

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический
университет имени К.И. Сатпаева

Институт геологии, нефти и горного дела

Кафедра геологической съемки, поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых

Канатулы Арман

Состав и условия формирования кварцевых жил по месторождению
Долинное.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Специальность 6М070600 – Геология и разведка месторождений
полезных ископаемых

Алматы 2020

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Институт геологии, нефти и горного дела

Кафедра геологической съемки, поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых

УДК 553.43: 553.536 (574) (043)

На правах рукописи

Қанатұлы Арман

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

На соискание академической степени магистра

Название диссертации - Состав и условия формирования кварцевых жил
на месторождении «Долинное»

Направление подготовки 6М070600 «Геология и разведка месторождений
полезных ископаемых»

Научный руководитель

Зав. кафедрой ГСПиР МПИ



доктор PhD, ассоц.профессор

А.А. Бекботаева

«22» декабря 2020 г.

Производственный руководитель

Главный геолог

ТОО «Полиметалл Евразия»

 Р.Ш. Муратов

« 22 » декабря 2020 г.

Рецензент

Доктор PhD

 К.С. Тогизов

«23» декабря 2020 г.

Нормоконтролер

канд. геол.-минерал.наук, лектор

24 декабря 2020 С.К. Асубаева

« ___ »  2020 г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой ГСПиР МПИ

доктор PhD, ассоц.профессор



А.А. Бекботаева


« 24 » декабря 2020г.

Алматы 2020

КАЗАХСТАН
Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева
Институт геологии, нефти и горного дела
Кафедра геологической съемки, поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых
6M070600 – Геология и разведка месторождений полезных
ископаемых

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой
ГСПиР МПИ доктор
PhD, ассоц. профессор

 А.А. Бекботаева
«24» декабря 2020 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту Қанатұлы Арману

Тема «Состав и условия формирования кварцевых жил на месторождении «Долинное»»

Утвержденный приказом по университету № 1193-М от «29» октября 2020 г.

Срок сдачи законченной работы «25» декабря 2020г.

Исходные данные к магистерской диссертации – текстовые и графические материалы производственной и исследовательской практики

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации: а) Изучение условий залегания, строения, минерального состава кварцевых жил

б) Изучение конституции и свойств жильного кварца

в) Выяснение закономерностей размещения различных типов жильного кварца и сопутствующих ему минеральных ассоциаций

д) Выделение основных этапов и стадий кварцеобразования

Перечень графического материала:

а) графики;

б) таблицы.

Рекомендуемая основная литература:

1) Комплексная геолого-экономическая оценка рудных месторождений. А.М. Коган И.Д. Подсчет запасов и геолого-промышленная оценка рудных месторождений. М., Недра

2) Быбочкин А.М. и др. Комплексная геолого-экономическая оценка рудных месторождений. М., Недра

3) Отчет о предварительной разведке Северного участка месторождения Долинное




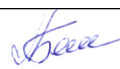


ГРАФИК

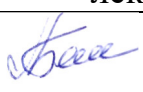
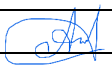
подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки предоставления научному руководителю и консультантам	Примечание
Введение	1 декабря 2020	
Общие сведения об объекте	5 декабря 2020	
Геологическая строение месторождения	10 декабря 2020	
Экспериментальная часть	15 декабря 2020	
Заключение	20 декабря 2020	

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную магистерскую диссертацию с указанием относящихся к ним разделов диссертации

Наименование раздела	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Введение	А.А. Бекботаева Зав. кафедрой ГСПиР МПИ доктор PhD, ассоц.профессор	1 декабря 2020	
Общие сведения об объекте		5 декабря 2020	
Геологическая строение месторождения		10 декабря 2020	
Экспериментальная часть		15 декабря 2020	
Заклучение		20 декабря 2020	
Нормо контролер	С.К. Асубаева канд. геол.-минерал.наук, лектор	23.12.2020 г.	

Научный руководитель  А.А. Бекботаева
Задание принял к исполнению  А.Қанатұлы

Дата

АННОТАЦИЯ

Настоящая диссертационная работа состоит из: задания, введения, глав, заключения и списка литературы.

Предметом исследования является кварцевое золоторудное месторождение «Долинное», находится в Актогайском районе Карагандинской области, к востоку от г. Балхаш

Основные задачи:

- Изучение условий залегания, строения, минерального состава кварцевых жил, локализованных в породах разного возраста (от раннего протерозоя до ордовика), степени метаморфизма.

- Изучение конституции и свойств жильного кварца: строения индивидов и агрегатов, элементов-примесей, оптических свойств, парамагнитных центров, термолюминесценции, декрепитации. Проведение типизации жильного кварца.

- Выяснение закономерностей размещения различных типов жильного кварца и сопутствующих ей минеральных ассоциаций в пределах крупных районов. Изучение жильного кварца рудных проявлений, выяснение рудности кварцевых жил в связи с условиями их залегания, текстурно-структурными особенностями кварца.

- Установление региональных топоминералогических закономерностей. Выделение полей развития молочно-белого, прозрачного, гранулированного кварца, горного хрусталя. Установление пространственных закономерностей развития сопутствующих минеральных ассоциаций, в том числе рудных.

АҢДАТПА

Осы диссертациялық жұмыс тапсырмадан, кіріспеден, тараулардан, қорытындыдан және әдебиеттер тізімінен тұрады.

Зерттеу нысаны Қарағанды облысының Ақтоғай ауданында, Балқаш қаласынан шығысқа қарай орналасқан "Долинное" кварц алтын кен орны болып табылады

Негізгі міндеттері:

- Әр түрлі жастағы жыныстарда (протерозойдан ордовикке дейін) локализацияланған кварц талшықтарының пайда болу жағдайларын, құрылымын, минералды құрамын, метаморфизм дәрежесін зерттеу.

-Кварцтың конституциясы мен қасиеттерін зерттеу: жеке адамдар мен агрегаттардың құрылымы, элементтер-қоспалар, оптикалық қасиеттер, парамагниттік орталықтар, термолюминесценция, декрепитация. Кварцты типтеуді жүргізу.

- Ірі аудандар шегінде талшықты кварцтың әр түрлі түрлерін және онымен байланысты минералды қауымдастықтарды орналастыру заңдылықтарын анықтау. Кен көріністерінің талшықты кварцын зерттеу, олардың пайда болу жағдайларына, кварцтың текстуралық-құрылымдық ерекшеліктеріне байланысты кварц өзектерінің кенділігін анықтау.

- Аймақтық топоминерологиялық заңдылықтарды құру. Сүтті ақ, мөлдір, түйіршікті кварц, тау хрусталінің даму өрістерін бөлу. Ілеспе минералды қауымдастықтардың, оның ішінде рудалардың кеңістіктік даму заңдылықтарын құру.

ANNOTATION

This dissertation consists of assignment, introduction, chapters, conclusion and list of references.

The subject of the study is the quartz gold deposit "Dolinnoye", located in the Aktogay district of the Karaganda region, to the east of the city of Balkhash

Main tasks:

- Study of the conditions of occurrence, structure, and mineral composition of quartz veins localized in rocks of different ages (from the Early Proterozoic to the Ordovician), and the degree of metamorphism.

- study of the constitution and properties of vein quartz: the structure of individuals and aggregates, impurity elements, optical properties, paramagnetic centers, thermoluminescence, decrepitation. conducting the typing of vein quartz.

- Elucidation of patterns of placement of various types of vein quartz and associated mineral associations within large areas. Study of vein quartz of ore manifestations, elucidation of ore bearing of quartz veins in connection with the conditions of their occurrence, textural and structural features of quartz.

- The establishment of a regional topo mineralogical patterns. Selection of fields of development of milky-white, transparent, granular quartz, rock crystal. Establishment of spatial patterns of development of associated mineral associations, including ore ones.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	9
1 Общие сведения об объекте исследования	12
1.1 Географо-экономические условия района	12
1.2 Геологическая позиция месторождения в структуре рудного поля	14
2. Геологическое строение месторождения	18
2.1 Рудоконтролирующие факторы	19
2.2 Гидрогеологические условия	19
2.3 Горнотехнические условия	22
3. Общие сведения о кварцевых жилах	25
3.1 Особенности размещения	25
3.2 Форма и строение	26
3.3 Минеральный состав	30
4. Конституция и свойства жильного кварца	32
4.1 Элементы-примеси	52
4.2 Оптические свойства	54
4.3 Термолюминесценция	58
4.4 Декрепитация и газоотделение	60
5. Изменчивость кварца в пределах жил	64
6. Жильный кварц Месторождении Долинное	67
7. Эволюция кварцеобразования	80
7.1 Взаимоотношения, последовательность образования, возраст кварцевых жил	80
7.2 Возрастной ряд кварца	81
7.3 Метаморфизм кварца	82
7.4 Растворение	85
Заключение	87
Список использованной литературы	89

ВВЕДЕНИЕ

Месторождение Долинное изучалось непрерывно в период с 1976 года по 1992 год, полный объем информации содержится в отчете по предварительной разведке Северного участка месторождения Долинное с общим пересчетом запасов по состоянию на 01.01.1992г.

Параметры временных кондиций следующие:

- бортовое содержание золота в пробе для оконтуривания балансовых запасов - 2,0 г/т;
- минимальное промышленное содержание золота в подсчетном блоке – 5,5 г/т;
- минимальная мощность рудных интервалов, включаемая в подсчет запасов - 1,0 м;
- максимальная мощность прослоев пустых пород и некондиционных руд – 3,0 м;

- бортовое содержание золота в пробе для оконтуривания забалансовых руд -1,0 г/т.

В процессе доизучения кварцево-жильных зон месторождения в 2004-2007гг было установлено, что в них кроме запасов фабричных руд, выделяются бедные руды, пригодные для открытой отработки и переработке по фабричной схеме чанового цанидного выщелачивания.

На месторождении широко развиты кварцевые жилы, в том числе жилы с наложенной золотосульфидной минерализацией. Известно, что формирование жил происходило на разных этапах геологического развития региона в широком возрастном интервале. Полное представление о генезисе кварцевых жил невозможно без объективной оценки физико-химических особенностей минерал образования — температурного режима, химического состава и т. д. Эта важная информация может быть получена при изучении растворов, законсервированных в минералах в виде газовой-жидких включений. Ранее на основе изучения газовой-жидких включений были получены сведения о геохимических параметрах минерал образования хрусталеносных кварцевых жил, в частности, о температуре и составе флюидных растворов. Однако флюидные включения в кварце золоторудных жил не изучались. Поэтому условия формирования таких жил остаются неясными, что в значительной мере ограничивает представления об эволюционных закономерностях образования жильного кварца, знание которых имеет не только теоретическое, но и практическое значение.

Целью работы является установление на примере месторождения Долинное, пространственно-временных закономерностей формирования гидротермально-метаморфогенного кварца, включая все его основные различия.

Основные задачи:

- 1) Изучение условий залегания, строения, минерального состава

кварцевых жил, локализованных в породах разного возраста (от раннего протерозоя до ордовика), степени метаморфизма;

2) Изучение конституции и свойств жильного кварца: строения индивидов и агрегатов, элементов-примесей, оптических свойств, парамагнитных центров, термолюминесценции, декрепитации. Проведение типизации жильного кварца;

3) Выяснение закономерностей размещения различных типов жильного кварца и сопутствующих ей минеральных ассоциаций в пределах крупных районов. Изучение жильного кварца рудных проявлений, выяснение рудоносности кварцевых жил в связи с условиями их залегания, текстурно-структурными особенностями кварца;

4) Установление региональных топоминералогических закономерностей. Выделение полей развития молочно-белого, прозрачного, гранулированного кварца, горного хрусталя. Установление пространственных закономерностей развития сопутствующих минеральных ассоциаций, в том числе рудных;

5) Выяснение последовательности образования кварцевых жил, оценка их возраста. Выявление тенденций изменения конституции и свойств кварца в направлении от ранних генераций к поздним. Оценка условий кристаллизации и метаморфизма жильного кварца;

6) Выделение основных этапов и стадий кварцеобразования, рудогенеза в связи с проявлением тектономагматических и метаморфических процессов, построение эволюционной модели формирования жильного кварца.

Предметом исследования является кварцевое золоторудное месторождение «Долинное»

Научная новизна. Установлены эволюционные закономерности формирования жильного кварца, горного хрусталя, сопутствующих минеральных ассоциаций в гидротермально-метаморфогенных паолесистемах. Выделены этапы, стадии и под стадии кварцеобразования. Показана доминирующая роль процессов регионального метаморфизма, проявляющаяся в зависимости не только минерального состава жил, но и изотопного состава С и О карбонатов от состава вмещающих пород.

Дана детальная характеристика жильного кварца и установлены региональные закономерности развития его основных типов. Выделены поля мелкозернистого, крупно-гигантозернистого молочно-белого, прозрачного, гранулированного кварца, дымчатых, дымчато-цитриновых кристаллов, аметиста.

Выявлены особенности регионального размещения сопутствующих жильному кварцу минеральных ассоциаций, в том числе рудных. Установлено наложение богатой золоторудной минерализации и на согласные, и на более молодые секущие жилы.

Уточнены последовательность образования и возраст кварцевых жил. Установлен эволюционный ряд жильного кварца. Прослежено изменение различных конституционных особенностей и свойств кварца при

последовательной смене его генераций.

Установлены закономерности изменения светопропускания кварца и содержания в нем структурных элементов-примесей в различных жилах в зависимости от текстурно-структурных особенностей кварца, направления роста индивидов, положения участков грануляции, катаклаза, локализации хрусталеносных гнезд.

Практическая значимость работы: Выявлены основные региональные закономерности размещения промышленно различных типов жильного кварца и горного хрусталя. Получены детальные сведения о конституции и свойствах кварца, определяющих его качество как плавочного, пьезооптического, ювелирного сырья. Определены наиболее чистые разновидности кварца, отличающиеся самым низким содержанием структурных элементов-примесей. Проведено минералогическое картирование промышленных кварцевожильных и хрусталеносных полей, месторождений, установлена пространственная неоднородность качества кварцевого сырья, предложены минералогические критерии оценки. Разработан кристалломорфологический способ поисков месторождений пьезокварца. Показана изменчивость промышленно важных характеристик качества кварца в пределах жил, определено положение участков высококачественного сырья.

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОБЪЕКТЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Географо-экономические условия района работ

Месторождение находится в Актогайском районе Карагандинской области, к востоку от г. Балхаш (рис.1). В 30 км южнее месторождения проходит железная дорога Балхаш-Актогай, вдоль которой протянута ЛЭП 110 киловольт и водовод Токрау-Саяк. Оно расположено в полупустынной зоне Центрального Казахстана, где преобладает мелкосопочный рельеф. Общий наклон местности на юг, в сторону озера Балхаш, расстояние до которого около 30 км. Абсолютные отметки рельефа колеблются от 339,5 м до 680,3 м, относительные от 20-40 м до 100 м.

Гидрографическая сеть развита слабо. Она представлена редкой сетью пересыхающих водотоков, действующих непродолжительное время в весенний период. Родники и колодцы встречаются редко, вода в них сильно минерализована и для питья не пригодна.

По метеоусловиям район месторождения относится к резко-континентальной климатической зоне с сухим жарким летом и холодной зимой. Среднегодовая температура составляет + 6,5о. Годовое количество осадков составляет в среднем 171,1 мм. Ветры в районе постоянные, в основном юго-западного направления, число штилей не превышает 6 % от общего числа наблюдений.

Почвы в окрестностях месторождения легкосуглинистые, щебенисто-каменистые, малопригодные для земледелия.

Основной отраслью народного хозяйства является горнодобывающая промышленность, имеется несколько предприятий по переработке рыбной и молочной продукции, сосредоточенных в г. Балхаше. Слабо развито животноводство.

Ближайшим к месторождению населенным пунктом является ж. д. станция Акжайдак, расположенная в 30 км. на ветке Моинты-Актогай. Здесь же проходит водовод питьевой воды Токрау-Саяк и высоковольтная ЛЭП Балхаш-Саяк на 110 киловольт (рис.1).

Местные топливные ресурсы в районе отсутствуют, уголь доставляется из Караганды, энергоснабжение обеспечивается Балхашской ТЭЦ.

Плотность населения низкая 1-2 человека на 1 км². Поселения сосредоточены, в основном, вдоль русла Токрау и на побережье озера.

Сообщение между поселками осуществляется по редкой сети грунтовых дорог, труднопроходимых в осенне-весеннее время.

Месторождение находится в хорошо развитом горнорудном районе. На расстоянии 100-120 км от него функционирует ряд медно-молибденовых рудников Саяк, Коунрад, Восточный Коунрад, которые обеспечивают сырьем Балхашский ГМК, имеются предприятия на полиметаллических (Акжол), редко металльных (Акчатау, Караоба) и золоторудных (Таскора) объектах. В 12 км имеется месторождение поделочного жадеита и строительных материалов

(Ортадересин, Ащюзек).

Систематическое геологическое изучение района месторождения Долинное началось после открытия М.П. Русаковым медного месторождения Коунрад (1928г), в этот период южная часть междуречья Шамши и Токрау покрывается геологическими съемками масштаба 1:500000 и 1:100000.

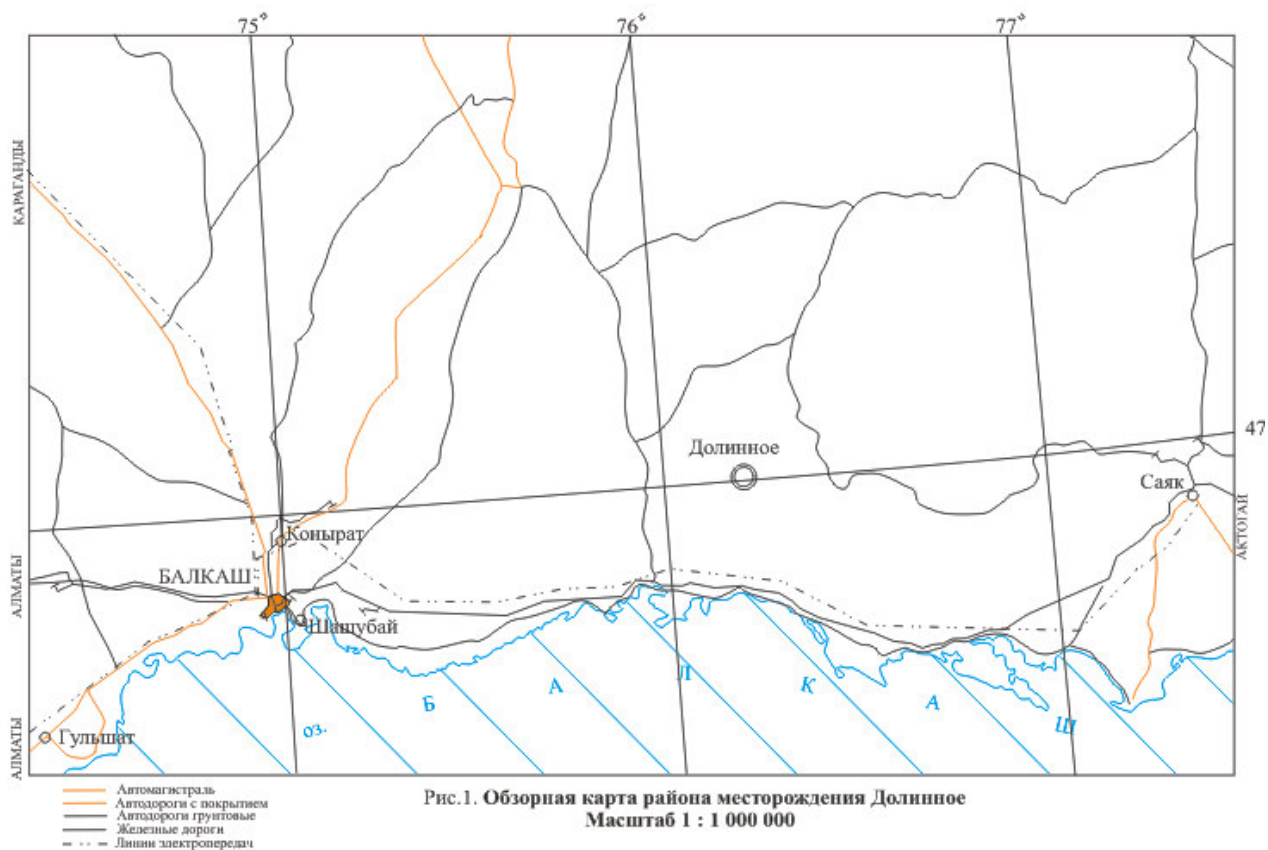


Рис.1. Обзорная карта района месторождения Долинное
Масштаб 1 : 1 000 000

Рисунок 1 - Обзорная карта м-я Долинное

Работы поисковой направленности начали проводиться с начала пятидесятых годов. Начиная с 1962г., одновременно с поисками меди, в районе проводятся специализированные поиски золота. Поводом и причиной тому послужило выявление В.Я. Кошкиным, в пределах Иткудук - Бактайской зоны смятия, ряда золоторудных проявлений (Западный, Карьерный и др.)

С 1967г поисками золота в Прибалхашье занималась Балхашская экспедиция ЦКТГУ.

В середине семидесятых годов Балхашская ГРЭ провела большой объем геолого-геофизических работ в границах Иткудук - Бактайской зоны глубинных разломов, масштаба 1:25000 и 1:50000. В результате проведенных поисков выявлен ряд новых рудопроявлений (Южный Бактай, Коншоки), открыто месторождение Долинное (1976г), существенно расширены перспективы участков Западный и Карьерный, которые, как выяснилось, являются фрагментами месторождения Пустынного. Запасы выявленных месторождений (Долинное и Пустынное) были оценены в то время как средние.

Месторождение Долинное открыто в 1976 году и с этого периода по 1992 год проводится его непрерывное изучение:

I период (1976-82гг) - поисковые и поисково-оценочные работы

II период (1981-83гг) - предварительная разведка (В.В. Волошин)

III период (1982-85гг) - поисково-оценочные работы на флангах месторождения (Н.М. Поздняков)

IV период (1986-1992гг) - предварительная разведка Северного участка месторождения.

1.2 Геологическая позиция месторождения в структуре рудного поля

Рудное поле месторождения представляет собой фрагмент грабенсинклинальной структуры, образованной системой глубинных разломов в полосе сочленения Казык - Итмурундинского антиклинория и Котанбулакского синклинория.

Породы ордовик – силурийского фундамента в границах грабена перекрыты отложениями верхнего карбона и перми, собранных в пологие брахискладки.

Отложения ордовикской системы, итмурундинская свита (O2jt) обнажаются в северо-восточной и юго-западной частях рудного поля. В разрезе преобладают зеленовато-серые миндалекаменные порфириды и диабазы, чередующиеся с линзовидными прослоями пестроцветных яшм, известняков, полимиктовых песчаников и алевролитов.

Верхнеордовикские отложения, жаманшурукская свита (O3žš) широко развиты в северо-восточной части рудного поля. В разрезе свиты выделены две подсвиты:

- нижняя подсвита (O3žš1) сложена плохосортированными конгломератами и песчаниками, в которых встречаются горизонты алевролитов и известняков;

- в верхней подсвите (O3žš2) преобладают лавы и туфы андезит-базальтового состава, реже встречаются туфопесчаники и известняки.

Силурийские отложения, нижний отдел нерасчлененный (S1) развит в основном к юго-западу от месторождения, представлены морскими терригенными породами, в основном, зеленоцветными песчаниками, пестроцветными алевролитами, реже мелкогалечными конгломератами.

Каменноугольные образования широко развиты как в пределах рудного поля, так и непосредственно на месторождении. Они выполняют ядерную часть каражирикской грабен-синклинали. Здесь выделяются отложения нижних горизонтов турнейского яруса (нижний подярус C1t1), нерасчлененные толщи средне-верхнего и верхне-каменноугольного-нижнепермского времени, соответствующие тастыкудукской (C2tk) и кунгисаякской (C2-3ks) свитам.

Отложения турнейского яруса представлены серыми разномерными

песчаниками, перемежающимися с отдельными горизонтами гравелитов, пепловых туфов среднего состава, алевролитов.

Разрез тастыкудукской свиты разделен на две подсвиты:

- в нижней подсвите (C2tk1) преобладают грубозернистые терригенные породы, конгломераты, гравелиты, песчаники и известняки.

- в верхней подсвите (C2tk2) наибольшее развитие получили мелко и среднезернистые полимиктовые песчаники, туфопесчанники, известняки.

Среди стратифицированных горизонтов встречаются линзовидные субвулканические тела миндалекаменных порфиритов, ориентированные согласно с залеганием вмещающих пород.

Разрез кунгисаякской свиты (C2-3ks) также разделен на две подсвиты:

- нижняя подсвита (C2-3ks1) сложена пестроокрашенными конгломератами, здесь среднезернистыми песчаниками, алевролитами, с линзами и прослоями гравелитов.

- в верхней подсвите (C2-3ks2) преобладают разнозернистые серые песчаники и алевролиты с прослоями и линзами известняков.

Породы тастыкудукской и кунгисаякской свит собраны в пологие брахискладки.

Кайнозойские образования выполняют долины и русла временных потоков и представлены горизонтально лежащими рыхлыми отложениями неогеновой и четвертичной систем.

Магматические породы широко распространены на площади рудного поля и по составу, и по возрасту разделены на три комплекса:

- ниже-среднеордовикский габбро-перидотитовый комплекс (vO1-2)

- раннепермский саякской интрузивный комплекс (δ : $\gamma\delta P1s$)

- позднепермский катбарский интрузивный комплекс ($\gamma P2 kb$)

К габбро-перидотитовому комплексу (vO1-2) отнесены мелкие линзообразные тела ультраосновных пород, сосредоточенных в полях развития итмурундинской свиты вдоль глубинных тектонических зон, состоящих из перидотитов, пироксинитов, габбро и серпентинитов.

Раннепермский саякской интрузивный комплекс (v1P1s; v δ 2P1s; δ 2P1s; $\gamma\delta$ 3P1s) представлен небольшими по размерам штокообразными телами сложного состава. Наиболее типичным из них является сложно дифференцированный массив площадью около 7,0 км² в центральной части рудного поля. Интрузивный шток прорывает центральную часть изометрической брахискладки, которая сложена отложениями тастыкудукской (C2tk) и кунгисаякской (C2-3ks) свит. В области контакта вмещающие породы подверглись интенсивному ороговикованию, эпидотизации, окварцеванию, ожелезнению. Контакты крутые, близкие к вертикальным. В строении интрузии участвуют породы трех фаз внедрения. Породы первой фазы – гиганто-крупнозернистые габбро (v1P1s), так же, как и второй – разнозернистые габбро-диориты и диориты (v δ 2P1s; δ 2P1s) обнажаются в северной и западной части месторождения, в восточной его половине преимущественное развитие получили мелко и среднезернистые

гранодиориты третьей фазы ($\gamma\delta^3P1s$). становление массива сопровождалось последовательным внедрением даек.

Позднепермский катбарский интрузивный комплекс ($\gamma P2 kb$) представлен на площади рудного поля несколькими небольшими массивами кислых гранитоидов и находится за пределами месторождения.

Дайковая серия многообразная. В первый этап внедрились дайки гранит – порфиров и аплитов. К дайкам второго этапа отнесены, в порядке их проявления мелкозернистые кварцевые диориты, диоритовые порфириды, грано-диорит-порфиры, гранит-порфиры.

В строении рудного поля месторождения участвуют фрагменты двух крупных тектонических структур Казык-итмурундинского антиклинория и Котанбулакского синклинория.

Казык-итмурундинский антиклинорий – это позднекаледонская структура, существенно преобразована в Саяжскую фазу тектогенеза.

В границах Котанбулакского синклинория огромные массы силурийских отложений собраны в несколько крупных линейно-вытянутых складок, одна из которых – Каражиринская синклиналь, участвует в строении рудного поля.

В ядре складчатой структуры обнажаются, отложения турнейского яруса, подстилаемые на крыльях породами девона.

Проявленные в границах рудного поля разрывные нарушения группируются в несколько разнонаправленных систем. Доминируют нарушения северо-западного простирания. Заложенные в палеозое, они оказали существенное влияние на развитие региона, придали ему крупноблоковый характер, создали благоприятные предпосылки для внедрения рудоносных интрузий.

Достаточно интенсивно проявлена и другая система нарушений – северо-восточная или субмеридиональная. В большинстве это малоамплитудные сбросы и взбросы, их распространение ограничивается нарушениями северо-западного направления к третьей системе относится серия пологопадающих смещений широтного простирания. Эти малоамплитудные трещины смещают на 1-2м продуктивные кварцево-жильные зоны, месторождения, придавая им на отдельных участках кулисообразное строение. Вполне вероятно, что они являются современными отголосками ордовик-силурийского надвига, так существенно осложнившего строение рассматриваемого региона.

На площади рудного поля в области экзоконтакта пермских интрузий широко развиты контактово-метаморфические образования собственно магматической стадии развития и метасоматические образования постмагматического этапа.

Ширина контактово-метаморфической оторочки вокруг массивов измеряется многими сотнями метров и представлена биотит – плагиоклазовыми роговиками по песчаникам и алевролитам, сульфидная минерализация в виде убогой вкрапленности пирита.

Явления постмагматического метасоматоза более разнообразны. На ранних его этапах проявились процессы хлоритизации, эпидотизации, скарнирования, в более поздние периоды породы подверглись альбитизации, калишпатизации, окварцеванию, серитизации и т.д.

Преобладающее развитие получили окварцевание и серитизация. окварцевание на площади рудного поля проявлено многократно, выявлены многочисленные массивно-окварцованные зоны, линейные и площадные штокверковые системы, единичные кварцевые жилы и кварцево-жильные образования, несущие золотое оруденение. В зальбандах кварцево-жильных зон широко развиты кварц-карбонатные и кварц-серицитовые образования – березиты, которые также золотоносны.

2 ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Месторождение Долинное приурочено к изометрической синклинали сложенной эффузивно-осадочными отложениями тактыкудукской и кунгисаякской свит. В ядерной части структура осложнена внедрением штокообразной интрузии саякского комплекса, с которой связано оруденение. Среди пород, слагающих месторождение резко преобладают интрузивные образования, стратифицированные толщи развиты ограниченно

Комплекс интрузивных пород образован двумя естественными литологическими ассоциациями, сменяющими одна другую без какого-либо заметного перерыва. Породы ранней ассоциации концентрируются в западной и юго-западной частях интрузивного массива, где представлены локальными выделениями габбро, габбро-диоритов, диоритов (1-2 фазы). Позднюю ассоциацию составляют преимущественно гранодиориты которые больше тяготеют к восточной части интрузива.

Интрузивная деятельность на месторождении завершилась внедрением дайкового комплекса, в котором две ассоциации даек – ранняя и поздняя.

Раннюю группу, количественно заметно преобладающую, составляют дайки среднего состава, среди которых выделены две петрографические разновидности – диоритовые порфириты и гранодиориты. Дайки поздней группы, значительно менее распространены и как правило, маломощные (от нескольких см до 0,5-0,8 м). Они сложены аплитами, мелкозернистыми и пегматоидными гранитами, секущими, как габбро, так и гранодиориты.

Тектоника. Рудное поле месторождения расположено в юго-западной части Северо-Балхашского антилинория, на северо-восточном фланге Бактай-Иткудукской тектонической зоны.

Проявленные в границах рудного поля разрывные нарушения группируются в несколько разнонаправленных систем. Доминируют нарушения северо-западного простирания. Заложенные в палеозое, они оказали существенное влияние на развитие региона, придали ему крупноблоковый характер, создали благоприятные предпосылки для внедрения рудоносных интрузий.

Достаточно интенсивно проявлена и другая система нарушений – северо-восточная или субмеридианальная. В большинстве это малоамплитудные сбросы и взбросы, их распространение ограничивается нарушениями северо-западного направления.

К третьей системе относится серия пологопадающих (субгоризонтальных) смещений широтного простирания. Эти малоамплитудные трещины смещают на 1-2м продуктивные кварцево-жильные зоны, месторождения, придавая им на отдельных участках кулисообразное строение.

2.1 Рудоконтролирующие факторы

Ведущую роль в формировании месторождения играет пермский магматизм. Если эффузивно-осадочные отложения тастыкудукской и сунгисякской свит выполняют функции лишь благоприятной рудолокализирующей сферы, то интрузиям саякского комплекса принадлежит роль основного источника рудного вещества. Пространственное размещение рудоносных интрузии, во многом, определяется особенностями строения территории. В частности, наличием глубинных тектонических зон с их отличной магмопроницаемостью. Все сказанное позволяет определить круг факторов, благотворно влияющих на процессы локализации золота. К ним можно отнести:

развитие отложений терригенно-флишоидной и карбонатно-терригенно-вулканогенной формации,

наличие глубинных тектонических зон,

внедрение нижнепермских интрузий саякского комплекса.

Пространственное положение месторождения четко согласуется с глубинным строением рудоконтролирующей структуры – Иткудук-Бактайской зоной. Мощная минерализованная зона (Иткудук-Бактайская) имеет кулисообразное строение. Протяженность до первых километров, мощность от первых метров до десятков метров. В каждой кулисе тела минерализованных гидроермалитов круто погружаются на северо-восток под углом 75-85 град. Максимальные изменения и сульфидная минерализация приурочены к центральным частям зон. Породы интенсивно пиритизированы по всей массе. Внешнее обрамление зон составляют жилы, просечки, сложенные мелко и среднекристаллическим молочно-белым кварцем.

2.2 Гидрогеологические условия

Гидрогеологические условия месторождения определяются сочетанием климатических, физико-географических и геологических факторов, типичных для данного района. В геоморфологическом отношении район месторождения Долинное расположен в пределах межсопочного понижения и на восточном склоне мелкосопочника. Постоянно действующие поверхностные водотоки отсутствуют. Гидрографическая сеть представлена серией временных водотоков, имеющих непродолжительный сток в весенний период. Климат района резкоконтинентальный и засушливый. Основным источником питания подземных вод являются сезонные осадки. Наибольшее значение в формировании подземного стока имеют осадки зимне-весеннего периода. Существенная подпитка подрусловых потоков происходит лишь в период интенсивных ливней и затяжных дождей.

Гидрогеологические исследования в районе месторождения проводятся с конца 50-х годов. В 1964 -71гг на территории листа L-43-XI, в юго-западной части которого находится месторождение Долинное, проведена

гидрогеологическая съемка масштаба 1:200000. При проведении геологоразведочных работ изучались гидрогеологические условия месторождения, 1979-1989гг.

Изучение гидрогеологических условий месторождения проведено в три этапа:

- при поисково-оценочных работах (1979-82г)
- при предварительной разведке месторождения (1981-83г)
- при предварительной разведке северного участка (1986-92)

Основной объем гидрогеологических работ выполнен в период предварительной разведки месторождения

Таблица 1 - Объем Гидрогеологических работ

Виды работ	Един. измер.	Объемы работ по стадиям			Всего
		Поисково-оценочные работы 1978-82гг	Предвар. разведка, 1981-88гг	Предвар. разведка сев. участка, 1981-88гг	
Колонковое бурение	п.м./скв.		224,4/1		224,4/1
Пневмоудар. бурение	п.м./скв.		330/7		330/7
Откачки эрлифтом	отр/бр/см	2/2,1	7/26,1		9/28,2
Восстановл. уровня	бр/см		5,7		5,7
Набл. за водопритоком в шурфы	шурф	5	4	7	16
Режимные наблюд.	скв			13-39	13-39
Отбор проб воды:					
сокращенный	ан.	8	11	17	36
полный	ан		6	3	9
опр-е микрокомпон.	ан.		6	2	8
бак анализ	ан.		2		2
Расходомерия	скв/п.м.		4/191,6		4/191,6
Термометрия дейст. скв	скв/п.м.		5/403,6		5/403,6

В период предварительной разведки пробурено 8 гидрогеологических скважин. По этим скважинам и по 11 шурфам проведен комплекс гидрогеологических исследований, включающих: проведение режимных наблюдений, наблюдений за водоотливом из горных выработок и скважин, откачек и опробования подземных вод. Откачки проводились эрлифтом по общепринятой методике. Дебит замерялся объемным способом, динамический уровень – уровнемером. Замеры дебита и динамического уровня производились через 15 минут в начале откачки и затем через один час, в конце откачки отбирались пробы воды на химический анализ.

Гидрогеологические условия разработки месторождения простые. На его площади получили развитие водопроницаемые зоны трещиноватости средне-верхне-каменноугольных эффузивно-осадочных отложений и нижнепермских интрузивных пород, водоносность которых зависит, главным образом, от степени трещиноватости. Водовмещающими породами являются

гранодиориты, кварцевые диориты, диориты, габбро-диориты, габбро, диабазовые порфириты, кварц. На значительной части месторождения водовмещающие породы перекрыты глинистыми делювиально-пролювиальными четвертичными отложениями. Трещинные воды всех разновидностей пород гидравлически связаны между собой и относятся к единому комплексу, имеют одну область питания, что позволяет дать общую характеристику гидрогеологических условий месторождения.

Развитая в верхней части разреза зона трещиноватости на месторождении быстро затухает на глубинах 30-40 м. На более глубоких горизонтах трещиноватость отмечается лишь вдоль тектонических зон, по которым она прослеживается до 300-330 м. В зависимости от трещиноватости водообильность пород, слагающих месторождение, варьирует в широких пределах. Дебиты скважин, глубиной до 50 м, колеблются от 0,15 до 2,4 % при понижении уровня на 2,3-5,9 м. Удельный дебит скважин составляет 0,005-0,5 л/с. Водопритоки в глубокие шурфы возрастали в процессе их проходки. Водоотлив из шурфов изменяется от 0,002л/сек (шурф 14) до 22,2л/сек (шурф 9). В районе ослабленных зон имелись случаи прорывов воды с расходом 2-15 л/с. Обводненность пород в нижней части разреза низкая. Дебиты скважин составляют 0,01-0,04 л/с, при понижении уровня на 15,4-78,2м. Проницаемость пород изменяется в вертикальном разрезе. Коэффициент фильтрации пород изменяется от 0,08 до 7,3 м/сут. Водопроницаемость пород варьирует от 1,7 до 113,6 м/сут, и составляет в среднем 68,5 м/сут. Результаты гидрогеологических исследований, проведенных в скважинах, приведены в таблице 6.2. Нижняя часть разреза месторождения является весьма слабопроницаемой.

Подземные воды месторождения безнапорные. Уровень грунтовых вод на месторождении залегает на глубинах 8,1-31,0 м. Максимальные водопритоки в горные выработки следует ожидать в весенний период после снеготаяния и выпадения ливней, минимальные – в зимний и летний периоды. По качеству подземные воды месторождения умеренно-соленоватые и соленоватые. Минерализация их колеблется от 3,2 до 6,2 г/дм³. По химическому составу они хлоридно-сульфидные, сульфатные или сульфатно-хлоридные, кальциево-натриевые или натриевые.

Таблица 2-Основные гидрогеологические параметры месторождения Долинное

№ скв.	Глуб. скв. м	Мощн. водон. гор. м	Уров. грун. вод, м	Дебит м ³ /сут.	Понижением	К-т филь-трации	К-т водопр., м ² /сут	К-т Водоотдач и
1	85,0		9,0	3,54	28,74	0,002	0,14	
1Г	40,0	22,3	7,7	34,56	8,1	0,26	6,2	0,0016
2Г	40,0	23,4	6,65	207,36	5,85	2,22	70,2	
7Г	254,1		31,8	1,73	15,41		0,4	
8Г	33,8		22,6	0,86	78,2		0,43	
9	230,3		28,7	3,02	23,0		0,15	
9Г	330,0		18,0	2,59	65,1		0,41	
10Г	50,0	20,7	9,3	12,96	9,3	0,08	1,7	
11Г	50,0	19,8	10,2	183,17	1,86	7,3	113,6	0,029
12Г	50,0	22,4	7,6	6,05	14,7	0,023	0,7	
13Г	50,0	20,5	9,5	165,9	3,76	3,11	67,4	0,03

Коэффициент водопроницаемости пород для интервала 6,6-40,0 м по результатам опробования скважин в среднем составляет 43,3 м²/сут, с учетом водопритоков в глубокие шурфы – 68,5 м³/сут. Для интервала 40-33 0м водопроницаемость равна 0,4 м²/сут.

В процессе разработки месторождения карьером проведенные наблюдения показали, что подземные воды представлены водами зоны, открытой трещиноватости интрузивных пород. Водоприток в карьер составил 40 м³/час, в паводковый период до 50 м³/час.

Подземные воды по содержанию сульфат – иона сильно агрессивны на бетон, марки по водопроницаемости W4 W6 на портланд-цементы по ГОСТу 10178-76. По ирригационному коэффициенту, воды относятся к неудовлетворительным и плохим, без разбавления они для орошения не пригодны. Из-за незначительного содержания микрокомпонентов, воды месторождения использоваться для извлечения ценных компонентов и в бальнеологических целях не могут.

При отработке месторождения прогнозные водопритоки в горные выработки составят порядка 40,0 м³/час. Значительное увеличение водопритоков ожидается в паводковый период.

2.3 Горнотехнические условия

Инженерно-геологические и горно-геологические условия.

Месторождение Долинное характеризуется следующими горно-геологическими условиями:

- рудоносное кварцево-жильное поле находится в межсопочном понижении на фоне холмисто-увалистого рельефа. Абсолютные отметки местности колеблются от 465 до 480 м.

- мощность отложений перекрывающих рудные тела, составляет 1,5-

6,0м.

– район относится к слабо сейсмическим, сейсмические проявления в районе месторождения достигают 5 баллов по 12-ти бальной шкале, возможность возникновения оползней и селевых потоков при его разработке исключается.

– в структурно-тектоническом плане месторождение находится в области герцинских складчатых структур, в полосе сочленения казык-итмурундинского антиклинория и котанбулакского синклинория, характеризующейся широким развитием разрывной тектоники.

– носителями золотой минерализации на месторождении являются сложнопостроенные кварцево-жильные зоны в нижнепермском интрузивном массиве. Рудные тела представлены маломощными ветвящимися кварцевыми жилами с березитизированными зальбандами. Довольно часто жилы сменяются зонами прожилкового окварцевания и сплошной березитизацией пород.

– простирание рудных зон субмеридианальное, мощность их варьирует от первых десятков сантиметров до первых метров, протяженность от 100 до 1200м. Падение зон крутое под углом 75-90° к юго-западу.

На глубину рудные системы прослежены до 250-450 м, редко до 700 м.

На протяжении всего периода разведки месторождения Долинное проводилось изучение физико-механических свойств пород, в целом для изучения инженерно-геологических условий выполнены следующие виды и объемы работ:

бурение одной инженерно-геологической -7г и двух стволовых -8г и 9г, скважин, глубиной 222,4 - 233,8п.м. (всего 886,2м).

инженерно-геологическая документация скважин.

отбор 118 проб из различных литологических разностей пород.

лабораторные исследования физико-механических свойств пород и руд.

По сложности инженерно-геологических условий разработки (классификация ВСЕГИНГЕО), месторождение относится к категории простых, как приуроченное к малодифференцированным и маловыветрелые, скальным породам.

Согласно гидрогеологической и инженерно-геологической типизации ВСЕГИНГЕО месторождение Долинное относится к III типу, в массивах магматических и метаморфических скальных пород с трещинными и трещинно-жильными водами в верхней части и зонах разлома

По своим физико-механическим свойствам породы, слагающие месторождение, резко различны. Плотность покровных суглинков с включением дресвы и щебня изменяется от 1,79 до 2,25 г/см³, при среднем 2,0 г/см³, плотность частиц грунта – от 2,7 до 2,77 г/см³ (2,74 г/см³) пористость рыхлых отложений составляет 18,2-34,0%. Руды и породы скального основания имеют плотность от 2,59 г/см³ (выветрелые гранодиориты) до 2,8-2,9 г/см³ (габбро, габбро-диориты). Пористость скальных пород незначительная и варьирует от 2,9 до 5,8%.

По прочности на одноосное сжатие выветрелые и гидротермально-измененные интрузивные породы относятся к группам средней прочности (ГОСТ-25100-82), а малоизмененные и неизмененные – к прочным.

Коэффициент крепости вмещающих пород варьирует от 1,5-5,9 для грунтов зоны выветривания, до 9,3-10,8 для слабоизмененных и неизмененных интрузивных образований.

Все разновидности пород относятся к грунтам с повышенной абразивностью.

По буримости породы соответствуют III-X кат. Наиболее высокой категорией (X-XI) обладают малоизмененные, неизмененные диориты и кварц, наиболее низкой выветрелые и гидротермально измененные разновидности тех же пород. Средняя категория буримости – 10,2.

Коэффициент разрыхления скальных пород 1,8-2,2.

Физико-механические свойства руд и вмещающих пород месторождения Долинное изучались при проведении разведочных работ в ПО «Каззолото», на образцах, отобранных из подземных горных выработок и скважин.

3 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КВАРЦЕВЫХ ЖИЛАХ

Кварцевые жилы Долинного разнообразны по условиям залегания, форме, строению и минеральному составу. Они встречаются в породах различного генезиса, возраста и степени метаморфизма.

3.1 Особенности размещения

Результаты региональных исследований свидетельствуют об очень широком, повсеместном развитии кварцевых жил. Важнейшую роль в их размещении играют дизъюнктивные нарушения, возникновение которых определяется многими факторами. Жиловмещающими являются согласные и секущие по отношению к сланцеватости вмещающих пород трещины выделены следующие типы кварцевых жил:

1) Жилы, залегающие в согласных трещинах скалывания - согласные жилы. Простираются их субмеридиальное или северо-восточное, падение в основном западное, северо-западное. Углы падения составляют 25-85°;

2) Жилы, залегающие в секущих трещинах скалывания - секущие жилы. Простираются этих жил также близко меридиональному, но падение их восточное под углом до 75°;

3) Жилы, залегающие в поперечных трещинах отрыва - поперечные жилы. Простираются жил субширотное или северо-западное, падение южное, юго-западное под углом 60-90°.

Правормерность такой типизации кварцевых жил полностью подтверждается нашими данными. Удобно делить жилы на согласные и секущие, а последние - продольно-секущие и поперечно-секущие. При крупномасштабных работах в пределах отдельных полей, месторождений, проявлений типизация жил может быть более детальной, отражающей их положение относительно складчатых структур, разрывных нарушений различного типа, конкретных особенностей ориентировки.

Преобладающим развитием в регионе пользуются кварцевые жилы, залегающие в согласных сланцеватости пород трещинах. Жилы, выполняющие секущие трещины, наблюдаются гораздо реже. Наиболее насыщенной жилами является зона рифей-вендских сланцевых толщ. Вероятно, это связано с наличием здесь крупных нарушений северо-восточного простираения, сопровождающих их трещин, зон интенсивного рассланцевания пород. Размещение жил неравномерное. В интрузивных массивах, линзах и прослоях конгломератов, кварцитов кварцевые жилы встречаются реже, чем в сланцах. Интрузивные породы и кварциты менее подвержены кливажу, поэтому в ходе тектонических подвижек они сохраняли большую монолитность, препятствующую фильтрации гидротермальных растворов. Однако, в зонах интенсивного рассланцевания и в этих породах появляется много кварцевых жил.

В пределах раннепротерозойского няртинского комплекса жилы также широко развиты, но здесь все-таки их меньше, чем в его сланцевом обрамлении. В ордовикских породах жилы развиты очень неравномерно, в нижнеордовикских сильно рассланцованных гравелитах, кварцитах, алевролитах наблюдается множество кварцевых жил, тогда как в массивных разностях этих пород жил значительно меньше, в средне-верхнеордовикских кварц-хлорит-сланцевых, филлитовидных сланцах, мраморах, известняках количество кварцевых жил вновь возрастает.

Хорошо изучены закономерности размещения хрусталеносных кварцевых жил, которые, как мы уже отмечали, занимают секущее положение относительно сланцеватости вмещающих пород, выполняя продольно-секущие или поперечно-секущие трещины.

Выделяется три хрусталеносных пояса: западный, центральный и восточный, соответствующие зонам развития крупных дизъюктивных нарушений субмеридиальной ориентировки. Формирование этих нарушений происходило в течение длительного периода времени и сопровождалось проявлением магматических, метасоматических и гидротермальных процессов. Самым протяженным является центральный хрусталеносный пояс, прослеживающийся с юга на север вдоль всего региона. В пределах поясов хрусталеносные кварцевые жилы образуют поля. Они приурочены к поздним разрывным нарушениям, развивающимся обычно по контактам пород с различными физико-механическими свойствами.

Многие хрусталеносные поля здесь связаны с дайками диабазов. В западном хрусталеносном поясе хрусталеносные поля приурочены к зонам разломов в кварцитах. Хрусталеносные поля восточного хрусталеносного пояса тяготеют к дайкам и пластам амфиболитов, которые образуют протяженные полосы.

3.2 Форма и строение

Форма кварцевых жил бывает разнообразной. Она зависит от формы жилонмещающих трещин, которая определяется физико-механическими свойствами пород и характером тектонических напряжений.

Наиболее часто наблюдаются жилы линзовидной или линзовидно-четковидной, плитовидной, сложной формы.

Линзовидные и линзовидно-четковидные жилы развиты во всех породах, но характерны они для пластичных кварц-сланцевых, кварц-хлорит-сланцевых сланцев. Жилы линзовидной формы обычно залегают в трещинах согласных сланцеватости пород. В сечении отдельные линзы могут иметь почти правильные очертания. Иногда отмечается несимметричный характер их выклинивания, например, с одной стороны выклинивание тупое, а с другой - острое. Выклинивающиеся части иногда немного подвернуты. В некоторых случаях линзы имеют уплощенную лепешковидную или дугообразную форму.

Линзовидно-четковидные жилы состоят из серий сближенных линз,

сменяющих друг друга по падению и простиранию трещин. Причем, линзы могут непрерывно переходить одна в другую или быть обособленными. На отдельных участках жил они иногда располагаются кулисообразно или параллельно, заходя одна за другую.

В относительно жестких породах - кварцитах, гранитах и реже в пластичных сланцах распространены жилы плитовидной формы. Они залегают как в согласных, так и секущих трещинах. Эти жилы отличаются выдержанной мощностью с отсутствием значительных раздувов и пережимов.

Многие жилы имеют более сложную форму из-за изгибов, ступеней, раздувов различных очертаний, единичных или многочисленных апофиз, вклиниваний. В сланцевых толщах в местах развития мелкой складчатости развиты маломощные протяженные извилистые жилы, к замкам складов приурочены жилы седловидной формы (рис. 2). В зонах развития различно ориентированных трещин часто отмечаются ветвистые жилы, состоящие из нескольких расходящихся, но сопряженных друг с другом жил более простой формы. В участках дробления наблюдаются сетчатые жилы, выполняющие пересекающиеся между собой трещины.

Мощность жил колеблется в очень широких пределах от миллиметров до нескольких десятков метров. Наиболее мощные жилы характерны для массивных, жестких пород, в частности, кварцитов. Они находятся в участках развития трещин, делящих породы на крупные блоки. При перемещении блоков вследствие тектонических подвижек происходило образование гигантских жил вмещающих пустот. Протяженность жил по простиранию и падению также различна. Одни жилы быстро выклиниваются, другие прослеживаются на многие десятки метров. [6]



Рисунок 2 - Кварцевые прожилки извилистой формы в хлорит-мусковит-кварцевых сланцах пуйвинской свиты (Автор фото: Балхашская Геологическая партия 1986 г.)



Рисунок 3 - Борозды скольжения в зальбанде кварцевой жилы. Хлорит-мусковит-кварцевые сланцы пуйвинской свиты (Автор фото: Балхашская Геологическая партия 1986 г.)

Контакты жил с вмещающими породами бывают резкими и расплывчатыми. Резкие контакты характерны для большинства жил. Породы около жил, особенно согласных, часто интенсивно рассланцованы, а сами контакты нарушены, в зальбандах наблюдаются борозды скольжения (рис.3). В то же время, иногда отмечаются постепенные переходы от жил к вмещающим породам. Центральные части таких жил сложены кварцем, но в направлении зальбандов в нем все более возрастает количество минеральных включений, чешуи и пластин пород и, наконец, происходит полный переход к породам.

Следует заметить, что околожилные породы часто метасоматически изменены: мусковитизированы, хлоритизированы, эпидотизированы. Особенно характерно изменение пород около хрусталеносных жил. Ширина ореолов изменения непостоянна. Она колеблется от нескольких сантиметров до нескольких метров. Наиболее мощные ореолы наблюдаются около гнезд с горным хрусталем и трещин, по которым поступали хрусталеобразующие растворы. Окологнездовые ореолы часто очень хорошо выражены, легко документируются. Общими чертами является осветление, возрастание пористости, растворение зерен кварца и других минералов, появление в большом количестве серицита (в кварцитах), хлорита, кальцита, альбита, эпидота (в кварц-хлорит-сланцевых сланцах, гранитоидах, диоритах, диабазовых).

Внутреннее строение жил определяется ориентировкой кварцевых

индивидов, изменением их формы и величины, прозрачности, распределением минеральных включений, наличием трещин, пустот и другими особенностями.

Кварцевые индивиды могут быть ориентированы хаотично, либо упорядоченно. Часто они нарастают перпендикулярно стенкам трещин, вследствие чего в жилах наблюдается шестоватость. В призальбандовых участках кварцевые зерна часто более мелкие, чем в центральных частях жил. Минеральные примеси распределяются в виде гнезд, полос или зон, ориентированных вдоль жил. Нередко в жилах отмечаются пустоты различной формы и величины. Образование пустот происходило как в результате растворения кварца, так и вследствие возникновения трещин, дробления, перемещения различных частей жил.

Следует заметить, что трещиноватость жил бывает весьма значительной, а ориентировка трещин разнообразной. В линзовидных и плитовидных жилах, залегающих согласно сланцеватости пород, часто развиты трещины, пересекающие их под прямым углом к зальбандам (рис. 4). Жилы делятся на отдельные более мелкие блоки - плиты. Столь же часто жилы пересекаются продольными или как-то иначе ориентированными трещинами. Обычно наблюдается сложная сеть взаимпересекающихся крупных и мелких трещин. Относительно монолитные блоки в этих случаях могут иметь в сечении прямоугольную, ромбовидную, линзовидную, сложную форму. Стенки трещин бывают ровными, бугристыми, ступенчатыми. Нередко в жилах хорошо выражены зоны интенсивной трещиноватости, сопровождающиеся разлистованием и милонитизацией кварца.

Имеющиеся в кварцевых жилах хрусталеносные гнезда делятся на остаточные и наложенные. Остаточные гнезда не имеют широкого распространения. Возникновение их обусловлено неполным выполнением трещинных пустот кварцем. На стенках таких гнезд наблюдаются крупные головки кварцевых индивидов, либо их отдельные грани.

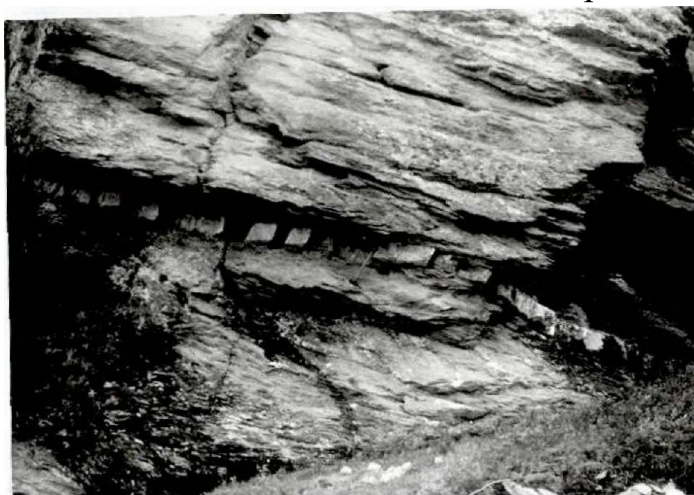


Рисунок 4 - Кварцевая жила с хорошо выраженными поперечными трещинами. Мусковит-кварцевые сланцы. (Автор фото: Балхашская Геологическая партия 1986 г.)

Более интересны наложенные на жилы хрусталеносные гнезда. Чаще всего они наложены на секущие жилы. Местоположение их контролируется трещинами, зонами дробления. Такие гнезда располагаются как внутри, так и в зальбандах жил в зоне их контакта с вмещающими породами. Те и другие гнезда нередко связаны единой системой трещин, В висячем боку жил гнезда встречаются значительно реже, чем в лежачем. Это связано с преимущественной нарушенностью контактов жил именно со стороны лежачего бока и, вероятно, экранированием восходящих потоков хрусталеобразующих растворов.

В лежачем боку часто находится несколько гнезд, расположенных в виде цепочки. Благоприятным является наличие здесь уступов, изгибов. Весьма характерно наличие гнезд в нижней, выклинивающейся части жил, которые как бы являются их продолжением по падению.

Форма хрусталеносных гнезд очень разнообразна: изометричная, линзовидная, клиновидная, сложная. Нередко от одной основной полости ответвляется множество более мелких шелевидных, трубовидных полостей. Часто гнезда имеют пережимы и раздувы. Казалось бы, уже выклинивающиеся гнезда вновь расширяются. Величина гнезд колеблется в широких пределах. Крупные относительно изометричные гнезда достигают 5-7 метров в поперечнике. Вытянутые гнезда при ширине в несколько метров протягиваются на десятки метров.

Сами хрусталеносные гнезда состоят из кристаллов кварца, нарастающих на их стенки, и свободного пространства. Внизу находятся обломки кристаллов кварца и жильного кварца. В призальбандовых гнездах кристаллы нарастают на жильный кварц и вмещающие породы, причем со стороны жильного кварца они, как правило, значительно крупнее. Нижняя часть таких гнезд выполнена серицитовой или хлоритовой массой в зависимости от состава пород, обломками кристаллов кварца и жильного кварца. Обычно хрусталеносные гнезда в той или иной степени нарушены, о чем свидетельствует катаклиз кристаллов кварца, смятие гнездовой массы. [6]

3.3 Минеральный состав

Минеральный состав жил, выполняющих различно ориентированные трещины, характеризуется определенными особенностями. Так, в согласных жилах чаще устанавливаются сульфиды: пирит, халькопирит, галенит, сфалерит, пирротин. Причем, содержание их бывает значительным. Преимущественно с этими жилами связана золоторудная минерализация.

Состав секущих жил, на которые не наложены хрусталеносные гнезда, обычно очень простой - кварцевый с небольшим количеством серицита, развивавшимся по трещинам, хрусталеносные жилы отличаются чрезвычайно широким минеральным разнообразием. В гнёздах вместе с горным хрусталем и в виде включений в нем присутствуют десятки других минералов. Из них

можно отметить аксинит, рутил, турмалин, сфен, кальцит, хлорит, мусковит, анатаз. Часто они представлены крупными хорошо образованными кристаллами и друзами, имеющими большую коллекционную ценность. Красивы кристаллы с включениями игольчатого рутила (волосатики), турмалина, хлорита. Сульфиды в хрусталеносных гнездах встречаются часто, но содержание их почти никогда не бывает высоким.

Большинство минералов этих жил образовалось позже основной массы кварца, но раньше кристаллов кварца. Это хлорит, мусковит, рутил, сфен, кальцит, турмалин, ильменит, гематит, монацит и другие. Они находятся в трещинах, секущих молочно-белый кварц, либо в виде включений в кристаллах кварца. Кальцит, гематит и гетит кристаллизовались также одновременно с кристаллами кварца, что устанавливается по поверхностям их совместного роста. Позже происходило отложение апофиллита, цеолитов, возможно брукита, анатаза, поздних генераций хлорита, кальцита, серицита, пирита. Эти минералы нарастают на кристаллы кварца.

Минеральный состав кварцевых жил находится в явной связи с составом вмещающих пород. Для жил, залегающих в гранитах и гранодиоритах, характерны мусковит, альбит, хлорит, биотит, сфен, рутил, кальцит, в диабазах - хлорит, кальцит, в кварц-хлорит-сланцевых сланцах - хлорит, мусковит, кальцит, биотит, сфен, пирит, пирротин, сфалерит, в кварците-песчаниках - мусковит, рутил, турмалин. Однако, в некоторых случаях в жилах присутствуют минералы, состав которых не соответствует составу вмещающих пород. Например, в жилах из кварците-песчаников иногда отмечается хлорит. Такие случаи объясняются влиянием подстилающих или других пород, сквозь которые по трещинам просачивались минералообразующие растворы.

Полученные нами данные свидетельствуют о том, что от состава вмещающих пород в значительной степени зависит минеральный состав не только хрусталеносных, но и других типов жил. В жилах, залегающих в гнейсах и граните-гнейсах няртинского комплекса, обычно устанавливаются мусковит, биотит, ильменит. Нередко отмечаются полевые шпаты (микроклин, олигоклаз), кальцит, апатит. В жилах, находящихся в известняках, в большом количестве содержится кальцит, в диабазах, габбро, гранодиоритах, гранитах - хлорит, кальцит, иногда - полевые шпаты, в кварците-песчаниках - мусковит, гематит. Наиболее богат минеральный состав жил, залегающих в кварц-хлорит-сланцевых сланцах пуйвинской, мороинской и других свит. Для них наряду с хлоритом, кальцитом, мусковитом, характерны сульфиды: пирит, пирротин, галенит, сфалерит и другие.[6]

4 КОНСТИТУЦИЯ И СВОЙСТВА ЖИЛЬНОГО КВАРЦА

Строение индивидов и агрегатов

Форма, величина, строение индивидов жильного кварца, текстура и структура слагаемых ими агрегатов являются важнейшими минералогическими характеристиками. Было проведено изучение индивидов и агрегатов жильного кварца с целью характеристики его основных типов. Кварц документировался в жилах, штуфах. Изготавливались и просматривались шлифы и полированные пластины. Кроме того, использовались методы микроструктурного анализа, электронной микроскопии, кислотного травления, радиационного облучения.

Ксеноморфнозернистый кварц характеризуется тем, что его отдельные индивиды не имеют идеальных гранных поверхностей. Деление такого кварца по величине зерен удобно и в большинстве случаев не вызывает затруднений: гигантозернистый - более 10 см, крупнозернистый - 2-10 см, среднезернистый - 0,2-2 см, мелкозернистый - 0,01-0,02 см.

Крупно- гигантозернистый кварц характерен для большинства жил, залегающих как в согласных, так и в секущих по отношению к сланцеватости вмещающих пород трещинах. Это в основном молочно-белый или серый кварц. Текстурно-структурные особенности кварца согласных и секущих жил различны. В согласных жилах он выглядит как сливной. Контакты кварца с вмещающими породами часто нарушены. Очертания индивидов неясные. Точно оценить их форму и величину не удастся, хотя не возникает сомнений в том, что они крупные и величина их в мощных жилах достигает нескольких десятков сантиметров. При раскалывании иногда вскрываются фрагменты индукционных поверхностей до 15-20 см в поперечнике.

Чрезвычайно характерно большое количество мельчайших залеченных трещин и газово-жидких включений, которые обуславливают замутненность кварца и придают ему молочно-белую окраску. Всегда присутствуют открытые трещины, пересекающие жилы по различным направлениям с образованием участков и зон дробления. Иногда наблюдаются трещины со следами скольжения и крупночешуйчатым мусковитом. Брозды и зеркала скольжения нередко отмечаются в зальбандах жил. Встречаются жилы, в которых кварц почти полностью разбит трещинами на небольшие, плотно расположенные изометричные, ромбовидные, линзовидные блоки величиной до 2-5 мм. Внешне такой кварц имеет вид среднезернистого, но при более внимательном рассмотрении устанавливается его первичная крупно-гигантозернистость.

При травлении полированных кварцевых пластин в плавиковой кислоте всегда выявляются структуры двойникования (рис 5). Наиболее характерны дофинеийские двойники, отличающиеся сложными извилистыми границами субиндивидов. Двойниковые поля часто вытянуты вдоль зальбандов жил, величина их достигает 7-10 см. Реже обнаруживаются бразильские двойники с узкими прямолинейными субиндивидами.

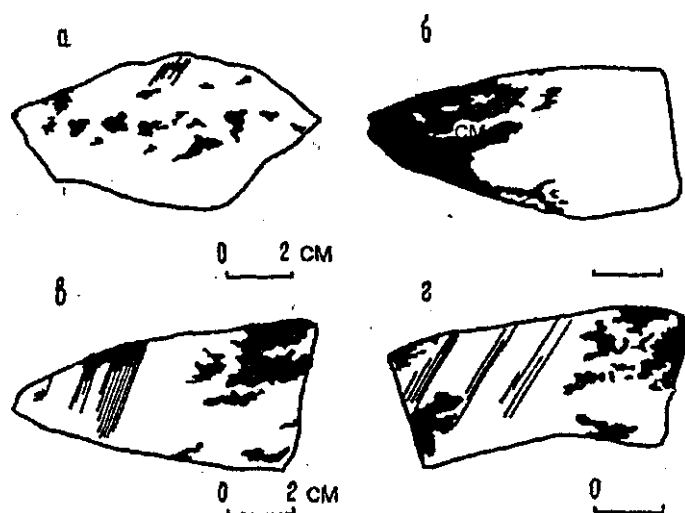


Рисунок 5 - Дофинеийские (извилистые) и бразильские (прямолинейные) двойники жильного кварца: а - гиганто-зернистый молочно-белый кварц из согласной жилы; б - гигантозернистый прозрачный кварц из согласной жилы (линзы); в - гигантозернистый молочно-белый кварц из секущей жилы; г - гигантозернистый околосредовый кварц. (Автор фото: Балхашская Геологическая партия 1986 г.)

Сколы кварца обычно неровные. При значительных увеличениях устанавливаются раковистые поверхности, ступени, щели, каверны. В шлифах хорошо видны структуры катаклаза и пластических деформаций (рис. 6). Последние чрезвычайно разнообразны. Они охватывают весь объем жил или развиты локально: в отдельных участках, вдоль трещин, зальбандов. Прежде всего отмечается волнистое, облачное погасание зерен, обусловленное изгибами кристаллической решетки различной конфигурации.

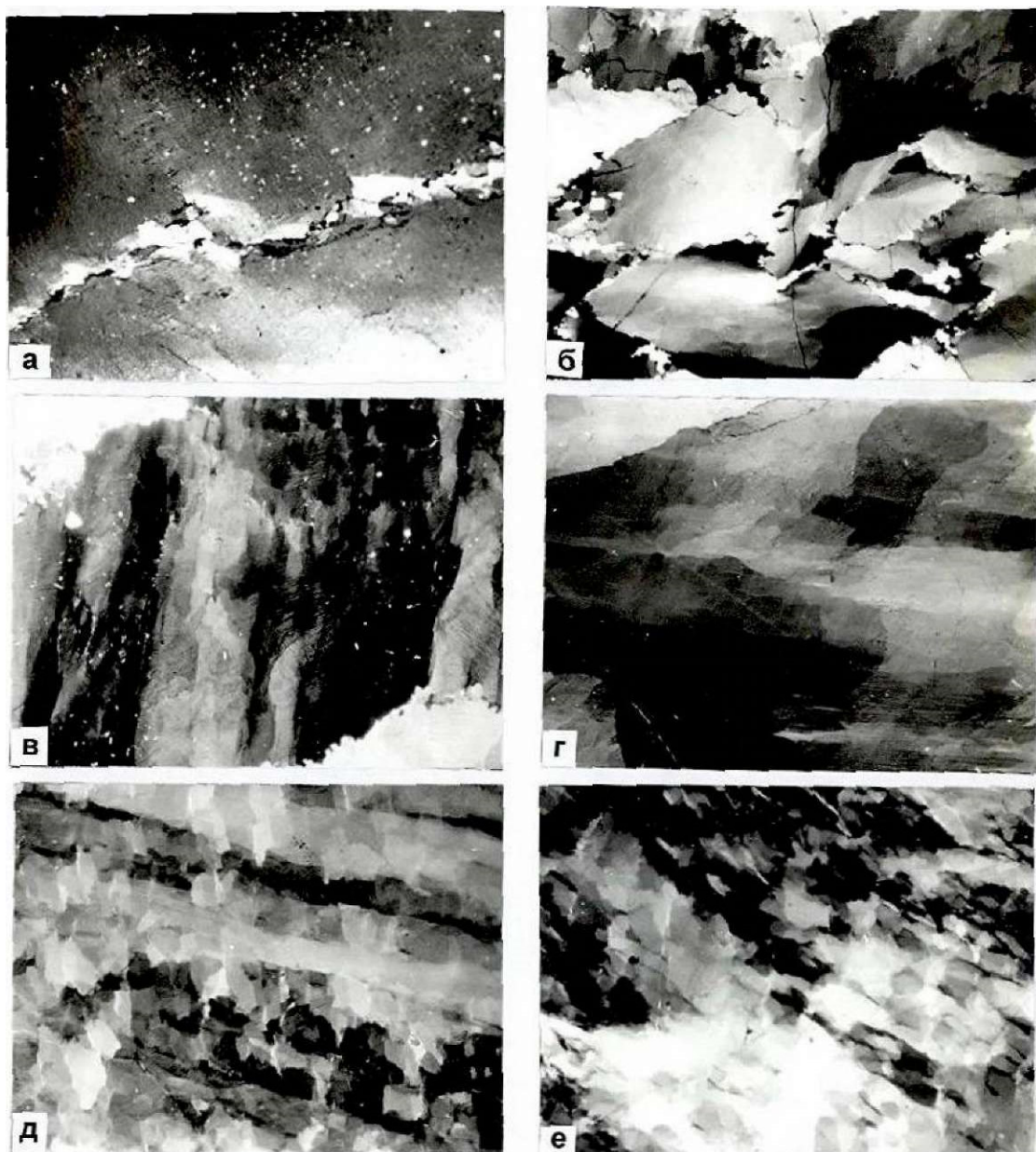


Рисунок 6 - Хрупкие и пластинчатые деформации гигантозернистого кварца из согласных жил: а, б - катаклаз; в, г - волнистое погасание, полосы, блокование; д, е - блокование, полосы. (Автор фото: Балхашская Геологическая партия 1986 г.)

Во многих случаях наблюдаются полосы деформации, ориентированные параллельно друг другу. Ширина полос достигает 2-3 мм, длина - нескольких сантиметров. Границы между ними прямолинейные или слабо извилистые. Иногда по границам развиты тонкие трещины. В пределах полос погасание кварца может быть, как равномерным, так и неравномерным: облачным, полосчатым. Ориентировка полос разного порядка совпадает, но может и отличаться. Так, например, полосы второго порядка часто ориентированы косо по отношению к полосам первого порядка. Иногда обнаруживаются системы тончайших полосок, ориентированных также параллельно друг другу, хорошо известных как полоски Бема. Ширина их составляет 0,01-0,1 мм.

Довольно часто отмечается блоковая структура. Она наиболее характерна для прозрачных участков кварца, лишенных трещин. Погасание кварца здесь таково, что хорошо видны многочисленные блоки, форма которых близка к квадратной или изометричной. Величина их достигает 0,5-0,7 мм. Иногда блоки вытянуты параллельно друг другу в направлении вдоль жил.

В основной массе крупно-гигантозернистого молочно-белого кварца согласных жил наряду с небольшими иногда присутствуют крупные прозрачные участки. Форма их в срезе линзовидная, изометричная, сложная. Величина достигает 5-7 см. Распределение прозрачных участков в пределах жил разнообразное. В одних случаях они распределены хаотично, в других - тяготеют к центральным частям жил или наоборот - к зальбандам. Встречаются жилы с прозрачным слабодымчатым кварцем, который занимает значительную часть их объема, а некоторые жилы сложены полностью (рис. 7). Мощность жил достигает 0,2-0,3 м. Мощность наблюдавшихся нами жил-линз с полностью прозрачным кварцем составляет 5-10 см. Такие линзы обычно сложены одним или двумя-тремя индивидами с не очень ясными очертаниями.

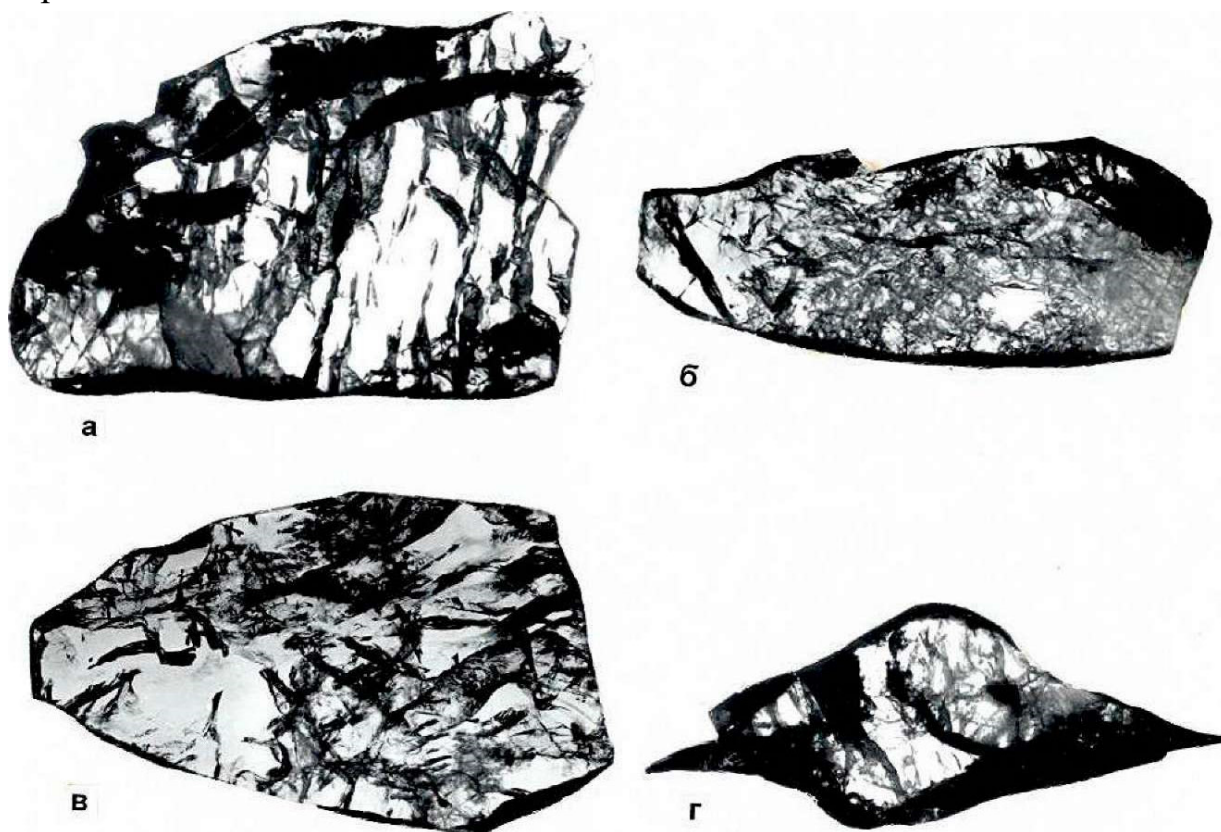


Рисунок 7 - Линзы (согласные жилы) прозрачного слабодымчатого кварца в хлорит-мусковит-кварцевых сланцах

С целью выявления ориентировки кварцевых индивидов мы провели замеры выходов их оптических осей в нескольких линзах. В большинстве случаев эти оси имеют ориентировку, близкую к продольной (вдоль линз), но иногда они расположены косо или даже поперечно.

В пределах линз прозрачный кварц нередко в той или иной степени раздроблен трещинами. Наряду с открытыми имеются залеченные трещины. Выделяется две их системы. Трещины одной системы ориентированы вдоль, а другой - поперек жил. Кроме них отмечаются трещины с косою или беспорядочной ориентировкой. Иногда они сложно изгибаются, обуславливая скорлуповатость кварца. Для многих трещин характерны следы скольжения, развитие крупно- или тонкочешуйчатого мусковита. Залеченные трещины, группируясь, образуют участки и зоны замутнения.

При травлении пластин обнаруживаются дофинейские, реже бразильские двойники (рис. 9). Особенно сильно сдвойникован кварц в участках и зонах развития залеченных трещин. Здесь двойниковые поля мелкие, многочисленные. Характерна вытянутость двойниковых субиндивидов и зон двойникования вдоль жил.

Распределение дымчатой окраски в пределах линз равномерное. Иногда отмечаются пятнистость, струйчатость. В одном случае мы наблюдали подобие слабой зональности. Погасание кварца в шлифах равномерное, облачное. Очень часто проявляются полосы деформации, блокирование.

Крупно-гигантозернистый кварц секущих жил также обладает молочно-белой, серой окраской, но индивиды его в отличие от кварца согласных жил, обычно хорошо выражены. Они нарастают на стенки жиловмещающих трещин перпендикулярно к ним с образованием параллельно-шестоватых агрегатов (рис. 8). В некоторых жилах индивиды расположены так, что между ними остаются пустоты. В этих случаях возникают друзовые агрегаты. Величина кварцевых индивидов в мощных жилах достигает нескольких метров по удлинению.



Рисунок 8 - Фрагмент шестоватого индивида жильного кварца с индукционными поверхностями. (Автор фото: Балхашская Геологическая партия 1986 г.)

Наиболее важными их особенностями являются существование зоны геометрического отбора и субпараллельная ориентировка индивидов. Основания агрегатов сложены множеством мелких кварцевых зерен, значительная часть которых по мере роста выклинивается вследствие отбора. Оставшиеся индивиды удлиняются и утолщаются. В месте зарождения величина индивидов составляет 0,5-1 см, через 0,7-1 м она достигает 30-40 см. Далее утолщение их происходит медленнее, либо вовсе не происходит.

В сечениях, перпендикулярных к удлинению, форма индивидов близка к гексагональной, но редко бывает правильной. Обычно присутствуют ступени, выступы. На поверхности индивидов хорошо выражена индукционная штриховка. При наличии в жилах пустот на индивидах появляются грани основных ромбоэдров или гексагональной призмы.

Сложены индивиды в основном пирамидами роста граней основных ромбоэдров. Об этом свидетельствует соответствующее им распределение минеральных присыпок. Иногда индивиды раскалываются с образованием ромбоэдрических головок (рис. 9).



Рисунок 9. Ромбоэдрическая "головка" индивида жильного кварца. Скол по зернам роста (Автор фото: Балхашская Геологическая партия 1986 г.)

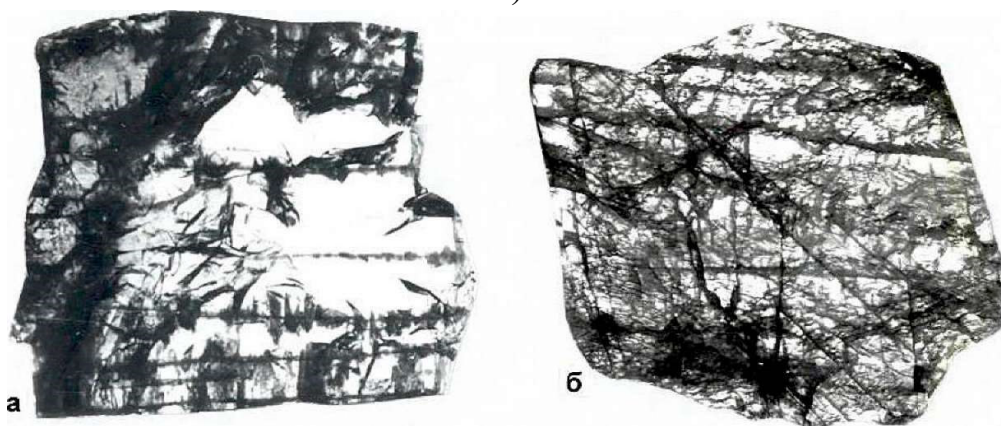


Рисунок 10 - Участки прозрачного кварца разной величины (а,б), находящиеся в основной массе молочно-белого (Автор фото: Балхашская Геологическая партия 1986 г.)

В кварце имеется множество открытых и залеченных трещин с чешуйками мусковита, газово-жидкими включениями. Ориентировка трещин разнообразная. Иногда отмечается преобладание одной или нескольких систем субпараллельных трещин, пересекающих друг друга косо или под углом, близким к прямому. Встречается сильно разлистованный, милонитизированный кварц. Между трещинами часто находятся прозрачные участки линзовидной, прямоугольной, сложной формы (рис. 10). Величина их достигает нескольких сантиметров в поперечнике.

Стенки открытых трещин бывают шероховатыми, гладкими, ступенчатыми, с бороздами скольжения. Часто кварц на них регенерирован. Детали рельефа регенерации сильно зависят от ориентировки трещин. В трещинах, развивающихся по контактам жил, на кварце часто присутствуют идиоморфные головки мелких кристалликов, ориентированные в сторону вмещающих пород.

Местами вдоль трещин кварц растворен. Наблюдаются щели с характерным рельефом стенок. Растворение отмечается также в зальбандах жил. Поверхности растворения состоят из плавно сменяющих друг друга выступов и впадин (рис. 11). Наряду с растворением здесь, вероятно, происходило пластическое преобразование кварца.



Рисунок 11-Поверхность растворения жильного кварца на контакте с вмещающими породами. (Автор фото: Балхашская Геологическая партия 1986 г.)

Характерны дофинеи́ские двойники, тяготеющие к участкам трещиноватости гигантозернистого кварца. Величина двойниковых полей в различных срезах варьирует в широких пределах. Наряду с дофинеи́скими отмечаются бразильские двойники. В кварце с многочисленными субпараллельными трещинами со следами скольжения часто видны узкие поля бразильских двойников, вытянутые вдоль трещин. В участках слабого проявления последних развиты дофинеи́ские двойники, имевшие изометричные, сложные очертания.

Пластические деформации крупно- гигантозернистого кварца секущих жил обычно очень слабые. В шлифах его погасание равномерное, облачное, волнистое. Причем, равномерное погасание фиксируется довольно часто.

Наблюдаются также полосы деформации. Блокование нами не отмечалось. Пластическим деформациям в большей степени подвержен кварц около трещин, в участках дробления.

Весьма своеобразен кварц, находящийся около хрусталеностных гнезд, наложенных на секущие жилы. Он отличается относительно высокой прозрачностью, слабой дымчатой окраской. Ширина зон такого кварца достигает 0,5-0,7 м. Индивиды его плохо выражены, но при раскалывании часто обнаруживаются индукционные поверхности, Маломощные зоны обычно состоят из множества небольших субиндивидов, зарождающихся на поверхностях скола или растворения молочно-белого кварца. По мере роста они сливаются, образуя более крупные индивиды и сплошные зоны. Подобный кварц нередко развивается вдоль нарушенных контактов жил с вмещающими породами.

Окологнездовый кварц менее трещиноват по сравнению с основной массой молочно-белого. В нем меньше открытых и залеченных трещин. На стенках, открытых трещин кварц часто регенерирован. Характерны дофинейские и бразильские двойники, Распределение дымчатой окраски в пластинах обычно равномерное, но в некоторых случаях обнаруживается отчетливая ростовая зональность, соответствующая, вероятно, граням основных ромбоэдров (рис, 12). Пластические деформации окологнездового кварца очень слабые.

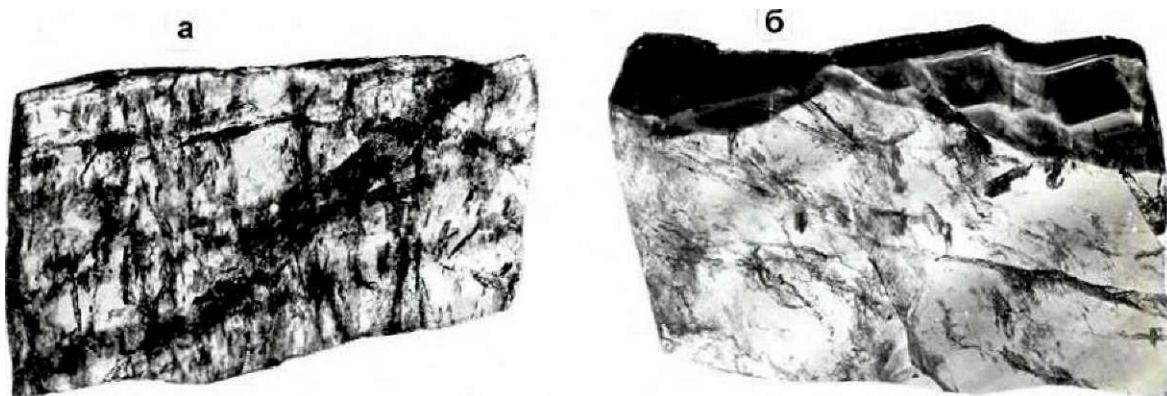


Рисунок 12 - Зональное распределение окраски в окологнездовом кварце: а - зоны роста граней основных ромбоэдров; б - зоны роста граней основных ромбоэдров и косо расположенные к ним зоны регенерации. Пластины. Гамма-облучение. (Автор фото: Балхашская Геологическая партия 1986 г.)

Во многих согласных жилах крупно- гигантозернистый молочно-белый и прозрачный кварц рекристаллизовывался-гранулирован. Об этом свидетельствуют положение мелких зерен, их форма, строение, взаимоотношение с более крупными и многие другие признаки, характерные для подобного кварца и наблюдающиеся макроскопически и в шлифах.

Грануляция развивается в крупно- гигантозернистом пластически сильно деформированном кварце. Единичные новообразованные зерна в

пределах крупных индивидов обычно приурочены к полосам деформаций одного или нескольких направлений, пересекающихся друг с другом, либо располагаются хаотично, образуя цепочки, скопления (рис.13)

Иногда устанавливаются структуры, позволяющие предполагать существование связи грануляции с блокированием кварца. Гранулы возникают на месте отдельных блоков за счет возрастания степени их индивидуализации. Величина зерен новообразованного кварца составляет 0,1-2 мм. Форма их изометричная, границы ровные, ступенчатые. Пластические деформации, в отличие от первичного кварца, очень слабые или вовсе отсутствуют.

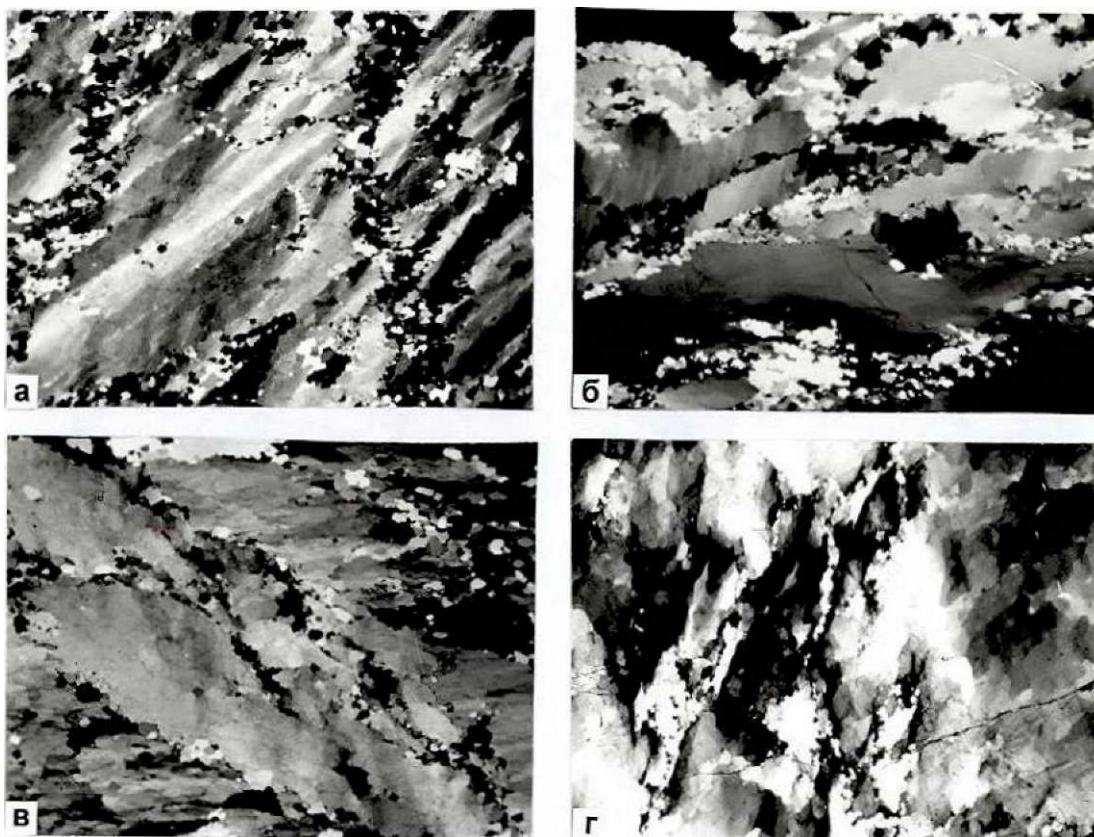


Рисунок 13. Начальные стадии грануляции крупно-гигантозернистого кварца. Кварцевые жилы в мусковит-хлорит-кварцевых сланцах (Автор фото: Балхашская Геологическая партия 1986 г.)

Часто грануляцией охвачены значительные участки крупно-гигантозернистого кварца в зальбандах и местах выклинивания жил. Хорошо видно, что основной объем жил сложен гигантозернистым сливным кварцем, который в направлении зальбандов и выклиниваний сменяется мелкозернистым. Контакты таких жил с вмещающими породами всегда нарушены, на боковых поверхностях имеются многочисленные борозды скольжения.

Встречаются жилы с отчетливо выраженными полосами грануляции, пересекающими крупно-гигантозернистый кварц и ориентированными в продольном направлении или косо. Сливаясь, полосы грануляции образуют

широкие участки. Первичный кварц в таких жилах наблюдается в виде сильно вытянутых реликтов линзовидной формы. При ширине 3-5 мм они иногда прослеживаются на десятки сантиметров. Границы таких реликтов извилистые, кварц в них всегда сильно пластически деформирован. Для него характерно облачное, волнистое погасание, полосы скольжения. Последние могут быть ориентированы как вдоль, так и косо по отношению к вытянутости реликтов. Зерна новообразованного кварца обычно очень мелкие - 0,1-0,5 мм, форма их изометричная, пластические деформации слабые.

В некоторых случаях в жилах наблюдается гранулированный кварц с многочисленными относительно изометричными, линзовидными, неправильными реликтовыми зернами до 3-7 мм в поперечнике (рис. 14). Границы их также извилистые, пластические деформации значительные. Полосы деформации в разных реликтах обычно имеют одинаковую ориентировку и пересекаются участками грануляции. Однако иногда ориентировка полос в разных реликтах не совпадает, что, вероятно, является следствием катаклаза и смещения отдельных блоков.

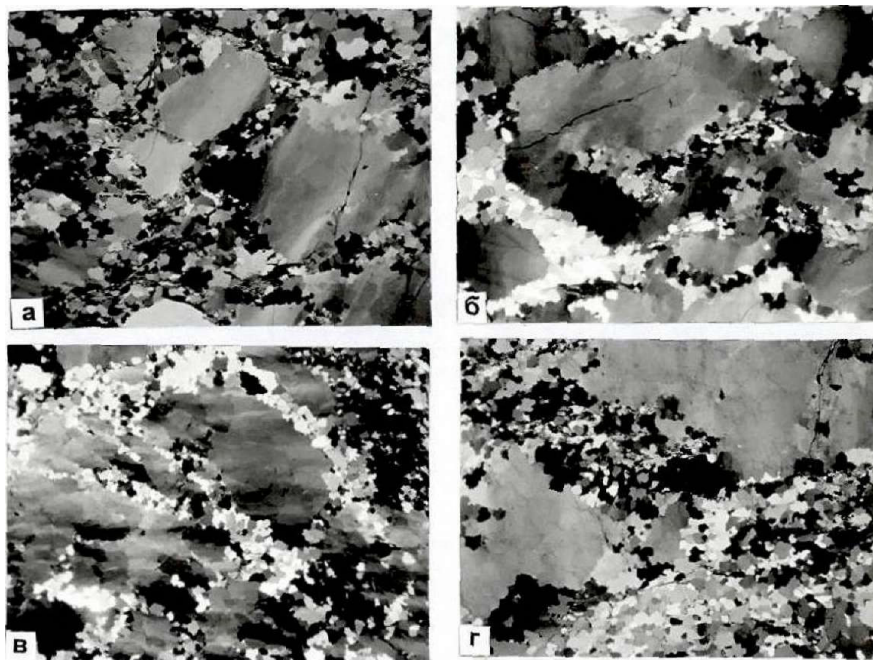


Рисунок 14. Гранулированный кварц с реликтами изометричной, неправильной формы. Кварцевые жилы в мусковит-хлорит-кварцевых сланцах. (Автор фото: Балхашская Геологическая партия 1986 г.)

Имеются жилы, в которых крупно- гигантозернистый кварц почти полностью гранулирован (рис. 19). Первичный кварц представлен лишь небольшими единичными реликтами. Иногда такие жилы разбиты продольными трещинами на пластины или плиты со следами скольжения. Интересно, что в одних жилах новообразованные зерна в основном очень мелкие - 0,01-0,5 мм, а в других более крупные - до 2-3 мм. В пределах жил тоже обнаруживаются колебания величины верен; около притертых трещин зерна мельче, чем на удалении.

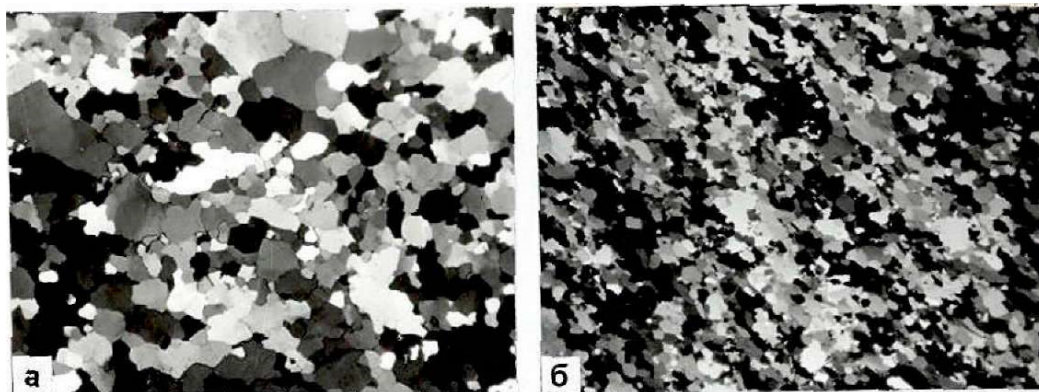


Рисунок 15 - Сильно гранулированный кварц. Кварцевые жилы в гнейсах няртинского комплекса (Автор фото: Балхашская Геологическая партия 1986 г.)

В сколах, проходящих обычно по межзерновым границам, видно, что отдельные гранулы имеют довольно ровные грани (рисунок 16). Реликтовые зерна рассекаются трещинами и выделяются большей величиной и раковистым, неровным рельефом.

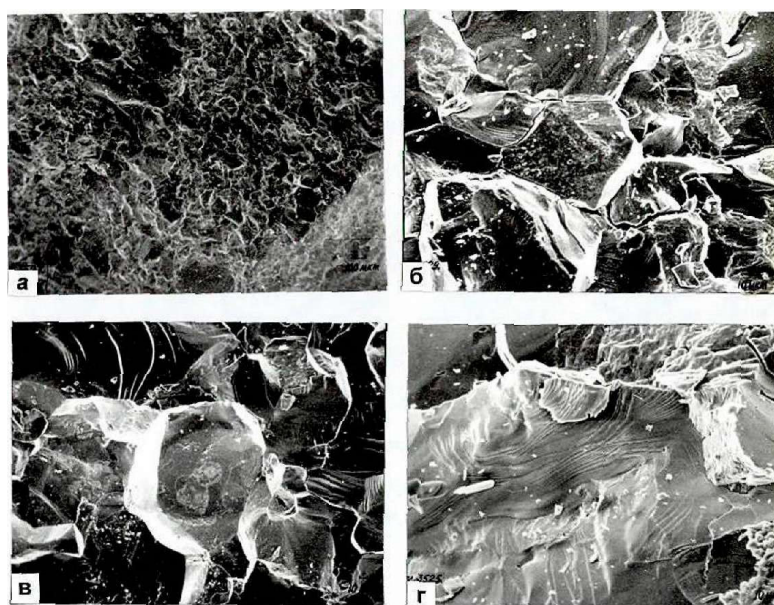


Рисунок 16 - Сколы гранулированного кварца: а - общий вид зерен, увел. 30; б., в - единичные зерна, увел. 200, 400; г - раковистый скол реликтового участка. Увел. 400. (Автор фото: Балхашская Геологическая партия 1986 г.)

На рисунке 17 приведены диаграммы ориентировки оптических осей зерен гранулированного кварца. Шлифы вырезались в плоскости перпендикулярной зальбандам жил вдоль борозд скольжения. Выявляются разнообразные узоры, обусловленные, вероятно, сложным характером деформационных напряжений и их неоднократным проявлением. Кроме того, нельзя исключать попадания в одну совокупность и новообразованных зерен,

и мелких кусочков катаклазированного кварца.

Тем не менее, можно выделить некоторые тенденции. В агрегатах сильно гранулированного кварца по продольным полосам и зонам оптические оси образуют пояса, ориентированные перпендикулярно или косо по отношению к зальбандам жил и сланцеватости пород. В пределах поясов находится несколько максимумов. Иногда отмечается два взаимно пересекающихся пояса или дуги малого круга.

В слабо гранулированном кварце, где наряду с новообразованными зернами присутствуют крупные реликты различной формы, ориентировка оптических осей более хаотичная с тенденцией их расположения по большому кругу, перпендикулярному к зальбандам жил и сланцеватости пород.

Среднезернистый кварц встречается в жилах, имеющих небольшую мощность - до 5-10 см, ограничивающую рост индивидов. Это могут быть жилы, залегающие как в согласных, так и секущих по отношению к сланцеватости пород трещинах. Слагающий их кварц подобен крупно-гигантозернистому и отличается лишь величиной зерен. В крупных жилах среднезернистый кварц присутствует в подчиненном количестве: в основаниях параллельно-шестоватых агрегатов, в виде вкраплений в основной массе мелкозернистого кварца.

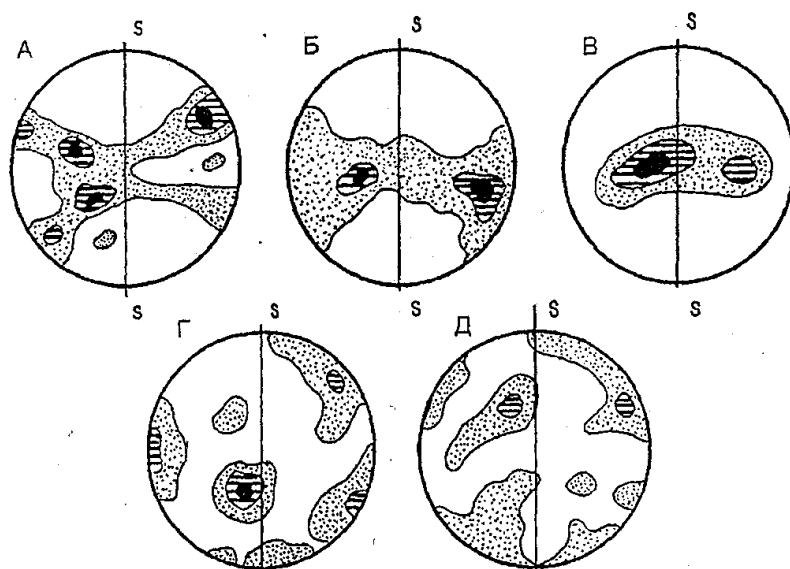


Рисунок 17- Диаграммы ориентировки оптических осей гранулированного кварца: а., б - сильно гранулированный кварц из жил в гнейсах няртинского комплекса и хлорит-мусковит-кварцевых сланцев; в - сильно гранулированный кварц из жилы в гранито-гнейсах; г,д - гранулированный и катаклазированный кварц из жил в хлорит-мусковит-кварцевых сланцах и кварцито-песчаниках. Направления SS соответствуют осевым плоскостям жил. .1-3-5-7%. (Автор фото: Балхашская Геологическая партия 1986 г.)

Однако, иногда отмечаются небольшие жилы мощностью до 5-7 см, сложенные в основном зернами с размерами 4-5 мм. Они имеют

изометричному, неправильную форму. Границы их довольно простые. Погасание равномерное, облачное.

Мелкозернистый кварц широко распространен в регионе. Им сложены согласные сланцеватости пород жилы, мощность которых обычно составляет 0,1-0,3 м и иногда достигает 1-1,5 м. Переход от кварца к породам может быть, как резким, так и постепенным. Мелкозернистый кварц, вероятно, является полигенным. Образование его могло происходить при метасоматических процессах, свободной Кристаллизации в полостях, глубокой грануляции первично крупнозернистого кварца, в ходе метаморфической дифференциации вещества. Кроме того, во многих случаях жилы трудно отличить от небольших прослоев и линз кварцитов.

Для мелкозернистого кварца характерна массивная текстура. Иногда отмечается линейность, ориентированная вдоль жил, подчеркиваемая соответствующим расположением чешуек мусковита и биотита. Величина кварцевых зерен колеблется от 0,01 до 2-3 мм. Большинство из них имеет величину 0,05-0,5 мм. В основной массе такого кварца иногда присутствуют более поздние тонкие прожилки линзовидной, извилистой формы, сложенные крупными зернами. Наблюдаемые в сколах поверхности мелких зерен состоят из ровных площадок, ступеней, изгибов (рис. 18). Нередко видны небольшие бугорки, ямки. Погасание кварца в шлифах равномерное, облачное.

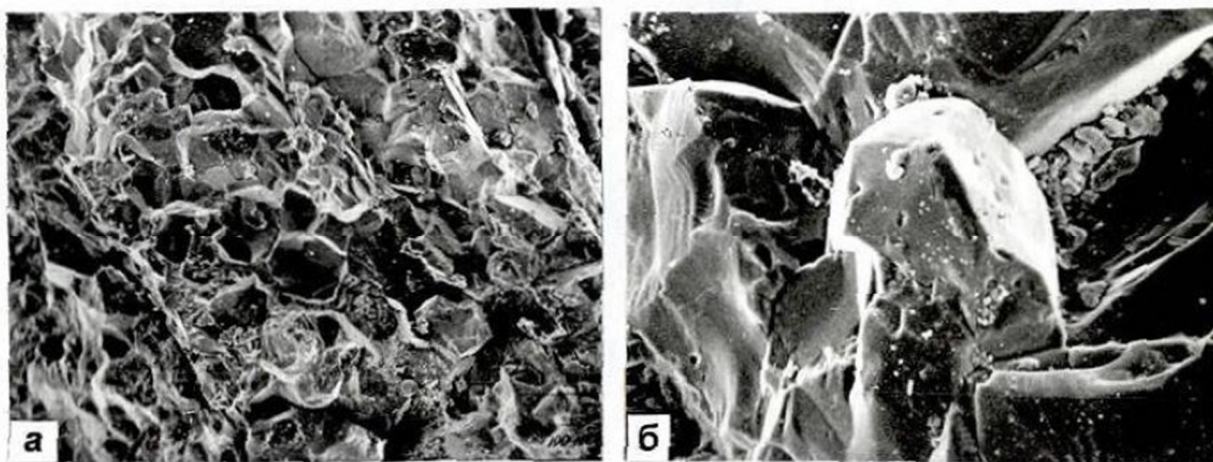


Рисунок 18 - Мелкозернистый кварц из согласных жил и прожилков в мусковит-хлорит-кварцевых сланцах (Автор фото: Балхашская Геологическая партия 1986 г.)

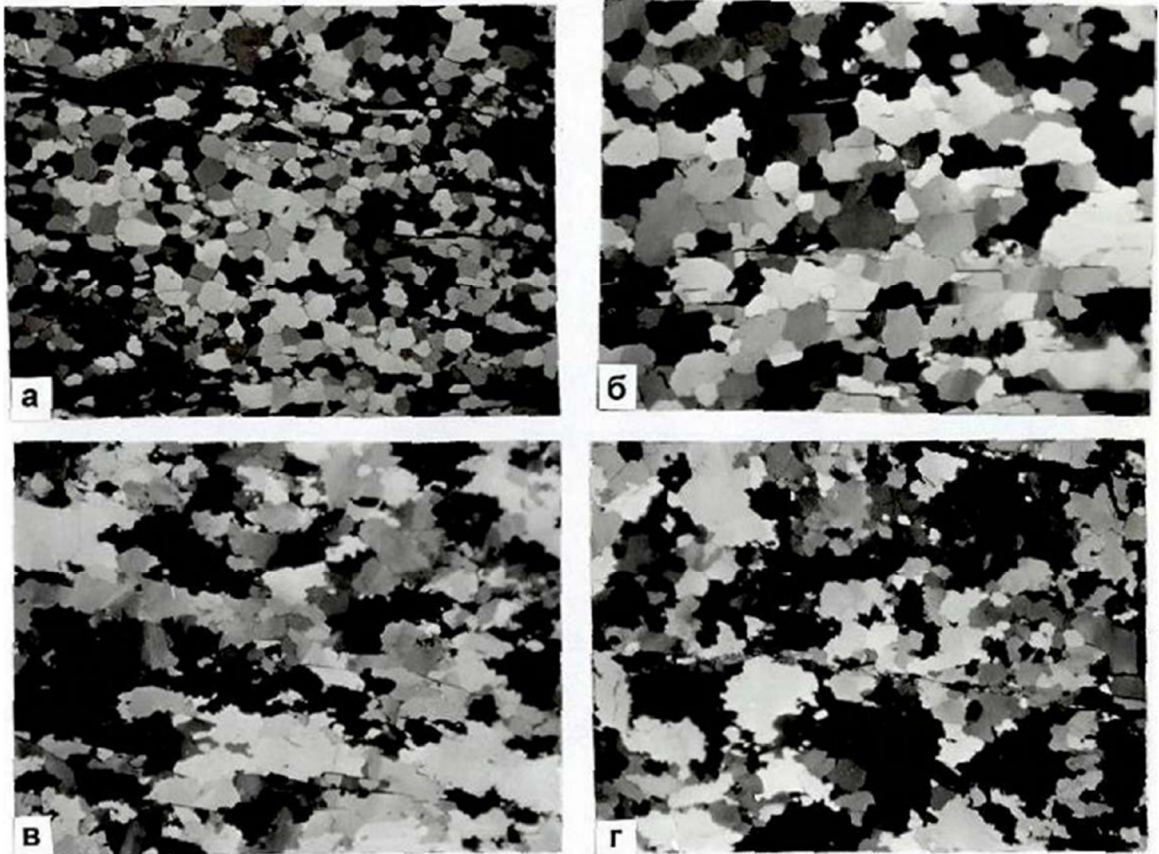


Рисунок 19 - Сколы мелкозернистого кварца: а - общий вид верен, увел. 100; б - единичные зерна, увел. 700. (Автор фото: Балхашская Геологическая партия 1986 г.)

Обращает на себя внимание разнообразие мелкозернистого кварца, выражающееся во многих особенностях. Часто он разномерный. Размеры зерен варьируют в широких пределах. Встречаются жилы с равномернозернистым кварцем. Причем в одних жилах преобладают очень мелкие (0,1-0,5 мм), в других - относительно крупные (0,5-1,5 мм) зерна. Форма зерен бывает изометричной, вытянутой, неправильной, а границы - как ровными, ступенчатыми, так и извилистыми. В некоторых жилах отмечается слабое возрастание величины зерен в направлении от зальбандов к центру, что может быть следствием особенностей метасоматоза или грануляции. Для жил, которые по многим признакам (постепенные переходы к вмещающим породам, зональность и др.) можно рассматривать как метасоматические, характерен неравномернозернистый кварц с извилистыми, лапчатыми границами отдельных зерен.

На диаграммах ориентировки оптических осей мелкозернистого кварца наблюдаются закономерности, похожие на отмечавшиеся ранее для гранулированного кварца (рис. 20). Выделяются один или несколько максимумов, находящиеся в пределах поясов, ориентированных косо к простиранию жил и сланцеватости вмещающих пород. Это характерно как для агрегатов кварца с ровными, ступенчатыми, так и извилистыми, лапчатыми границами. [6]

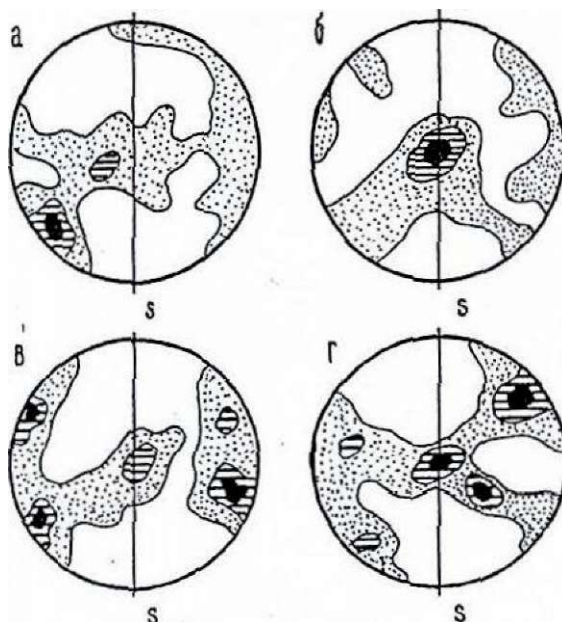


Рисунок 20 - Диаграммы ориентировки оптических осей мелкозернистого кварца: а., б - мелкозернистый кварц из жил в гнейсах няртинского комплекса и хлорит-мусковит-кварцевых сланцев (Автор фото: Балхашская Геологическая партия 1986 г.)

Идиоморфнозернистый кварц - кристаллы кварца входят в состав хрусталеностных гнезд и отличаются от ксеноморфнозернистого кварца тем, что большая часть их поверхности представлена хорошо образованными гранями. В зависимости от радиационной окраски далее мы будем выделять дымчатые, дымчато-цитриновые и аметистовые кристаллы (раухтопаз, цитрин, аметист)

В гнездах кристаллы кварца нарастают на жильный кварц и вмещающие породы, образуя друзовые агрегаты. Обычно они располагаются субнормально по отношению к субстрату. Зона геометрического отбора в таких агрегатах очень узкая. Пройдя отбор, оставшиеся индивиды растут свободно. Нередко наблюдаются агрегаты с более сложной ориентировкой индивидов. В частности, они могут быть ориентированы вдоль субстрата или беспорядочно. Встречаются друзовые агрегаты нескольких порядков. На крупных кристаллах иногда развивается множество мелких индивидов, также образующих друзы. Зарождение последних происходило вследствие массового выпадения зерен-присыпок. Границы совместного роста индивидов в агрегатах имеют индукционный характер с хорошо выраженной

ступенчатостью.

Величина кристаллов кварца варьирует в широких пределах, достигая 1-1,5 м по удлинению. Она сильно колеблется даже в пределах отдельных гнезд. Вместе находятся и мельчайшие, и гигантские индивиды. Наиболее крупные из них чаще всего нарастают на жильный кварц, наследуя его ориентировку.

Границы между различными пирамидами обычно неровные, зигзагообразные. Угол между границей пирамид $\langle m \rangle$ и $\langle R \rangle$ и гранью основного ромбоэдра, характеризующий степень относительного развития различных пирамид, изменяется от 0 до 141° . У дымчатых кристаллов угол составляет в среднем 127° , у дымчато-цитриновых - 135° , у аметистовых - 55° . При этом, интервалы изменения угла у дымчатых и дымчато-цитриновых кристаллов в несколько раз меньше, чем у аметистовых.

Пирамиды роста различных граней кристаллов кварца бывают как сравнительно однородными, так и зональными. Зональность проявляется в распределении окраски, механических включений, двойников, мозаичности. По отношению к собственно кварцу мы делим зональность на конституционную и неконституционную. Конституционная зональность бывает структурно-химической и структурной. Структурно-химическая зональность может быть простой и сложной. В первом случае она обусловлена изменением концентрации, во втором - концентрации и состава структурных элементов-примесей. Структурная зональность связана с соответствующим развитием мозаичности, двойников, а неконституционная - с наличием в кристаллах твердых и газовой-жидких включений.

По положению зон различаются кристаллографически нормальная и аномальная зональность. Нормальная зональность соответствует гранным поверхностям, аномальная же не соответствует им. По характеру взаимоотношения зон зональность делится на контрастную (переход между зонами резкий) и неконтрастную (переход между зонами постепенный). Отдельные зоны бывают симметричными и асимметричными. Крупные зоны часто делятся на серию более мелких, то есть можно выделить зональность первого, второго и более высоких порядков.

Весьма характерна для кристаллов кварца конституционная зональность, обусловленная неравномерным распределением структурных элементов-примесей и выражающиеся в распределении окраски. Наиболее ярко она проявляется в пирамидах роста граней основных ромбоэдров. Количество зон, их мощность, положение непостоянны. В пирамидах роста граней гексагональной призмы зональность часто не фиксируется.

В дымчатых кристаллах зональность проявляется довольно часто, но далеко не всегда. Наблюдается чередование зон различной плотности окраски. Обычно они тяготеют к головкам кристаллов. Имеет место также постепенное изменение плотности окраски, в частности, ее возрастание или понижение от оснований к головкам кристаллов.

В дымчато-цитриновых кристаллах зональность проявляется почти всегда. Наблюдается чередование существенно цитриновых и дымчато-

цитриновых зон, постепенное возрастание плотности окраски в направлении от оснований к головкам кристаллов с одновременным возрастанием роли цитриновой составляющей. Интересно, что в пирамидах роста граней гексагональной призмы дымчато- цитриновых кристаллов иногда отчетливо проявляется зональность, параллельная граням основных ромбоэдров. В аметистовых кристаллах зональность выражается главным образом в наличии узких густо окрашенных дымчатых зон.

На ряде проявлений, как мы уже отмечали, встречаются кристаллы, для которых характерны дымчатые, дымчато- цитриновые и аметистовые, дымчатые и дымчато- цитриновые, дымчатые и аметистовые зоны, резко сменяющие друг друга. Встречаются также кристаллы с постепенной сменой дымчатых зон дымчато- цитриновыми. Иногда в существенно дымчатых кристаллах отмечаются единичные цитриновые зоны, а в дымчато-цитриновых - чисто дымчатые.

Довольно часто в кристаллах присутствуют зоны, обусловленные включениями других минералов, в частности, хлоритом, мусковитом. Количество, мощность и положение таких зон непостоянны. Обычно они отмечаются в пирамидах роста граней, обращенных вверх, и прослеживаются как в пирамидах роста граней основных ромбоэдров, так и в пирамидах роста граней гексагональной призмы. Наибольшее количество включений содержится в основаниях зон, далее в направлении роста кристаллов их становится меньше. Внутренние границы зон, как правило, резкие, а внешние - расплывчатые. В некоторых случаях зоны минеральных включений соответствуют границам разноокрашенных зон. В частности, в кристаллах с последовательно сменяющимися друг друга дымчатыми, дымчато-цитриновыми и аметистовыми зонами граница дымчатых и дымчато-цитриновых зон фиксируется хлоритом, а граница дымчатых и аметистовых зон - анкеритом.

Преимущественно в дымчато- цитриновых кристаллах нередко обнаруживаются зоны растворения-регенерации, скола-регенерации, характерные прежде всего для пирамид роста граней основных ромбоэдров, но иногда прослеживающиеся и в пирамидах роста граней гексагональной призмы. Наличие таких зон обусловлено растворением или сколом кристаллов с последующей регенерацией. Обычно эти зоны имеют шестоватое строение и состоят из многочисленных мелких субиндивидов. Подобные зоны иногда обнаруживаются также в дымчатых кристаллах, а в аметистовых они нами не наблюдались.

Дымчатые кристаллы обычно в значительной степени сдвойникованы по дофинейскому закону. Величина, количество и распределение двойников в кристаллах бывают различными. Часто они мелкие, многочисленные, развитые по всему объему кристаллов. Иногда двойники приурочены преимущественно к пирамидам роста граней основных ромбоэдров, гексагональной призмы, к основаниям или головкам кристаллов. В дымчатых кристаллах обнаруживаются также бразильские двойники, в общем для них

менее характерные. Дымчато-цитриновые кристаллы в большинстве случаев сдвойникованы в значительно меньшей степени, чем дымчатые. Обычно в них отмечаются единичные крупные дофинейские двойники, тяготеющие к основаниям, и мелкие бразильские двойники, приуроченные к внешним частям кристаллов, особенно к пирамидам роста граней гексагональной призмы. Иногда дымчато-цитриновые кристаллы сильно сдвойникованы при явном преобладании бразильских двойников. Аметистовые кристаллы сдвойникованы в значительной степени. Для них весьма характерны бразильские двойники, как правило, многочисленные. Они наблюдаются как в пирамидах роста граней гексагональной призмы, так и в пирамидах роста граней основных ромбоэдров. Наряду с ними часто отмечаются дофинейские двойники.

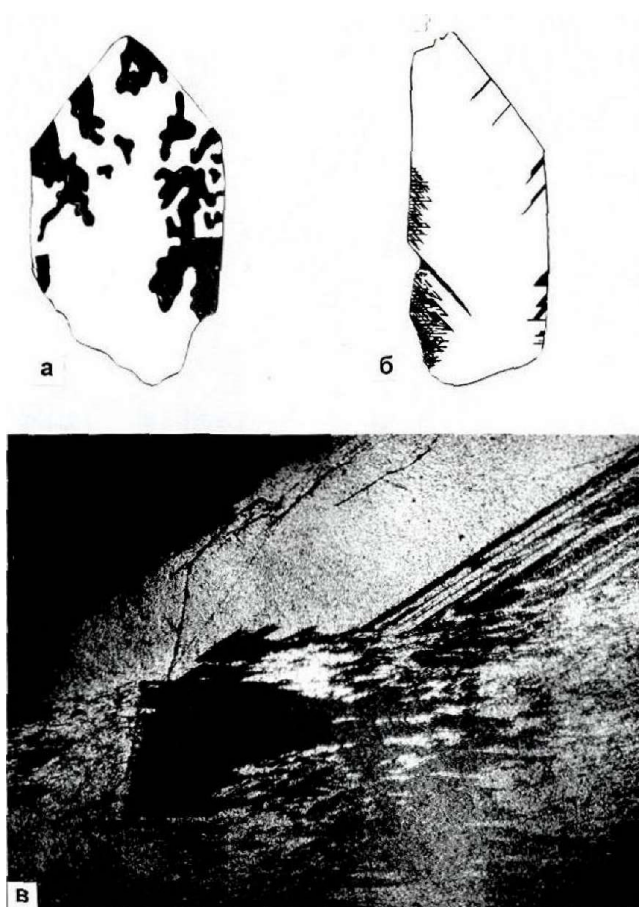


Рисунок 21 - Сдвойникованность кварца; а - дофинейские двойники (дымчатый кристалл), зарисовка пластины, травление HF, натур, вел; б - бразильские двойники (дымчато-цитриновый кристалл), зарисовка пластины, травление HF, натур, вел; в - бразильские двойники (аметист), фрагмент пластины, травление HF, увел. 3. (Автор фото: Балхашская Геологическая партия 1986 г.)

Многие кристаллы кварца мозаичные. Они состоят из нескольких повернутых относительно друг друга блоков, вытянутых параллельно оси треть его порядка. Мозаичность свойственна преимущественно дымчатым

кристаллам. В них отмечаются многочисленные мелкие блоки, развивающиеся по всему объему. Иногда мозаичность проявляется в основном в головках или основаниях кристаллов, пирамидах роста отдельных граней. Для дымчато-цитриновых кристаллов мозаичность менее характерна, она отмечается лишь в основаниях кристаллов или вовсе отсутствует. У аметистовых кристаллов мозаичность проявляется в виде отдельных крупных блоков.

На некоторых проявлениях встречаются частично растворенные кристаллы (рис 22). В первую очередь растворению подвержены вершины и ребра, затем какие-либо неровности на гранях и целиком грани. Возникают характерные ямки и конусы растворения, щели. Иногда индивиды полностью теряют гранные формы и превращаются в удлинненные зерна с неровной поверхностью.



Рисунок 22 - Кристалл кварца со следами сильного растворения. Натур, величина

Трещиноватость кристаллов кварца варьирует в широких пределах. Имеются как запеченные, так и открытые трещины (рис. 23). Распределение их неравномерное. Наиболее трещиноваты обычно основания индивидов, имеющие молочно-белый цвет. В направлении головок количество трещин резко понижается. Иногда наоборот, в головках трещин больше, чем в основаниях. В некоторых случаях кристаллы полностью лишены трещин - от оснований до головок. Иногда видно, что залечивание трещин происходило после смещения различных частей индивидов. Очень часто кристаллы раздроблены, на гранях имеются царапины, следы ударов. Поверхности сколов ровные, слегка волнистые. На сколах мозаичных, сдвойникованных кристаллов проявляются швы, другие неровности.

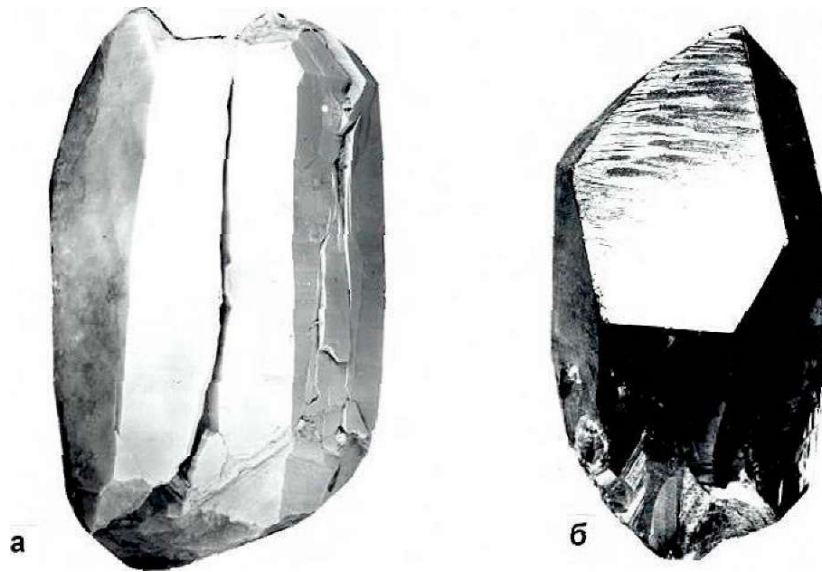


Рисунок 23 - Кристаллы кварца с трещинами (а) и царапинами (б). Уменьшено 2. (Автор фото: Балхашская Геологическая партия 1986 г.)

На одном из хрусталеностных проявлений в гнезде были обнаружены необычные окатанные кристаллы кварца (рис. 24). Они находились в гнездовой массе, представленной кварцевой сыпучкой. Поверхность их испещрена множеством мелких ямок, придающих ей матовый характер. Внутри (в срезах и сколах) они прозрачные, часто даже не трещиноватые. Степень окатанности кристаллов различна. На одних индивидах повреждены лишь ребра и вершины, на других - вершины, ребра и грани. Некоторые кристаллы имеют овальную со всех сторон окатанную форму.

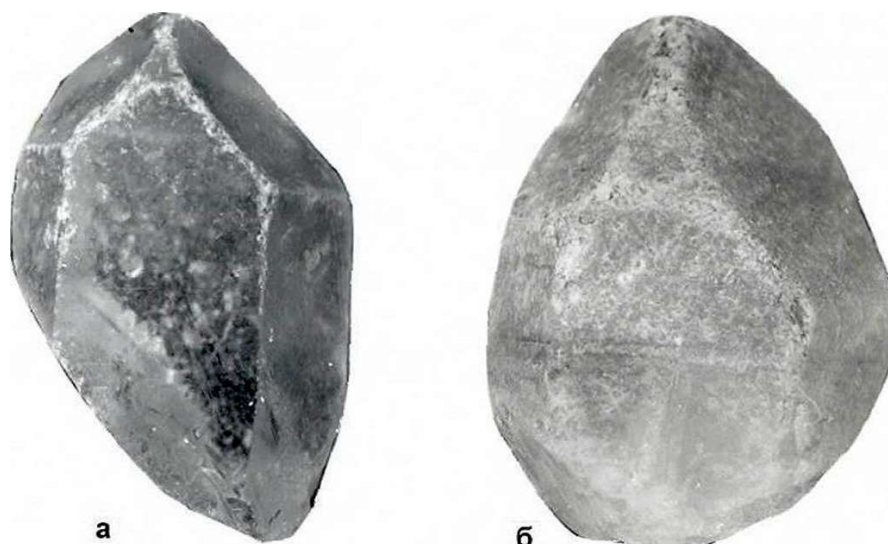


Рисунок 24 - Кристаллы кварца из хрусталеносного гнезда со следами слабой (а) и сильной (б) окатанности. Увел. 2. (Автор фото: Балхашская Геологическая партия 1986 г.)

Морфологическим проявлением гетерометрии является иногда

наблюдаемая на гранях гексагональной призмы сеть тонких трещин, пересекающих друг друга под углом, близким к прямому. Ширина отдельных ячеек составляет 1-2 мм.

Нередко в кристаллах кварца присутствуют разнообразные минеральные включения. Наиболее характерны хлорит, серицит, реже встречаются гематит, кальцит, ильменит, сфен, монацит, рутил, турмалин, анатаз, брукит и многие другие. Хлорит и серицит, как уже отмечалось, часто образуют зоны, ориентированные согласно гранным поверхностям. Наблюдаются также частицы вмещающих пород, расположение которых бывает различным. В некоторых случаях кристаллы почти полностью насыщены хлоритом или серицитом. Обнаруживаются своеобразные двусторонние друзовые агрегаты. С одной стороны, на гнездовой массе (серицитовой или хлоритовой) находятся прозрачные кристаллы, а с другой - наполненные серицитом или хлоритом и обращенные головками в противоположную сторону - к вмещающим породам.

4.1 Элементны примеси

В жильном кварце известны различные элементы-примеси, содержание которых сильно колеблется. Для определения примесей обычно применяются высокочувствительные химико-спектральный и пламенно-фотометрический методы. Имеется большое количество анализов кварца многих проявлений и месторождений. Нами определение примесей проведено с помощью спектрального (алюминий, магний, медь, железо, титан, литий) и пламенно-фотометрического (калий, натрий) методов. Образцы кварца готовились в виде крупки фракции 0,5-0,25 мм, которая тщательно очищалась от минеральных включений, промывалась в соляной кислоте и дистиллированной воде. Чувствительность определения алюминия составляла 5×10^{-4} , магния, титана, железа - 1×10^{-4} , марганца, меди - 1×10^{-5} , натрия и калия - 1×10^{-4} , лития - $5 \cdot 10^{-7}$ мас.%. Погрешность измерений составляла 15-30%. Из-за особенностей подготовки проб и проведения анализов полученные данные, возможно, являются несколько завышены, однако позволяют провести сопоставление различных типов жильного кварца.

Основным примесным элементом в кварце является алюминий. Он устанавливается всегда, содержание его заметно выше, чем других элементов. В мелкозернистом кварце согласных жил содержание алюминия колеблется от 0,002 до 0,1 мас.%, в среднем составляет 0,026 мас.%. В других типах жильного кварца содержание алюминия в несколько раз ниже. В гигантозернистом кварце согласных жил оно варьирует соответственно от 0,06 до 0,012 и от 0,005 до 0,03 мас. %, средние значения составляют 0,004 и 0,005 мас.%. В гигантозернистом молочно-белом кварце секщих жил содержание алюминия ниже. Оно колеблется от 0,0005 до 0,008 ($X=0,003$) мас.%. Приблизительно такое же содержание алюминия устанавливается в дымчатыми аметистовых кристаллах кварца. Вместе с этим в дымчато-

цитриновых кристаллах содержание алюминия значительно выше. Оно колеблется от 0,0017 до 0,055 и составляет в среднем 0,02 мас. %.

Всегда в кварце устанавливается титан. Содержание его колеблется от 0,0002 до 0,009 мас. %. Средние значения содержания титана в различных типах кварца близки - 0,0013-0,002 мас. %. Несколько выделяются дымчато-цитриновые и аметистовые кристаллы. Содержание титана в них в среднем ниже - 0,0006-0,001 мас. %.

Почти всегда в кварце присутствуют марганец и магний. Содержание их варьирует в широких пределах: марганца - от 0 до 0,002, магния - от 0 до 0,005 мас. %. Содержание марганца в мелкозернистом, гранулированном кварце согласных жил, гигантозернистом кварце секщих жил, дымчатых и аметистовых кристаллах кварца составляет в среднем 0,00002-0,00006 мас. %. В гигантозернистом молочно-белом кварце согласных жил и дымчато-цитриновых кристаллах оно выше. Средние значения составляют соответственно 0,0002 и 0,00014 мас. %. Это связано с наличием единичных обогащенных марганцем проб. По содержанию магния заметно выделяется мелкозернистый кварц согласных жил. Средние значения составляют соответственно 0,0022 и 0,0017 мас. %. В других типах кварца содержание магния ниже.

Медь в кварце устанавливается часто. В мелкозернистом кварце согласных жил содержание меди наиболее высокое - до 0,015 (5(=0,0003) мас. %. В других типах кварца оно не превышает в среднем 0,00006 мас. %. В дымчато-цитриновых кристаллах медь не фиксируется.

Железо в кварце обнаруживается реже других элементов. Обращает на себя внимание весьма существенное колебание его содержания. в одних пробах оно не устанавливается, в других присутствует в значительном количестве. Наиболее характерно железо для мелкозернистого кварца согласных жил. Содержание его в таком кварце колеблется от 0 до 0,009 мас. % и составляет в среднем 0,0019 и 0,0025 мас. %. В гигантозернистом молочно-белом и гранулированном кварце согласных жил отмечается реже. Содержание его варьирует соответственно от 0 до 0,1 и от 0 до 0,003 мас. %. Средние значения равны 0,0085 и 0,0005 мас. %. В гигантозернистом кварце секущих жил, в дымчатых, дымчато-цитриновых и аметистовых кристаллах железо не обнаруживается.

Натрий, калий и литий, определявшиеся методом пламенной фотометрии, устанавливаются в кварце всегда. Содержание натрия колеблется от 0,00008 до 0,003 мас. %. Самое высокое содержание натрия свойственно мелкозернистому и крупно-гигантозернистому кварцу согласных и секущих жил. Средние значения составляют 0,001-0,002 мас. %. В дымчатых, дымчато-цитриновых и аметистовых кристаллах содержание натрия значительно ниже - 0,0003 мас. %.

Содержание калия изменяется от 0,0001 до 0,004 мас. %. наиболее высокое содержание калия устанавливается в мелкозернистом, крупно-гигантозернистом кварце согласных жил и дымчатых кристаллах.

Содержание лития варьирует в пределах 0,000005-0,005 мас.%. Характерно противоположное натрию и калию распределение лития в различных типах кварца. В жильном кварце содержание лития значительно выше, чем в кристаллах. Средние значения соответственно составляют 0,000008-0,00006 и 0,0002-0,0021 мас.%. Особенно сильно обогащены литием дымчато-цитриновые кристаллы.

Полученные данные отражают валовое содержание элементов-примесей в кварце - структурных и неструктурных. Сопоставляя различные типы кварца, можно отметить следующее, прежде всего, в мелкозернистом сером кварце согласных жил содержание алюминия, магния, натрия, калия, меди значительно выше, чем в других типах кварца. Вероятно, это связано с наличием в нем мельчайших минеральных включений, в частности, слюд, полностью удалить которые при подготовке проб чрезвычайно трудно. Собственно, жильный кварц существенно отличается от кристаллов кварца по содержанию натрия, калия и лития. В последних ниже содержание натрия и калия, и выше - лития. Можно предполагать, что значительную роль здесь играют и минеральные, и газовой-жидкие включения, в состав которых входят эти элементы. Заметно выделяются дымчато-цитриновые кристаллы, обогащенные алюминием и литием, что отмечалось ранее, значительная часть алюминия и лития в этих кристаллах является структурной. [13]

4.2 Оптические свойства

Жильный кварц, как мы неоднократно отмечали выше, имеет разнообразную окраску, которую в соответствии с общепринятыми схемами, можно разделить на неконституционную и конституционную. К первой относится молочно-белая, серая, темно-серая, серовато-черная, серовато-синяя, голубая, красновато-коричневая, ко второй - коричневатая-серая (дымчатая), зеленовато-желтая (цитриновая), фиолетовая (аметистовая).

Молочно-белая окраска свойственна кварцу, слагающему основной объем различных жил. Эта окраска обусловлена наличием многочисленных трещин, газовой-жидких включений, межзерновых границ. В тонких сколах и пластинах молочно-белый и серый кварц становится более прозрачным. При этом отчетливо проявляются трещины, очертания зерен.

В некоторых согласных жилах, залегающих в сланцевых толщах, в основной массе серого мелкозернистого кварца наблюдаются темно-серые, почти черные, более крупные зерна. Иногда они имеют синеватый оттенок. Кроме того, встречаются линзы темно-серого или черного кварца. В штуфах он слабопрозрачный или непрозрачный. В тонких пластинах видно, что распределение красящего вещества неравномерное. Преимущественно оно сосредоточено в трещинах, межзерновых границах.

Предполагая, что такая окраска может быть вызвана включениями органического вещества, мы провели исследования с использованием различных методов. При газохроматографическом анализе (прогрев до 500°C)

в кварце устанавливаются N_2 , CO , CH_4 , CO_2 , C_2H_4 , H_2O , высвобождающиеся, вероятно, при вскрытии включений. Заметных отличий черного кварца от молочно-белого не обнаруживается.

На кривых термического анализа проявляется слабый экзотермический пик в области $800^\circ C$, соответствующий выгоранию органического вещества. Присутствие углеродистого вещества подтверждается рентгенометрическими данными - на дифрактограммах имеются пики 2.04, 2.45, 3.70 Å. Однако, методом электронного парамагнитного резонанса не удается зарегистрировать какие-либо сигналы, связанные с органикой, хотя в других минеральных объектах они фиксируются. Вероятнее всего, это графитоподобные фазы, переотложенные из вмещающих пород.

Серовато-зеленая, голубоватая, синяя, красновато-коричневая окраска кварца отмечается редко. Можно предполагать, что она обусловлена мельчайшими включениями хлорита, серицита, турмалина, гематита и других минералов.

Дымчатая окраска кварца отмечается чаще других. Она характерна для участков прозрачного кварца в согласных и секциях жилах, для кварца, локализованного около хрусталеностных гнезд и нарушенных контактов жил с вмещающими породами, для кристаллов кварца многих проявлений. Плотность окраски варьирует от едва заметной до густой. Распределение окраски в пластинах жильного кварца обычно равномерное, реже пятнистое, струйчатое. В кристаллах кварца ее распределение зонально-секториальное, секториальное, струйчатое, пятнистое. Пирамиды роста граней основных ромбоэдров обычно имеют более плотную окраску, чем пирамиды роста граней гексагональной призмы.

Дымчатая окраска является радиационной. При нагревании окрашенных образцов до $450-500^\circ C$ она исчезает, а при последующем облучении восстанавливается. Известно, и это подтверждается нашими исследованиями, что дымчатая окраска обусловлена наличием в структуре кварца алюминиевых центров $[AlO_4e^+]^o$. Образование их связано с изоморфным замещением кремния алюминием с компенсацией дефицита заряда натрием (возможно литием или протоном). Под действием облучения происходит ионизация возникших комплексов.

Цитриновую окраску имеют кристаллы кварца ряда проявлений. Она свойственна также кварцу, находящемуся около гнезд с такими кристаллами. Чаще всего окраска смешанная - дымчато-цитриновая. Соотношение дымчатой и цитриновой составляющих непостоянное. Встречаются как существенно дымчатые (оливковые), так и существенно цитриновые кристаллы. Плотность окраски непостоянна. Распределение ее в кристаллах кварца в основном зонально-секториальное, иногда секториальное, причем собственно цитриновая окраска сосредоточена в пирамидах роста граней основных ромбоэдров.

Цитриновая окраска кварца, как и дымчатая, является радиационной. При нагревании образцов до $400-450^\circ C$ она исчезает, а при облучении

восстанавливается. Природа окраски окончательно не выяснена. Установлено, что цитриновые кристаллы отличаются повышенным содержанием структурного лития, фиксирующегося различными методами.

Аметистовая окраска отмечается редко. Часто присутствует розоватый или дымчатый оттенок. Плотность аметистовой окраски колеблется в широких пределах. Распределение ее в кристаллах неравномерное. Наиболее густо окрашены пирамиды роста граней основных ромбоэдров.

Аметистовая окраска обусловлена радиационным облучением кварца, в структуре которого находится трёхвалентное железо, изоморфно замещающее кремний. В качестве компенсаторов дефицита заряда выступают ионы натрия, лития или протон. Строение центров, непосредственно определяющих аметистовую окраску, продолжает обсуждаться. Вероятнее всего, они представлены ионами четырехвалентного железа, возникающими при облучении за счет преобразования трехвалентного.

Бесцветный прозрачный кварц, наблюдающийся в виде участков в основной массе молочно-белого кварца согласных и секущих жил при искусственном облучении становится дымчатым. Бесцветные кристаллы при облучении приобретают дымчатую или дымчато-цитриновую окраску. В некоторых случаях бесцветный кварц не окрашивается даже при больших дозах облучения. Известно, что это может быть в тех случаях, когда в состав алюминиевых центров входит протон: несмотря на высокое содержание в кварце структурного алюминия центры окраски при облучении не образуются. Однако, радиационная устойчивость к окрашиванию изученного нами кварца обусловлена не присутствием протонов, а весьма низким содержанием алюминиевых центров, недостаточным для визуализации окраски.

Поглощение кварца в видимой области связано с его окраской. В спектрах поглощения мелкозернистого и гранулированного кварца согласных жил, крупно-гигантозернистого молочно-белого, прозрачного кварца согласных и секущих жил, имеющих или приобретающих при облучении дымчатую окраску, присутствуют полосы 460 и 620 нм. Такие же полосы отмечаются в спектрах дымчатых кристаллов. В спектрах дымчато-цитриновых кристаллов обнаруживаются полосы 390-415 и 620 нм. Положение первой зависит от соотношения в окраске дымчатой и цитриновой составляющих. В спектрах существенно цитриновых кристаллов ее положение соответствует 390 нм, а в спектрах цитриново-дымчатых кристаллов - 415 нм. Спектры поглощения: аметистовых кристаллов характеризуются наличием полос 370 и 540 нм.

Величина поглощения кварца в видимой области определяется плотностью его окраски, которая, в свою очередь, зависит от дозы облучения. Поглощение кварца в полосах 460, 390-415, 370 нм, как правило, выше, чем в полосах 620, 540 нм. Обнаруживается, что наиболее интенсивным поглощением отличаются дымчато-цитриновые кристаллы.

В спектрах поглощения кварца в инфракрасной области обычно выделяется ряд полос, положение и интенсивность которых не зависит от

плотности окраски и дозы облучения. Спектры поглощения мелкозернистого кварца согласных жил характеризуются наличием узкой полосы 3375 см^{-1} и широкой полосы с максимумом около 3200 см^{-1} . Спектры крупно-гигантозернистого кварца согласных и секущих жил состоят из полос 3200 , 3300 , 3375 см^{-1} . Нередко появляются полосы 3440 и 3600 см^{-1} . Иногда полосы 3200 и 3300 см^{-1} разрешены весьма слабо, наблюдается широкая полоса с максимумом около 3200 см^{-1} . Спектры дымчатых кристаллов подобны описанным выше. Существенно отличаются от них спектры дымчато-цитриновых кристаллов. Для них характерны полосы 3200 , 3300 , 3375 , 3487 , 3510 , 3520 , 3400 , 3585 , 3600 см^{-1} . Весьма своеобразны спектры аметиста. Они обычно состоят из полос 3200 , 3300 , 3375 , 3400 , 3585 , 3600 см^{-1} .

Общее поглощение кварца в инфракрасной области и поглощение его в отдельных полосах широко варьирует. Наиболее интенсивной обычно является полоса 3375 см^{-1} . Интенсивность других полос ниже. Обращает на себя внимание зависимость интенсивности полос 3375 и 3487 см^{-1} в спектрах дымчато-цитриновых кристаллов от соотношения дымчатой и цитриновой составляющих их окраски. С увеличением доли последней составляющей интенсивность полосы 3487 см^{-1} возрастает. Характерной чертой аметистовых кристаллов является относительно интенсивное поглощение в полосах 3400 , 3585 и 3600 см^{-1} . Общее поглощение у кристаллов кварца, особенно у дымчато-цитриновых, выше, чем у других типов жильного кварца.

Полоса поглощения 3375 см^{-1} , наиболее характерная и самая интенсивная, связана с ОН-группами, входящими в состав кремнекислородных тетраэдров, в которых кремний замещен алюминием. Полоса 3440 см^{-1} - соответствует ОН-алюминий-натриевым группам. Полосы поглощения 3487 , 3510 , 3520 см^{-1} , фиксирующиеся в спектрах дымчато-цитриновых кристаллов, обусловлены ОН-алюминий-литиевыми группами. Полоса 3600 см^{-1} , ярко выраженная в спектрах аметиста, отвечает, вероятно, ОН-группам, слабо связанными со структурой кварца. Полосу 3585 см^{-1} , которая устанавливается только в спектрах аметиста, можно связывать с ОН-калиевыми группами. Широкая полоса с максимумом около 3200 см^{-1} характерна для зернистого, трещиноватого кварца. Ее присутствие вызвано ОН-группами, входящими в состав молекулярной воды, локализованной в трещинах и газовой-жидких включениях.

Корреляционный анализ показывает, что между оптическим поглощением кварца в различных областях спектра существует положительная связь. Особенно сильная связь этих характеристик устанавливается для кристаллов кварца. Для жильного кварца она слабее. Более того, иногда поглощение в видимой и ультрафиолетовой областях значимо не связано с поглощением в инфракрасной области.

Важной характеристикой жильного кварца является светопропускание, отражающее его прозрачность в видимой области спектра (490 нм). Измерение светопропускания проводилось нами по стандартной методике на фотоэлектроколориметре ФЭК-56М. Анализировалась кварцевая крупка

фракции 0,2-0,4 мм, которая помещалась в кювету толщиной 1 мм и заливалась иммерсионной жидкостью с показателем преломления $1,543^{+0,001}$. Погрешность измерений составляла 10%.

У молочно-белого крупно-гигантозернистого кварца согласных и секущих жил в среднем оно составляет 40-45%. Присутствующий в нем прозрачный реликтовый и новообразованный кварц обладает более высоким светопропусканием. Высокое светопропускание характерно также для гранулированного и мелкозернистого кварца согласных жил. Оно составляет в среднем 63 и 64% соответственно. Самым низким светопропусканием отличается мелко-среднезернистый серый, темно-серый кварц, окраска которого обусловлена присутствием углеродистого вещества.

Ш провели сопоставление светопропускания одних и тех же типов кварца из жил, залегающих в разных породах. Светопропускание молочно-белого крупно-гигантозернистого кварца согласных и секущих жил в гнейсах няртинского комплекса составляет 18-60%, в хлорит-мусковит-кварцевых сланцах - 15-67%, в кварцитах - 20-40%. Светопропускание в разной степени гранулированного кварца из тех же пород соответственно составляет 43-79, 64-73, 45-75%, а светопропускание мелкозернистого - 49-74, 51-67, 70%. Существенной зависимости светопропускания кварца от состава вмещающих пород по данным изучения валовых проб нами не обнаружено. Не исключено, что при более массовом опробовании какие-то различия, обнаружатся. Во всяком случае, жилы, почти полностью сложенные прозрачным кварцем, характерны для хлорит-мусковит-кварцевых сланцев, в кварцитах, кварците-песчаниках часто встречаются жилы, в которых в основной массе молочно-белого крупно-гигантозернистого кварца присутствуют крупные прозрачные участки. [13]

4.3 Термолюминесценция

Люминесценция при нагревании весьма характерна для кварца. Термолюминесцентный анализ проводился нами на несерийной установке. Для фиксации свечения использовались ФЭУ-17а, умножитель постоянного тока И-37, Образцы готовились в виде крупки 0,5-0,25 мм. Определялись как исходная (естественная) термолюминесценция, так и термолюминесценция после предварительного отжига и облучения (гамма-лучи, источник ^{137}Cs , доза 10^5 гр).

В большинстве случаев жильный кварц не обладает естественной термолюминесценцией. Исключением является кварц с природной окраской, в частности, дымчатый кварц из согласных жил, новообразованный кварц, развивающейся около хрусталеностных гнезд и нарушенных контактов в секущих жилах. На кривых термолюминесценции обычно проявляется один очень слабый пик с максимумом в области 300-350°C. После искусственного облучения все типы жильного кварца термолюминесцируют. Интенсивность термолюминесценции сильно возрастает, но ее характер существенно не

изменяется. Иногда проявляется низкотемпературный пик в области 150-200°С.

Кристаллы кварца часто термолюминесцируют без искусственного облучения. После облучения, так же как у жильного кварца, интенсивность термолюминесценции возрастает во много раз. На кривых термолюминесценции дымчатых кристаллов обычно проявляется один пик 300-350°С. Низкотемпературная его ветвь более пологая, чем высокотемпературная. Иногда отмечается пик 180-200°С. Интенсивность высокотемпературного пика варьирует в соответствии с плотностью дымчатой окраски. Чем выше плотность окраски, тем выше интенсивность этого пика. На кривых термолюминесценции дымчато-цитриновых кристаллов всегда присутствуют два отчетливо выраженных пика: 150-200 и 300-350°С. Нередко наблюдается перегиб кривой в области 280°С. Интенсивность пиков также варьирует в связи с плотностью окраски. Высокотемпературный пик обычно интенсивнее низкотемпературного, но бывает и наоборот. Это зависит от соотношения плотностей цитриновой и дымчатой окраски. Преобладание цитриновой окраски соответствует высокой интенсивности низкотемпературного пика. На кривых термолюминесценции аметистовых кристаллов проявляются два пика: 180 и 300-350°. Интенсивность пика 300-350°С изменяется в соответствии с плотностью дымчатой составляющей в окраске аметиста. Пик 180°С всегда относительно менее интенсивный.

У крупно-гигантозернистого кварца согласных жил она составляет в среднем 159 усл.ед., у подобного кварца секщих жил - 559 усл.ед., а у мелкозернистого кварца значительно ниже - 38 усл.ед. Самая высокая светосумма термолюминесценции характерна для дымчатых и дымчато-цитриновых кристаллов кварца - 991 и 827 усл.ед. соответственно. В то же время у кристаллов аметиста она невысокая - 210 усл.ед.

Термолюминесценция кварца, также как электронный парамагнитный резонанс, обусловлена присутствием в его структуре примесных и непримесных центров. Учитывая связь характера термолюминесценции с типом и плотностью окраски, составом и содержанием парамагнитных центров, другими свойствами кварца, можно предполагать, что высокотемпературный пик обусловлен алюминиевыми, а низкотемпературный - алюминий-литиевыми центрами. Высокая светосумма термолюминесценции дымчатых кристаллов по сравнению с дымчато-цитриновыми при обратном соотношении содержания алюминиевых центров, вероятно, вызвана свечением не только примесных, но и вакансионных центров. [19]

4.4 Декрепитация и газоотделение

Нагревание кварца обычно сопровождается растрескиванием и выделением газа. Важную роль в этом играют газовой-жидкие включения. Количество включений в жильном кварце колеблется в широких пределах. В молочно-белом кварце их очень много, тогда как в прозрачном кварце и горном хрустале - значительно меньше. Форма включений бывает изометричной, трубчатой, линзовидной, неправильной, размер достигает 0,5-0,8 мм. Располагаются они в основном в залеченных трещинах, в виде цепочек, иногда обособленно. В кристаллах кварца включения находятся в трещинах, на границах мозаичных блоков, зон и пирамид роста (рисунок 25).

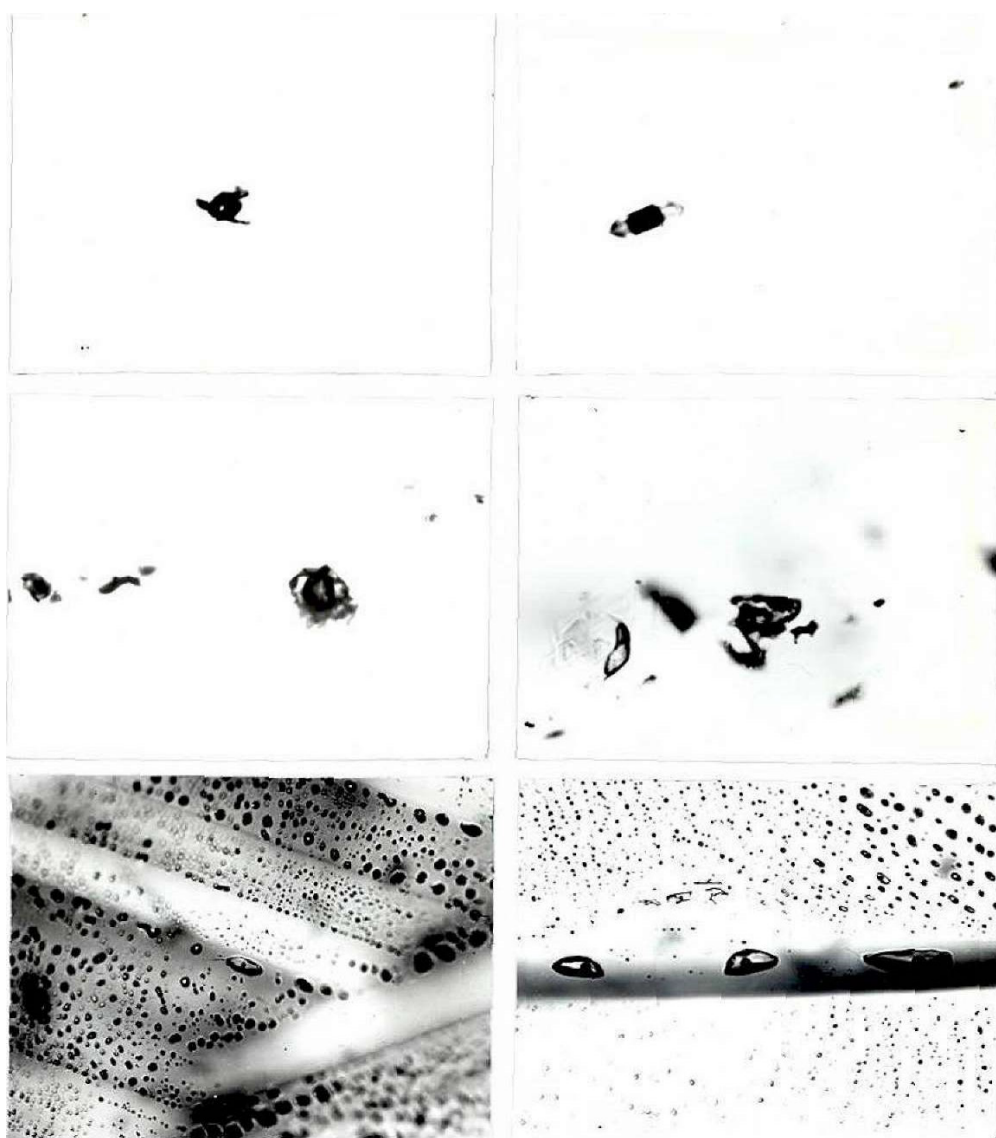


Рисунок 25- Газово-жидкие включения в кристаллах кварца: а,б - единичные включения на границах мозаичных блоков дымчатых кристаллов, увел. 15; в,г - включения с оснований зон регенерации дымчато-цитриновых кристаллов., увел. 15; д,е - включения по зонам роста в аметисте, увел. 5, 15.

Большинство включений двухфазные: жидкость + газ, реже трехфазные: жидкость + жидкость + газ, или однофазные: жидкость. При нагревании кварца гомогенизация включений происходит при температурах 90-320°C, в жильном кварце - при более высокой температуре. Иногда встречаются включения гомогенизирующиеся в газовую фазу. Температура растрескивания включений обычно превышает температуру гомогенизации. В состав водных вытяжек из кристаллов кварца в качестве основных компонентов входят Na, Cl, Ca, HCO₃, что соответствует хлоридно-бикарбонатно-натриевому, бикарбонатно-хлоридно-кальциевому типам вод.

Образцы готовились в виде крупки 0,5-0,25 мм. Температура повышалась от комнатной до 700°C.

Кривые газоотделения, снятые в режиме с откачкой, имеют сложный вид (рисунок 26). Они состоят из ряда довольно широких пиков, осложненных узкими интенсивными пиками, которые, вероятно, соответствуют растрескиванию отдельных включений. Основное газоотделение происходит в интервале 100-600°C. На кривых можно выделить два или три широких пика с максимумами 180-220, 300-400; 540-600°C. Из них наиболее интенсивным и широким является пик 300-400°C. Пик 540-600°C проявляется всегда. Можно предполагать, что при этой температуре происходит вскрытие мельчайших включений, сопровождающее переход кварца. В режиме без откачки газоотделение кварца характеризуется восходящей кривой: наиболее крутой ее подъем отвечает интервалу 200-400°C, далее она выполаживается.

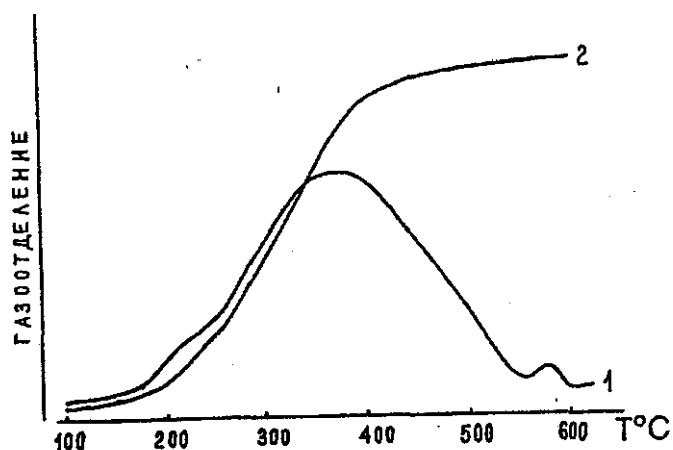


Рисунок 26 - Кривые газоотделения жильного кварца, снятые в режиме с откачкой (1) и без откачки (2).

Сопоставление кривых газоотделения различных типов жильного кварца свидетельствует о том, что объем газа сильно варьирует. Наиболее интенсивное газоотделение свойственно крупно-гигантозернистому молочно-белому кварцу из согласных и секщих жил. Газоотделение мелкозернистого и гранулированного кварца, а также кристаллов кварца, значительно ниже. Интересным является высокое газоотделение аметиста в области 540-600°C, превосходящее газоотделение в этом интервале других типов кварца.

При включении в выборку различных типов жильного кварца, газоотделение, оценивающийся по площади, очерчиваемой кривыми, обратно коррелирует со светопропусканием. Чем ниже светопропускание, тем выше газоотделение. Впрочем, при изучении отдельных типов кварца эта корреляция становится менее заметной, что, вероятно, связано с замутненностью кварца не только газом-жидкими включениями, но и другими его особенностями.

Был проведен газохроматографический анализ наших образцов жильного кварца. Использовался хроматограф Хром-5 с приставкой для термического вскрытия включений. Пробы готовились в виде крупки 0,5-0,25 мм массой 0,5 г. Предварительно они продувались гелием в течение 30 мин. Вскрытие включений производилось при ступенчатом нагреве проб до 500 и 700°C. Для количественного определения компонентов газовой фазы использовался метод абсолютной калибровки. Содержание N₂, CH₄, CO₂ оценивалось по высоте, а H₂O по площади пиков. Чувствительность определения CO, CH₄, N₂ составляла 10⁻², CO₂-2x10⁻², H₂-1.0, H₂O-10⁻³ мкл.

Основными компонентами газа, выделяющегося из кварца при нагревании, являются: азот, углекислый газ, вода. В мелкозернистом и гранулированном кварце согласных жил содержание всех компонентов очень низкое, что связано с незначительным количеством газом-жидких включений. Азот в гранулированном кварце не обнаруживается. В крупно-гигантозернистом кварце секущих жил содержание газа еще выше. Основными компонентами по-прежнему остаются CO₂ и H₂O, но возрастает роль CO₂ и повышается содержание азота. Кристаллы подобны гигантозернистому кварцу. Аметист отличается относительно высоким содержанием углекислоты.

При нагревании выше 700°C газоотделение из кварца продолжается. К сожалению технические возможности не позволили нам провести его изучение. При относительно низких температурах происходит выделение газа за счет вскрытия включений. При температуре более 700°C начинается проявление диффузных процессов выхода молекулярно-дисперсной воды и воды из микровключений. Фиксируются HgO, CO, N₂, CO₂, C_xH_y, HCl, H₂SO₂, HS. Преобладают H₂O, CO, CO₂, C_xH_y, HCl, В высокотемпературной области нередко выделяется больше воды и некоторых других компонентов, чем в низкотемпературной.

Проведенные исследования довольно полно раскрывают конституционное разнообразие жильного кварца. Наблюдаемые текстурно-структурные различия сопровождаются особенностями состава и содержания элементов-примесей, физических свойств и др. Можно предложить следующую обобщенную типизацию кварца, учитывающую его основные, наблюдаемые в штуфах особенности (рисунок 27).

Как мы уже отмечали, жильный кварц правомерно разделить на ксеноморфнозернистый (собственно жильный кварц) и идиоморфнозернистый (монокристаллы).

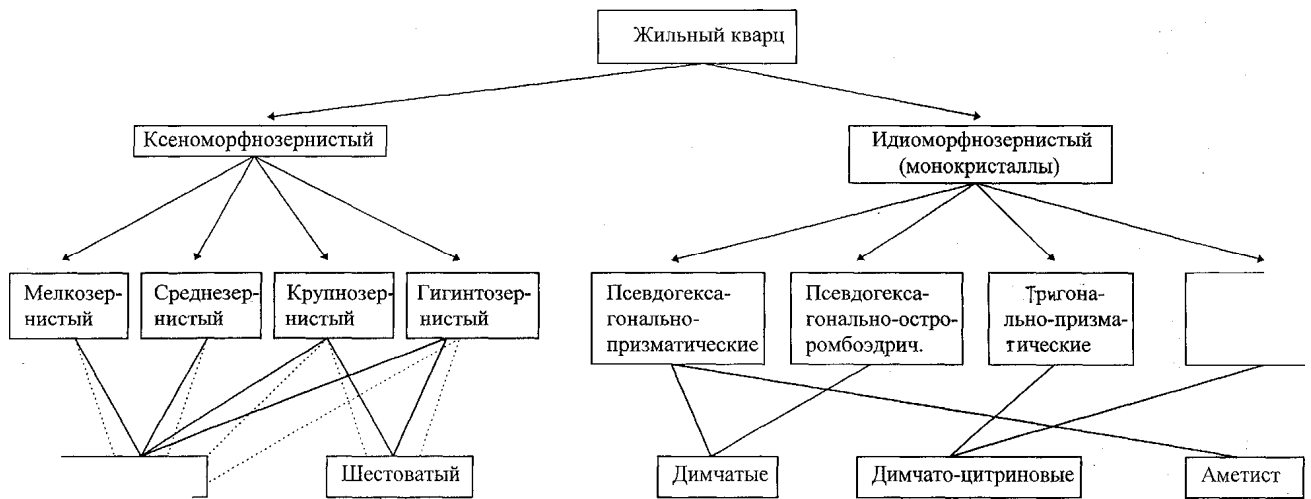


Рисунок 27- Основные типы жильного кварца

Ксеноморфнозернистый кварц в соответствии с общепринятой схемой делится на гиганте-, крупно-, средне-, мелкозернистый. В зависимости от формы индивидов в агрегатах он может быть массивным или шестоватым (обычно - параллельно-шестоватым). Среди параллельно-шестоватых агрегатов, согласно нашим наблюдениям, наиболее распространенными являются агрегаты I рода, описанные выше, реже встречаются параллельно-шестоватые агрегаты II рода, для которых характерно отсутствие зоны геометрического отбора. Наряду с параллельное возможно иное расположение шестоватых индивидов в агрегатах. По прозаичности в штуфах кварц делится на непрозрачный (молочно-белый, серый), полупрозрачный и прозрачный. Последний чаще всего бывает бесцветным или дымчатым.

Кристаллы кварца по габитусу делятся на псевдогексагонально-призматические, псевдогексагонально-остроромбоэдрические, тригонально-призматические, тригонально-остроромбоэдрические, а по окраске на горный хрусталь (бесцветный), дымчатый, дымчато-цитриновый, аметист. После искусственного облучения горный хрусталь обычно окрашивается, но в некоторых случаях остается бесцветным (рационально устойчивым к окрашиванию). Окраска кристаллов находится в определенной связи с его формой, а также мозаичностью, сдвойникованностью, другими конституционными особенностями и свойствами. По характеру распределения окраски в пирамидах роста граней основных ромбоэдров дымчатые кристаллы могут быть равномерно или струйчато окрашенными. Плотность окраски может возрастать в направлении головок с одновременным появлением контрастной зональности. Дымчато-цитриновые кристаллы почти всегда зональные (чередование дымчато-цитриновых и цитриновых зон), плотность окраски в направлении головок обычно возрастает. Аметист может быть равномерно окрашенным и зональным (многочисленные узкие густо окрашенные дымчатые зоны) [10].

5 ИЗМЕНЧИВОСТЬ КВАРЦА В ПРЕДЕЛАХ ЖИЛ

В пределах жил кварц всегда в той или иной степени неоднороден. Это выражается в его окраске, величине, форме, ориентировке индивидов, распределении трещин, газово-жидких включениях и других особенностях. В ряде работ показана изменчивость таких его характеристик как термолюминесценция, декрепитация, концентрация. В частности, отмечаются высокая интенсивность термолюминесценции околосредового кварца, возрастание интенсивности термолюминесценции и содержания структурного алюминия в направлении от зальбандов к центру жил. Было предпринято систематическое изучение жил, сложенных различным кварцем: гигантозернистым, гигантозернистым с участками грануляции, с прозрачными участками, сильно гранулированным, гигантозернистым с наложенными хрусталеностными гнездами, мелкозернистым. Пробы отбирались вкрест простирания жил бороздовым или точечным способами. Делалось полное пересечение жил. Масса проб в зависимости от мощности жил варьировала от 0,1 до 3-5 кг. Оценивалось светопропускание кварца и содержание в нем алюминиевых парамагнитных центров. В согласных жилах, сложенных гиганте-зернистым молочно-белым кварцем, светопропускание и содержание алюминиевых центров в равной степени, иногда очень сильно, колеблются, однако устойчивые тенденции их изменения не обнаруживаются. Форма жилы линзовидная, мощность в раздуде составляет около 0,8 м. Контакты жилы с вмещающими породами резкие. Кварц визуально довольно однородный, ориентировка индивидов неясная.

Светопропускание кварца варьирует от 30 до 40%, содержание алюминиевых центров - (от 1,6 до 3,2) $\times 10^{17}$ сп/т. Светопропускание и содержание алюминиевых центров периодически колеблются вдоль профиля опробования с возрастанием в направлении одного из зальбандов. Изменчивость светопропускания здесь обусловлена неравномерным распределением в кварце залеченных трещин, содержащих газово-жидкие включения, что в свою очередь, определяется направлением деформационных напряжений, формой жил и многими другими факторами. Что касается содержания алюминиевых центров, то главной причиной изменчивости является, вероятно, колебание физико-химических условий кристаллизации. В жилах, где наряду с гигантозернистым молочно-белым или серым кварцем имеются крупные прозрачные участки, светопропускание при переходе к ним увеличивается до 75-85%, несколько увеличивается и содержание алюминиевых центров. В жилах, целиком сложенных гигантозернистым дымчатым или слабодымчатым кварцем, и светопропускание, и содержание алюминиевых центров изменяются весьма слабо.

При изучении жил с гигантозернистым в разной степени гранулированным кварцем мы прежде всего провели сравнение гигантозернистого и гранулированного кварца. Пробы того и другого кварца были отобраны из пяти различных жил, залегающих в гнейсах няртинской

свиты и кварц-хлорит-слюдистых сланцах пуйвинской и щекуриновых свит. Светопропускание гигантозернистого кварца, замутненного трещинами, составляет 54-72%, прозрачного - 78-82%. Светопропускание гранулированного кварца колеблется от 69 до 84%, средние значения для гигантозернистого и гранулированного кварца соответственно равны 70 и 78%. Из этого следует, что в среднем светопропускание гигантозернистого кварца ниже, чем гранулированного. Однако здесь необходимо отметить некоторые особенности.

В жилах, где гигантозернистый кварц замутнен трещинами и газонезжидкими включениями светопропускание его на 12-20% ниже, чем гранулированного. Там же, где гигантозернистый кварц прозрачен, светопропускание его даже немного (на 7-9%) выше, чем у гранулированного. Таким образом, при грануляции молочно-белого кварца светопропускание увеличивается, а при грануляции прозрачного - несколько уменьшается.

Содержание алюминиевых центров в гигантозернистом кварце составляет $(0,67-3,09) \times 10^{17}$ сп/г. Причем, в кварце, замутненном трещинами, оно значительно ниже - $(0,67-0,93) \times 10^{17}$ сп/г, чем в прозрачном - $(2,68-3,09) \times 10^{17}$ сп/г. В гранулированном кварце содержание алюминиевых центров - $(0,5-1,14) \times 10^{17}$ сп/г. Средние значения для гигантозернистого и гранулированного кварца соответственно равны $(1,63)$ и $(0,81) \times 10^{17}$ сп/г. В гранулированном кварце содержание центров в среднем в два раза ниже, чем в гигантозернистом. Причем, более низкое содержание алюминиевых центров в гранулированном кварце, по сравнению с гигантозернистым, характерно для каждой из жил. Это подтверждает выводы об очищении кварца от структурного алюминия при грануляции.

Интересно, что в жилах, где гигантозернистый кварц замутнен трещинами, величина понижения содержания алюминиевых центров при грануляции ниже, чем в жилах с гигантозернистым прозрачным кварцем. В первых оно составляет $(0,15-0,21) \times 10^{17}$ сп/г, а во вторых - $(91,54-2,03) \times 10^{17}$ сп/г. Обращает на себя внимание то, что эта величина тем больше, чем выше содержание алюминиевых центров в исходном кварце. Если в последнем содержание центров высокое, то при грануляции происходит его существенное понижение, если низкое - то незначительное. Вероятно, существует пороговое содержание центров в исходном кварце, при котором грануляция уже не приводит к его понижению.

Некоторые жилы сложены мелко-среднезернистым гранулированным кварцем с реликтами гигантозернистого прозрачного в центральной части. Светопропускание кварца этих жил колеблется от 65 до 82 и от 75 до 84%. В направлении от зальбандов к центру жил при смене гранулированного кварца гигантозернистым прозрачным оно заметно возрастает. Так, светопропускание призальбандового гранулированного кварца составляет 65-73 и 75-80%, а гигантозернистого прозрачного из центральных частей - соответственно 79-82 и 84%. Содержание в кварце алюминиевых центров колеблется от $1,46 \times 10^{17}$ до $2,75 \times 10^{17}$ и от $1,37 \times 10^{17}$ до $2,40 \times 10^{17}$ сп/г.

В жиле, где прозрачный гигантозернистый кварц находится в зальбанде светопропускание и содержание алюминиевых центров понижается в направлении от этого зальбанда с переходом к мелко-среднезернистому гранулированному кварцу соответственно от 80 до 72% и от $2,2 \times 10^{17}$ до $1,3 \times 10^{17}$ сп/г.

Очевидно, что изменчивость светопропускания и содержания алюминиевых центров в кварце рассмотренных жил во многом определяется его грануляцией. В участках гранулированного кварца светопропускание и содержание алюминиевых центров несколько ниже, чем в участках гигантозернистого прозрачного кварца.

Светопропускание кварца в жиле, где он полностью гранулирован, колеблется от 51 до 72%. Оно понижается в направлении от зальбандов к центру жилы. Наиболее высокое светопропускание характерно для глубоко гранулированного кварца призальбандовых частей. Здесь оно составляет 70-72%, тогда как в центре жилы - 51-64%. Содержание алюминиевых центров в кварце составляет $(0,69-0,75) \times 10^{17}$ сп/г. Изменчивость его незначительная, распределение центров сравнительно равномерное.

Сопоставление этой жилы с предыдущими свидетельствует, что полностью гранулированный кварц более однороден по сравнению с частично гранулированным, а содержание в нем алюминиевых центров ниже.

Можно предполагать, что при хаотичном расположении в жилах участков гигантозернистого молочно-белого, прозрачного и гранулированного кварца изменчивость светопропускания и содержания алюминиевых центров будут аналогичной. Светопропускание в участках гигантозернистого прозрачного и гранулированного кварца будет выше, чем в участках молочно-белого кварца, а содержание алюминиевых центров в участках прозрачного кварца выше, чем в участках молочно-белого и особенно гранулированного кварца.

Рассмотрим изменчивость кварца в пределах секций жил. В этих жилах при наличии хрусталеностных гнезд кварц, как уже отмечалось, весьма неоднороден. Основные его типы: гигантозернистый молочно-белый и кристаллы существенно различны как по светопропусканию, так и по содержанию алюминиевых центров.

Мы провели также сравнение молочно-белого и селективно отобранного прозрачного кварца, наблюдающегося в нем в виде реликтов. Светопропускание молочно-белого кварца, конечно, значительно ниже, чем прозрачного. Интересно здесь то, что в нем ниже содержание алюминиевых центров. Поскольку прозрачный кварц имеет реликтовый характер, то можно предположить, что это связано либо с незначительным содержанием центров в залечивающей трещины кварце, либо с очищением прозрачного кварца от структурного алюминия при трещинообразовании. [3]

6 Жильный кварц месторождения Долинное

В результате многоэтапных преобразований, на месторождении сформировалось продуктивное кварцево-жильное поле, размеры которого составляют 3,5-1,0 км. По существу – это серия сближенных субпараллельных жильных зон, состоящих из сложно ветвящихся, жил, часто расщепляющихся на системы параллельных прожилков. Простираение зон изменчивое от северо-западного до субмеридианальго, их протяженность от 100 до 1500 м, мощность от десятков сантиметров до 2-х и более метров, углы падения крутые от 70 до 85° к западу, юго-западу. Строение жильных зон неоднородное. Их центральные части выполнены кварцевыми жилами мощностью до нескольких десятков сантиметров. Кварц в жилах имеет низко и среднетемпературный облик, несет убогую вкрапленность сульфидов (пирита, халькопирита, арсенопирита) и свободного золота. Важными элементами в строении жильных зон являются участки околожильных изменений, которые преимущественно в виде кварц-серицитовых и кварц-карбонат-серицитовых пород. Существует определенная зональность расположения метасоматитов. Внешние зоны по отношению к кварцевому ядру представлены хлоритизированными и карбонатизированными породами, ближе к центру они переходят в кварц-карбонат-серицитовые и кварц-серицитовые разности. По ассоциации вторичных минералов их можно отнести к березитизированным породам и березитам, которые также, как и кварц вмещают золотосульфидное оруденение.

Продуктивность жильных зон весьма неоднородна. Интервалы с повышенной золотоносностью в них часто сменяются совершенно бещрудными и наоборот. Выдержанные участки с повышенными содержаниями золота более 0,5 г/т представляют собой собственно рудные тела, границы которых визуальны не различимы и могут быть установлены только по данным опробования.

Особенности внутреннего строения рудных залежей по содержанию полезных компонентов характеризуются данными опробования горных выработок на примере кварцево-жильных зон 1, 2, 5 (таблица 3), из данной таблице видно, что рудная масса золотосодержащих руд пригодных для открытой отработки состоит на 22% из руд с содержанием золота более 2г/т ; на 28,87% - с содержанием золота 0,7-2,0г/т; на 20,99% - с содержанием золота 0,5-0,7г/т; на 28,19% - с содержанием золота 0,3-0,5г/т.

Внутреннее строение рудных зон месторождения Долинное, соотношение

руд пригодных для открытой отработки, выраженное через длину опробования приведено ниже в таблице 3

Таблица 3- Внутреннее строение рудных зон месторождения Долинное

Выра- ботка	Общая длина опробования								
	Всего	в том числе							
		Au 2г/т и более		Au 0,7-2г/т		Au 0,5-0,7г/т		Au 0,5-0,3г/т	
		м.	%	м.	%	м.	%	м.	%
Кварцево-жильная зона 1									
ш-17,кв1	7,20	1,65	22,92	1,95	27,08	1,60	22,22	2,00	27,78
р-3,4	19,60	7,70	39,29	7,80	39,80	1,50	7,65	2,60	13,27
р-7,8	19,25	3,25	16,88	4,05	21,04	5,50	28,57	6,40	33,25
р-1	12,60	1,10	8,73	5,20	41,27	0,70	5,56	5,60	44,44
р-9,10	11,70	1,80	15,38	5,80	49,57	2,40	20,51	1,60	13,68
ш-2, кв1	4,70	1,60	34,04	1,30	27,66	0,20	4,26	1,60	34,04
ш-1, кв1	1,10	0,40	36,36	0,70	63,64	-			
ш-3, кв1	4,40	1,10	25,00	1,20	27,27	0,40	9,09	1,70	38,64
ш-19 кв2	4,25	1,25	29,41	2,00	47,06	0,80	18,82	-	
р-4	5,75	1,15	20,00	3,60	62,61	1,00	17,39		0,00
р-6	7,65	1,45	18,95	2,40	31,37	0,50	6,54	3,30	43,14
р-7	4,20	1,20	28,57	1,05	25,00	0,20	4,76	1,10	26,19
р-9	0,80	-		0,80	100,00				
ш-13,кв2	28,70	7,65	26,66	11,85	41,29	3,90	13,59	5,30	18,47
р-1	11,70	1,30	11,11	2,00	17,09	1,70	14,53	6,70	57,26
р-8	25,60	5,15	20,12	6,65	25,98	3,95	15,43	9,85	38,48
р-9	14,40	3,45	23,96	4,90	34,03		0,00	6,05	42,01
ш-13,кв1	1,20	0,35	29,17	0,85	70,83		0,00		0,00
р-2	23,00	2,00	8,70	11,00	47,83	2,50	10,87	7,50	32,61
р-3	11,10	1,00	9,01	4,90	44,14	2,05	18,47	3,15	28,38
р-5	13,80	3,40	24,64	3,50	25,36	0,30	2,17	6,60	47,83
р-7	1,20	0,95	79,17	0,25	20,83		0,00		0,00
Итого	233,90	48,90	20,91	83,75	35,81	29,20	12,48	71,05	30,38
Кварцево-жильная зона 2									
ш-17,кв2	18,50	1,40	7,57	3,80	20,54	8,40	45,41	4,90	26,49
ш-13,кв2	35,00	7,35	21,00	12,55	35,86	6,40	18,29	8,70	24,86
р-2	12,40	2,60	20,97	1,00	8,06	1,50	12,10	7,30	58,87
р-3	8,00	1,40	17,50	3,40	42,50	-		3,20	40,00
р-4	6,60	3,30	50,00	1,00	15,15	0,80	12,12	1,50	22,73
р-6	12,60	2,80	22,22	2,00	15,87		0,00	7,80	61,90
р-8	8,70	1,60	18,39	1,55	17,82	0,80	9,20	4,75	54,60
р-9	1,60	0,80	50,00	0,80	50,00	-			0,00
р-10	9,20	2,30	25,00	2,50	27,17	1,00	10,87	3,40	36,96
ш-18кв1	0,00								
(Г.447М)	7,15	2,15	30,07	2,90	40,56	0,40	5,59	1,70	23,78
р-1	8,50	1,55	18,24	2,05	24,12	2,40	28,24	2,50	29,41
р-3	2,00	1,00	50,00		0,00	2,00	100,00		0,00
р-4	9,85	0,45	4,57	0,80	8,12	2,70	27,41	5,90	59,90
р-5,8	4,65	0,95	20,43	2,20	47,31	0,50	10,75	1,00	21,51
ш-18кв1	0,00								

Продолжение таблицы 3

Выра- ботка	Общая длина опробования								
	Всего	в том числе							
		Au 2г/т и более		Au 0,7-2г/т		Au 0,5-0,7г/т		Au 0,5-0,3г/т	
		м.	%	м.	%	м.	%	м.	%
Выра- ботка	Общая длина опробования								
	Всего	в том числе							
		Au 2г/т и более		Au 0,7-2г/т		Au 0,5-0,7г/т		Au 0,5-0,3г/т	
		м.	%	м.	%	м.	%	м.	%
(г.435м)	27,50	2,95	10,73	9,55	34,73	3,60	13,09	11,40	41,45
р-1-6	45,60	7,95	17,43	19,60	42,98	9,80	21,49	9,15	20,07
ш-2,кв1в	13,50	1,85	13,70	2,20	16,30	2,55	18,89	6,90	51,11
Итого:	231,35	42,40	18,33	67,90	29,35	42,85	18,52	80,10	34,62
Кварцево-жильная зона 5									
ш-11кв2	7,70	2,20	28,57	1,10	14,29	2,20	28,57	2,40	31,17
р-1	14,00	1,10	7,86	7,00	50,00	4,30	30,71	1,60	11,43
р-2	11,00	2,50	22,73	5,95	54,09			2,55	23,18
р-3,4	11,35	1,85	16,30	2,30	20,26	2,90	25,55	4,30	37,89
тр.1	0,00								
(0-80м)	106,60	37,40	35,08	9,80	9,19	47,80	44,84	11,60	10,88
Итого:	150,65	45,05	29,90	26,15	17,36	57,20	37,97	22,45	14,90
Всего:	615,90	136,35	22,14	177,80	28,87	129,25	20,99	173,60	28,19

Все кварцево-жильные зоны локализуются в интрузии, во вмещающих осадочных породах они резко выклиниваются и затухают. По пространственному положению их можно разделить на три группы: южную (жильные зоны 1,2,3,4,5,5а,6), северную (7,7а,8,9,10), северо-восточную (11,12,13,14,15,16, 17,18,19). Всего на месторождении разведано 22 продуктивные зоны. На предмет золотосодержащих руд пригодных для открытой отработки, работами 2004-07 года, изучены и обобщены материалы по 17 зонам (1,2,5,6,7,7а,8,9,11,12,13,14, 15,16,17,18,19)

Расстояния между зонами непостоянны и колеблются от первых метров до

35-40м. Иногда зоны сближаются настолько, что сливаясь образуют единые тела (зоны 1 и 2; 13 и 14). Для таких участков характерны повышенные значения мощностей кварцево-жильных зон.

Кварцево-жильные зоны, оконтуренные при бортовом содержании 0,5-0,7 г/т представляют собой рудные тела, образованные в процессе воздействия на породы гидротермальных растворов и имеют различные размеры.

Основные параметры рудных зон приведены в таблице 4.

Таблица 4- Основные параметры рудных зон месторождения Долинное

№№ блоков	бортовое содержание Au г/т	Глубина подсчетного блока, м	Средняя мощн. р.т., м	Длина по простиранию, м.	среднее содержание, Au г/т
Кварцево-жильная зона №1					
1-2-C1	0,5	45	3,17	134	2,32
1-4-C1	0,5	45	5,27	129	2,55
1-5-C1	0,5	20	0,58	135	2,81
1-6-C1	0,5	25	1,35	153	4,71
1-3-C2	0,5	45	7,41	163	2,46
1-10-C ₂	0,5	30	1,49	182	2,33
1-11-C2	0,5	30	1,44	169	1,74
Кварцево-жильная зона №2					
2-2-C1	0,5	45	7,06	166	2,37
2-4-C2	0,5	45	1,65	136	3,41
2-6-C2	0,5	45	0,63	112	3,98
2-8-C2	0,5	45	4,94	272	2,03
2-10-C2	0,5	45	2,19	134	2,49
2-11-C2	0,5	30	0,96	189	3,07
Кварцево-жильная зона №5					
5-1-C1	0,5	45	5,1	79	3,29
5-3-C1	0,5	30	1,85	165	3,1
5-4-C2	0,5	45	2,35	318	3,22
Кварцево-жильная зона №6					
6-2-C1	0,5	45	4,43	194	3,2
6-4-C2	0,5	45	3,06	243	3,42
Кварцево-жильная зона №7а					
7а-1-C1	0,5	45	7,68	89	1,45
Кварцево-жильная зона №7					
7-2-C1	0,5	45	4,42	210	3,69
Кварцево-жильная зона №8					
8-2-C1	0,5	45	3,75	257	1,89
Кварцево-жильная зона №9					
9-2-C2	0,5	45	1,67	166	4,36
9-4-C2	0,5	25	0,75	96	12,96
Кварцево-жильная зона №11					
11-1-C2	0,7	20	4,57	220	1,75
Кварцево-жильная зона №12					
12-1-C2	0,7	20	10,48	227	1,05
Кварцево-жильная зона №14					
14-1-C1	0,7	20	10,16	116	2,04
14-2-C1	0,7	20	5	106	2
14-5-C2	0,7	20	10,0	34	3,05
14-6-C2	0,7	20	6,17	85	1,5
14-7-C2	0,7	20	1,14	75	2,06
Кварцево-жильная зона №15					
15-1-C1	0,7	20	6,41	102	1,81
15-2-C1	0,7	20	11,19	52	1,99
15-5-C2	0,7	20	1,95	130	1,77
15-6-C2	0,7	20	12,83	72	1,07
15-7-C2	0,7	20	8,52	119	0,95
15-10-C2	0,7	20	4,45	160	1,64
Кварцево-жильная зона №16					

Продолжение таблицы 4

№№ блоков	бортовое содержание Au г/т	Глубина подсчетного блока, м	Средняя мощн. р.т., м	Длина по простиранию, м.	среднее содержание, Au г/т
16-1-C2	0,7	20	3,53	597	1,72
Кварцево-жильная зона №17					
17-1-C1	0,7	20	5,55	137	1,57
17-3-C2	0,7	20	3,9	215	0,96
17-4-C2	0,7	20	4,15	95	1,15
Кварцево-жильная зона №18					
18-1-C1	0,7	20	5,89	18	0,96
18-2-C1	0,7	20	2,55	12	0,96
18-3-C1	0,7	20	4,2	37	0,96
18-7-C2	0,7	20	9,18	456	1,55
18a-1-C2	0,7	20	5,01		1,39
18б-1-C2	0,7	20	3,08		0,89
Кварцево-жильная зона №19					
19-1-C1	0,7	20	7,4	143	2,00
19-2-C1	0,7	20	8,25	50	1,47
19-5-C2	0,7	20	5,41		1,7

Выклинивание рудных тел, оконтуренных по бортовому содержанию золота равного 0,5-0,7 г/т, весьма разнообразны. В одних случаях выклинивание выражается в уменьшении мощности березитов или кварцевых жил без снижения содержания золота, в некоторых случаях рудная зона расщепляется на две и более части, третьих, наблюдается снижение содержания золота без уменьшения мощности березитизированных пород. В общем случае выклинивание тел полезных ископаемых происходит в связи с уменьшением количества прожилков и вкрапленности кварца и уменьшение степени березитизации пород.

Границы между выделенными разновидностями руд и вмещающими породами весьма разнообразны и устанавливаются по данным опробования. Распределение мощностей рудных тел неравномерное и колеблется от 0,58 до 12,83м, на примере кварцево-жильных зон 1, 2, 5, 6 приведено статистическое распределение мощностей по классам их величин. Внутри общих контуров рудных тел выделяются некондиционные прослои мощностью от первых десятых долей метра до 3 метров. Причем, внутриконтурные прослои выделяются как среди фабричных, так и бедных руд. Каких либо закономерностей в размещении некондиционных прослоев не установлено. В большинстве случаев они не увязываются между рудными пересечениями, как по простиранию, так и по падению. Визуально они отличаются от кондиционных руд меньшей степенью березитизации пород и меньшим количеством кварцевых прожилков.

По совокупности признаков (приуроченность рудных тел к крутопадающим кварцево-жильным зонам, характеризующимся часто меняющейся мощностью и крайне неравномерным распределением

содержаний золота, границы залежей нечеткие и устанавливаются только опробованием) месторождение Долинное относится к 3-й группе классификации ГКЗ по сложности геологического строения.

Характеристика кварцево-жильных зон приводится ниже.

Южная группа жильных зон 1.

Кварцево-жильные зоны 1 и 2 пролегают в юго-западной части месторождения среди различных фациальных разновидностей габбро. Простираение зон субмеридианальное - 340-360°, падение к западу, юго-западу под углом 75-85°, протяженность с поверхности более 1,5 км. Между разведочными линиями 1-38 жильные зоны изучены по простиранию траншеями. По зоне 1 пройдены траншеи 3с, 3ю, 11; по зоне 2 соответственно траншеи 2с и 2ю. На глубине 20-40 м каждая из зон изучена серией глубоких шурфов, квершлаггов, штреков и рассечек. Зона 1 вскрыта шурфами 1 (р.л.6), 17 (р.л. 18), 13 (р.л.28), 19 (р.л.32), 18 (р.л.27). Зона 2 – шурфами 12 (р.л.6), 2 (р.л.14), 17 (р.л.18), 18 (р.л.27), 13 (р.л.28), 19 (р.л.32). Нижние горизонты жильных зон изучены бурением по сети 40×60, 60×80 м.

По кварцево-жильной зоне 1 выделено 7 рудных тел (блоков) для открытой отработки (глубина отработки 20-45м), и подсчитано запасов по кат. С1+С2 – 319,97т.т. руды, 798,34кг. золота, при среднем содержании 2,5 г/т.

По кварцево-жильной зоне 2 выделено 6 рудных тел (блоков) для открытой отработки и подсчитано запасов по кат. С1+С2 – 382,16т.т. руды, 902,57кг. золота, при среднем содержании 2,35 г/т.

Жильные зоны сложены серией субпараллельных кварцевых жил различной мощности и протяженности. Нередко выдержанные по простиранию, относительно мощные (15-45 см) жильные стержни в осевой части зоны, сменяются кулисообразными образованиями, которые, в свою очередь, переходят в прожилковые зоны и наоборот. Довольно часто от «осевых» жил под углом 40-60° ответвляются оперяющие апофизы, представленные маломощными (5-10 см) жилами и прожилками. Основными жильными минералами рудных зон являются: кварц, на долю которого приходится более 90% всей массы жильного выполнения, остальная часть сложена кальцитом. Кварц по облику и структурным особенностям весьма разнообразен. В нем наблюдаются белые, молочно-белые тона, местами цвет изменяется на беловато-серый до серого. По агрегатному строению выделяются модификации сливного крупнокристаллического и шестоватого кварца, последний встречается на небольших локальных участках в виде изолированных гнезд.[1]

Таблица 5- Распределение рудных пересечений по классам величин мощностей

№ кварцево-жильных зон	общ. кол-во пересечений	классы мощностей, м; кол. пересечений/процент.							
		0,1-1,0	1,01-2,0	2,01-3,0	3,01-4,0	4,01-5,0	5,01-6,0	6,01-7,0	более 7,0
1	65	25/38	16/25	4/6	4/6	2/3	4/6	2/3	8/12
2	60	11/18	17/28	7/12	6/10	3 /5	4/7	5/8	8/13
5	24	3/13	8/32	4/16	3/13	3/13			3/13
6	22	5/23	3/14	2/9	3/14	4/18	3/14	1/4	1 /4
7	10		3/30	1/10	1/10	2/20	1/10	-	2/20
7а	14	-	1/7	-	1/7	3/22	1/7	1/7	7/50
8	23	4/17	8/36	4/17	1/4		1/4		5/22
9	14	9/65	2/14	2/14		-	-	-	1/7
11	2	-		-	-	2/100	-	-	1/33,3
12	2	-		-	-	-	-	-	2/100
14	25	1/4	6/24		-	1/4	2/8	3/12	12/48
15	24	1/4	2/8	2/8	2/8	1/4	3/12		13/54
16	11	1/9	5/45	4/37	-	1/9	-		
17	15	2/13	1/7		5/33	-	2/13	1/7	4/27
18	24	1 /4	1 /4	1 /4	4 /17	4/17	2/8	1 /4	10/42
18а	4		1/25				2/50		1/25
18б	2		1/50			1/50			
19	20	2/10	-	3/15	1/5	1/5	1/5	1/5	11/55
итого	361	65/18	75/21	34/9	31/9	28/8	26/7	13/4	89/24

Жильные образования рассечены частыми просечками хлорита и эпидота, нередко наблюдаются и гнездообразные скопления этих минералов, размер гнезд не превышает первые сантиметры.

Вмещающие породы в зальбандах жил – оливиновые и авгитовые габбро, повсеместно окварцованные и березитизированные, мощностью околожилльной оторочки от 0,2 до несколько метров. Рудная минерализация в кварце и околожилльных зальбандах проявлена неравномерно, она представлена рассеянной сульфидной вкрапленностью, образующей частые сгущения вокруг ксенолитов и в приконтактных частях жил.

Наибольшим распространением пользуется пирит. Он образует неправильной формы гнезда размером 1,0÷1,5×2,0 см или россыпи кристаллов кубической формы. Встречается арсенопирит в виде одиночных игольчатых кристаллов или просечек мощностью не более 1мм.

В кварце отмечаются редкие знаки видимого золота, размер которых не превышает сотых, реже десятых долей миллиметра.

Кварцево-жильная зона 5 расположена между разведочными линиями 0-24, к западу от кварцево-жильной зоны 2. Ее протяженность по поверхности составляет 945 м. Простирание зоны субмеридианальное 350о, падение западное под углом 70-85о.

Жильная зона 5 вскрыта на всем протяжении траншеи 1, на глубине 20-40 м она изучена системой подземных горных выработок из шурфов 11 (р.л.21) и 3 (р.л.3), ниже горизонта горных работ – разбурена по сети 40×60 – 60×80 м. Максимальная глубина изученности – 410,6 м.

В пределах кварцево-жильной зоне 5 выделено три рудных тела (блока) золотосодержащих руд, пригодных для открытой отработки и подсчитано запасов по кат. С1+С2 – 150,02 тыс.т. руды, 483,85кг. золота, при среднем содержании 3,23 г/т.

Рассматриваемая жильная зона развита по различным разновидностям габбро. Слагающие ее кварцевые жилы прямолинейны, имеют четкий контакт с вмещающими породами, которые в зальбандах жил интенсивно хлоритизированы, березитизированы, местами превращены в кварц-серицитовые метасоматиты.

Кварц сливной, массивный крупнокристаллический иногда сахаровидный. В нем наблюдаются ксенолиты вмещающих пород, расположенные параллельно контакту. Сульфидная минерализация в кварце и околожилльных породах представлена пиритом, халькопиритом, арсенопиритом. Размер отдельных гнезд пирита 4-5 мм. Гнезда халькопирита имеют размеры 2×3 - 2×4 мм. В ассоциации с сульфидами отмечается тонкодисперсное золото размером до десятых долей мм.

Кварцево-жильная зона 6 на дневной поверхности проявлена слабо. Она оконтурена скважинами разведочного бурения по сети 40×60 – 80×80 м. Максимальная глубина разведки зоны – 612,5 м.

Внутреннее строение зоны стереотипно. Она сложена жильными образованиями молочно-белого кварца, характеризующимися переменчивой

мощностью. Вмещающие породы, преимущественно габбро и габбро-диориты, в зальбандах жил изменены до кварц-серицитовых метасоматитов и насыщены более поздними субпараллельными полупрозрачными кварцевыми прожилками. В кварце и околожилных породах проявлены магнетитовая и пирит-арсенопиритовая минеральные ассоциации. Массивные выделения магнетита замещаются пиритом и халькопиритом, часто встречаются кристаллы арсенопирита. Выделение ранних сульфидов рассекаются многочисленными просечками халькопирита, в ассоциации с которым наблюдается золото, размер выделений - до десятых долей мм.

В пределах кварцево-жильной зоны 6 выделено два рудных тела (блока) для открытой отработки и подсчитано запасов по кат. С1+С2 – 186,8 тыс.т. руды, 616,6кг золота, при среднем содержании 3,3 г/т.

Северная группа жильных зон.

Кварцево-жильные зоны 7 и 7а. Жильная зона 7 вскрыта с поверхности канавами через 10-20м (р.л. 34-55) на расстоянии 820м. Ее простираение 300-350°, падение к западу под углом 75-85°.

На глубину зона разведана шурфами 4 (р.л.42), 10 (р.л. 44) и 9 (р.л.48), квершлагами, штреками и рассечками. Ниже горизонта горных выработок разведана буровыми скважинами по сети 40х40-80х60м. до глубины 457,6м.

Жильная зона 7а оконтурена бурением в слепом залегании между профилями 29-54. Густота разведочной сети 40х60-80х60. Максимальная глубина разведки 536,8м. Вмещающие породы представлены габбро и кварцевыми диоритами. Внутреннее строение зоны типичное для рассматриваемой группы. Центральная часть представлена кварцево-жильным ядром, в зальбандах которого со стороны висячего и лежащего боков развиты кварц-серицитовые метасоматиты. Во вмещающих, калипатизированных гранодиоритах изобилуют миллиметровые прожилки кварц-кальцит хлоритового состава. Кварц серовато-белый, иногда молочно-белый с ксенолитами вмещающих пород и редкой вкрапленностью сульфидов-главным образом пирита и халькопирита. В плоскости жильных зон 7 и 7а оконтурено по одному рудному телу пригодному для открытой отработки, и подсчитано запасов соответственно по кат. С1+С2 – 118,69 и 45,24т.т. руды, 437,95 и 65,6кг. золота, при среднем содержании 3,69 и 1,45 г/т.

Кварцево-жильная зона 8 является наиболее протяженной на месторождении, ее длина составляет 1540м. С поверхности она непрерывно прослежена траншеями 10сев. и 10юж. и канавами через 40-80м. а на глубине 30м изучена системой подземных горных выработок (штреки и рассечки), пройденных из шурфов 9,10,4,16. Более глубокие горизонты разведаны скважинами наклонного колонкового бурения, по сети 40х60-80х60м. до глубины 308,0м.

Осевая часть зоны сложена серовато-белым, сливным кварцем. Мощность жильного выполнения 0,1-0,3м. В контакте с жилой вмещающие среднезернистые габбро и диориты изменены до кварц-серицитовых метасоматитов – березитов. В кварце и зальбандах наблюдается

вкрапленность пирита, арсенопирита и халькопирита. В кварце и халькопирите встречаются микронные выделения золота.

В пределах зоны выделен один блок золотосодержащих руд пригодных для открытой отработки и подсчитано запасов по кат. С1– 105,73т.т. руды, 199,83кг. золота, при среднем содержании 1,89 г/т. Основная часть рудной зоны отработана до глубины 50-80м старательской артелью «Балхаш».

Кварцево-жильная зона 9 вскрыта с поверхности канавами через 20-40м на расстояние 500м (р.л.36-49). Азимут простирания 300-310°. Падение юго-западное крутое под углом 75-80°. Приповерхностная часть зоны на глубину 20-40м изучена шурфами 4 и 10 с комплексом подземных горизонтальных горных выработок (квершлаг, штреки и рассечки). Нижние горизонты разведаны бурением скважин по сети 40х40-40х60м до глубины 328,8м. Центральная часть зоны представлена серией кулисообразных жил, пересекающих розовоцветные средне-мелкозернистые гранодиориты. В зальбандах породы превращены в березиты с наложенным тонкопрожилковым (1-2мм) кварц-карбонатным штокверком линейного типа. Кварц в жилах сливной, массивный с ксенолитами вмещающих пород и мелкой вкрапленностью пирита, арсенопирита, халькопирита. В них наблюдаются мелкие включения золото-теллуридных соединений.

В пределах зоны выделены два блока золотосодержащих руд пригодных для открытой отработки и подсчитано запасов по кат. С2 – 31,11т.т. руды, 160,38кг. золота, при среднем содержании 5,16 г/т. Основная часть рудной зоны отработана до глубины 50м старательской артелью «Балхаш».

Северо-восточная группа жильных зон.

Кварцево-жильные зоны №№11-12 северо-восточной группы имеют практически однотипное внутреннее строение. Они прослежены в северо-западном направлении между разведочными линиями 40-54 на расстоянии до 560 м. Вмещающими породами им служат среднезернистые гранодиориты. С поверхности зоны вскрыты канавами через 20-40 м, на глубине разведаны буровыми скважинами по сети 80×60 - 80×120 м. до глубины 366м. Своеобразием зон северо-восточной группы является их неоднородность. Осевые кварцево-жильные ядра, так четко проявленные в южной и северной группах, здесь выражены значительно слабее. Нередко они заменяются серией «пульсирующих» кулисообразных жил и прожилков, часто сменяющимися по простиранию линейными мелкопрожилковыми штокверками. Объем жильной составляющей в зонах уступает объему березитов. Мощность последних в зальбандах нередко превышает 1-2 м. На отдельных участках, где жильное ядро исчезает полностью, наблюдаются зоны сплошной березитизацией мощностью до нескольких метров. Практически повсеместно, в березитах наблюдается частая сеть крутопадающих (70-80о) нитевидных кварцевых прожилков, ориентированных согласно с общим простиранием зон. Контакты кварцевых жил и прожилков с вмещающими породами четкие, прямолинейные. Кварц светлый серо-белый, сливной с частыми ксенолитами вмещающих березитов, в той и другой разновидности пород наблюдаются

неравномерная сульфидная вкрапленность и редкие выделения свободного золота. Сульфиды представлены, в основном, кубическим пиритом с размерами кристаллов от сотых долей до 5мм, реже встречается игольчатый арсенопирит и халькопирит. Продуктивная золото-пирит-арсенопиритовая минеральная ассоциация, тяготеющая непосредственно к кварцевым жилам, в пределах северо-восточных зон проявлена слабее, а общий уровень содержаний золота в них соответственно ниже. Поэтому рудные тела выделенные на Северо-восточном участке имеют средние содержания, не превышающие 1,2-1,8г/т.

В пределах кварцево-жильной зоны №11 выделено рудное тело золотосодержащих руд, пригодных для открытой отработки и подсчитано запасов по кат. С2 – 49,34т.т. руды, 86,34кг. золота, при среднем содержании 1,75 г/т.

По кварцево-жильной зоне №12 выделено рудное тело золотосодержащих руд, пригодных для открытой отработки и подсчитано запасов по кат. С2 – 54,27т.т. руды, 56,99кг. золота, при среднем содержании 1,05 г/т.

Кварцево-жильная зона №14 изучена с поверхности на расстояние 450 м. Она вскрыта по простиранию траншеями ба и 9, а на глубине 25,0 м прослежена подземными горными выработками, пройденными из шурфов 15 (р.л. 48), 14 (р.л. 54).

Глубокие горизонты жильной зоны разбурены по сети 40×40 м (р.л. 52-56) и 80×80 м. Максимальная глубина разведки – 332,9 м (с-298, р.л. 56). Нижняя граница оруденения не установлена. Очертания зоны прямолинейные. Мощность кварцево-жильного выполнения в ее центральной части 10-20 см, мощность орудененных березитизированных зальбандов 0,1-15,0 м. Проявленные в них гидротермально-метасоматические изменения (березитизация) усилены более поздним прожилковым окварцеванием.

Рудная минерализация в кварце и березитах представлена преимущественно пиритом. Золото встречается в виде тонкодисперсной вкрапленности в кварце и березитах.

В пределах кварцево-жильной зоны №14 выделено пять рудных тел золотосодержащих руд, пригодных для открытой отработки и подсчитано запасов по кат. С1+С2 – 157,27 тыс.т. руды, 323,62кг золота, при среднем содержании 2,06 г/т.

Кварцево-жильные зоны №15-17 прослежены на северо-восточном фланге месторождения между разведочными линиями 40-56. Их протяженность на дневном срезе составляет 560-580 м. Простирание зон устойчиво, северо-западное 320-340°, падение юго-западное под углом 75-85°. С поверхности жильные зоны вскрыты канавами через 20-40 м, на глубину разведаны бурением по сети 40×60 м (р.л. 52-56) и 80×80. Зона №15 изучена до глубины 353,5 м, зона 16 – 324,7м, зона 17 – 307,0м.

Внутреннее строение рассматриваемых жильных зон аналогично строению зон 11-12, северо-восточной группы. Вмещающие их гранодиориты

на контакте с невыдержанным кварцево-жильным стержнем переработаны в березиты. Породы пронизаны густой сетью нитевидных и более мощных (до 1 см) кварцевых прожилков, несущих редкую вкрапленность и гнездообразные выделения (2-3 мм) пирита, халькопирита, борнита, молибдена. Кварц светло-серый, массивный, нередко полупрозрачный, с выделениями свободного золота. Иногда вкрапления золота обнаруживаются в пирите.

В пределах кварцево-жильной зоны №15 выделено шесть рудных тел (блоков) золотосодержащих руд, пригодных для открытой отработки и подсчитано запасов по кат. С1+С2 – 181,95 т.т. руды, 279,1 кг. золота, при среднем содержании 1,53 г/т.

В пределах кварцево-жильной зоны №16 выделено рудное тело (блок) золотосодержащих руд, пригодных для открытой отработки и подсчитано запасов по кат. С2 – 98,31 т.т. руды, 169,09 кг. золота, при среднем содержании 1,72 г/т.

В пределах кварцево-жильной зоны №17 выделено три рудных тела золотосодержащих руд, пригодных для открытой отработки и подсчитано запасов по кат. С1+С2 – 76,67 т.т. руды, 117,46 кг. золота, при среднем содержании 1,53 г/т.

Кварцево-жильные зоны №18-19 развиваются в массивных среднезернистых гранодиоритах. С поверхности они прослежены между разведочными линиями 42-58 на расстояние 630 и 500 м.

Кварцево-жильная зона № 18 по простиранию прослежена траншеями 8, 8а и канавами через 40-80 м, зона 19 изучена траншеями 6 и 9а. На горизонте горных работ (гл. 40 м) обе зоны разведаны подземными горизонтальными выработками из шурфов 8 (р.л. 52) и 14 (р.л. 54). Ниже горизонта штреков она разбурена по сети 40×40 и 80×80 м. Максимальная глубина разведки зоны № 18 – 326,3 м.

Центральное выполнение рудных зон представлено, в основном, маломощными (5-20 см) кварцевыми жилами. Кварц массивный, молочно-белый с убогой вкрапленностью сульфидов. На отдельных участках он приобретает сахаровидный облик, иногда цвет его меняется на серый, темно-серый. Нередко вдоль контакта жил и вмещающих пород отмечаются кварц-кальцитовые и кальцитовые прожилки, секущие кварц ранних генераций.

В призальбандовых частях вмещающие гранодиориты интенсивно березитизированы, во многих местах превращены в березиты и пронизаны нитевидными полупрозрачными кварцевыми прожилками, несущими золотую минерализацию. Сульфиды проявлены в виде убогой вкрапленности пирита, арсенопирита, халькопирита. Размер отдельных выделений составляет 2-3 мм. В кварце и кварцевых прожилках встречаются единичные едва заметные знаки тонкодисперсного золота.

В пределах кварцево-жильной зоны №18 выделено четыре рудных тела (блока), золотосодержащих руд, пригодных для открытой отработки и подсчитано запасов по кат. С1+С2 – 233,94 тыс.т. руды, 356,66 кг золота, при среднем содержании 1,53 г/т.

В пределах кварцево-жильной зоны №19 выделено три рудных тела, золотосодержащих руд, пригодных для открытой отработки и подсчитано запасов по кат. С1+С2 – 90,32 тыс.т. руды, 158,00кг золота, при среднем содержании 1,75 г/т

7 ЭВОЛЮЦИЯ КВАРЦЕОБРАЗОВАНИЯ

Рассмотрим эволюционные закономерности формирования жильного кварца. Можно выделить два аспекта эволюции. Первый касается конституции и свойств кварца, второй - условий его формирования. Попытаемся проследить основные тенденции, увязывая их с историей геологического развития региона.

7.1 Взаимоотношения, последовательность образования, возраст кварцевых жил

Давно известны факты, свидетельствующие о разновозрастности кварцевых жил. Описаны многочисленные случаи пересечения кварцевых жил, залегающих в согласных сланцеватости пород трещинах, кварцевыми жилами в продольно и поперечно-секущих сланцеватость пород трещинах. Нами такие пересечения наблюдались в обнажениях разных пород в ряде районов.

Довольно часто в разных породах можно увидеть, как маломощные согласные прожилки мелкозернистого кварца, приуроченные к участкам мелкой складчатости и замкам складок, пересекаются жилами крупнозернистого, разномзернистого, гранулированного кварца. Они выполняют трещины, секущие мелкие складки, связанные, очевидно, с более поздним рассланцеванием пород. Кроме этого, в жилах мелкозернистого кварца нередко отмечаются тонкие прожилки средне-крупнозернистого. Последние явно пересекают мелкозернистый кварц, поскольку около них обрываются зонки минеральных включений.

Взаимоотношения крупно-гигантозернистого мелочно-белого, крупно-гигантозернистого прозрачного, гранулированного кварца согласных жил сложны и разнообразны. Бесспорно, что гранулированный кварц развивается по крупно-гигантозернистому и является по отношению к нему более поздним. При этом реликтовым может быть, как молочно-белый, так и прозрачный слабодымчатый кварц. В крупногигантозернистому молочно-белом кварце нередко присутствуют реликты прозрачного. В то же время участки прозрачного дымчатого кварца в молочно-белом иногда имеют вид явных новообразований. В некоторых обнажениях наблюдаются жилы прозрачного слабодымчатого кварца рядом с жилами молочно-белого и гранулированного кварца. Причем, взаимоотношения их похожи на пересечения, в которых прозрачный кварц можно рассматривать как более поздний.

Сложнее оценить возраст согласных жил, сложенных крупно-гигантозернистым молочно-белым, прозрачным кварцем, крупно-гигантозернистым частично или полностью гранулированным кварцем. Дело в том, что жилы крупно-гигантозернистого кварца встречаются во всех породах, включая ордовикские. Ранее они рассматривались нами как

послеордовикские. Однако, присутствие в нижнеордовикских конгломератах многочисленной гальки крупнозернистого кварца позволяет считать, что образование жил с таким кварцем происходило не только в послеордовикские, но и доордовикское время. Понятно, что существует проблема источника гальки, но по крайней мере часть ее является местной. Об этом свидетельствует насыщенность галькой стык нижних горизонтов ордовикских отложений. К сожалению, надежных признаков разделения согласных жил по возрасту пока нет. Жилы крупно-гигантозернистого кварца, залегающие в ордовикских породах (очевидно, послеордовикские) очень похожи на жилы в протерозойских породах, среди которых, несомненно, имеются и послеордовикские, и доордовикское. К последним можно отнести жилы сильно гранулированного кварца и часть жил крупно-гигантозернистого молочно-белого кварца. Их образование происходило позже жил мелкозернистого кварца, вероятно, в венд-раннекембрийское время. Послеордовикские согласные жилы крупно-гигантозернистого молочно-белого кварца являются допермские или пермскими, но образовавшимися раньше секщих жил.

Жилы с крупно-гигантозернистым прозрачным (стекловидным) кварцем, встречающиеся в рифейских кварц-хлорит-слюдистых сланцах пуйвинской свиты, могут быть как одновозрастными, так и более поздними по отношению к жилам гранулированного и крупно-гигантозернистого молочно-белого кварца. Если связывать их образование с процессами диафтореза, то возраст их можно оценить, как позднепалеозойский. Но, диафторез, на наш взгляд, наложен на уже существовавшие кварцевые жилы.

Возникает вопрос о времени грануляции жильного кварца. Наши наблюдения свидетельствуют о том, что она проявлялась неоднократно как в доордовикское, так и послеордовикское время в связи со сжатием и подвижками вдоль трещин, согласных сланцеватости пород. Важную роль, очевидно, сыграли процессы регионального метаморфизма, а также дислокационный метаморфизм. Грануляция не коснулась лишь кварца секщих жил, образовавшихся в поздней перми. [13]

7.2 Возрастной ряд жильного кварца

На основе реально наблюдаемых взаимоотношений построим эволюционный - возрастной ряд жильного кварца. Как показано выше, он отвечает значительному промежутку геологического времени: от венд-раннего кембрия до Перми (или перми-триаса). Генерализованный ряд, включающий основные разности кварца, имеет следующий вид (рис. 28).



Рисунок 28 - Возрастной (эволюционный) ряд жильного кварца

Самым ранним является мелкозернистый серый кварц согласных жил, хотя образование подобного кварца происходило и позднее. Около интрузий ранние генерации мелкозернистого кварца претерпели перекристаллизацию с укрупнением зерен. Далее следует крупно-гигантозернистый молочно-белый кварц согласных жил. По нему развивается гранулированный кварц. В зоне диафтореза крупно-гигантозернистый молочно-белый кварц вследствие перекристаллизации становится прозрачным (не исключено, что перекристаллизация кварца произошла позднее). После значительного перерыва происходит образование более молодых согласных жил с крупно-гигантозернистым молочно-белым кварцем. Этот кварц местами сменяется гранулированным. Следующим в возрастном ряду является крупно-гигантозернистый молочно-белый кварц секций жил. На него накладываются хрусталеносные гнезда. Около гнезд развивается перекристаллизованный полупрозрачный, прозрачный кварц. Образование кристаллов кварца происходит в последовательности: дымчатые, дымчато-цитриновые, аметист.

7.3 Метаморфизм кварца

Со времени кристаллизации жильный кварц претерпел метаморфизм, связанный с действием различных факторов. Можно выделить следующие виды изменений: хрупкие и пластические деформации, двойникование, перекристаллизацию, перераспределение примесей, растворение, радиационные эффекты.

Хрупкие и пластические деформации чрезвычайно характерны для жильного кварца. Под действием давления в кристаллических телах сразу же возникают напряжения. Вначале они являются упругими и исчезают при снятии давления. Однако, с достижением некоторой критической величины упругие деформации сменяются необратимыми хрупкими или пластическими. Величина критического напряжения зависит от температуры, содержания

примесей, скорости деформаций, ориентировки индивидов и других причин.

Развитию хрупких деформаций - трещин способствуют относительно низкая температура и быстрое нарастание давления. Трещины разделяются на три группы: ингранулярные (внутризерновые), трансгранулярные (пересекающие границы зерен), зернограничные, следующие по границам индивидов и субиндивидов. Образование ингранулярных и трансгранулярных трещин сопровождается разрывом кристаллической решетки, значительным локальным возрастанием температуры до нескольких тысяч градусов, механохимическими и другими явлениями.

Наиболее благоприятными для развития трещин в кварце являются плоскости, соответствующие граням ромбоэдров, гексагональной призмы, пинакоида. Однако в жилах, как свидетельствуют наблюдения, трещины распределяются хаотично, либо по каким-то преимущественным направлениям (продольным, поперечным, диагональным), связь которых с кристаллографическими элементами увидеть трудно. Вероятно, решающее значение имели: направление тектонических нал-ряжений, форма жил, форма и ориентировка индивидов. Одни трещины имеют характер разрывов, другие - сколов. Последние сопровождаются смещениями с ясно выраженными зеркалами скольжения. Интересны случаи глубокого катаклаза жильного кварца с образованием фрагментов до 2-5 мм в поперечнике, происходившего, вероятно, в условиях всестороннего сильного сжатия.

Многие трещины, наблюдаемые в крупно-гигантозернистым кварце, начали появляться уже в ходе кристаллизации. Они пересекали индивиды, пересекали их границы. Здесь же происходило полное или частичное залечивание трещин. Сохранились лишь небольшие участки первичного кварца. Самые поздние трещины остались открытыми. В мелкозернистом кварце развитие трещин происходило в основном по межзерновым границам. В хрусталеносных полостях свободное расположение индивидов препятствовало возникновению трещин. Однако, многие из них, все-таки, подверглись хрупким деформациям.

В некоторых случаях трещины, вероятно, обусловлены не механическими, а термическими или иными напряжениями. Не вполне понятна природа трещин, сосредоточенных в головках кристаллов кварца и не имеющих связи с их основаниями. Иногда развиваются автодеформационные трещины, к которым, в частности, относятся трещины гетерометрии.

Нарастание упругих напряжений в кварце в условиях относительно высокой температуры и постепенного увеличения давления сменяется возникновением пластических деформаций, отличающихся от хрупких отсутствием разрывов сплошности кристаллической решетки.

Элементарными процессами, протекающими в ходе пластических деформаций, являются скольжения, изгибы, блокирование, двойникование. Скольжение, фиксирующееся в кварце по хорошо наблюдаемым деформационным полосам, представляет собой параллельное перемещение одних частей индивидов относительно других. Оно может осуществляться по

различным направлениям, но наиболее предпочтительными являются направления, соответствующие граням ромбоэдров и гексагональной призмы.

Изгибы - единичные или множественные возникают вследствие различно ориентированных напряжений. Изгибам бывают подвержены участки индивидов, индивиды целиком.

Нередко пластические деформации кварца выражаются в виде блокования, происходящего, вероятно, в условиях сильного всестороннего сжатия. Кварц приобретает блоковое строение с величиной отдельных блоков до 1-2 мм, несколько разноориентированных, но структурно сопряженных. Наблюдающаяся преимущественная подверженность блокованию прозрачного кварца обусловлена тем, что в других участках тектонические напряжения разрешались путем скольжений вдоль трещин.

Блокование, как и другие виды пластических деформаций, связано с возникновением и перегруппировкой дислокаций. Решающее значение, вероятно, имел характер распределения напряжений. Дислокации развивались по сложной сетке, в ячейках которой оставались блоки со слабо искаженной структурой. Основную роль здесь также играет перераспределение дислокаций, происходящее одновременно с возрастанием в блоках совершенства кристаллической структуры.

Под действием тектонических напряжений нередко происходит двойникование кварца по дофинейскому закону. Одни области или блоки поворачиваются по отношению к другим на 180° вокруг оси.

Пластические деформации наиболее характерны для кварца согласных жил. Они проявлены весьма эффектно и разнообразно. Кварц секущих жил пластически деформирован значительно слабее, а часто вообще не деформирован. В кристаллах кварца пластические деформации нами не отмечались.

Перекристаллизация жильного кварца охватывает широкий круг явлений, включающих его переотложение, миграцию границ, возникновение новообразованных индивидов.

Рекристаллизация следует за нарастанием пластических деформаций при увеличении давления и температуры. С достижением некоторой критической величины крупные напряженные индивиды распадаются на множество мелких, обладающих правильной формой и более совершенным строением. При этом происходит резкое понижение внутренней энергии.

Появление больше угловых границ и обособление новообразованных зерен связано, вероятно, с углублением дислокационных процессов при возрастании напряжений. Субзерна постепенно индивидуализируются, изменяется их структурная ориентировка. Нередко наблюдаются признаки, свидетельствующие о перерождении отдельных деформационных блоков в гранулы. Границы блоков становятся четкими, вдоль них иногда развиваются микротрещинки. С одной стороны, блоки могут быть еще структурно сопряжены с основным индивидом, а с другой - обособлены.

Наряду с рекристаллизацией жильного кварца происходила его

перекристаллизация с укрупнением зерен. Последняя, прежде всего выражается с выравниванием границ зерен и приобретении ими правильных очертаний. Важное значение здесь имеют кривизна границ, деформационная напряженность зерен, их ориентировка, величина, температура, давление. В наиболее выгодном положении оказываются слабо напряженные зерна, которые разрастаются за счет сильно напряженных.

Надежные признаки значительного укрупнения кварцевых индивидов в жилах увидеть трудно. С перекристаллизацией мы связываем появление среднезернистого кварца в основной массе мелкозернистого в экзоконтактах некоторых гранитных массивов. Повышение температуры и давления при внедрении интрузии могло сильно повлиять на состояние первичного мелкозернистого кварца.

Перекристаллизированным обычно называют кварц, развивающийся около хрусталеносных гнезд. От основной массы молочно-белого кварца он отличается более высокой прозрачностью. Похожий кварц отмечается местами около нарушенных контактов жил с вмещающими породами. Образование такого кварца, очевидно, происходило при воздействии на первичный молочно-белый кварц хрусталеобразующих растворов.

Предполагается, что вследствие сжатия и возрастания давления происходило преобразование исходного мелкозернистого или молочно-белого крупнозернистого кварца.

Мелкие зерна увеличивались в размерах, газово-жидкие включения и минеральные примеси мигрировали. На конечных стадиях перекристаллизации возникали монозернистые (или состоявшее из нескольких крупных индивидов) кварцевые линзы. Не отрицая возможности протекания таких процессов, мы полагаем, что при образовании прозрачного кварца линзовидных жил важную роль, играли более поздние гидротермальные растворы. Косвенным свидетельством этого является приуроченность рассматриваемых жил к зонам диафтореза.

Перераспределение примесей жильном кварце находится в определенной связи с проявлением хрупких и пластических деформаций, перекристаллизацией. Сравнительное изучение крупнозернистого и гранулированного кварца различных регионов позволило достаточно убедительно установить, что в ходе грануляции происходит очищение кварца от механических примесей и структурных элементов-примесей. Результаты проведенных нами исследований это подтверждают. [17]

7.4 Растворение

Растворение кварца отмечается довольно часто в жилах различного залегания. Следы растворения обычно прослеживаются вдоль зальбандов жил. Кварц в таких жилах может быть, как крупно-гигантов зернистым, так и мелкозернистым. Нередко растворение затрагивает кристаллы кварца в хрусталеносных полостях. Причем, оно проявлялось не только после их

образования, но и во время роста и иногда было многократным. Причиной растворения является воздействие на кварц недосыщенных кремнеземом, вероятно, сильно щелочных растворов. Независимо от щелочности оно могло происходить и при увеличении плотности растворов в полостях. Кроме того, как показывают наблюдения, растворению способствовали механические напряжения, возникавшие в зальбандах и других участках, жил при тектонических подвижках.

Многие закономерности растворения жильного кварца хорошо известны. В общем случае растворение можно рассматривать как процесс обратный росту. Весьма характерна анизотропия скоростей растворения по различным кристаллографическим направлениям. Вершины и ребра кристаллов подвержены растворению в наибольшей степени. Грани основных ромбоэдров растворяются быстрее граней гексагональной призмы и острейших ромбоэдров. Растворению способствуют наличие трещин, границ мозаичных блоков и двойников, другие дефекты. Эксперименты по растворению кварцевой крупы в плавиковой кислоте выявили заметное различие скоростей растворения горного хрусталя, гранулированного, прозрачного, молочно-белого кварца. Последний растворяется быстрее других типов кварца, что, очевидно, обусловлено дефектностью его строения.

Радиационные эффекты в жильном кварце обусловлены его облучением со стороны вмещающих пород и наложенной на жилы минерализации. Радиационное воздействие на кварц в той или иной степени оказывают все породы, в которых залегают жилы: граниты, кварциты, сланцы разного состава. Наиболее высокой радиоактивностью обладает минеральное выполнение хрусталеносных гнезд, в состав которых входят монацит, сфен и другие минералы, а также околоснездовые метасоматиты.

К визуально наблюдаемым радиационным эффектам относится хорошо известное окрашивание кварца. При изучении жил видно, что облучению подвержен кварц призальбантовых частей жил. Видимые ореолы облучения имеют мощность до 0,5-0,7 м. В маломощных жилах кварц бывает полностью радиационно окрашенным. Всегда облучены кристаллы кварца в хрусталеносных полостях. Иногда фиксируется вертикальная зональность. В нижней части гнезд кристаллы, находящиеся в серицитовой или хлоритовой массе, облучены сильнее, чем в верхней, более удаленной от источника облучения. Слабо облучены кристаллы во внутривильных гнездах.

Дозу облучения кварца оценить трудно, но во многих случаях она превышала $3 \cdot 10^7$ рад. Об этом свидетельствует то, что после искусственного облучения плотность окраски не увеличивается, а доза ее насыщения равна указанной величине. Следует заметить, что плотность окраски не всегда соответствует дозе облучения. В некоторых случаях кварц не окрашивается или окрашивается слабо из-за весьма низкого содержания структурных примесей, образующих предцентры окраски.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования раскрывают пространственно-временные закономерности формирования жильного кварца, горного хрусталя, сопутствующих минеральных ассоциаций в гидротермально-метаморфогенных палеосистемах, возникающих на определенных этапах геологического развития регионов в связи с проявлением метаморфических и тектоно - магматических процессов.

1. Жильный кварц и горный хрусталь обладают значительным конституционным разнообразием, проявляющимся в текстуре и структуре агрегатов, строении индивидов, составе и содержании элементов-примесей, различных физических свойствах. К основным разностям или типам относятся: мелкозернистый, крупно-гигантозернистый молочно-белый и прозрачный, гранулированный кварц, дымчатые, дымчато-цитриновые кристаллы, аметист. Поля развития этих типов кварца, а также рудных и других минеральных ассоциаций занимают определенное геологическое положение, контролирующийся рядом факторов. Важнейшую роль играют особенности регионального метаморфизма, крупные дизъюнктивные нарушения, локальные зоны рассланцевания и сильного сжатия, физико-механические и литохимические свойства пород. Наиболее широко распространены мелкозернистый и крупно-гигантозернистый молочно-белый кварц. Крупно-гигантозернистый прозрачный кварц тяготеет к зонам регионального рассланцевания, сопровождающимися процессами диафтореза зеленосланцевой фации повышенных давлений, гранулированный кварц встречается в основном в пределах высокометаморфизированных жестких гнейсо-мигматитовых блоков, реже на удалении от них в линейных зонах сильного сжатия.

2. Характерно множество генераций жильного кварца, сменяющих друг друга в определенной последовательности. Смена генераций сопровождается изменением конституции и свойств кварца. Наряду с текстурно-структурными особенностями изменяются состав и содержание элементов-примесей, физические свойства. Весьма характерной является тенденция возрастания содержания в кварце структурных элементов-примесей: алюминия, германия, титана, лития, часто проявляющаяся даже на уровне жил, индивидов. Особенно значительный рост содержания структурных примесей отмечается при смене жильного кварца горным хрусталем. Эта тенденция, вероятно, имеет более общий характер и отражает геохимическую эволюцию гидротермально-метаморфогенных растворов. Метаморфизм кварца вызывает понижение содержания в нем структурных примесей. Причем это относится не только к процессам грануляции, но и развитию хрупких и пластических деформаций. Генеральные закономерности конституционной эволюции кварца осложняются существованием разнонаправленных изменений, периодических колебаний.

3. Образование жильного кварца отвечает различным этапам

активизации эндогенных процессов. Его отложение происходило при метаморфической дифференциации пород, метасоматозе, выполнении трещин. Доминирующими были процессы регионального метаморфизма, инициировавшие возникновение гидротермальных систем. Об этом, наряду с явной зависимостью минерального состава жил от состава вмещающих пород, свидетельствуют результаты изотопного анализа углерода и кислорода жильных карбонатов. Вместе с этим, в зонах дизъюнктивных нарушений метаморфогенные растворы, вероятно, смешивались с ювенильными.

4. Время проявления кварцевожильных этапов зависит от особенностей развития метаморфических и других эндогенных процессов. Для Долинного, где гидротермально- метаморфогенное кварцеобразование было довольно полным, характерны три основных этапа: позднерифеского-раннекембрийский, девонский и пермский. Первый этап связан с зональным метаморфизмом эпидот-амфиболитовой и зеленосланцевой фаций, второй и третий - с более поздним метаморфизмом зеленосланцевой фации. Последний этап делится на ряд стадий и подстадий, завершаясь хрусталеобразованием.

5. Можно полагать, что кварцеобразование носило эволюционно-пульсационный характер и протекало в условиях понижения температуры, щелочности, пресыщения растворов кремнеземом. Кристаллизация кварца неоднократно сменялась растворением, переотлажением, перекристаллизации. На стадии хрусталеобразования, особенно при росте дымчато-цитриновых кристаллов, имели место резкие, периодические колебания физико-химических параметров, обусловленные, вероятнее всего, тектоническими подвижками и пульсациями растворов в зонах линейных тектонических нарушений. Вместе с этим, нельзя отрицать возникновения в полостях автоколебательных явлений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Быбочкин А.М. и др. Комплексная геолого-экономическая оценка рудных месторождений. М., Недра
- 2 Отчет по поисково-съёмочным, геологоразведочным и эксплуатационным работ поисковой партии за 1954 г. Бублигенко А.А.
- 3 Анализ геохимических материалов и подготовка геохимической основы для прогнозно-металлогенических построений по Балхашкому сегменту
- 4 ГОСТ 7.63-90. Отчет о геологическом изучении недр.
- 5 Горно-геологический справочник по разработке рудных месторождений, т. II, ИПЦ МСК Республики Казахстан, Алматы, 1997 г)
- 6 Типы кварцевых жил Балхашской складчатой системы. Балхашская геологическая партия, 1986 г.
- 7 Единые правила охраны недр (ЕПОН) при разработке месторождений полезных ископаемых в Республике Казахстан.
- 8 Инструкция по оформлению отчетов о геологическом изучении недр Республики Казахстан. Кокшетау, 2004.
- 9 Комплексная геолого-экономическая оценка рудных месторождений. А.М. Коган И.Д. Подсчет запасов и геолого-промышленная оценка рудных месторождений. М., Недра, 1971 г.
- 10 Карякин А.Е. Газово-жидкие включения и окраска кристаллов кварца как критерии для определения геологического возраста хрусталеносных гнезд /. 1954
- 11 Мельников Е.П., Мельникова Н.И., Страшенко Г.И., Евстропов А.А. Эволюция метаморфогенных кварцевожилных образований // Геология метаморфических комплексов.
- 12 Мейер Ч. Процессы рудообразования в геологической истории // Генезис рудных месторождений. М., Мир, 1984
- 13 Кораго А.А., Козлов А.В. Текстуры и структуры жильного кварца хрусталеносных областей. Л., Недра, 1988.
- 14 Карякин А.Е. Генетическая связь хрусталеносных гнезд с кварцевыми жилами и происхождение полостей
- 15 Иванов Н.Н., Никитин Д.В., Шаронов Б.Н. Типы хрусталеносных столбов месторождений горного хрусталя
- 16 Дроздов В.П., Евстропов А.А., Шатнов Ю.А. Прогноз, поиски и разведка месторождений кварцевого сырья. М., Недра, 1985.
17. Вертушков Г.Н. Метаморфизм жильного кварца // Тр. свердловск. горн, ин-та. 1955.
- 18 Буканова В.А. Метасоматиты, сопровождающие хрусталеносные гнезда
- 19 Комов И.Л., Хетчиков Л.Н. Термолюминесценция природного кварца / Физические исследования кварца. М., Недра. 1975.

ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на магистерскую диссертацию

Канатулы Арман

6M070600 - Геология и разведка месторождений полезных ископаемых

На тему: Состав и условия формирования кварцевых жил по месторождению «Долинное»

Целью диссертационной работы является изучение состава и условия формирования кварцевых жил по месторождению «Долинное».

На основании полученных данных по минералогии руд и изучению литературных источников Канатулы Арман сделаны следующие выводы:

1. Жильный кварц и горный хрусталь обладают значительным конституционным разнообразием, проявляющимся в текстуре и структуре агрегатов, строении индивидов, составе и содержании элементов-примесей, различных физических свойствах.

2. Образование жильного кварца отвечает различным этапам активизации эндогенных процессов.

3. Время проявления кварцевожильных этапов зависит от особенностей развития метаморфических и других эндогенных процессов. Для Долинного месторождения, где гидротермально- метаморфогенное кварцеобразование было довольно полным, характерны три основные этапа: позднепермского-раннекембрийский, девонский и пермский.

Практическая значимость работы: Выявлены основные региональные закономерности размещения промышленно различных типов жильного кварца и горного хрусталя. Получены детальные сведения о конституции и свойствах кварца, определяющих его качество как плавочного, пьезооптического, ювелирного сырья. Определены наиболее чистые разновидности кварца, отличающиеся самым низким содержанием структурных элементов-примесей. Проведено минералогическое картирование промышленных кварцевожильных и хрусталеносных полей, месторождений, установлена пространственная неоднородность качества кварцевого сырья, предложены минералогические критерии оценки. Разработан кристалломорфологический способ поисков месторождений пьезокварца. Показана изменчивость промышленно важных характеристик качества кварца в пределах жил, определено положение участков высококачественного сырья.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

По содержанию, объему и структуре магистерская диссертация соответствует государственному стандарту. Магистерская диссертация выполнена самостоятельно на фактических производственных материалах, имеет большое практическое значение. Автор достойно выполнил все научные и практические исследования, его диссертационная работа полностью соответствует квалификационным требованиям, предъявляемым к магистерским диссертациям.

Научный руководитель

Зав. кафедрой ГСПиР МПИ

доктор PhD, ассоц.профессор



А.А. Бекботаева

«20» декабря 2020 г.

Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Қанатұлы Арман

Название: Состав и условия формирования кварцевых жил по месторождению Долинное..doc

Координатор:Алма Бекботаева

Коэффициент подобия 1:7

Коэффициент подобия 2:4.5

Замена букв:17

Интервалы:0

Микропробелы:0

Белые знаки: 0

После анализа Отчета подобия констатирую следующее:

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование:

..... Заимствования добросовестные, допускается к защите

..... 20.12.2020

Дата
руководителя

..... 

Подпись Научного

Протокол анализа Отчета подобия

заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Қанатұлы Арман

Название: Состав и условия формирования кварцевых жил по месторождению Долинное..doc

Координатор: Алма Бекботаева

Коэффициент подобия 1: 7

Коэффициент подобия 2: 4.5

Замена букв:17

Интервалы:0

Микропробелы:0

Белые знаки:0

После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения констатирует следующее:

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

Обоснование:

Заимствования добросовестные, допускается к защите
.....
.....
.....
.....
.....
.....

.....20.12.2020.....

Дата
кафедрой /



Подпись заведующего

начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

.....Допустить к защите.....
.....
.....
.....
.....

.....
.....



Дата
кафедрой / 20.12.2020

Подпись заведующего

начальника структурного подразделения

РЕЦЕНЗИЯ

на магистерскую диссертацию

Канатулы Арман

Специальность: 6M070600 – «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых».

Магистерская диссертация на тему: Состав и условия формирования кварцевых жил по месторождению Долинное

Магистерская диссертация содержит 89 страниц текста, в том числе 5 таблиц, 28 рисунков.

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

В данной работе желательно было бы дополнить список использованной литературы.

Из диссертации не совсем понятно, как можно использовать результаты исследований для прогнозирования и поиска месторождений подобного типа.

По диссертационной работе других замечаний нет.

Оценка работы

Тема диссертации является актуальной. Магистрант довольно хорошо проанализировал и обобщил собранные материалы, что позволило ему получить конкретные результаты, тема раскрыта, цель исследования достигнута, поставленные задачи решены полностью.

Рецензент дает положительную оценку выполненной работе, отмечая самостоятельность магистранта при выполнении поставленной перед ним задачи.

Диссертационная работа оценивается в «90» баллов – А%.

Рецензент

Руководитель лабораторий
редких и редкоземельных металлов
Института геологических наук
им. К.И. Сатпаева, PhD



Тогизов К.С.

«23» декабря 2020 г.

Ф КазНИТУ 706-17. Рецензия

ОТЗЫВ

ПРОИЗВОДСТВЕННОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на магистерскую диссертацию

Канатулы Арман

6M070600 - Геология и разведка месторождений полезных ископаемых

На тему: Состав и условия формирования кварцевых жил по месторождению «Долинное»

Диссертант Канатулы А. самостоятельно с соблюдением всех требований подобным работам провел работу. Анализировал все существующие данные и активно участвовал во всех исследованиях на месторождении «Долинное».

В данной работе приводится информация о

- изучение условий залегания, строения, минерального состава кварцевых жил;
- изучение конституции и свойств жильного кварца;
- выяснение закономерностей размещения различных типов жильного кварца и сопутствующих ему минеральных ассоциаций;
- выделение основных этапов и стадий кварцеобразования;

Диссертация завершается заключением и списком использованных источников.

Значимость диссертации в научном и практическом плане заключается выявлении особенностей геологического строения, состава и условия формирования кварцевых жил.

Уровень научной разработки достаточный и соответствует требованиям магистерских диссертаций. Диссертационная работа выполнена на должном техническом уровне.

Автор работы показал, что умеет работать с научной литературой, самостоятельно может критично анализировать и делать соответствующие выводы.

Магистерская диссертация рекомендуется публичной защите заслуживает отличной оценки, а автор – академической степени магистра технических наук по специальности.

Производственный руководитель
Главный геолог ТОО «Полиметалл Евразия»



Р.Ш. Муратов

«22» декабря 2020 г.