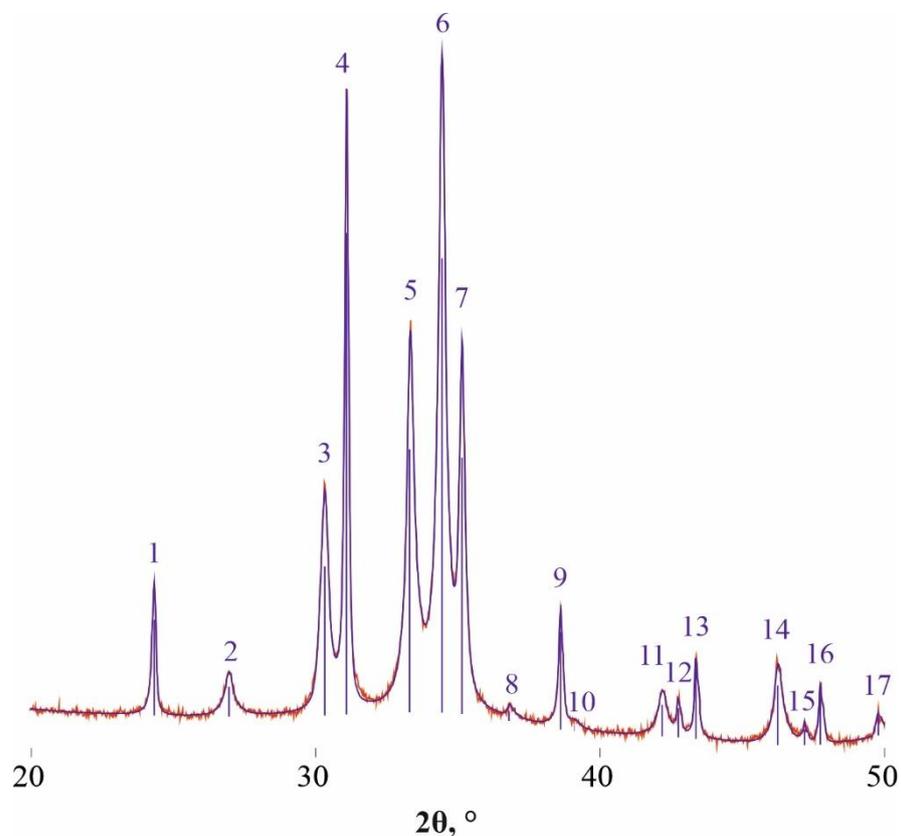
№	2θ (CoKα), °	d, Å	Минерал	I/I ₀	Эталон (ICDD)
1	10,31	9,95	Слюда	1	01-088-0710
2	24,30	4,25	Кварц	17	01-085-0930
3	30,29	3,42	Галенит	11	01-077-0244
4	31,06	3,34	Кварц	79	01-085-0930
5	33,29	3,12	Сфалерит, пирит, слюда	100	00-005-0566, 01-071-4755, 01-088-0710
6	34,38	3,03	Кальцит	13	01-072-4582
7	35,08	2,97	Галенит	9	01-077-0244
8	38,59	2,71	Сфалерит, пирит	22	00-005-0566, 01-071-4755
9	42,14	2,49	Кальцит, слюда	1	01-072-4582, 01-088-0710
10	42,74	2,46	Кварц	5	01-085-0930
11	43,35	2,42	Пирит	13	01-071-4755
12	46,20	2,28	Кварц, кальцит, слюда	6	01-085-0930, 01-072-4582, 01-088-0710
13	47,19	2,23	Кварц, слюда	3	01-085-0930, 01-088-0710
14	47,73	2,21	Пирит	11	01-071-4755
15	49,75	2,13	Кварц, слюда	4	01-085-0930, 01-088-0710

Рентгенограмма и результаты расчёта образца ДЗЖ-2, темно-серая блестящая порода.



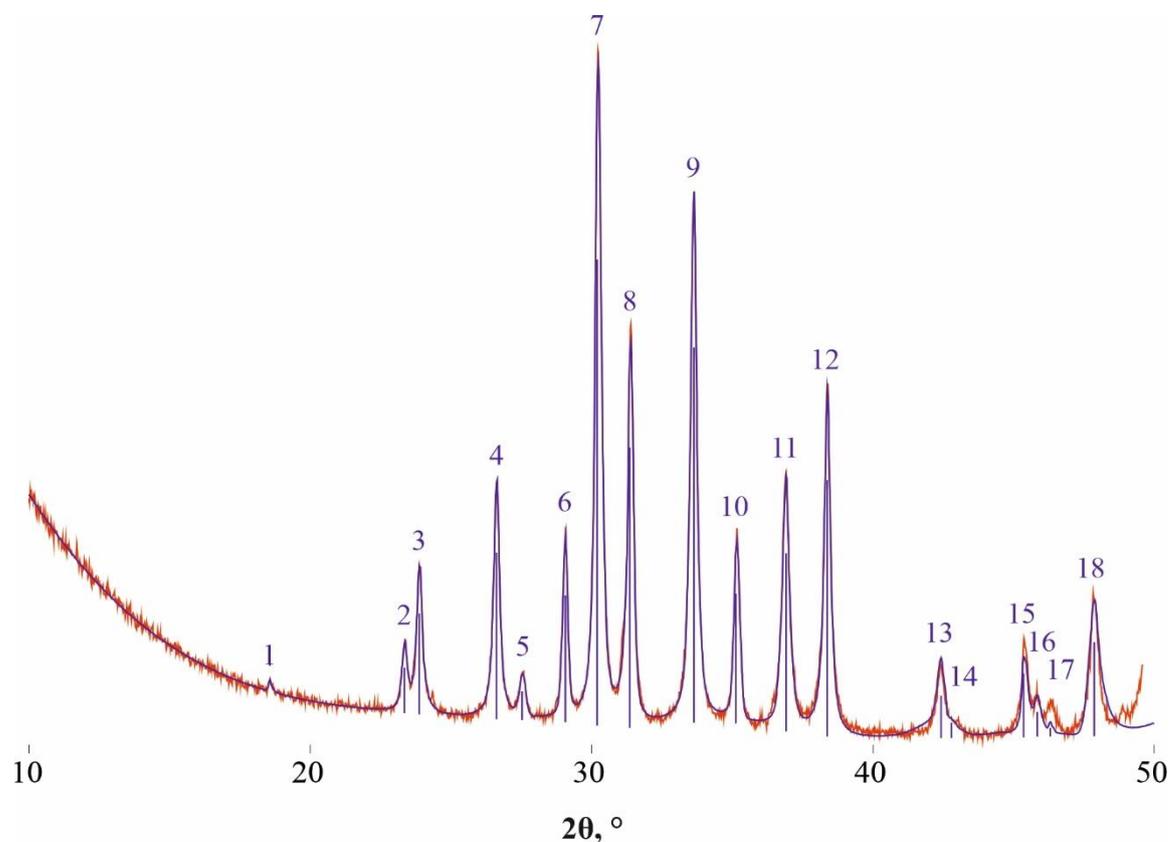
№	2θ (CoKα), °	d, Å	Минерал	I/I ₀	Эталон (ICDD)
1	24,39	4,24	Кварц	<1	01-070-8054
2	30,34	3,42	Галенит	49	01-078-1057
3	31,09	3,34	Кварц	4	01-070-8054 01-070-8054
4	33,35	3,12	Сфалерит, пирит	100	01-071-4763, 01-073-8127
5	34,49	3,02	Кальцит	18	01-072-4582
6	35,12	2,97	Галенит	36	01-078-1057
7	38,65	2,70	Сфалерит, пирит	11	01-071-4763, 01-073-8127
8	42,79	2,45	Кварц	<1	01-070-8054
9	43,41	2,42	Пирит	4	01-073-8127
10	46,31	2,28	Кальцит, кварц	13	01-072-4582, 01-070-8054
11	47,78	2,21	Пирит	4	01-073-8127

Рентгенограмма и результаты расчёта образца ДЗЖ-2, темно-серая порода с белыми включениями.



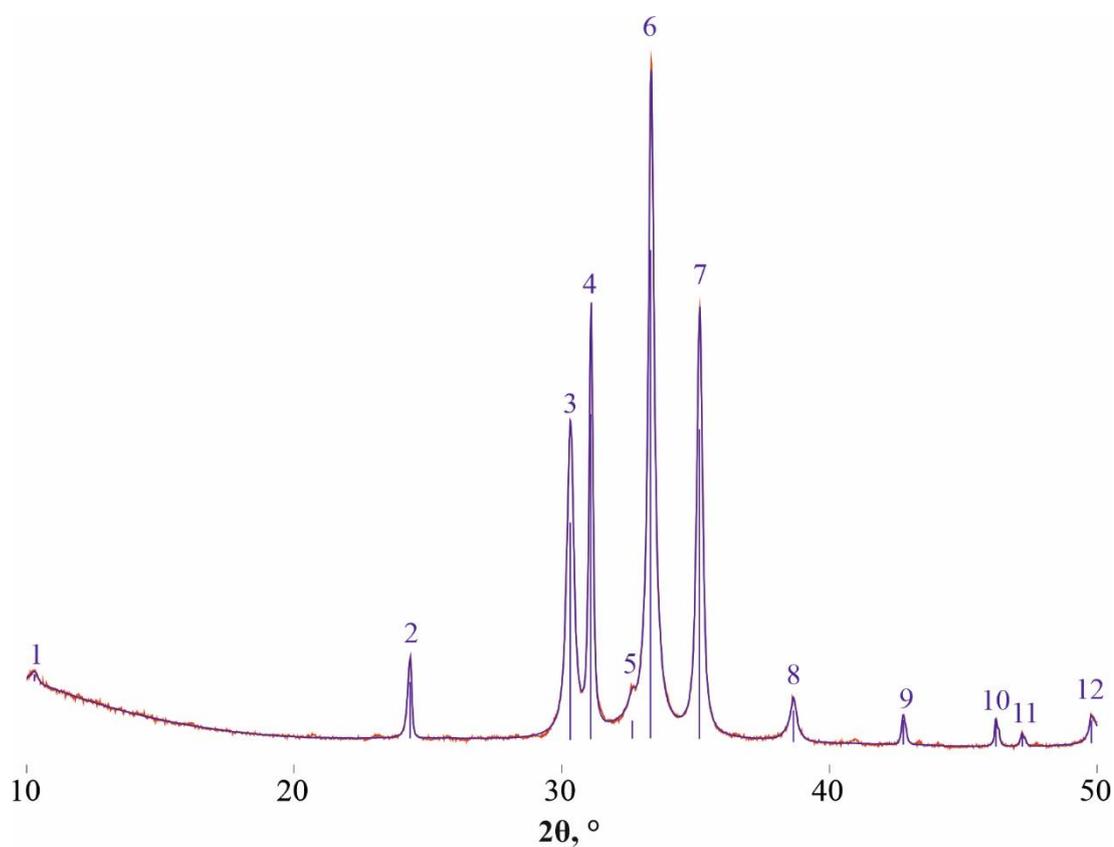
0	2θ (CoKα), °	d, Å	Минерал	I/I ₀	Эталон (ICDD)
1	24,32	4,25	Кварц	11	01-085-1054
2	26,95	3,84	Кальцит	9	01-086-2335
3	30,31	3,42	Галенит	34	01-078-1056
4	31,08	3,34	Кварц	47	01-085-1054
5	33,30	3,12	Сфалерит, пирит	61	00-005-0566, 00-006-0710
6	34,44	3,02	Кальцит, пирротин	100	01-086-2335, 01-074-7399
7	35,14	2,96	Галенит	40	01-078-1056
8	36,79	2,83	Кальцит	2	01-086-2335
9	38,61	2,71	Сфалерит, пирит	10	00-005-0566, 00-006-0710
10	39,10	2,67	Пирротин	3	01-074-7399
11	42,18	2,49	Кальцит	9	01-086-2335
12	42,74	2,45	Кварц	3	01-085-1054
13	43,37	2,42	Пирит	6	00-006-0710
14	46,24	2,28	Кальцит, кварц	16	01-086-2335, 01-085-1054
15	47,20	2,23	Кварц	1	01-085-1054
16	47,74	2,21	Пирит	5	00-006-0710
17	49,77	2,13	Кварц	3	01-085-1054

Рентгенограмма и результаты расчёта образца ДЗЖ-3а, серая порода.



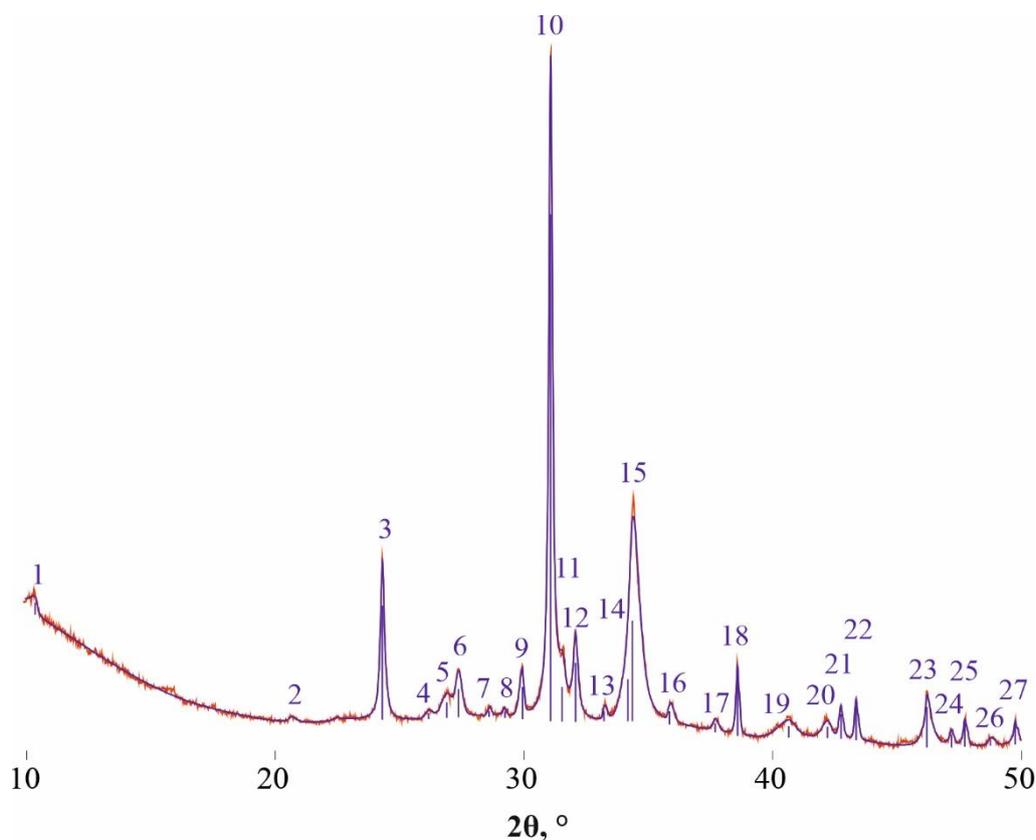
№	2θ (CoKα), °	d, Å	Минерал	I/I ₀	Эталон (ICDD)
1	18,56	5,55	Барит	<1	01-076-0213
2	23,35	4,42	Барит	9	01-076-0213
3	23,88	4,32	Барит	22	01-076-0213
4	26,62	3,89	Барит	36	01-076-0213
5	27,53	3,76	Барит	5	01-076-0213
6	29,07	3,56	Барит	20	01-076-0213
7	30,20	3,43	Барит, галенит	100	01-076-0213, 01-077-0244
8	31,36	3,31	Барит	54	01-076-0213
9	33,65	3,09	Барит	80	01-076-0213
10	35,14	2,96	Галенит	22	01-077-0244
11	36,93	2,82	Барит	42	01-076-0213
12	38,38	2,72	Барит	55	01-076-0213
13	42,42	2,47	Барит	9	01-076-0213
14	42,79	2,45	Барит	24	01-076-0213
15	45,36	2,32	Барит	12	01-076-0213
16	45,85	2,30	Барит	5	01-076-0213
17	46,31	2,28	Барит	<1	01-076-0213
18	47,87	2,20	Барит	34	01-076-0213

Рентгенограмма и результаты расчёта образца ДЗЖ-4, слоистая порода с желтыми включениями.



№	2θ (CoKα), °	d, Å	Минерал	I/I ₀	Эталон (ICDD)
1	10,29	9,98	Слюда	1	00-016-0344
2	24,34	4,24	Кварц	7	01-070-8054
3	30,31	3,42	Галенит	50	01-078-1056
4	31,09	3,34	Кварц, слюда	37	01-070-8054, 00-016-0344
5	32,64	3,18	Сфалерит	10	01-077-3378
6	33,32	3,12	Сфалерит, слюда	100	00-005-0566, 00-016-0344
7	35,15	2,96	Галенит	56	01-078-1056
8	38,66	2,70	Сфалерит, слюда	8	00-005-0566, 00-016-0344
9	42,77	2,45	Кварц	3	01-070-8054
10	46,23	2,28	Кварц	2	01-070-8054
11	47,21	2,23	Кварц	1	01-070-8054
12	48,78	2,13	Кварц	6	01-070-8054

Рентгенограмма и результаты расчёта образца ДЗЖ-7, серая порода.

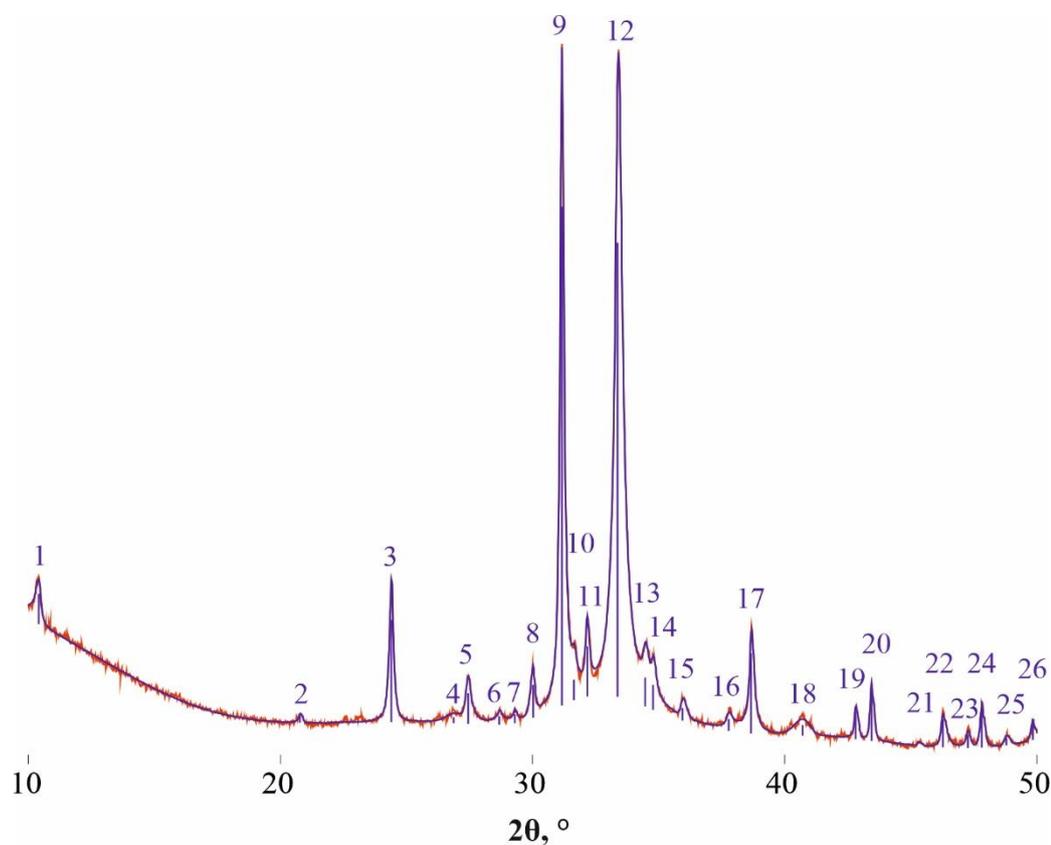


№	2θ (CoKα), °	d, Å	Минерал	I/I ₀	Эталон (ICDD)
1	10,34	9,93	Слюда	12	00-053-1188
2	20,63	5,00	Слюда	1	00-053-1188
3	24,30	4,25	Кварц, калиевый полевой шпат	28	01-085-0930, 01-076-0827
4	26,16	3,95	Слюда	2	00-053-1188
5	26,88	3,85	Калиевый полевой шпат, кальцит	9	01-076-0827, 01-089-1304
6	27,36	3,78	Калиевый полевой шпат	8	01-076-0827
7	28,61	3,62	Калиевый полевой шпат	1	01-076-0827
8	29,23	3,55	Калиевый полевой шпат	<1	01-076-0827
9	29,94	3,46	Калиевый полевой шпат	6	01-076-0827
10	31,06	3,34	Кварц, слюда, калиевый полевой шпат	100	01-085-0930, 00-053-1188, 01-076-0827
11	31,53	3,29	Калиевый полевой шпат	18	01-076-0827
12	32,07	3,24	Калиевый полевой шпат	16	01-076-0827
13	33,22	3,13	Пирит	2	00-042-1340
14	34,18	3,04	Калиевый полевой шпат	39	01-076-0827
15	34,35	3,03	Калиевый полевой шпат, кальцит	44	01-076-0827, 01-089-1304
16	35,86	2,91	Калиевый полевой шпат	3	01-076-0827

Приложение 6 (продолжение)

17	37,68	2,77	Калиевый полевой шпат	3	01-076-0827
18	38,58	2,71	Пирит	8	00-042-1340
19	40,64	2,58	Калиевый полевой шпат, слюда	10	01-076-0827, 00-053-1188
20	42,20	2,48	Калиевый полевой шпат, кальцит	5	01-076-0827, 01-089-1304
21	42,74	2,46	Кварц	4	01-085-0930
22	43,35	2,42	Калиевый полевой шпат, пирит	5	01-076-0827, 00-042-1340,
23	46,20	2,28	Кварц, калиевый полевой шпат, кальцит	16	01-085-0930, 01-076-0827, 01-089-1304
24	47,19	2,23	Кварц, калиевый полевой шпат	3	01-085-0930, 01-076-0827
25	47,72	2,21	Калиевый полевой шпат, пирит	4	01-076-0827, 00-042-1340
26	49,75	2,13	Кварц	4	01-085-0930

Рентгенограмма и результаты расчёта образца ДЗЖ-7, желтоватый слой.

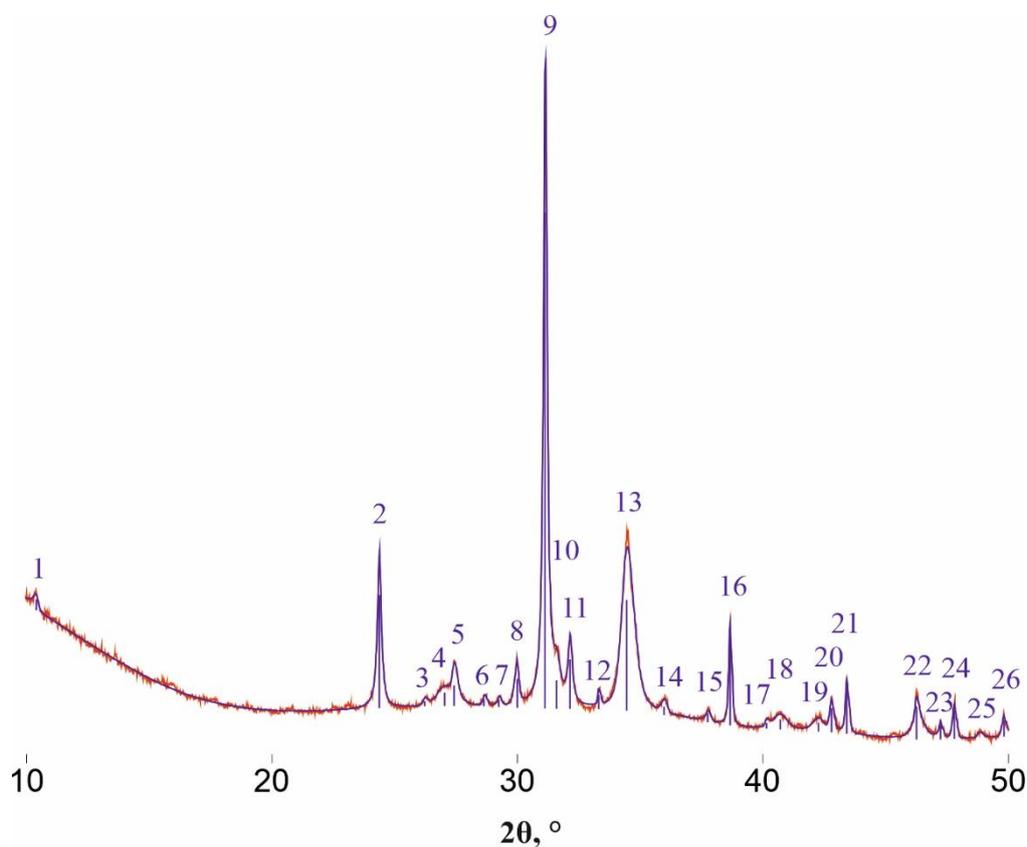


№	2θ (CoKα), °	d, Å	Минерал	I/I ₀	Эталон (ICDD)
1	10,41	9,86	Слюда	7	00-016-0344
2	20,77	4,96	Слюда	<1	00-016-0344
3	24,41	4,23	Кварц, калиевый полевой шпат	11	01-070-8054, 01-071-1544
4	26,86	3,85	Слюда, кальцит, калиевый полевой шпат	3	00-016-0344, 01-072-1651, 01-071-1544
5	27,44	3,77	Калиевый полевой шпат	5	01-071-1544
6	28,67	3,61	Калиевый полевой шпат	2	01-071-1544
7	29,29	3,54	Калиевый полевой шпат	<1	01-071-1544
8	30,02	3,45	Калиевый полевой шпат	3	01-071-1544
9	31,15	3,33	Кварц, слюда	49	01-070-8054, 00-016-0344
10	31,64	3,28	Калиевый полевой шпат	3	01-071-1544
11	32,16	3,23	Калиевый полевой шпат	5	01-071-1544
12	33,37	3,12	Слюда, сфалерит, пирит	100	00-016-0344, 01-071-4763, 01-071-4755
13	34,46	3,02	Кальцит	5	01-072-1651
14	34,77	2,99	Калиевый полевой шпат	3	01-071-1544
15	35,94	2,90	Калиевый полевой шпат, слюда	1	01-071-1544, 00-016-0344
16	37,77	2,76	Калиевый полевой шпат	3	01-071-1544
17	38,67	2,70	Слюда, сфалерит, пирит	10	00-016-0344, 01-071-4763, 01-071-4755

Приложение 7 (продолжение)

18	40,70	2,57	Калиевый полевой шпат, слюда	4	01-071-1544, 00-016-0344
19	42,81	2,45	Кварц	2	01-070-8054
20	43,44	2,42	Пирит, калиевый полевой шпат	4	01-071-4755, 01-071-1544
21	45,30	2,32	Калиевый полевой шпат	<1	01-071-1544
22	46,27	2,28	Кварц, кальцит	3	01-070-8054, 01-072-1651
23	47,27	2,23	Кварц, калиевый полевой шпат	1	01-070-8054, 01-071-1544
24	47,82	2,21	Калиевый полевой шпат, пирит	3	01-071-1544, 01-071-4755
25	48,79	2,17	Калиевый полевой шпат, слюда	<1	01-071-1544, 00-016-0344
26	49,85	2,12	Кварц, калиевый полевой шпат	1	01-071-1544, 01-070-8054

Рентгенограмма и результаты расчёта образца ДЗЖ-7, темно-серая порода.

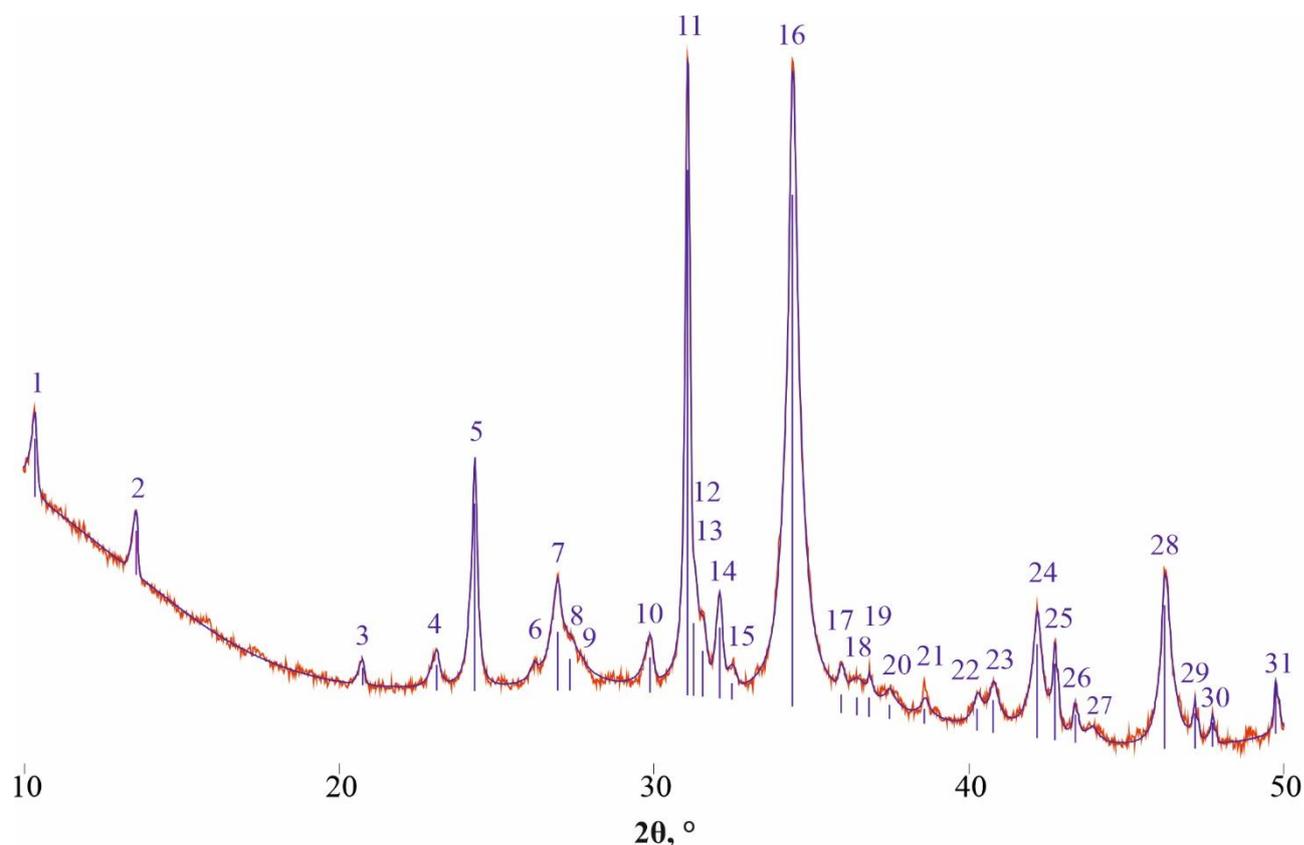


№	2θ (CoKα), °	d, Å	Минерал	I/I ₀	Эталон (ICDD)
1	10,39	9,88	Слюда	6	00-058-2037
2	24,37	4,24	Кварц, калиевый полевой шпат	27	01-070-8054, 01-080-2107
3	26,21	3,95	Калиевый полевой шпат	1	01-080-2107
4	27,02	3,83	Калиевый полевой шпат, слюда, кальцит	12	01-080-2107, 00-058-2037, 01-085-0849
5	27,41	3,77	Калиевый полевой шпат	5	01-080-2107
6	28,64	3,62	Калиевый полевой шпат	1	01-080-2107
7	29,24	3,54	Калиевый полевой шпат	1	01-080-2107
8	29,99	3,46	Калиевый полевой шпат	6	01-080-2107
9	31,13	3,33	Кварц, калиевый полевой шпат, слюда	100	01-070-8054, 01-080-2107, 00-058-2037
10	31,58	3,29	Калиевый полевой шпат	16	01-080-2107
11	32,14	3,23	Калиевый полевой шпат	12	01-080-2107
12	33,31	3,12	Пирит	1	01-089-3057
13	34,45	3,02	Калиевый полевой шпат, слюда, кальцит	76	01-080-2107, 00-058-2037, 01-085-0849
14	35,98	2,90	Калиевый полевой шпат	2	01-080-2107
15	37,75	2,77	Калиевый полевой шпат	2	01-080-2107
16	38,65	2,70	Пирит	12	01-089-3057

Приложение 8 (продолжение)

17	40,15	2,61	Калиевый полевой шпат	<1	01-080-2107
18	40,70	2,57	Калиевый полевой шпат, слюда	8	01-080-2107, 00-058-2037
19	42,26	2,48	Калиевый полевой шпат, слюда, кальцит	5	01-080-2107, 01-085-0849
20	42,79	2,45	Кварц	4	01-070-8054
21	43,41	2,42	Калиевый полевой шпат, пирит	7	01-080-2107, 01-089-3057
22	46,25	2,28	Калиевый полевой шпат, кварц, кальцит	14	01-080-2107, 01-070-8054, 01-085-0849
23	47,24	2,23	Кварц, калиевый полевой шпат	2	01-070-8054, 01-080-2107
24	47,79	2,21	Калиевый полевой шпат, пирит	4	01-080-2107, 01-089-3057
25	48,81	2,17	Калиевый полевой шпат	<1	01-080-2107
26	49,82	2,12	Кварц	3	01-070-8054

Рентгенограмма и результаты расчёта образца ДЗЖ-8, темно-серая порода.

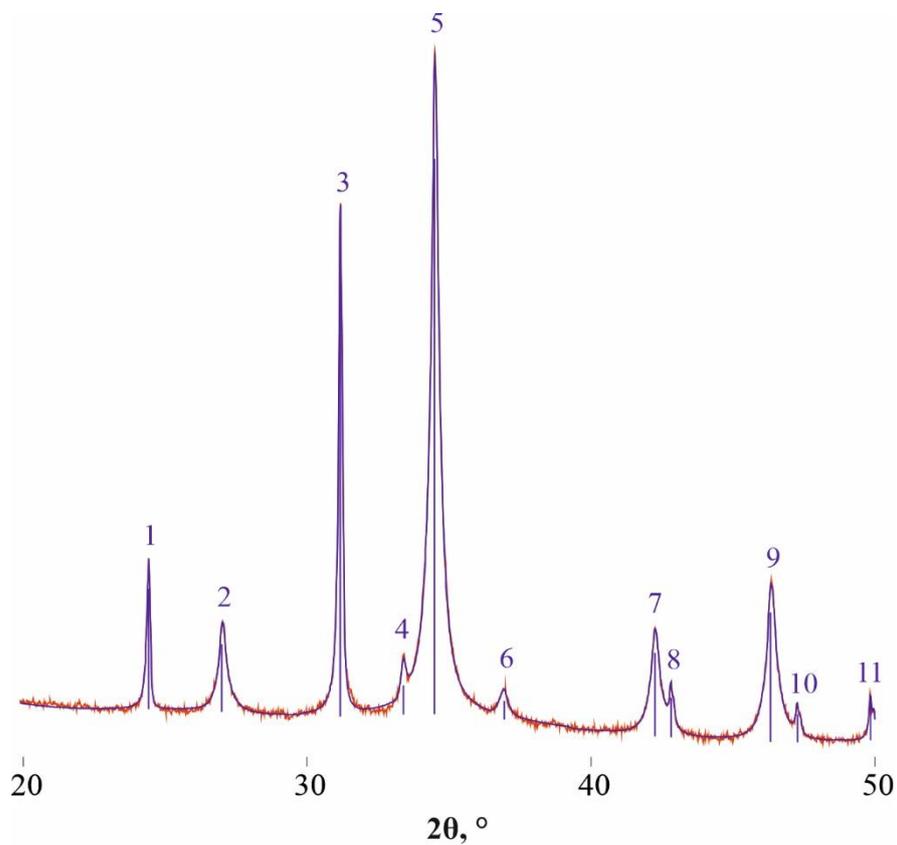


№	2θ (CoKα), °	d, Å	Минерал	I/I ₀	Эталон (ICDD)
1	10,33	9,94	Слюда 1, слюда 2	9	01-072-1503 ,00-016-0344
2	13,56	7,58	Гипс	3	01-076-8727
3	20,71	4,98	Слюда 1, слюда 2	1	01-072-1503, 00-016-0344
4	23,11	4,47	Слюда 1	3	01-072-1503
5	24,29	4,25	Кварц, калиевый полевой шпат, гипс	14	01-070-3755, 01-080-2107, 01-076-8727
6	26,19	3,95	Слюда 1, калиевый полевой шпат,	<1	01-072-1503, 01-080-2107
7	26,92	3,84	Кальцит, гипс	6	01-072-4582, 01-076-8727
8	27,32	3,79	Калиевый полевой шпат, слюда 1, слюда 2	12	01-080-2107, 01-072-1503, 00-016-0344
9	27,74	3,73	Слюда 1	<1	01-072-1503
10	29,85	3,47	Слюда 1, калиевый полевой шпат	3	01-072-1503, 01-080-2107
11	31,06	3,34	Кварц, калиевый полевой шпат, слюда 1	35	01-070-3755, 01-080-2107, 01-072-1503
12	31,18	3,32	Слюда 1, слюда 2	7	01-072-1503, 00-016-0344
13	31,55	3,29	Калиевый полевой шпат	4	01-080-2107
14	32,02	3,24	Калиевый полевой шпат	5	01-080-2107
15	32,43	3,20	Слюда 1	2	01-072-1503

Приложение 9 (продолжение)

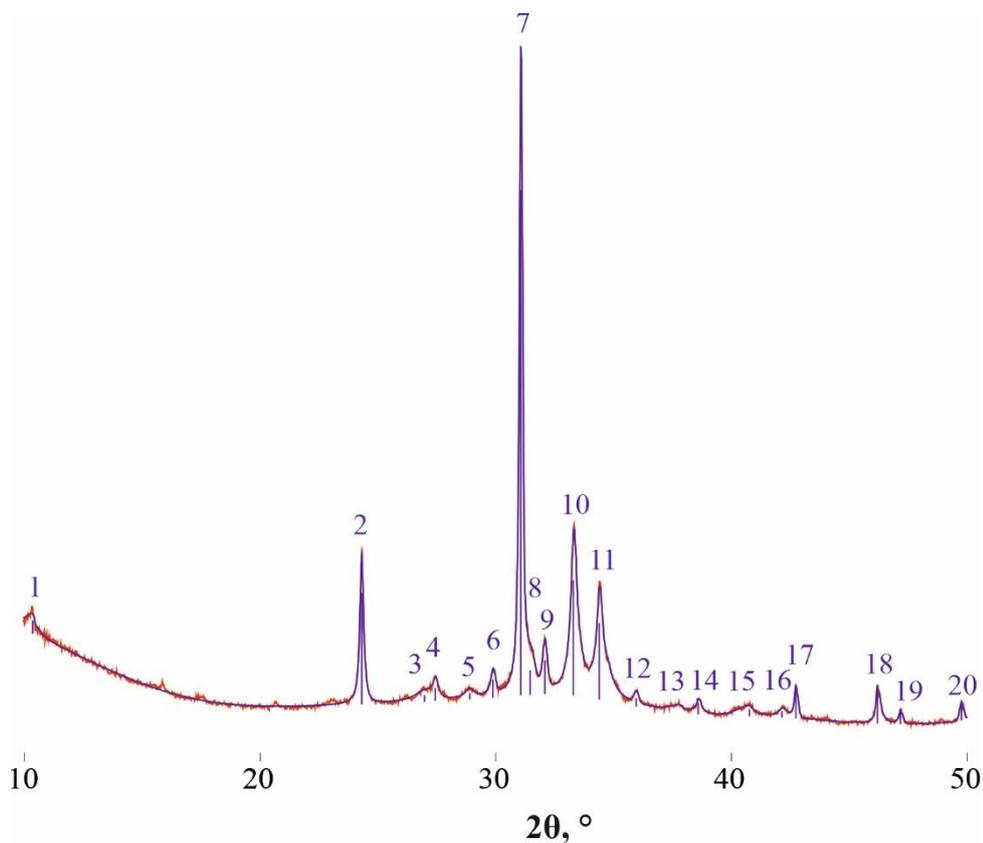
16	34,38	3,03	Кальцит, калиевый полевой шпат	100	01-072-4582, 01-080-2107
17	35,93	2,90	Калиевый полевой шпат, слюда 2	<1	01-080-2107, 00-016-0344
18	36,43	2,86	Слюда 1	5	01-072-1503
19	36,84	2,83	Кальцит, калиевый полевой шпат, гипс	<1	01-072-4582, 01-080-2107, 01-076-8727
20	37,46	2,79	Калиевый полевой шпат, гипс, слюда 1	2	01-080-2107, 01-076-8727, 01-072-1503
21	38,58	2,71	Слюда 2	2	00-016-0344
22	40,25	2,60	Слюда 1, слюда 2, калиевый полевой шпат, гипс	2	01-072-1503, 00-016-0344, 01-080-2107, 01-076-8727
23	40,81	2,57	Калиевый полевой шпат, гипс, слюда 1	2	01-080-2107, 01-076-8727, 01-072-1503
24	42,17	2,49	Кальцит, слюда 2, гипс	10	01-072-4582, 00-016-0344, 01-076-8727
25	42,74	2,45	Кварц	3	01-070-3755
26	43,34	2,42	Слюда 1, слюда 2	1	01-072-1503, 00-016-0344
27	43,95	2,39	Калиевый полевой шпат, слюда 1	1	01-080-2107, 01-072-1503
28	46,12	2,28	Кальцит, кварц, калиевый полевой шпат, гипс, слюда 1	15	01-072-4582, 01-070-3755, 01-080-2107, 01-076-8727, 01-072-1503
29	47,19	2,23	Кварц, слюда 1	1	01-070-3755
30	47,74	2,21	Слюда 1, гипс	<1	01-072-1503, 01-076-8727
31	49,74	2,13	Кварц, калиевый полевой шпат	2	01-070-3755, 01-080-2107

Рентгенограмма и результаты расчёта образца ДЗЖ-8, светло-серая порода.



№	2θ (CoKα), °	d, Å	Минерал	I/I ₀	Эталон (ICDD)
1	24,42	4,23	Кварц	5	01-085-0865
2	27,00	3,83	Кальцит	8	01-085-1108
3	31,17	3,33	Кварц	29	01-085-0865
4	33,39	3,11	Сфалерит	1	01-071-4763
5	34,49	3,02	Кальцит	100	01-085-1108
6	36,96	2,82	Кальцит	2	01-085-1108
7	42,26	2,48	Кальцит	9	01-085-1108
8	42,82	2,45	Кварц	1	01-085-0865
9	46,33	2,27	Кальцит, кварц	15	01-085-1108, 01-085-0865
10	47,27	2,23	Кварц	1	01-085-0865
11	49,85	2,12	Кварц	2	01-085-0865

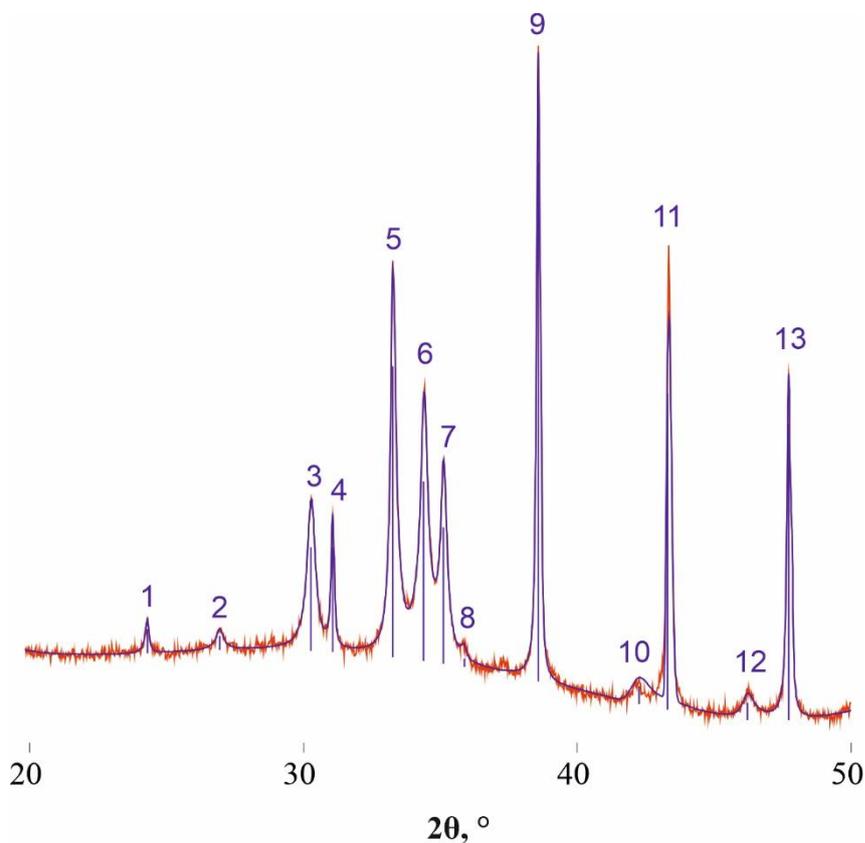
Рентгенограмма и результаты расчёта образца ДЗЖ-8, серая порода.



№	2θ (CoKα), °	d, Å	Минерал	I/I ₀	Эталон (ICDD)
1	10,33	9,94	Слюда	19	00-016-0344
2	24,31	4,25	Кварц, калиевый полевой шпат	29	01-085-0930, 01-072-3540
3	26,96	3,84	Кальцит, слюда, калиевый полевой шпат	9	01-085-1108, 00-016-0344, 01-072-3540
4	27,43	3,77	Калиевый полевой шпат	6	01-072-3540
5	28,89	3,59	Слюда, калиевый полевой шпат	4	00-016-0344, 01-072-3540
6	29,88	3,47	Калиевый полевой шпат	6	01-072-3540
7	31,06	3,34	Слюда, кварц	100	00-016-0344, 01-085-0930
8	31,45	3,30	Слюда, калиевый полевой шпат	15	00-016-0344, 01-072-3540
9	32,08	3,24	Калиевый полевой шпат	9	01-072-3540
10	33,30	3,12	Слюда, сфалерит	62	00-016-0344, 01-071-5971
11	34,39	3,03	Кальцит, калиевый полевой шпат	49	01-085-1108, 01-072-3540
12	35,96	2,90	Калиевый полевой шпат	2	01-072-3540
13	37,80	2,76	Калиевый полевой шпат	4	01-072-3540
14	38,59	2,71	Сфалерит	5	01-071-5971

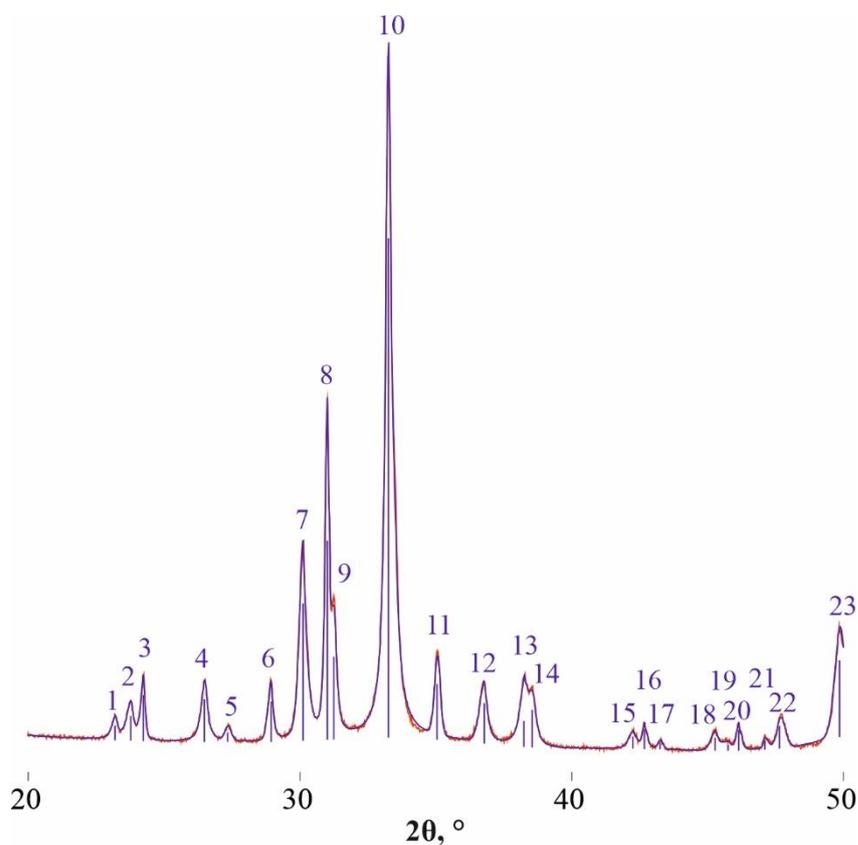
15	40,76	2,57	Слюда, калиевый полевой шпат	7	00-016-0344, 01-072-3540
16	42,15	2,49	Кальцит, слюда, калиевый полевой шпат	4	01-085-1108, 00-016-0344, 01-072-3540
17	42,73	2,46	Кварц	5	01-085-0930
18	46,19	2,28	Кварц, кальцит	9	01-085-0930, 01-085-1108
19	47,17	2,24	Кварц, калиевый полевой шпат	3	01-085-0930, 01-072-3540
20	49,76	2,13	Кварц, калиевый полевой шпат	3	01-085-0930, 01-072-3540

Рентгенограмма и результаты расчёта образца ДЗЖ-8, желтоватый слой.



№	2θ (CoKα), °	d, Å	Минерал	I/I ₀	Эталон (ICDD)
1	24,29	4,25	Кварц	6	01-085-0930
2	26,93	3,84	Кальцит	8	01-085-1108
3	30,27	3,43	Галенит	56	01-077-0244
4	31,06	3,34	Кварц	18	01-085-0930
5	33,25	3,13	Пирит	100	00-006-0710
6	34,39	3,03	Кальцит	97	01-085-1108
7	35,10	2,97	Галенит	59	01-077-0244
8	35,88	2,90	-	2	
9	38,57	2,71	Пирит	97	00-006-0710
10	42,26	2,48	Кварц, кальцит	32	01-085-0930, 01-085-1108
11	43,29	2,42	Пирит	60	00-006-0710
12	46,20	2,28	Кварц, кальцит	14	01-085-0930, 01-085-1108
13	47,72	2,21	Пирит	60	00-006-0710

Рентгенограмма и результаты расчёта образца ДЗЖ-18-2, слоистая серая порода.

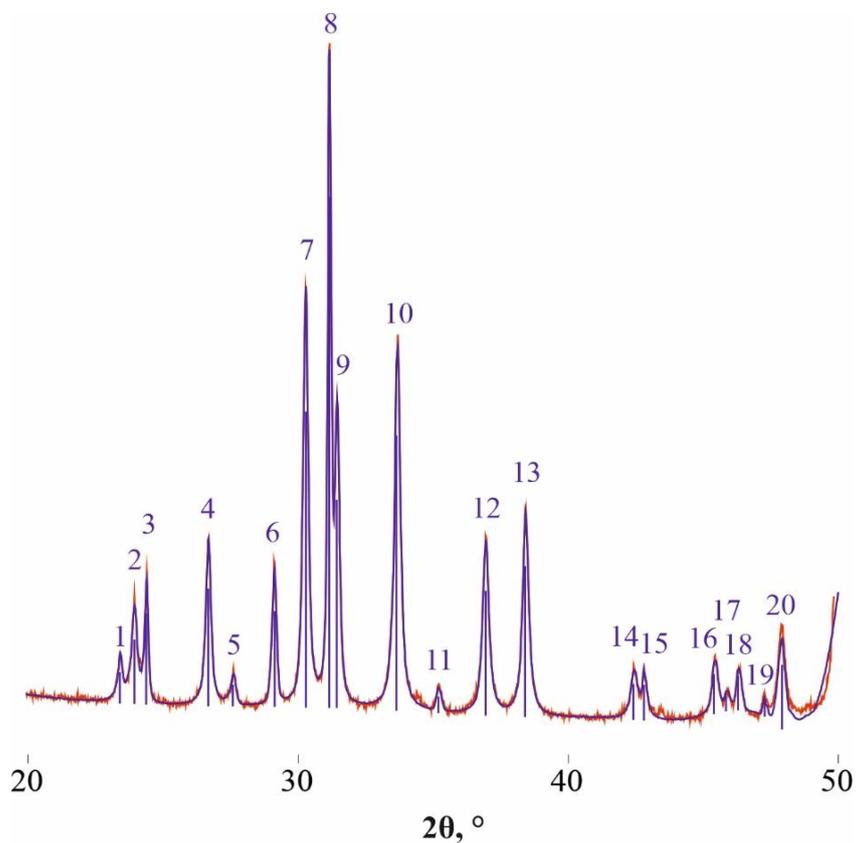


№	2θ (CoKα), °	d, Å	Минерал	I/I ₀	Эталон (ICDD)
1	23,19	4,45	Барит	2	00-024-1035
2	23,76	4,35	Барит	5	00-024-1035
3	24,23	4,26	Кварц	6	01-075-8322
4	26,48	3,91	Барит	8	00-024-1035
5	27,34	3,79	Барит	1	00-024-1035
6	28,94	3,58	Барит	5	00-024-1035
7	30,11	3,44	Барит, галенит	26	00-024-1035, 03-065-0692
8	31,01	3,35	Кварц	16	01-075-8322
9	31,25	3,32	Барит	19	00-024-1035
10	33,25	3,13	Сфалерит, пирит	100	01-077-2100, 01-079-0617
11	35,05	2,97	Галенит	7	03-065-0692
12	36,78	2,84	Барит	8	00-024-1035
13	38,25	2,73	Барит	4	00-024-1035
14	38,54	2,71	Сфалерит, пирит	13	01-077-2100
15	42,25	2,48	Барит	3	00-024-1035
16	42,67	2,46	Кварц	2	01-075-8322
17	43,25	2,43	Пирит	1	01-079-0617
18	45,28	2,32	Барит	2	00-024-1035
19	45,75	2,30	Барит	1	00-024-1035

Приложение 13 (продолжение)

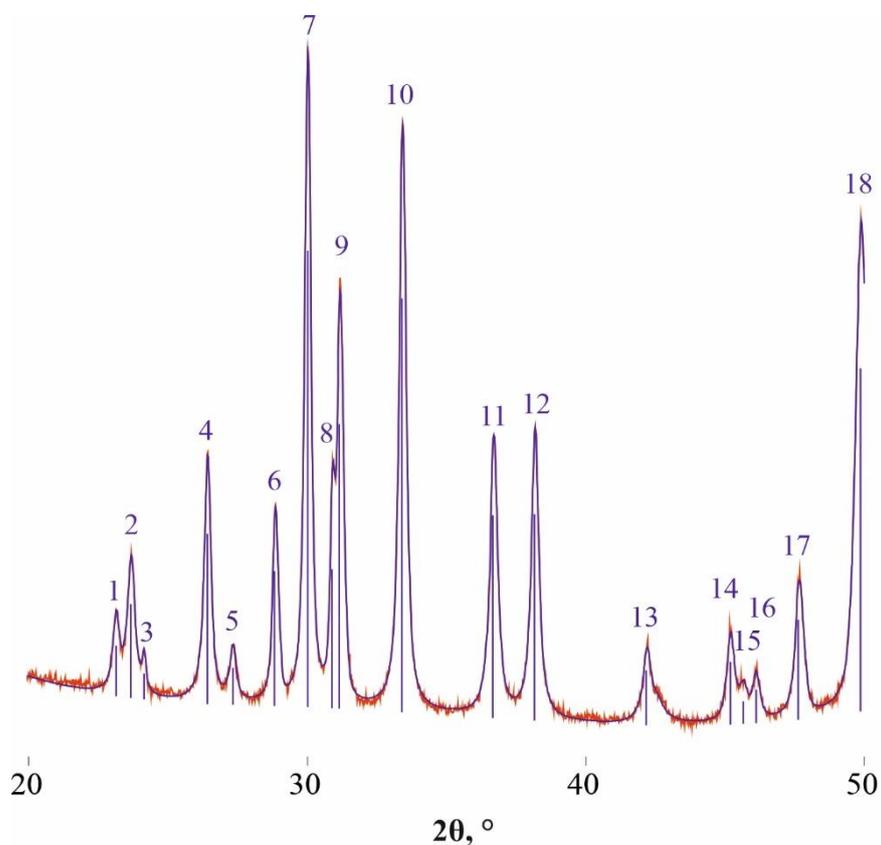
20	46,15	2,28	Барит, кварц	2	00-024-1035, 01-075-8322
21	47,10	2,24	Кварц	1	01-075-8322
22	47,65	2,21	Барит, пирит	4	00-024-1035, 01-079-0617
23	49,86	2,12	Барит, кварц	19	00-024-1035, 01-075-8322,

Рентгенограмма и результаты расчёта образца ДЗЖ-18-3, светло-серая слоистая порода.



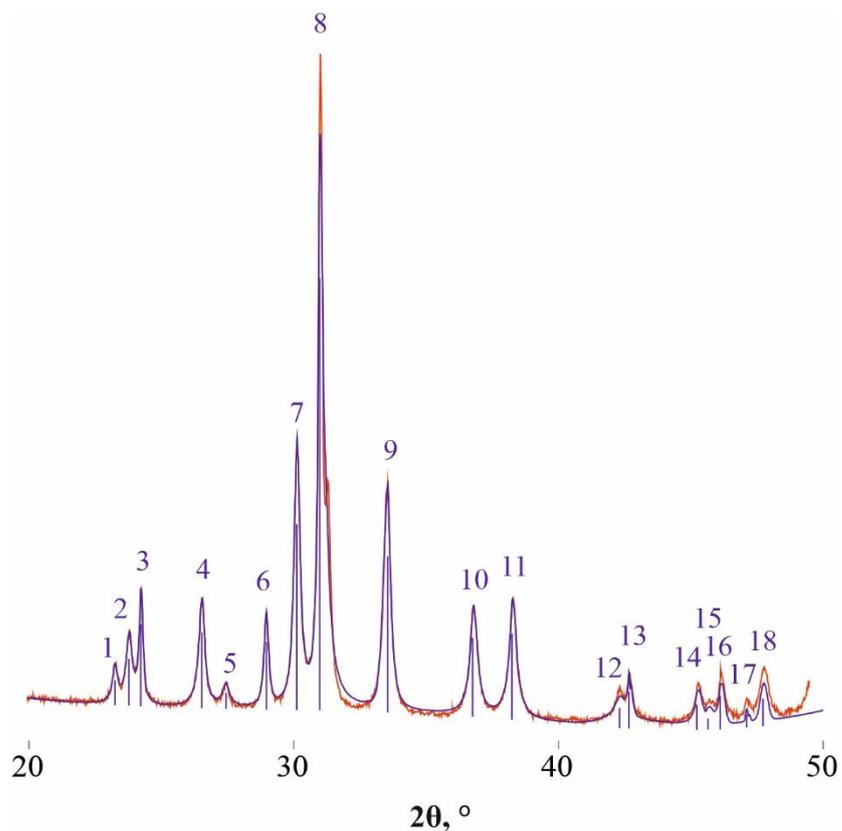
№	2θ (CoKα), °	d, Å	Минерал	I/I ₀	Эталон (ICDD)
1	23,39	4,41	Барит	9	01-076-0213
2	23,92	4,32	Барит	26	01-076-0213
3	24,37	4,24	Кварц	22	01-086-2237
4	26,67	3,88	Барит	40	01-076-0213
5	27,57	3,75	Барит	7	01-076-0213
6	29,11	3,56	Барит	24	01-076-0213
7	30,27	3,43	Барит, галенит	94	01-076-0213, 03-065-0692
8	31,14	3,33	Кварц	94	01-086-2237
9	31,43	3,30	Барит	58	01-076-0213
10	33,63	3,09	Барит	100	01-076-0213
11	35,18	2,96	Галенит	4	03-065-0692
12	36,94	2,82	Барит	50	01-076-0213
13	38,41	2,72	Барит	59	01-076-0213
14	42,41	2,47	Барит	19	01-076-0213
15	42,80	2,45	Кварц	8	01-086-2237
16	45,40	2,32	Барит	13	01-076-0213
17	45,84	2,30	Барит	4	01-076-0213
18	46,29	2,28	Барит, кварц	9	01-076-0213, 01-086-2237
19	47,28	2,23	Кварц	3	01-086-2237
20	47,92	2,20	Барит	28	01-076-0213

Рентгенограмма и результаты расчёта образца ДЗЖ-18-4, крапчатая красновато-серая порода.



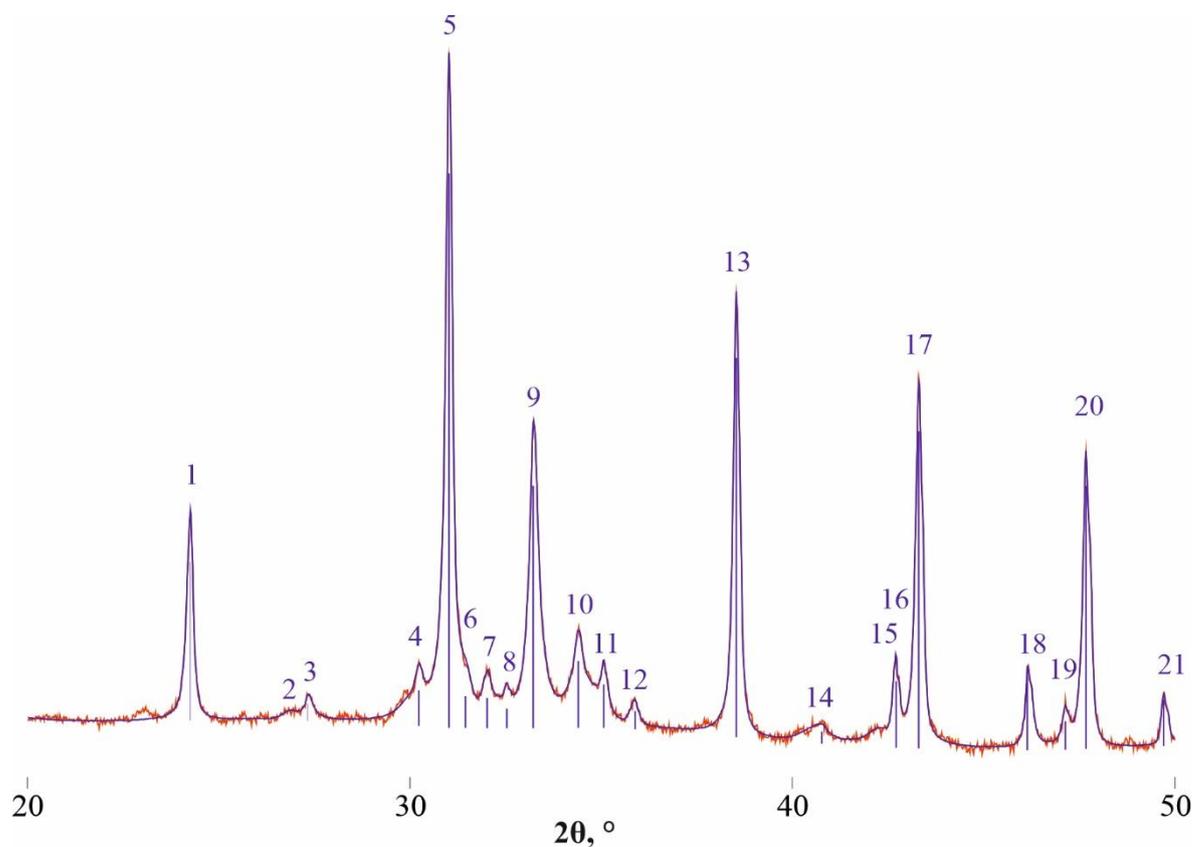
№	2θ (CoKα), °	d, Å	Минерал	I ₀	Эталон (ICDD)
1	23,13	4,46	Барит	8	01-072-1390
2	23,67	4,36	Барит	19	01-072-1390
3	24,13	4,28	Кварц	2	01-075-8320
4	26,41	3,92	Барит	28	01-072-1390
5	27,33	3,79	Барит	6	01-072-1390
6	28,83	3,59	Барит	17	01-072-1390
7	30,01	3,46	Барит	65	01-072-1390
8	30,88	3,36	Кварц	14	01-075-8320
9	31,15	3,33	Барит	37	01-072-1390
10	33,40	3,11	Барит	67	01-072-1390
11	36,66	2,84	Барит	36	01-072-1390
12	38,17	2,74	Барит	37	01-072-1390
13	42,18	2,49	Барит, кварц	16	01-072-1390, 01-075-8320
14	45,20	2,33	Барит	11	01-072-1390
15	45,66	2,31	Барит	5	01-072-1390
16	46,12	2,28	Барит, кварц	5	01-072-1390, 01-075-8320
17	47,63	2,22	Барит	18	01-072-1390
18	49,87	2,12	Барит, кварц	100	01-072-1390, 01-075-8320

Рентгенограмма и результаты расчёта образца ДЗЖ-18-4, массивная красновато-серая порода.



№	2θ (CoKα), °	d, Å	Минерал	I/I ₀	Эталон (ICDD)
1	23,24	4,44	Барит	5	01-076-0213
2	23,77	4,34	Барит	13	01-076-0213
3	24,22	4,26	Кварц	13	01-075-8320
4	26,52	3,90	Барит	20	01-076-0213
5	27,43	3,77	Барит	5	01-076-0213
6	28,97	3,58	Барит	12	01-076-0213
7	30,10	3,44	Барит	46	01-076-0213
8	30,98	3,35	Барит, кварц	100	01-076-0213, 01-075-8320
9	33,55	3,10	Барит	41	01-076-0213
10	36,75	2,84	Барит	25	01-076-0213
11	38,25	2,73	Барит	28	01-076-0213
12	42,31	2,48	Барит	16	01-076-0213
13	42,67	2,46	Кварц	5	01-075-8320
14	45,24	2,33	Барит, кварц	5	01-076-0213, 01-075-8320
15	45,64	2,31	Барит	3	01-076-0213
16	46,12	2,28	Барит, кварц	6	01-076-0213, 01-075-8320
17	47,11	2,24	Кварц	1	01-075-8320
18	47,73	2,21	Барит	6	01-076-0213

Рентгенограмма и результаты расчёта образца ДЗЖ-18-5, желтоватые полосы.

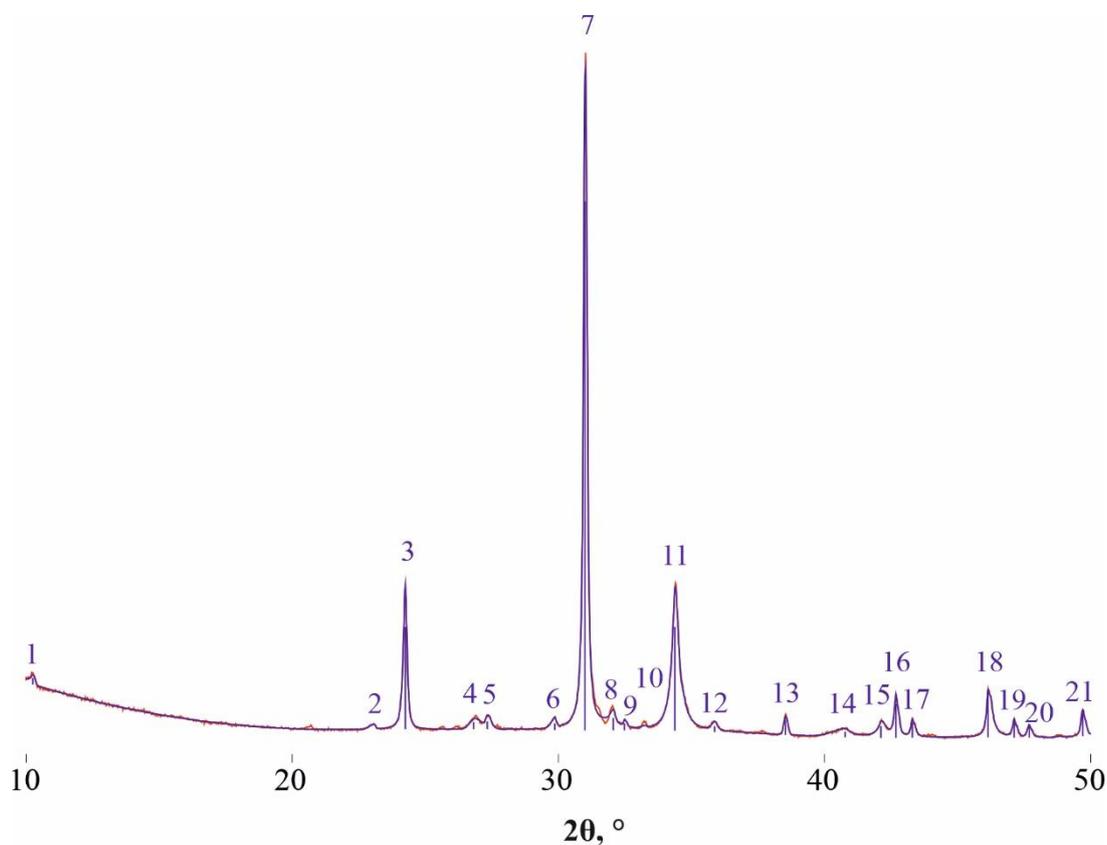


№	2θ (CoKα), °	d, Å	Минерал	I/I ₀	Эталон (ICDD)
1	24,26	4,26	Кварц, калиевый полевой шпат	23	01-085-0930, 01-083-1604
2	26,87	3,85	Кальцит, калиевый полевой шпат, вюрцит	2	01-072-1651, 01-083-1604, 01-073-6531
3	27,33	3,79	Калиевый полевой шпат	3	01-083-1604
4	30,24	3,43	Галенит	11	03-065-0692
5	31,02	3,35	Кварц, калиевый полевой шпат	100	01-085-0930, 01-083-1604
6	31,45	3,30	Калиевый полевой шпат, вюрцит	13	01-083-1604, 01-073-6531
7	32,03	3,24	Калиевый полевой шпат	6	01-083-1604
8	32,54	3,19	Вюрцит	3	01-073-6531
9	33,22	3,13	Пирит, вюрцит	54	03-065-3321, 01-073-6531
10	34,40	3,02	Кальцит	21	01-072-1651
11	35,07	2,97	Галенит, вюрцит	7	03-065-0692, 01-073-6531
12	35,90	2,90	Доломит, калиевый полевой шпат, вюрцит	2	01-074-7800, 01-083-1604, 01-073-6531
13	38,54	2,71	Пирит, вюрцит	54	03-065-3321, 01-073-6531
14	40,77	2,57	Доломит, калиевый полевой шпат	5	01-074-7800, 01-083-1604

Приложение 17 (продолжение)

15	42,21	2,48	Кальцит, калиевый полевой шпат, вюрцит	10	01-072-1651, 01-083-1604, 01-073-6531
16	42,71	2,46	Кварц, калиевый полевой шпат	5	01-085-0930, 01-083-1604
17	43,30	2,42	Пирит, доломит	43	03-065-3321, 01-074-7800
18	46,15	2,28	Кварц, кальцит, калиевый полевой шпат	8	01-085-0930, 01-072-1651, 01-083-1604
19	47,14	2,24	Кварц, калиевый полевой шпат	2	01-085-0930, 01-083-1604
20	47,68	2,21	Пирит, доломит, калиевый полевой шпат	35	03-065-3321, 01-074-7800, 01-083-1604
21	49,71	2,13	Кварц, калиевый полевой шпат	4	01-085-0930, 01-083-1604

Рентгенограмма и результаты расчёта образца ДЗЖ-18-5, черная порода.

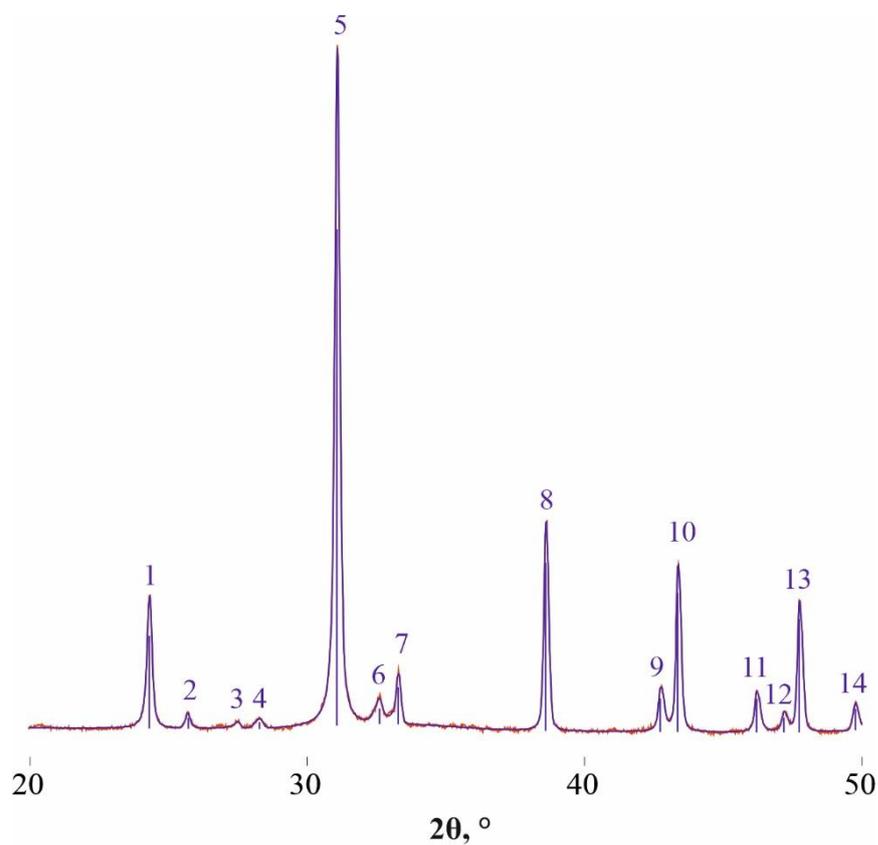


№	2θ (CoKα), °	d, Å	Минерал	I/I ₀	Эталон (ICDD)
1	10,26	10,01	Слюда	2	01-072-1503
2	23,08	4,47	Слюда	1	01-072-1503
3	24,26	4,26	Кварц	22	01-075-8322
4	26,82	3,86	Кальцит, калиевый полевой шпат, слюда	4	01-072-1651, 01-089-8572, 01-072-1503
5	27,33	3,79	Калиевый полевой шпат	2	01-089-8572
6	29,88	3,47	Калиевый полевой шпат	2	01-089-8572
7	31,00	3,35	Кварц, слюда	100	01-075-8322, 01-072-1503
8	32,07	3,24	Калиевый полевой шпат	7	01-089-8572
9	32,49	3,20	Слюда	1	01-072-1503
10	33,21	3,13	Пирит, слюда	1	01-071-0053, 01-072-1503
11	34,37	3,03	Кальцит	48	01-072-1651
12	35,87	2,91	Калиевый полевой шпат	2	01-089-8572
13	38,53	2,71	Пирит	2	01-071-0053
14	40,78	2,57	Калиевый полевой шпат, слюда	6	01-089-8572, 01-072-1503
15	42,11	2,49	Кальцит, калиевый полевой шпат, слюда	7	01-072-1651, 01-089-8572, 01-072-1503
16	42,68	2,46	Кварц	6	01-075-8322

Приложение 18 (продолжение)

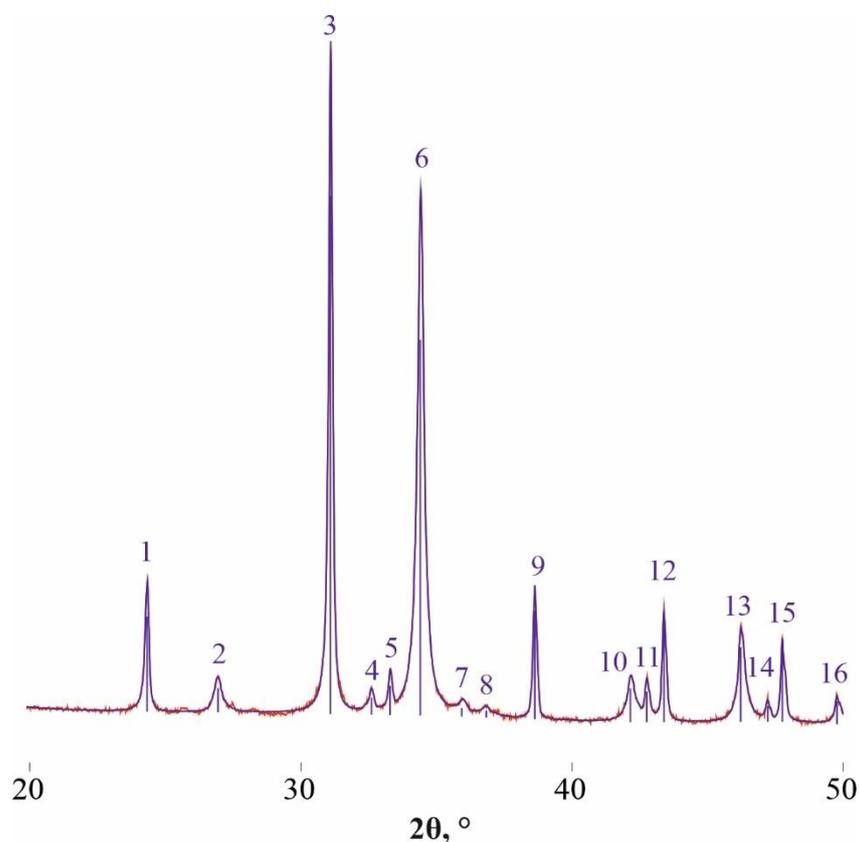
17	43,29	2,43	Пирит, калиевый полевой шпат	3	01-071-0053, 01-089-8572
18	46,14	2,28	Кварц, калиевый полевой шпат, слюда	12	01-075-8322, 01-089-8572, 01-072-1503
19	47,12	2,24	Кварц, слюда	3	01-075-8322, 01-072-1503
20	47,69	2,21	Пирит, слюда	2	01-071-0053, 01-072-1503
21	48,79	2,17	Калиевый полевой шпат	1	01-089-8572
22	49,70	2,13	Кварц, слюда	4	01-075-8322, 01-072-1503

Рентгенограмма и результаты расчёта образца ДЗЖ-18-6, темно-серый слой.



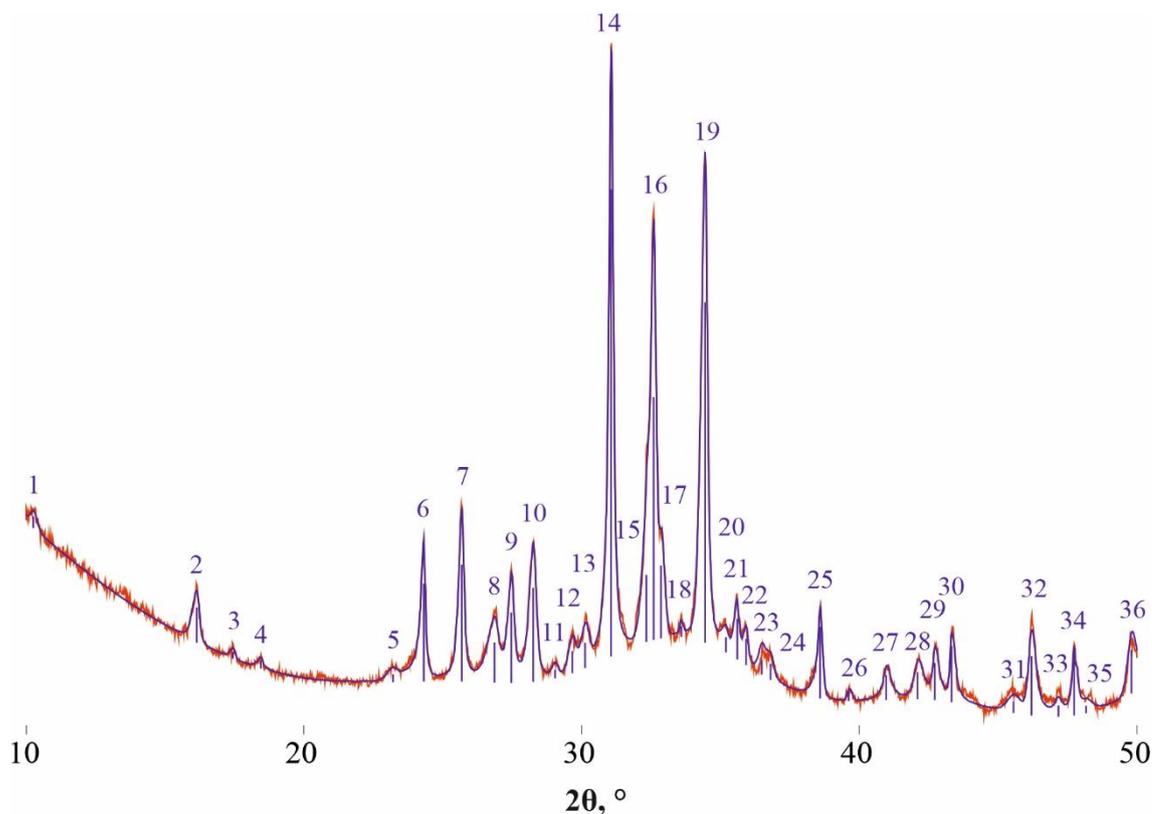
№	2θ (CoKα), °	d, Å	Минерал	I/I ₀	Эталон (ICDD)
1	24,30	4,25	Кварц	20	01-086-1629
2	25,71	4,02	Альбит	2	01-089-6426
3	27,51	3,76	Альбит	2	01-089-6426
4	28,27	3,66	Альбит	2	01-089-6426
5	31,07	3,34	Кварц	100	01-086-1629
6	32,61	3,19	Альбит	4	01-089-6426
7	33,27	3,12	Пирит	7	00-006-0710
8	38,59	2,71	Пирит	26	00-006-0710
9	42,73	2,46	Кварц, альбит	7	01-086-1629, 01-089-6426
10	43,36	2,42	Пирит, альбит	22	00-006-0710, 01-089-6426
11	46,20	2,28	Кварц	7	01-086-1629
12	47,18	2,24	Кварц, альбит	3	01-086-1629, 01-089-6426
13	47,74	2,21	Пирит	18	00-006-0710
14	49,76	2,13	Кварц, альбит	4	01-086-1629, 01-089-6426

Рентгенограмма и результаты расчёта образца ДЗЖ-18-6, светло-серые линзы.



№	2θ (CoKα), °	d, Å	Минерал	I ₀	Эталон (ICDD)
1	24,33	4,25	Кварц	14	01-086-1629
2	26,93	3,84	Альбит, кальцит	8	01-073-9850, 01-072-1651
3	31,09	3,34	Кварц	71	01-086-1629
4	32,60	3,19	Альбит	3	01-073-9850
5	33,28	3,12	Пирит	3	00-006-0710
6	34,41	3,02	Кальцит	100	01-072-1651
7	35,94	2,90	Альбит	3	01-073-9850
8	36,83	2,83	Альбит, кальцит	4	01-073-9850, 01-072-1651
9	38,63	2,70	Пирит	12	00-006-0710
10	42,16	2,49	Альбит, кальцит	12	01-073-9850, 01-072-1651
11	42,77	2,45	Альбит, кварц	4	01-073-9850, 01-086-1629
12	43,39	2,42	Пирит, альбит	11	00-006-0710, 01-073-9850
13	46,22	2,28	Кальцит, кварц	19	01-072-1651, 01-086-1629
14	47,22	2,23	Альбит, кварц	2	01-073-9850, 01-086-1629
15	47,77	2,21	Пирит	8	00-006-0710
16	49,77	2,13	Альбит, кварц	5	01-073-9850, 01-086-1629

Рентгенограмма и результаты расчёта образца ДЗЖ-18-6, красноватый слой.

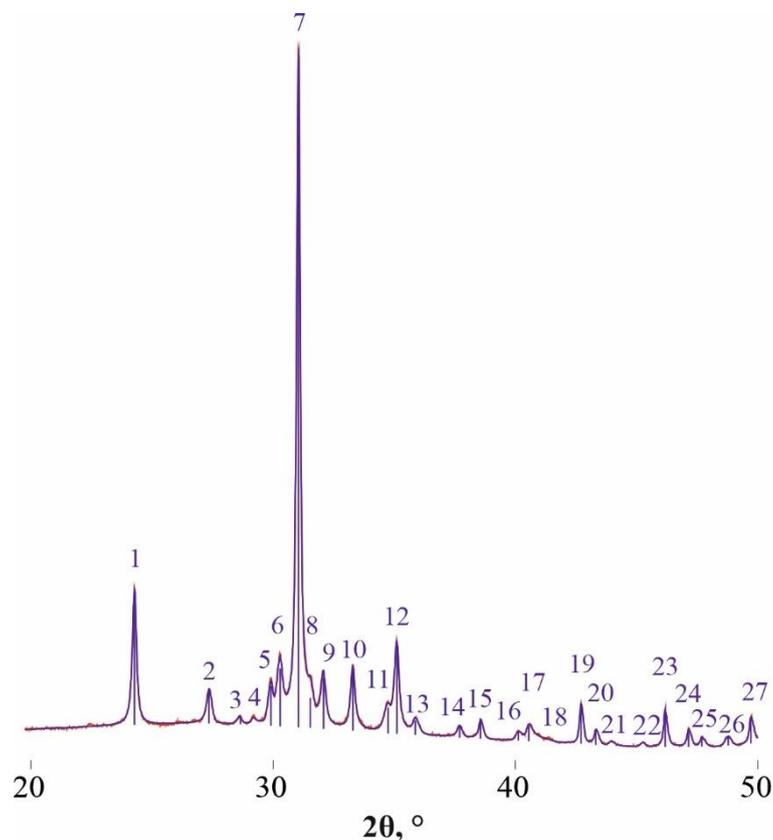


№	2θ (CoKα), °	d, Å	Минерал	I ₀	Эталон (ICDD)
1	10,26	10,00	Слюда	4	01-075-3124
2	16,15	6,37	Альбит	12	01-073-9850
3	17,45	5,90	Альбит	2	01-073-9850
4	18,46	5,58	Альбит	2	01-073-9850
5	23,22	4,44	Альбит, слюда	5	01-073-9850, 01-075-3124
6	24,32	4,25	Кварц	25	01-070-7344
7	25,69	4,02	Альбит	30	01-073-9850
8	26,87	3,85	Альбит, доломит, слюда	23	01-073-9850, 00-060-0473, 01-075-3124
9	27,48	3,77	Альбит	21	01-073-9850
10	28,27	3,66	Альбит, слюда	33	01-073-9850, 01-075-3124
11	29,05	3,57	Сидерит	2	00-002-0837
12	29,67	3,49	Альбит	6	01-073-9850
13	30,14	3,44	Альбит	8	01-073-9850
14	31,06	3,34	Кварц, альбит, слюда	100	01-070-7344, 01-073-9850, 01-075-3124
15	32,33	3,21	Альбит	17	01-073-9850
16	32,61	3,19	Альбит	48	01-073-9850
17	32,86	3,16	Альбит, пирит	31	01-073-9850, 01-071-2219
18	33,61	3,09	Слюда	1	01-075-3124
19	34,46	3,02	Доломит	92	00-060-0473
20	35,20	2,96	Альбит	5	01-073-9850

Приложение 21 (продолжение)

21	35,61	2,93	Доломит, альбит	8	00-060-0473, 01-073-9850
22	35,93	2,90	Слюда	5	01-075-3124
23	36,49	2,86	Альбит	4	01-073-9850
24	36,81	2,83	Альбит, доломит	7	01-073-9850, 00-060-0473
25	38,60	2,71	Пирит	16	01-071-2219
26	39,63	2,64	Альбит	1	01-073-9850
27	40,97	2,56	Альбит, слюда, сидерит	10	01-073-9850, 01-075-3124, 00-002-0837
28	42,11	2,49	Альбит, слюда, сидерит	14	01-073-9850, 01-075-3124, 00-002-0837
29	42,72	2,46	Кварц, альбит, слюда	10	01-070-7344, 01-073-9850, 01-075-3124
30	43,33	2,42	Альбит, пирит	12	01-073-9850, 01-071-2219
31	45,57	2,31	Альбит, сидерит	8	01-073-9850, 00-002-0837
32	46,21	2,28	Кварц, альбит, доломит	19	01-070-7344, 01-073-9850, 00-060-0473
33	47,17	2,24	Кварц, альбит, слюда	4	01-070-7344, 01-073-9850, 01-075-3124
34	47,74	2,21	Слюда, пирит	11	01-075-3124, 01-071-2219
35	48,18	2,19	Альбит, слюда	4	01-073-9850, 01-075-3124
36	49,80	2,12	Кварц, альбит, слюда, сидерит	18	01-070-7344, 01-073-9850, 01-075-3124, 00-002-0837

Рентгенограмма и результаты расчёта образца ДЗЖ-19-8, темно-серая порода.

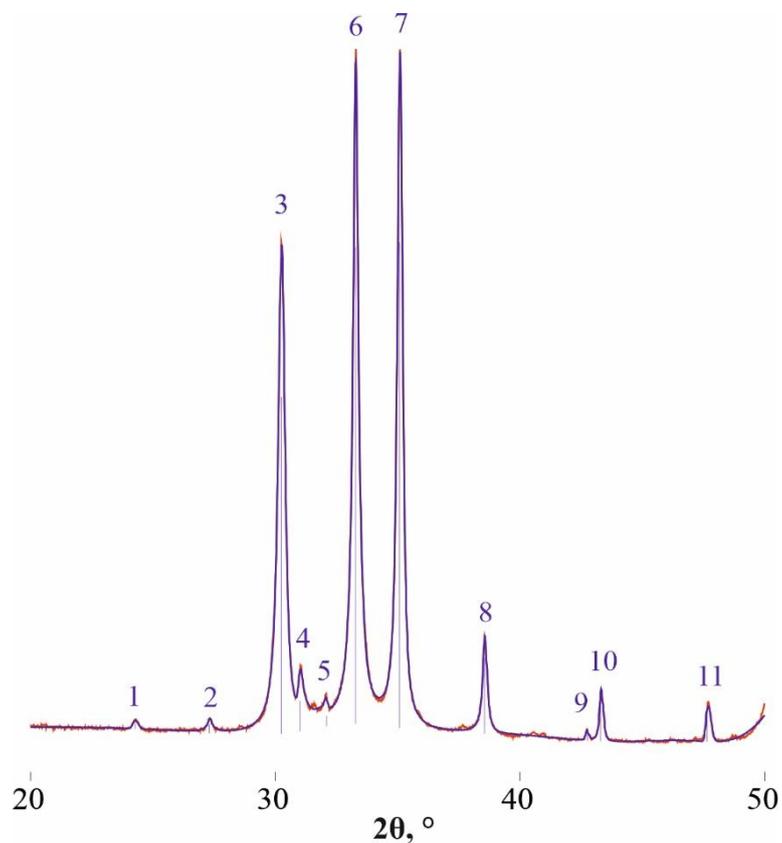


№	2θ (CoKα), °	d, Å	Минерал	I/I ₀	Эталон (ICDD)
1	24,29	4,25	Кварц, калиевый полевой шпат	22	01-085-0930, 01-086-0438
2	27,36	3,78	Калиевый полевой шпат	7	01-086-0438
3	28,65	3,62	Калиевый полевой шпат	1	01-086-0438
4	29,19	3,55	Калиевый полевой шпат	1	01-086-0438
5	29,92	3,47	Калиевый полевой шпат	7	01-086-0438
6	30,30	3,42	Галенит	11	00-005-0592
7	31,05	3,34	Кварц	100	01-085-0930
8	31,54	3,29	Калиевый полевой шпат	8	01-086-0438
9	32,08	3,24	Калиевый полевой шпат	10	01-086-0438
10	33,29	3,12	Сфалерит	12	00-005-0566
11	34,74	3,00	Калиевый полевой шпат	7	01-086-0438
12	35,11	2,97	Галенит	16	00-005-0592
13	35,87	2,91	Калиевый полевой шпат	3	01-086-0438
14	37,70	2,77	Калиевый полевой шпат	2	01-086-0438
15	38,57	2,71	Сфалерит	3	00-005-0566
16	40,12	2,61	Калиевый полевой шпат	2	01-086-0438
17	40,56	2,58	Калиевый полевой шпат	3	01-086-0438
18	40,99	2,56	Калиевый полевой шпат	2	01-086-0438

Приложение 22 (продолжение)

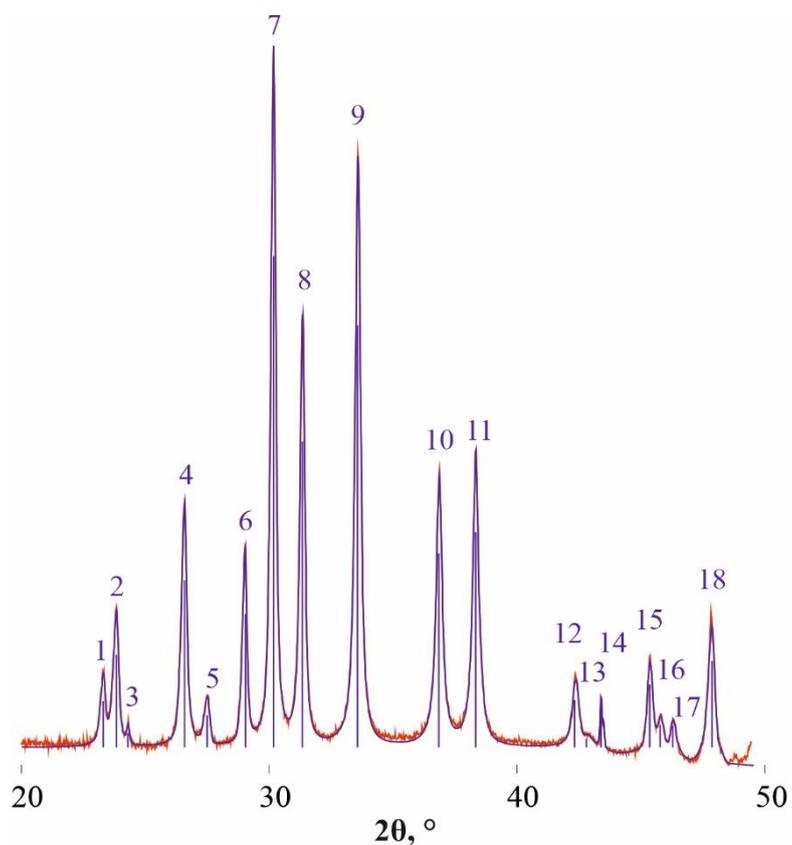
19	42,72	2,46	Кварц, калиевый полевой шпат	5	01-085-0930, 01-086-0438
20	43,33	2,42	Калиевый полевой шпат	2	01-086-0438
21	43,94	2,39	Калиевый полевой шпат	1	01-086-0438
22	45,28	2,32	Калиевый полевой шпат	1	01-086-0438
23	46,18	2,28	Кварц	6	01-085-0930
24	47,15	2,24	Кварц, калиевый полевой шпат	3	01-085-0930, 01-086-0438
25	47,70	2,21	Калиевый полевой шпат	2	01-086-0438
26	48,79	2,17	Калиевый полевой шпат	2	01-086-0438
27	49,73	2,13	Кварц, калиевый полевой шпат	5	01-085-0930, 01-086-0438

Рентгенограмма и результаты расчёта образца ДЗЖ-19-8, желтый блестящий слой.



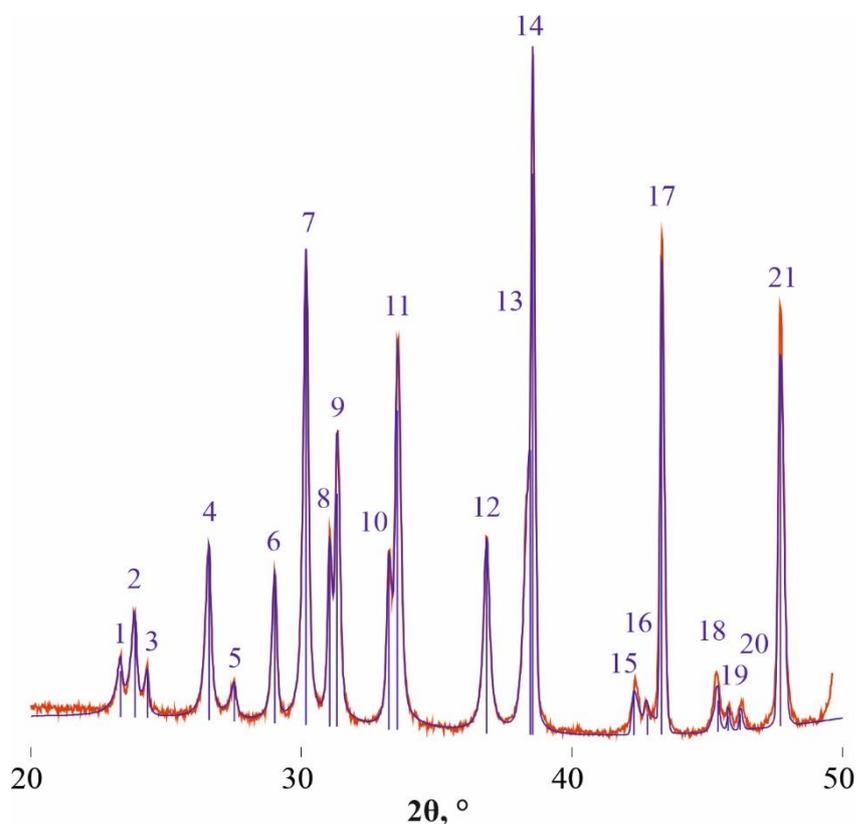
№	2θ (CoKα), °	d, Å	Минерал	I/I ₀	Эталон (ICDD)
1	24,27	4,26	Кварц, калиевый полевой	1	00-046-1045, 01-080-2106
2	27,31	3,79	Калиевый полевой шпат	2	01-080-2106
3	30,25	3,43	Галенит, калиевый полевой	86	01-077-0244, 01-080-2106
4	31,01	3,35	Кварц, калиевый полевой	6	00-046-1045, 01-080-2106
5	32,09	3,24	Калиевый полевой шпат	3	01-080-2106
6	33,28	3,12	Сфалерит, пирит	100	03-065-1691, 01-089-3057
7	35,09	2,97	Галенит	92	01-077-0244
8	38,56	2,71	Сфалерит, пирит	11	03-065-1691, 01-089-3057
9	42,75	2,45	Кварц	1	00-046-1045
10	43,31	2,42	Пирит, калиевый полевой	5	01-089-3057, 01-080-2106
11	47,65	2,21	Пирит, калиевый полевой	3	01-089-3057, 01-080-2106

Рентгенограмма и результаты расчёта образца ДЗЖ-19-9, белая порода.



№	2θ (CoKα), °	d, Å	Минерал	I ₀	Эталон (ICDD)
1	23,31	4,43	Барит	10	01-076-0213
2	23,84	4,33	Барит	20	01-076-0213
3	24,32	4,25	Кварц	2	01-074-1811
4	26,61	3,89	Барит	34	01-076-0213
5	27,51	3,76	Барит	6	01-076-0213
6	29,04	3,57	Барит	26	01-076-0213
7	30,19	3,44	Барит	100	01-076-0213
8	31,36	3,31	Барит, кварц	62	01-076-0213, 01-074-1811
9	33,59	3,10	Барит	86	01-076-0213
10	36,87	2,83	Барит	40	01-076-0213
11	38,33	2,72	Барит	43	01-076-0213
12	42,37	2,48	Барит	10	01-076-0213
13	42,99	2,44	Барит, кварц	2	01-076-0213, 01-074-1811
14	43,39	2,42	Пирит	6	00-042-1340
15	45,36	2,32	Барит	12	01-076-0213
16	45,74	2,30	Барит	5	01-076-0213
17	46,26	2,28	Барит	4	01-076-0213
18	47,85	2,21	Барит, пирит	16	01-076-0213, 00-042-1340

Рентгенограмма и результаты расчёта образца ДЗЖ-19-9, желтоватый слой.



№	2θ (CoKα), °	d, Å	Минерал	I/I ₀	Эталон (ICDD)
1	23,31	4,43	Барит	12	01-076-0213
2	23,85	4,33	Барит	28	01-076-0213
3	24,31	4,25	Кварц	11	01-087-2096
4	26,58	3,89	Барит	42	01-076-0213
5	27,52	3,76	Барит	11	01-076-0213
6	29,02	3,57	Барит	28	01-076-0213
7	30,18	3,44	Барит	100	01-076-0213
8	31,04	3,34	Кварц	51	01-087-2096
9	31,31	3,31	Барит	31	01-076-0213
10	33,24	3,13	Пирит	62	00-006-0710
11	33,54	3,10	Барит	50	01-076-0213
12	36,85	2,83	Барит	51	01-076-0213
13	38,46	2,72	Барит	80	01-076-0213
14	38,55	2,71	Пирит	58	00-006-0710
15	42,29	2,48	Барит	8	01-076-0213
16	42,79	2,45	Барит, кварц	10	01-076-0213, 01-087-2096
17	43,30	2,42	Пирит	60	00-006-0710
18	45,40	2,32	Барит	7	01-076-0213
19	45,77	2,30	Барит	1	01-076-0213
20	46,23	2,28	Барит, кварц	2	01-076-0213, 01-087-2096
21	47,71	2,21	Барит, пирит	62	01-076-0213, 00-006-0710

Минеральный состав пород месторождения Дальнезападный Жайрем по результатам рентгенофазового анализа.

№ обр.	Описание пробы	Минералы	Главные диагностические линии, d (Å)/I	Эталон
ДЗЖ-2	темно-серая слоистая порода	галенит	3,42/11; 2,97/9	01-077-0244
		кальцит	3,03/13; 2,28/6	01-072-4582
		кварц	4,25/17; 3,34/79; 2,46/5; 2,28/6; 2,23/3	01-085-0930
		пирит	3,12/100; 2,71/22; 2,42/13; 2,21/11; 2,13/4	01-071-4755
		слюда	9,95/1; 3,12/100; 2,28/6; 2,13/4	01-088-0710
		сфалерит	3,12/100; 2,71/22	00-005-0566
	темно-серая блестящая порода	галенит	3,42/49; 2,97/36	01-078-1057
		кальцит	3,02/18; 2,28/13	01-072-4582
		кварц	4,24/1; 3,34/4; 2,45/1; 2,28/13	01-070-8054
		пирит	3,12/100; 2,70/11; 2,42/4; 2,21/4	01-073-8127
		сфалерит	3,12/100; 2,70/11	01-071-4763
	темно-серая порода с белыми включениями	галенит	3,42/34; 2,96/40	01-078-1056
		кальцит	3,84/9; 3,02/100; 2,49/9; 2,28/16	01-086-2335
		кварц	4,25/11; 3,34/47; 2,45/3; 2,28/16; 2,13/3	01-085-1054
		пирит	3,12/61; 2,71/10; 2,42/6; 2,21/5	00-006-0710
		пирротин	3,02/100; 2,67/3	01-074-7399
		сфалерит	3,12/61; 2,71/10	00-005-0566
	ДЗЖ-3а	серая порода	барит	4,42/9; 4,32/22; 3,89/36; 3,76/5; 3,56/20; 3,43/100; 3,31/54; 3,09/80; 2,82/42; 2,72/55; 2,45/24; 2,32/12; 2,30/5; 2,20/34
галенит			3,43/100; 2,96/22	01-077-0244
ДЗЖ-4	слоистая порода с желтыми включениями	галенит	3,42/50; 2,96/56	01-078-1056
		кварц	4,24/7; 3,34/37; 2,45/3; 2,28/2; 2,13/6	01-070-8054
		слюда	9,98/1; 3,34/37; 3,12/100; 2,70/8	00-016-0344
		сфалерит	3,18/10; 3,12/100; 2,70/8	00-005-0566
ДЗЖ-7	серая порода	кальцит	3,85/9; 3,03/44; 2,48/5; 2,28/16	01-089-1304
		кварц	4,25/28; 3,34/100; 2,28/16; 2,23/3; 2,13/4	01-085-0930
		калиевый полевой шпат	4,25/28; 3,85/9; 3,78/8; 3,46/6; 3,34/100; 3,29/18; 3,24/16; 3,04/39; 3,03/44; 2,58/10; 2,28/16	01-076-0827
		пирит	3,13/2; 2,71/8; 2,21/4	00-042-1340
		слюда	9,93/12; 5,00/1; 3,95/2; 3,34/100; 2,58/10	00-053-1188
		сфалерит	3,12/100; 2,70/10	01-071-4763
	желтоватый слой	кальцит	3,85/3; 3,02/5; 2,28/3	01-072-1651
		кварц	4,23/11; 3,33/49; 2,28/32,23/1; 2,12/1	01-070-8054
		калиевый полевой шпат	4,23/11; 3,85/3; 3,77/5; 3,61/2; 3,45/3; 3,23/5; 2,99/3; 2,76/3; 2,57/4; 2,42/4; 2,21/3	01-071-1544
		пирит	3,12/100; 2,70/10; 2,42/4; 2,21/3	01-071-4755
		слюда	9,86/7; 3,85/3; 3,33/49; 3,12/100; 2,70/10; 2,57/4	00-016-0344
		сфалерит	3,12/100; 2,70/10	01-071-4763
	темно-серая порода	кальцит	3,83/12; 3,02/76; 2,48/5; 2,28/14	01-085-0849
		кварц	4,24/27; 3,33/100; 2,45/4; 2,28/14	01-070-8054
		калиевый полевой шпат	4,24/27; 3,83/12; 3,46/6; 3,33/100; 3,29/16; 3,23/12; 3,02/76; 2,57/8; 2,28/14; 2,23/2; 2,12/3	01-080-2107
		пирит	3,12/1; 2,70/12; 2,42/7; 2,21/4	01-089-3057
		слюда	9,88/6; 3,83/12; 3,33/100; 3,02/76; 2,57/8; 2,48/5;	00-058-2037

Минеральный состав пород месторождения Дальнезападный Жайрем по результатам рентгенофазового анализа.

ДЗЖ-8	темно-серая порода	гипс	7,58/3; 4,25/14; 3,84/6; 2,79/2; 2,60/2; 2,57/2; 2,49/10; 2,28/15	01-076-8727	
		кальцит	3,84/6; 3,03/100; 2,49/10; 2,28/15	01-072-4582	
		кварц	4,25/14; 3,34/35; 2,45/3; 2,28/15	01-070-3755	
		калиевый полевой шпат	4,25/15; 3,79/12; 3,47/3; 3,34/35; 3,29/4; 3,24/5; 3,03/100; 2,28/15	01-080-2107	
		слюда 1	9,94/9; 4,47/3; 3,79/12; 3,47/3; 3,32/7; 3,34/35; 3,20/2; 2,86/5; 2,79/2; 2,60/2; 2,57/2; 2,28/15	01-072-1503	
		слюда 2	9,94/9; 3,79/12; 3,32/7; 2,71/2; 2,49/10	00-016-0344	
	светло-серая порода	кальцит	3,83/8; 3,02/100; 2,48/9; 2,27/15	01-085-1108	
		кварц	4,23/5; 3,33/29; 2,45/1; 2,27/15; 2,23/1; 2,12/2	01-085-0865	
		сфалерит	3,11/1	01-071-4763	
	серая порода	кварц	4,25/29; 3,34/100; 2,46/5; 2,28/9; 2,24/3; 2,13/3	01-085-0930	
		кальцит	3,84/9; 3,03/49; 2,49/4; 2,28/9	01-085-1108	
		калиевый полевой шпат	4,25/29; 3,84/9; 3,77/6; 3,59/4; 3,47/6; 3,30/15; 3,24/9; 3,03/49; 2,76/4; 2,57/7	01-072-3540	
		слюда	9,97/19; 3,84/29; 3,59/100; 3,30/15; 3,12/62; 2,57/7; 2,49/4; 2,24/3; 2,13/3	00-016-0344	
		сфалерит	3,12/62; 2,71/5	01-071-5971	
	желтоватый слой	галенит	3,43/56; 2,97/59	01-077-0244	
		кальцит	3,84/8; 3,03/97; 2,48/32; 2,28/14	01-085-1108	
		кварц	4,25/6; 3,34/18; 2,48/32; 2,28/14	01-085-0930	
		пирит	3,13/100; 2,71/97; 2,42/60; 2,21/60	00-006-0710	
	ДЗЖ-18-2	слоистая серая порода	барит	4,45/2; 4,35/5; 3,91/8; 3,79/1; 3,58/5; 3,44/26; 3,32/19; 2,84/8; 2,73/3; 2,48/3; 2,32/2; 2,30/1; 2,28/2; 2,21/4; 2,12/19	00-024-1035
			галенит	3,44/26; 2,97/7	03-065-0692
кварц			4,26/6; 3,35/16; 2,46/2; 2,28/2; 2,24/1; 2,12/19	01-075-8322	
пирит			3,13/100; 2,71/13; 2,43/1; 2,21/4	01-079-0617	
сфалерит			3,13/100; 2,71/13	01-077-2100	
ДЗЖ-18-3	светло-серая полосатая порода	барит	4,41/9; 4,32/26; 3,88/40; 3,75/7; 3,56/24; 3,43/94; 3,30/58; 3,09/100; 2,82/50; 2,72/59; 2,47/19; 2,32/13; 2,30/4; 2,28/9; 2,20/28	01-076-0213	
		кварц	4,24/22; 3,33/94; 2,45/8; 2,28/9; 2,23/3	01-086-2237	
		галенит	3,43/94; 2,96/4	03-065-0692	
ДЗЖ-18-4	крупчатая красновато-серая порода	барит	4,46/8; 4,36/19; 3,92/28; 3,79/6; 3,59/17; 3,46/653; 3,33/37; 3,11/67; 2,84/36; 2,74/37; 2,49/16; 2,33/11; 2,32/5; 2,28/5; 2,22/18; 2,12/100	01-072-1390	
		кварц	4,28/2; 3,36/14; 2,49/16; 2,28/5; 2,12/100;	01-075-8320	
	сплошная красновато-серая порода	барит	4,44/5; 4,34/13; 3,90/20; 3,77/5; 3,58/12; 3,44/46; 3,35/100; 3,10/41; 2,84/25; 2,73/28; 2,48/16; 2,33/5; 2,31/3; 2,28/6; 2,21/6;	01-076-0213	
		кварц	4,26/13; 3,35/100; 2,46/5; 2,33/5; 2,28/6; 2,24/1	01-075-8320	

Минеральный состав пород месторождения Дальнезападный Жайрем по результатам рентгенофазового анализа.

ДЗЖ-18-5	желтоватые полосы	галенит	3,43/1; 2,97/7	03-065-0692	
		доломит	2,90/2; 2,57/5; 2,42/43; 2,21/35	01-074-7800	
		кальцит	3,85/2; 3,02/21; 2,48/10; 2,28/8	01-072-1651	
		кварц	4,26/23; 3,35/10; 2,46/5; 2,28/8; 2,24/2; 2,13/4	01-085-0930	
		пирит	3,13/54; 2,71/54; 2,42/43; 2,21/35	03-065-3321	
		вюрцит	3,85/2; 3,30/13; 3,19/3; 3,13/54; 2,97/7; 2,90/2; 2,71/54; 2,48/10	01-073-6531	
	черная порода	кальцит	3,86/4; 3,03/48; 2,49/7	01-072-1651	
		кварц	4,26/22; 3,35/100; 2,46/6; 2,28/12; 2,24/3; 2,13/4	01-075-8322	
		калиевый полевой шпат	3,86/4; 3,79/2; 3,47/2; 3,24/7; 2,91/2; 2,57/6; 2,49/7; 2,43/3; 2,28/12; 2,17/1	01-089-8572	
		пирит	3,13/1; 2,71/2; 2,43/3; 2,21/2	01-071-0053	
слюда		10,01/2; 3,86/4; 3,35/100; 2,57/6; 2,49/7; 2,28/12; 2,24/3; 2,21/2; 2,13/4	01-072-1503		
ДЗЖ-18-6	темно-серый слой	альбит	4,02/2; 3,76/2; 3,66/2; 3,19/4; 2,46/7; 2,42/22; 2,24/3; 2,13/4	01-089-6426	
		кварц	4,25/20; 3,34/100; 2,46/7; 2,28/7; 2,24/3; 2,13/4	01-086-1629	
		пирит	3,12/7; 2,71/26; 2,42/22; 2,21/18	00-006-0710	
	светло-серые линзы	альбит	3,84/8; 3,19/3; 2,90/3; 2,83/4; 2,49/12; 2,45/4; 2,42/11; 2,23/2; 2,13/5	01-073-9850	
		кальцит	3,84/8; 3,02/100; 3,83/4; 2,49/12; 2,28/19	01-072-1651	
		кварц	4,25/14; 3,34/71; 2,45/4; 2,28/19; 2,23/2; 2,13/5	01-086-1629	
	красноватый слой	пирит	3,12/3; 2,70/12; 2,42/11; 2,21/8	00-006-0710	
		альбит	6,37/12; 4,44/5; 4,02/30; 3,85/23; 3,77/21; 3,66/33; 3,49/6; 3,44/8; 3,34/100; 3,21/17; 3,19/48; 3,16/31; 2,96/5; 2,93; 2,83/7; 2,64/10; 2,49/14; 2,46/10; 2,28/18	01-073-9850	
		кварц	4,25/25; 3,34/100; 2,46/10; 2,28/18	01-070-7344	
		доломит	3,85/23; 3,02/92; 2,93/8; 2,83/7; 2,28/19	00-060-0473	
		пирит	3,16/31; 2; 2,71/16; 2,42/12; 2,21/11	01-071-2219	
		сидерит	3,57/2; 2,56/10; 2,49/14; 2,31/8; 2,12/18	00-002-0837	
	ДЗЖ-19-8	темно-серая порода	слюда	10,00/4; 4,44/5; 3,85/23; 3,66/33; 3,34/100; 2,90/5; 2,64/10; 2,56/10; 2,49/14; 2,46/10; 2,24/4; 2,19/4; 2,12/18	01-075-3124
			галенит	3,42/11; 2,97/16	00-005-0592
			кварц	4,25/22; 3,34/100; 2,46/5; 2,28/6; 2,13/5	01-085-0930
калиевый полевой шпат			4,25/22; 3,78/7; 3,47/7; 3,29/8; 3,24/10; 3,00/7; 2,46/5; 2,13/5	01-086-0438	
сфалерит			3,12/12; 2,71/3	00-005-0566	
желтый блестящий слой		галенит	3,43/86; 2,97/92	01-077-0244	
		кварц	4,26/1; 3,35/6; 2,45/1	00-046-1045	
		калиевый полевой шпат	4,26/1; 3,79/2; 3,43/86; 3,35/6; 3,24/3; 2,42/5; 2,21/3	01-080-2106	
		пирит	3,12/100; 2,71/11; 2,42/5; 2,21/3	01-089-3057	
		сфалерит	3,12/100; 2,71/11	03-065-1691	

Минеральный состав пород месторождения Дальнезападный Жайрем по результатам рентгенофазового анализа.

ДЗЖ-19-9	белая порода	барит	4,43/10; 4,33/20; 3,89/34; 3,57/26; 3,44/100; 3,31/62; 3,10/86; 2,83/40; 2,72/43; 2,48/10; 2,32/12; 2,21/16	01-076-0213
		пирит	2,42/6; 2,21/16	00-042-1340
		кварц	4,25/2; 3,31/62; 2,44/2	01-074-1811
	желтоватый слой	барит	4,43/12; 4,33/28; 3,89/42; 3,76/11; 3,57/28; 3,44/100; 3,31/31; 3,10/50; 2,83/51; 2,72/80; 2,48/8; 2,45/10; 2,32/7; 2,21/62	01-076-0213
		кварц	4,25/11; 3,34/51; 2,45/10; 2,28/2	01-087-2096
		пирит	3,13/62; 2,71/58; 2,42/60; 2,21/62	00-006-0710