

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
ТАДЖИКИСТАН  
Таджикский национальный университет

*На правах рукописи*

Гарибмахмадова Светлана Назримамадовна

**ОСОБЕННОСТИ ЛОКАЛИЗАЦИИ, МЕТАСОМАТИЗМА И  
ХИМИЗМА АМЕТИСТОВЫХ ЖИЛ МЕСТОРОЖДЕНИЯ СЕЛЬБУР  
(ЮЖНЫЙ ГИССАР)**

Специальность 25.00.11 – Геология, поиски и разведка твёрдых полезных  
ископаемых, минерагения

Диссертация  
на соискание ученой степени кандидата  
геолого-минералогических наук

Научный руководитель:  
доктор геолого-минералогических наук, профессор  
Хасанов Абдурахим Хасанович

**Душанбе - 2018**

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕСТОРОЖДЕНИИ СЕЛЬБУР.....	11
ГЛАВА 2. ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК ЮЖНО-ГИССАРСКОЙ ЗОНЫ.....	18
ГЛАВА 3. ГЕОЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА МЕСТОРОЖДЕНИЯ СЕЛЬБУР.....	27
ГЛАВА 4. МОРФОГЕНЕТИЧЕСКАЯ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ СЕЛЬБУР.....	38
4.1. Химический состав и элементы-примеси в кварце и аметисте.....	44
4.2. О причинах окраски аметиста и рентгеноструктурное изучение кварца и аметиста.....	50
4.3. Физико-химические условия образования аметиста.....	53
ГЛАВА 5. ОКОЛОЖИЛЬНЫЕ МЕТАСОМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ БОКОВЫХ ПОРОД.....	59
5.1. Общие сведения о метасоматических процессах.....	59
5.2. Метасоматические изменения вмещающих пород месторождения Сельбур.....	62
5.3. Закономерности пространственного размещения и возраст аметистовой минерализации.....	77
ГЛАВА 6. ФОРМИРОВАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ В СВЯЗИ С ОБЩИМ РАЗВИТИЕМ РУДНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РЕГИОНА.....	83
6.1. Поисковые критерии и признаки выявления аметистовых жил месторождения Сельбур.....	84
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	97
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	100

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность исследований.** В конце XVIII и начале XIX веков «для облицовки Мраморного дворца и колонн Исаакиевского собора по указу Екатерины II в Китае через Кяхту закупался бадахшанский лазурит за который расплачивались серебром за фунт» (Ферсман, 1954, с.371).

Республика Таджикистан – горная страна, богатая разнообразными месторождениями полезных ископаемых. Судя по остаткам древних горных выработок и археологических исследований, в этом регионе Средней Азии, издавна велась добыча руд золота, серебра, свинца, меди, олова, ртути и многих других видов минерального сырья. В настоящее время Таджикистан по разведанным запасам руд ртути, сурьмы, свинца, золота, вольфрама занимает видное место среди стран СНГ, а по разведанным запасам серебра, в частности на месторождении Большой Канимансур на севере страны, Республика относится к числу ведущих государств мира.

В Таджикистане с давних времен добывались разнообразные драгоценные и поделочные камни. На территории республики, особенно в наиболее высокогорной ее части – Памире (Бадахшане), с глубокой древности добывались и расходились по миру такие драгоценные и поделочные камни, как бадахшанский лал (благородная шпинель), рубин, гранаты, турмалин, лазурит и горный хрусталь, включая пьезокварц. О популярности памирских камней может свидетельствовать то, что Большая императорская корона императрицы Екатерины II увенчана необработанным монокристаллом бадахшанского лала, а пятиметровые колонны иконостаса Исаакиевского собора в Санкт-Петербурге облицованы бадахшанским лазуритом. Последний, по мнению самой императрицы Екатерины II, «Бадахшанский лазурит всё-таки ярче нашего Сибирского лазурита» (Ферсман, 1969). В Россию поступали из Средней Азии также и некоторые другие драгоценные камни, в частности бирюза.

Многие из драгоценных минералов, такие как горный хрусталь, рубин, агат, яшма, турмалин, помимо изготовления различных украшений сувениров, используются во многих отраслях науки, техники и современных технологиях. В

связи с этим в настоящее время придается большое значение поисково-разведочным работам по выявлению и изучению новых месторождений драгоценных и поделочных камней и улучшению горно-эксплуатационных условий существующих объектов. Этому способствовало Постановление Совета Министров СССР от 13 ноября 1972 г. № 519 и приказ по Мингео СССР от 12.05.1977 г. №23-с об увеличении производства товаров культурно-бытового назначения из камнесамоцветного сырья.

Среди драгоценных и поделочных камней республики заметное место занимает и аметист – один из популярных, более распространенных и сравнительно доступных широкому потребителю, самоцветов. Поэтому, в республике ведутся широкие изыскательские работы по поиску и разведке этого сырья, а также других драгоценных и поделочных камней. С этой целью в Таджикистане была организована специализированная экспедиция по поискам, разведке и добыче пьезокварца. Она была в последствии преобразована в экспедицию «Памиркварцсамоцветы», а затем в Комитет по драгоценным и поделочным камням. В настоящее время в республике функционирует специализированная на эти виды сырья организация «Джамаст» (в переводе с таджикского «аметист»), в задачу которой входит непосредственное всестороннее изучение месторождений драгоценных и поделочных камней. Эти проблемы входят в задачу Главного Управления геологии при Правительстве Республики Таджикистан «Таджикглавгеология» и её специализированной экспедиции.

Месторождение аметиста Сельбур открыто в 1966 году в процессе геологосъемочных работ геологами Шираталинской партии Управления геологии Республики Таджикистан (Космынин, 1968). Геологическое строение района изучено достаточно подробно. Район работ покрыт геологическим картированием различных масштабов. Здесь следует отметить геологические работы Е.А. Космынина, В.Н. Ефименко, Т.А. Мазитова, М.М. Мамадвафоева и многих других геологов.

Большой вклад в дело изучения геологии и использования объектов камнесамоцветного и технического сырья внесли Заслуженные геологи

республики Т.Н. Тагиров, заслуженный инженер СССР З.Е. Ёров, а также Е.Т. Горбатов, Н.Н. Уतिकеев и многие другие.

В республике Таджикистан функционирует ряд производственных предприятий по выпуску различных ювелирных изделий с использованием цветных драгоценных и поделочных камней. В настоящее время, в результате проведённых геолого-поисковых и разведочных работ на аметист в Западном Памире (месторождение Ракзоу) и в Южном Гиссаре, выявлено несколько месторождений и проявлений камнесамоцветного сырья. Часть из них детально разведаны, интенсивно разрабатываются, и добытое сырьё используется в ювелирной отрасли.

Развитие и интенсификация геологических работ, и добыча камнесамоцветного сырья требует необходимости ведения научных исследований по выяснению закономерностей пространственного размещения и вопросов генезиса аметистового сырья в данном регионе.

Проблемы драгоценных и поделочных камней, их поиски и разработка в настоящее время развиваются не только в пределах республики, но и далеко за ее пределами. Проявления аметиста сейчас установлены и изучаются не только в Таджикистане, странах СНГ, но и в других странах. В частности, месторождение аметиста Кургашинкан в Ташкентской области Узбекистана (где размер отдельных кристаллов и друзы аметиста достигают до 5 см), месторождение аметиста Сарыташ в Киргизии (которое расположено в 8 км к ЮЗ от железнодорожной станции Шураб в Сарыташских горах), месторождения аметиста в Восточной Сибири, в пределах Сибирской платформы, в Приполярном Урале России и других регионах.

В целях увеличения минерально-сырьевой базы аметиста в Республике Таджикистан, изучения геологических условий его образования, стимулирования поисковых работ проводятся также научные и тематические исследования. В них принимали участие ряд геологов научно-производственных организаций республики (А.В. Климкин, Е.Т. Горбатов, О. Коркунов, Ю.Б. Комиссаров, Н.А. Шахматов, З.Е. Ёров, В.И. Макарьянц, А.Х. Хасанов, Н.Н. Зевакин, Н.И.

Кривощекова, И.С. Оймахмадов, С.Н. Гарибмахмадова и др.). Одной из подобных работ является предлагаемая диссертационная работа.

К числу научно-исследовательских работ, посвящённых изучению условий образования аметистовых месторождений, относятся исследования физико-химических условий образования кварц-аметистовых жил месторождения Сельбур, впервые проведенные А.Х. Хасановым, Н.Н. Зевакиным, Н.Н. Кривощековой и С.А. Морозовым (1985, 1987). Вопросы минералогии и термобарогеохимических условий образования аметистовых месторождений изучены А.Р. Файзиевым и И.С. Оймахмадовым (2001, 2006). Генетические вопросы аметистообразования, а именно роль метасоматических процессов рассмотрены в работе А.Х. Хасанова и С.Н. Гарибмахмадовой (2013).

### **Цель исследований**

Выяснение генетических особенностей аметистообразования месторождения Сельбур на основе изучения состава жильной минерализации, околожильных метасоматитов и вмещающих пород.

### **Задачи исследований**

1. Выяснить закономерности пространственного размещения аметистовой минерализации и её генетические особенности.
2. Изучить минералого-петрографический состав и особенности химизма околожильных метасоматитов.
3. Оценить роли химизма вмещающих пород в образовании аметистовой минерализации.
4. Разработать комплекс поисково-оценочных критериев аметистоносных жил месторождения Сельбур.

### **Фактический материал и методы исследований**

В основу работы положены результаты полевых и лабораторных исследований автора в 2008-2017 г.г. При камеральных исследованиях изучено более 100 образцов околожильных метасоматитов, кварца и аметиста, выполнены химические и спектральные анализы в химической лаборатории Главного геологического управления при Правительстве Республики Таджикистан, и

вольтамперометрические анализы на золото, платину, палладий (12 проб) в лаборатории геологии золота Томского политехнического университета РФ. Рентгеноструктурный анализ кварца и аметиста выполнен в лаборатории рентгеноструктурного и термического анализа ВСЕГЕИ РФ.

### **Основные защищаемые положения**

**1. Выявлена приуроченность кварц-аметистовых жил месторождения Сельбур к породам повышенной основности, богатым железомagneзиальными компонентами – порфирирам, туфам основного состава и туфопесчаникам, гранитоидов, сателлитов и апофиз Гиссарского батолита, среди вмещающих пород, что является одним из важных поисковых признаков для выявления новых проявлений аметиста не только на данной территории, но и в других соседних регионах.**

**2. Ведущими метасоматическими изменениями, сопровождающими кварц-аметистовые жилы, являются альбитизация, окварцевание, серицитизация, ортоклазитизация как результат проявления заключительных стадий метасоматических процессов позднего слабокислотного и щелочного этапов.**

**3. Основным хромофорным элементом аметиста служит железо, с содержанием до 0,82 %, а также ионизирующее воздействие урана, содержания которого в аметистах достигает 0,009 %. Источником железа, по-видимому, явились измененные околожилые породы, а уран был привнесен с аметистообразующим флюидом.**

### **Научная новизна**

1. Выявлена важная роль магматических, структурных и литологических факторов при формировании кварц-аметистовых жил.

2. Установлено важное значение при формировании месторождения Сельбур метасоматических процессов.

3. Выяснена и охарактеризована динамика привноса-выноса химических элементов (кремнезема, окисно-закисного железа и др.) в связи с околожилым изменением состава вмещающих пород.

4. Выявлено, что аметист, по сравнению с бесцветными разновидностями кварца, обогащён, помимо постоянного присутствующего железа, такими элементами как серебро, кадмий, таллий и уран. Впервые в них установлено повышенное содержание Au, Pt, Pd.

5. Уточнены причины окраски аметиста, в частности, в отличие от прежних взглядов установлено, что ионизирующее воздействие протекает под влиянием радиоактивных компонентов, содержащихся в составе самих аметистов, а не внешних источников ионизирующего излучения.

6. Обосновано принципиально новое генетическое представление о связи аметистовой минерализации с характером метасоматических процессов и химизмом вмещающих пород месторождения Сельбур.

#### **Практическая ценность исследований**

Предложены поисковые признаки и критерии проявления аметистового сырья, которые можно использовать при проведении поисково-оценочных работ с целью нахождения новых мест нахождения сырья. Впервые в аметистах установлено повышенное содержание Au, Pt, Pd.

#### **Личный вклад автора**

Автором были выполнены следующие работы: проведены полевые исследования с отбором целевых проб-протолок (2-5 кг) для последующих детальных минералого-геохимических исследований; произведён отбор моно-минералов для химических анализов; участие в камеральных работах по обработке полевых материалов; проведён пересчёт химических анализов; детально изучены роль метасоматоза и влияния химизма вмещающих пород в образовании аметистовых жил месторождения Сельбур.

#### **Апробация работы и публикации**

Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на ежегодных научно-теоретических конференциях профессорско-преподавательского состава Таджикского национального университета (2008-2017); на научно-теоретической конференции, посвященной 100-летию академика С.М. Юсуповой, (горно-геологический колледж, Душанбе, 2010); на



международной конференции, посвященной 80-летию основания в Томском политехническом университете первой в азиатской части России кафедры «Разведочное дело» (5-8 октября 2010 г., г. Томск); ежегодно на Международных научных Симпозиумах имени академика М.А. Усова для студентов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр» (г. Томск, 2012-2015 гг.); на научной конференции «Актуальные проблемы геологии, геофизики и металлогении» (г. Ташкент, 2015), а также на IX Международной научной конференции молодых ученых и студентов «Современные техника и технологии в научных исследованиях» (27-28 марта 2017 г., г. Бишкек). Кроме того, результаты диссертационных исследований рассматривались на научных семинарах кафедры минералогии и петрографии Таджикского национального университета и на межкафедральном семинаре Инженерной школы природных ресурсов Томского политехнического университета.

По теме диссертации опубликовано 15 научных работ, в том числе 2 из них в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, и 2 – в журналах, входящих в базы данных SCOPUS и Web of Science.

### **Структура работы**

Диссертация, объёмом на 112 страницах компьютерного набора, состоит из введения, 6 глав, заключения и списка литературы в количестве 115 наименований. Работа иллюстрирована 27 рисунками, 17 таблицами.

### **Благодарности**

Научно-исследовательские работы выполнены на кафедре минералогии и петрографии Таджикского национального университета в течение 2009-2017 годов под научным руководством доктора геолого-минералогических наук, профессора А.Х. Хасанова и консультациях профессора Томского политехнического университета А.Ф. Коробейникова, которым автор выражает искреннюю признательность за постоянное внимание и поддержку. Отдельные слова благодарности хотелось бы выразить сотрудникам Томского политехнического университета докторам геолого-минералогических наук, профессору А.А. Поцелуеву, профессору В.Г. Ворошилову и заведующему

лабораторией геологии золота, кандидату геолого-минералогических наук А.Я. Пшеничкину, а также и кандидату геолого-минералогических наук, доценту кафедры ГЭГХ В.А. Домаренко за активное обсуждение работы. Автор также выражает благодарность (сотрудникам Таджикского национального университета) кандидатам геолого-минералогических наук Б.А. Алидодову, Ф.Ш. Искандарову, Ш.Ф. Валиеву, Дж.Н. Фозилову, А.С. Ниязову, Ю.М. Мамаджанову, М. Мамадвафоеву, М. Джанобилову, Азим Иброхимову, Ф.С. Салохиддинову, Н.И. Кривошековой, Ш.О. Худобахшовой, З.Е. Ёрову, И.С. Оймахмадову, Р. Бахтдавлатову, Р.Ш. Андамову, Р.М. Талбонову, Ф.С. Давлатову, М. Мухаббатову за консультации и поддержку в выполнении данной работы. Автор благодарен также сотрудникам кафедры минералогии и петрографии ТНУ В.А. Мансурову, Д. Давлатшоеву, Шоди Беку, А.К. Ошурмамадову и М.К. Джалоловой, Лола Авзаловой и Муниса Мирзомамаду, оказавшим помощь в подготовке графических приложений. Особую благодарность за терпение и понимание выражаю своему мужу Каландаршо Давлатмамадову.

## ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕСТОРОЖДЕНИИ СЕЛЬБУР

Месторождение Сельбур непосредственно расположено на южном склоне Гиссарского хребта, в бассейне рек Курум–Самлок и по административному делению входит в состав Шахринавского района Республики Таджикистан с райцентром пос. Шахринав (рисунок 1). Общая площадь месторождения Сельбур равняется 1,6 км<sup>2</sup>. Месторождение с ближайшим населенным пунктом кишлаком Ходжа-Чилдиер связано автомобильной дорогой, протяженностью 5 км. Вблизи участка работ располагаются также кишлаки Сангмила-Боло, Сангмила-Поён и Сельбур.

Следует отметить, что рельеф площади месторождения Сельбур зависит от вмещающих пород мезо-кайнозойского и палеозойского возраста и, как правило, мезо-кайнозойские отложения имеют мягкие холмистые формы, а палеозойские отложения – резкие и скалистые (рисунок 2). Также наблюдается в районе понижение рельефа с севера на юг и с востока на запад (рисунок 3).

Климатические условия данной территории особо не отличаются от других прилегающих горных районов.

Аметистовое месторождение Сельбур выявлено в 60-х годах XX столетия геологами Шираталинской партии Управления геологии Республики Таджикистан. Геологические исследования на территории Южного Гиссара ранее были проведены многими геологами, в частности, Д.В. Наливкиным, А.П. Марковским, А.П. Тарасенко, П.Д. Виноградовым, Р.Б. Баратовым, Е.Н. Горецкой, М.М. Кухтиковым, А.Х. Хасановым и др. Особенно интенсивно проводились геолого-съёмочные работы в последние десятилетия XX и начале XXI веков. Район работ покрыт геологическим картированием различных масштабов (Е.А. Космынин, Е.Н. Ефименко, Т.А. Мазитов и др.).

Проведенными работами установлены особенности геологического строения, стратиграфии, магматизма, тектоники и истории геологического развития района, а также выявлен ряд проявлений полезных ископаемых, в том числе месторождение Сельбур. В геологическом строении района принимают

участие палеозойские и мезо-кайнозойские осадочные образования, а также интрузивные породы средне-верхнекарбонового возраста. Последние представлены малыми интрузиями и сателлитами Гиссарского батолита, занимающего обширную площадь севернее района месторождения Сельбур.

Различные аспекты геологического строения месторождения Сельбур непосредственно изучались рядом геологов производственных организаций (Е.Т. Горбатов, О. Коркунов, Ю.Б. Комиссаров, Н.А. Шахматов, В.И. Маркарянц и др). В результате этих работ были установлены параметры рудных тел, геолого-структурные особенности и форма залегания продуктивных кварцево-аметистовых жил, а также качество камнесамоцветного сырья. В 1998-2000 гг. в этом районе проводились научно-тематические работы (Н.Н. Зевакин, Н.И. Кривощекова, А.Х. Хасанов).



*Рис. 1. Кристаллы аметиста месторождения Сельбур*

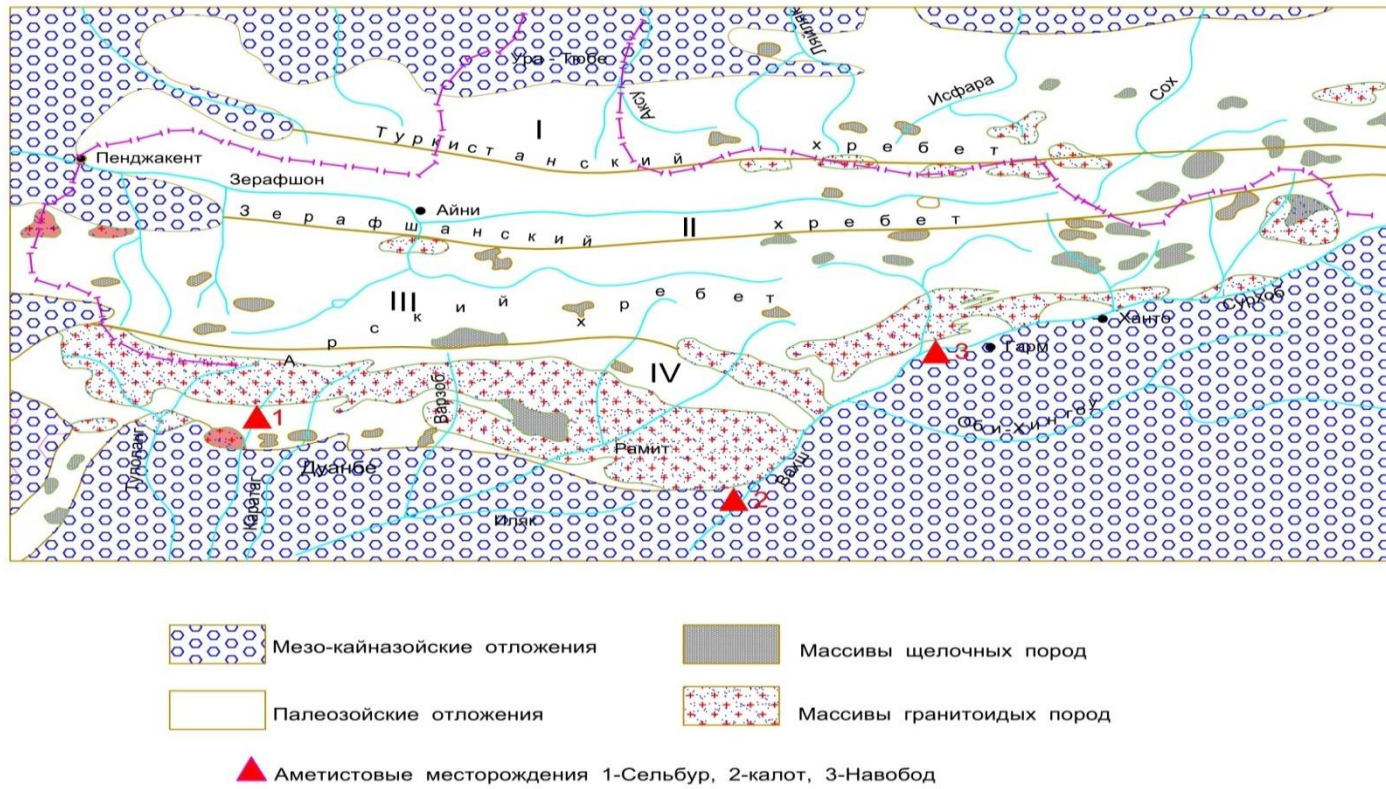


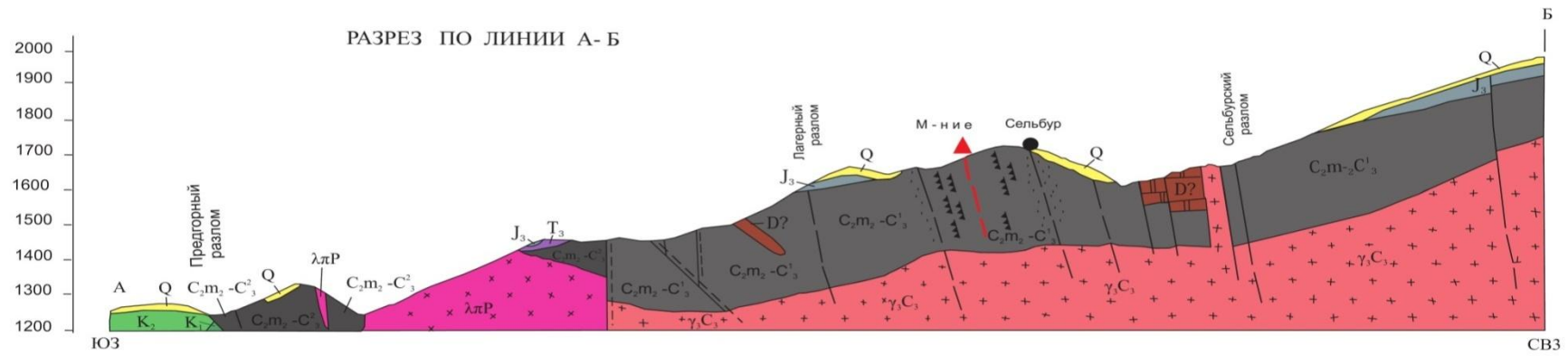
Рис. 2. Обзорная карта района исследований.  
Масштаб 1:10000





*Рис. 3. Типичный рельеф месторождения Сельбур*





Продолжение рис. 4.



## Условные обозначения

	Q Четвертичные отложения. Лессовидные супеси и суглинки щебни		Черные битуминозные известняки
	K <sub>2</sub> Верхний мел. Известняки, песчаники, глины		Кварцевые жилы
	K <sub>1</sub> Нижний мел. Красноцветные песчаники, гравелиты, глины		Травertiновые жилы
	J <sub>3</sub> Верхняя юра. Песчаники, гравелиты, известняки.		Окварцевание
	T <sub>1</sub> Верхний триас 1)Элювиально -делювиальные осадочные брекчии, песчаники и глины, 2)Кора выветривания		Альбитизация
	C <sub>m-C</sub> Московий ярус среднего карбона- верхний карбон. Сланцевая пачка Хлоритовые и слюдистые сланцы, известняки		Сколовые трещины
	C <sub>m-C1</sub> Московий ярус. Среднего карбона верхний карбон. Метаморфизованные алевролиты, слюдистые сланцы, песчаники, известняк		Разломы прослеженные и предполагаемые
	D? Девон предполагаемый. Глыбы мраморизованных известняков среди средне - верхнекарбонных отложений		Разломы надвигового типа
	πP <sup>+</sup> Кварцевые альбитофиры		Кварц - аметистовые жилы
	λπP <sup>*</sup> Кварцево - дацитовые порфиры		Проявления аметиста
	γспP Гранодиорит - порфиры		Месторождения аметиста
	+1γC <sup>+</sup> Аплиты и плитовидные граниты		Проявления мраморного оникса
	+γC <sup>+</sup> Лейкократовые биотитовые граниты		Радиоактивные аномалии
	Светлые мраморизованные известняки		Площадь геологической съемки М-ба 1:2000
	Порф и р и т		

*Продолжение рис. 4.*

## ГЛАВА 2. ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК ЮЖНО-ГИССАРСКОЙ ЗОНЫ

Район месторождения Сельбур располагается в пределах Южно-Гиссарской зоны, которая является составной частью южной окраинной зоны герцинского геосинклинально-складчатого пояса Южного Тянь-Шаня (рисунок 4). Возвышающиеся здесь горные цепи Туркестанского, Зеравшанского, Гиссарского и Каратегинского хребтов объединяются обычно в Зеравшано-Гиссарскую горную систему. Геолого-структурные особенности рассматриваемой области достаточно сложны и отражены во многих работах. Среди них важное место занимают исследования Д.В. Наливкина, А.П. Марковского, А.В. Пейве, А.П. Недзвецкого, Д.П. Резвого, П.Д. Виноградова, С.К. Овчинникова, А.Е. Довжикова, В.Р. Мартышева, А.В. Григорьева, В.Н. Огнева, Е.Д. Карповой, М.М. Кухтикова, Е.Н. Горецкой, А.Х. Хасанова, С.И. Щукина и многих других геологов. В ряде работ освещаются стратиграфия, тектоника, магматизм, а также полезные ископаемые, распространенные на Южном Гиссаре.

Отмеченными исследователями предложены различные варианты тектонического районирования данной территории.

В настоящей работе принята схема тектонического районирования А.П. Марковского, П.Д. Виноградова, С.К. Овчинникова и других. Согласно этой схеме районирования в пределах рассматриваемой единой геоструктурной области выделяются Туркестано-Зеравшанская, Зеравшано-Гиссарская, Южно-Гиссарская и Гармская (Каратегинская) структурно-фациальные зоны, несколько отличающиеся фацией осадков и объемом палеозойских формаций.

В стратиграфическом отношении в этом регионе достоверно установлены терригенно-карбонатные и вулканогенные породы кембрия, ордовика, силура, девона и нижнего карбона, которые соответствуют фациям начальных и ранних этапов геосинклинального развития территории.

Средний (батолитовый) этап знаменуется накоплением карбонатно-терригенного материала, прерываемым значительным подводным излиянием средне-основной магмы. Последующая интенсивная складчатость в конце

среднего карбона сопровождается мощной интрузивной деятельностью. Интрузивные процессы выражены в основном внедрением кислой магмы, в результате которого сформировался крупный (в пределах Таджикистана около 5000 км<sup>2</sup>) многофазный Южно-Гиссарский батолит (плутон), сложенный разнообразными гранитоидами. Они, несмотря на многообразие морфологии, петрографического и геохимического составов и структурно-текстурных особенностей, по мнению исследователей (Хасанов, 1976) могут быть отнесены к единой гранитоидной формации по Ю.А. Кузнецову (1964). Радиологический возраст гранитоидов в среднем равен 290-300 млн лет. В обрамлении Южно-Гиссарского батолита примыкает ряд штоков-сателлитов, один из которых, Хачильерский шток, обнажается непосредственно в пределах месторождения Сельбур.

Магматические породы Южного Гиссара изучались в разное время Е.Д. Поляковой, Р.В. Гецевой, И.В. Беловым, З.Н. Гессе, М.Г. Калайтан, И.К. Никитиным, С.К. Овчинниковым, А.Т. Тарасенко, Р.Б. Баратовым, С.М. Бабаходжаевым, Д.Х. Ахмеровым, Е.Н. Горецкой, Н.А. Блохиной, М.М. Кухтиковым, А.Х. Хасановым, И.С. Гольдбергом, И.В. Мушкиным, В.А. Кутенцом, С.И. Щукиным, В. М. Брейвинской, А.К. Мельниченко, Н.И. Кривощековой и др.

Материалы проведенных исследований сыграли большую роль в познании магматической геологии Центрального Таджикистана. Первые сведения о возрастном расчленении интрузивных пород района приведены в работах Е.Д. Поляковой (1933, 1935). Первая опубликованная схема магматизма Центрального Таджикистана была составлена И.К. Никитиным, С.К. Овчинниковым, А.Т. Тарасенко (1948, 1946, 1959), согласно которой все гранитоиды отнесены к одному верхнепалеозойскому циклу, объединяющему два интрузивных комплекса (серые С<sub>2</sub> и красные Р<sub>1</sub> гранитоиды). Р.Б. Баратовым (1956, 1966), на основании им полученных дополнительных данных и использования материалов предшествующих исследователей, предложена схема магматизма Центрального Таджикистана. Впоследствии существующие схемы магматизма Центрального

Таджикистана были критически рассмотрены А. Х. Хасановым с учётом метасоматического генезиса красных гранитов и других образований. В результате этих работ была разработана в корне изменённая схема магматизма. Вместе с тем, большой объём накопленных фактических данных указывает на важную роль процессов метаморфизма и метасоматоза в петрогенезисе и минерагении региона, которые недостаточно учитывались при составлении схем магматизма, и были предложены различные схемы (таблица 1).

Как видно из приведенных материалов, рассматриваемый регион отличается геологическим строением и магматизмом, в решении которых большую помощь могут оказать данные абсолютной геохронологии, прочно вошедшие в практику геологических исследований (таблица 2). С конца среднего и верхнего карбона последовали геологические события, соответствующие поздним этапам развития геосинклинальных областей. Прогрессирующее поднятие и незамедлительное оживление процессов денудации в это время приводят к тому, что в узких субширотных прогибах происходит накопление мощных толщ терригенных осадков, переслаиваемых с горизонтами дацитов, андезитов и их туфов. В свое время они были выделены С.К. Овчинниковым (1964) как песчано-конгломерато-сланцевая толща верхнего карбона.

Впоследствии они были подробно изучены Е.Н. Горецкой (1961) на Южном Гиссаре, которая установила в них все характерные признаки флишевой формации и уточнила их возраст как московский ярус средне-верхнего карбона. На юго-западных отрогах Гиссарского хребта, где они известны под названием сагдорской ( $C_2b_2-m_1$ ) и алячапанской ( $C_2m_2-C_3$ ) свит (Бенш, 1965), формирование их происходило в прибрежно-морских условиях. Источником терригенного материала флишевых осадков явился постепенный размыв прилегающих антиклинорий, возникших в результате активизации тектонических усилий. К началу пермского времени на этой территории простиралась обширная, слегка холмистая равнина-пенеплен.

Завершающие этапы герцинской истории знаменуются дальнейшей консолидацией складчатой зоны, где уже господствовала субплатформенная

обстановка. К этому времени относится образование и активизация многочисленных разрывных нарушений, вдоль которых происходили значительные дифференциальные перемещения отдельных блоков. Эти разрывы играли в ниже пермское время также роль магма подводящих каналов при надземных излияниях кислой магмы, приведших к формированию покрова кислых эффузивов мощностью до 1,5-2 км. Дальнейшая денудация привела к накоплению грубообломочной толщи молассового типа ханакинской свиты (P<sub>2</sub>-T<sub>1</sub>). Верхнепалеозойская эндогенная история геологического развития завершается внедрением в юрское время комплекса даек и кимберлитоподобных трубок взрыва субщелочно-габброидного и базальтоидного составов, которые были детально изучены геологом В.М. Брейвинской (1969). Закономерность их размещения, геодинамика и возможная их алмазоносность рассмотрены в специальной работе (Хасанов, 2004). Альпийский цикл развития и образование в начале континентальных, затем морских юрских, меловых и палеогеновых отложений в районе исследований протекает в относительно стабильной и субплатформенной обстановке, отраженной в характере фаций и мощностей.

С конца палеогенового времени начинается орогенная стадия активизации рассматриваемого региона, который испытывает энергичное воздымание (сводообразование) и превращается в высокогорное, сводово-глыбовое сооружение современных хребтов и речных долин. В зонах предгорий формируется толща неогеновых конгломератов молассового типа, изменчивой мощностью до 3-4 км. Общий подъем, и тектоническая активность региона наблюдается и в настоящее время. Вдоль большинства разрывных структур и сейчас происходит перемещение блоков и глыб палеозойского фундамента совместно с покрывкой молодых отложений.

Таблица 1. Схема возрастной последовательности магматических пород Центрального Таджикистана

По С.К. Овчинникову (1946), А.Т. Тарасенко (1950,1959)			По Р.Б. Баратову (1956, 1966)			По А.Х. Хасанову (1970, 2004)		
Возраст	Этап	Горные породы	Возраст	Этап	магматические комплексы	Возраст	Этап	
Р (?)	конечный	Интрузивный комплекс щелочные породы (нефелиновые сиениты), кварцевые порфириты гранит-порфиры. граниты; красные, лейкократовые, ультракислые	Р <sub>2</sub> -Т <sub>1</sub>	конечный	комплекс малых интрузий щелочно-габброидного, щелочно-базальтоидного составов	J <sub>1+2</sub>	конечный	комплекс малых интрузий, даек и трубок взрыва щелочно-габброидного состава
		кислые эффузивы и их туфы			эффузивный комплекс липаритового и трахиандезитового составов			эффузивный комплекс липаритового и трахиандезитового составов
С <sub>3</sub>	поздний	средние эффузивы и их туфы	Р <sub>1</sub>	Поздний	комплекс субвулканических интрузивов липарито-дацитового состава	Р <sub>1</sub>	конечный	
		Интрузивный комплекс			комплекс эффузивов и туфов липарито-дацитового состава			С <sub>3</sub>

C <sub>2</sub>		граниты мелкозернистые (аплитовидные), порфиroidные граниты- диориты, турмалиновые граниты, гранодиориты- кварцевые, диориты	C <sub>3</sub>	Средний	комплекс гранитов-гранодиоритов, аплитовидные граниты, порфиroidные граниты	C <sub>2</sub>	средний	комплекс (формация) гранитоидов, мелкозернистые (аплитовидные) граниты-гранодиориты, крупнозернистые (порфиroidные) граниты-гранодиориты, гранодиориты-кварцевые, диориты (?)	
			C <sub>2</sub>		комплекс гранодиоритов, кварцевых диоритов				комплекс субвулканических интрузивов гранитоидного состава
					C <sub>1</sub>				
			ранний						основные и средние эффузивы и их туфы
двуслюдяные и мусковитовые граниты (?)	C <sub>1</sub>	комплекс зеленокаменных и основных эффузивов							
основные эффузивы и их туфы									
D <sub>3</sub> -C <sub>1</sub> (?)									

$S_2$		магматическая деятельность установлена	не		комплекс эффузивов спилитового и альбитофирового состава			
$Pz_1$					комплекс основных эффузивов и их туфов	$Pz_1$		магматическая деятельность достоверно не установлена
				$S_2$				



Таблица 2. Абсолютный возраст интрузивных пород Южно-Гиссарской зоны

П о р о д а	Место взятия	Возраст (млн. лет)		Авторы
		Калий-аргоновый		
		Биотит	Порода	
1	2	3	4	5
Роговообманково-биотитовый гранит	р. Сардаи-Миёна, в 3 км ЮЗ кишл. Дашти-Мазар	296±8		Р.Б. Баратов, А.К.Мельниченк, А.Х.Хасанов (1966),
Биотитовый гранодиорит	р. Муджихарв, 1 км ЮВ кишл. Таги-Камар	309±8		Они же, обр. 35
Роговообманково-биотитовый гранит	р. Ханака (Сорбо), 0,5 км СВ к. Сио-Кух	293±9		Они же, обр. 21
Биотитовый гранит	Нижнее течение р. Сорбог (р.Вахш)	292±8		Они же, обр. 4
Биотитовый порфиroidный гранит	р. Варзоб, в 2 км к северу от кишл. Варзоб	260	230	Г.В. Авдзейко, Л.Я. Антрашенок, А.Я. Крылов и др. (1966)
То же	Среднее течение р. Иос	235		То же
То же	Р. Сардаи-Миёна, у к. Рамит	256	200	
Роговообманково-биотитовый порфиroidный гранодиорит	р. Варзоб, в 1,5 км южнее устья р. Сиома	260	235	
То же			250	Они же
Биотит-роговообманковый гранит	р. Варзоб, в 3 км южнее устья р. Сиома	283±6		Р.Б. Баратов (1966) Проба 110
То же	р. Варзоб, сай Гушары	275±12		То же, обр.111
Биотит-роговообманковый гранит	Верховье р. Варзоб	274±10		_»_ обр. 790-А
то же	р. Кафирниган к. Явроз	300±9		_»_ обр. 750
Порфиroidный биотитовый гранит	Среднее течение р. Варзоб	311±2		_»_ обр.501
То же	р. Варзоб, Такоб	311±5		_»_ обр.757
Биотит-роговообманковый гранит	р. Кафарниган, сай Явроз	290±9		_»_ обр.637
Порфиroidный биотитовый гранит	р. Варзоб, Такоб	315±9		_»_ обр.793

Вследствие этих перемещений, достигающих амплитуды в 1000-1500 м, верхнепалеозойские и мезо-кайнозойские отложения сохраняются от денудации лишь в опущенных участках (грабенах).

Кроме того, в Южном Гиссаре интенсивно развиты многочисленные разломы более мелких масштабов, к которым приурочены дайковые тела и проявления гидротермальной минерализации.

### ГЛАВА 3. ГЕОЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА МЕСТОРОЖДЕНИЯ СЕЛЬБУР

Район месторождения Сельбур расположен в западной части южного склона Гиссарского хребта (рисунок 5).

В геологическом строении района принимают участие палеозойские и мезо-кайнозойские осадочные образования, а также интрузивные породы гранитоидного состава.

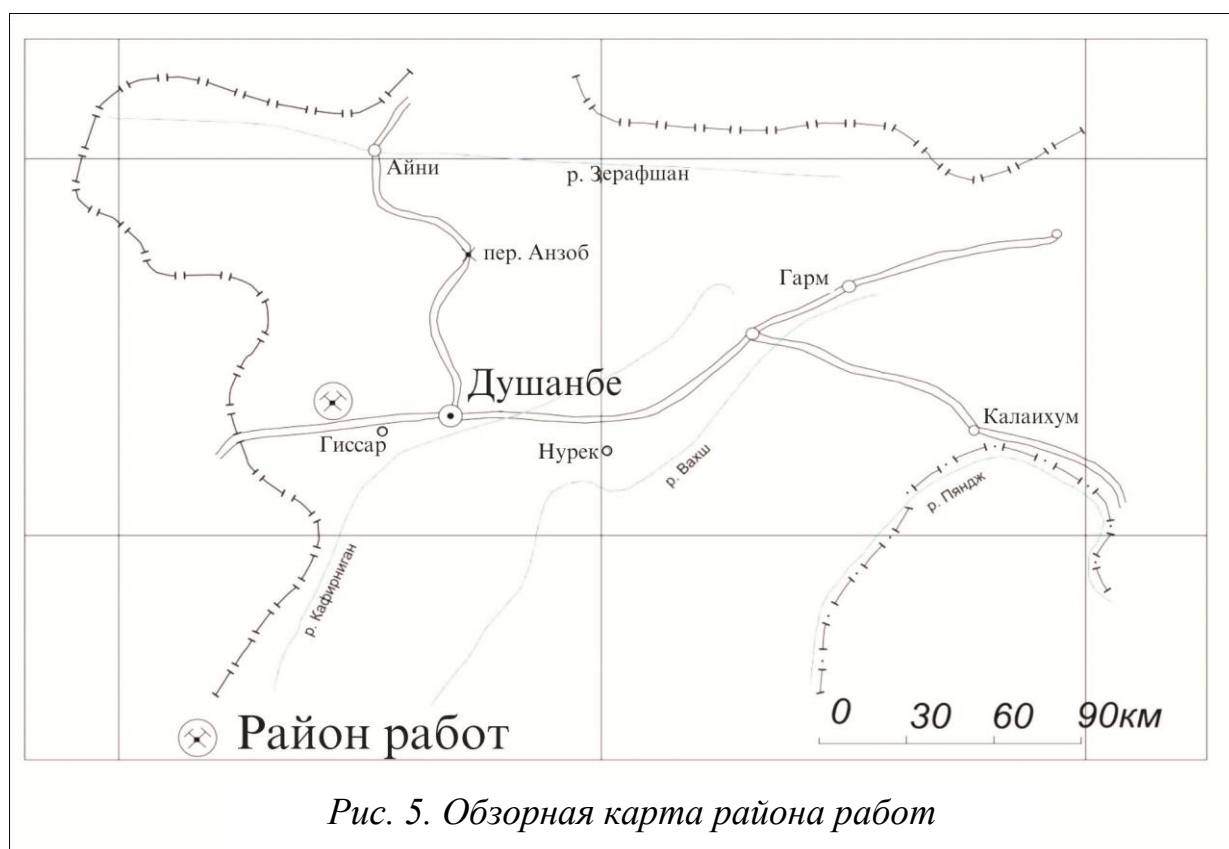
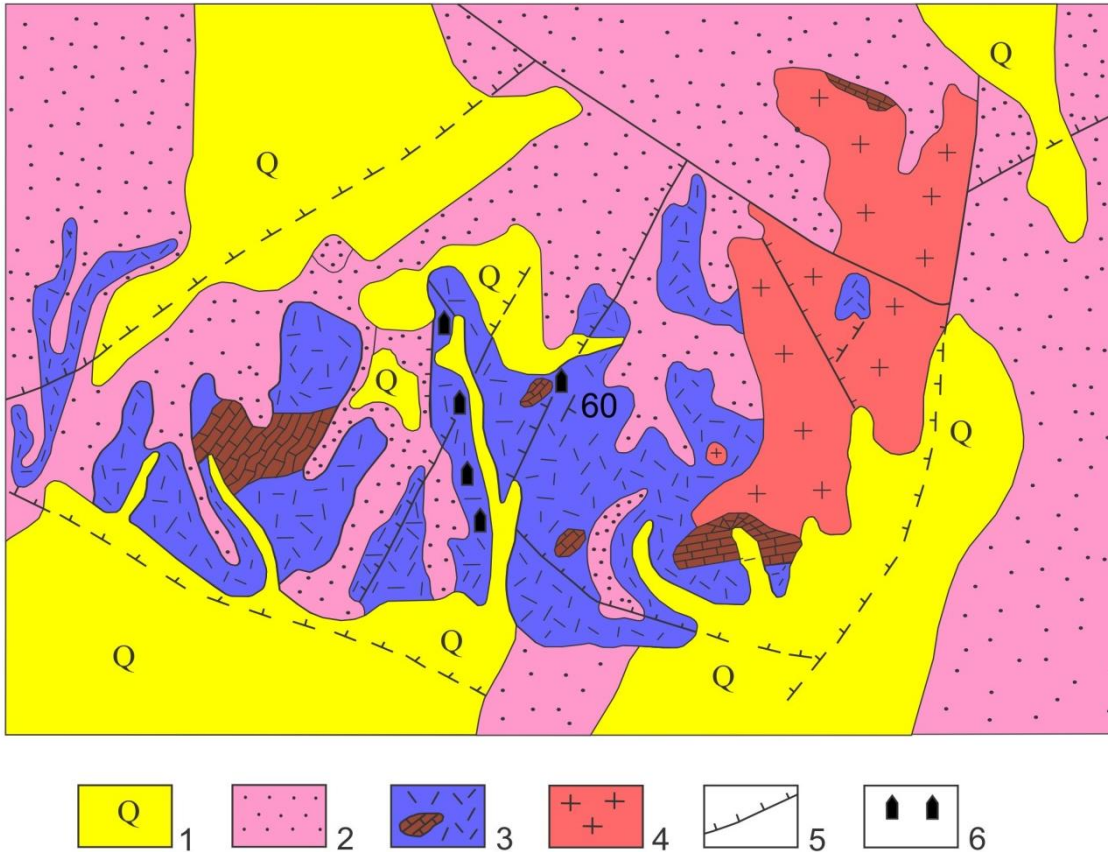


Рис. 5. Обзорная карта района работ

Палеозойские отложения имеют ограниченное распространение. Они в регионе перекрыты субплатформенными покровными отложениями мезо-кайнозоя. В районе месторождения, благодаря денудационным процессам, они обнажаются в отдельных участках среди мезо-кайнозойских отложений и представлены вулканогенно-осадочной толщей среднего и верхнего карбона (рисунок 6). В ее строении принимают участие туфопесчаники, туфы основного состава, порфириты, известняки, алевролиты. Наибольшим распространением пользуются туфы и туфопесчаники кислых и средних пород. Характерной

особенностью этой толщи является наличие многочисленных глыб известкового состава среди песчано-туфового материала. По этой причине толща и была названа грубовалунной.



*Рис.6. Схематическая геологическая карта месторождения Сельбур (по материалам ПО «Таджикглавгеология» с дополнениями автора). Масштаб 1:10000.*

*1 – четвертичные отложения; 2 – мезозойские отложения (песчаники, известняки, глины, доломиты); 3 – средне-верхнекарбоновые отложения (песчаники, туфы, туффиты, туфолавы с глыбами известняков); 4 – мелко-среднезернистые биотитовые граниты, гранит-порфиры; 5 – тектонические нарушения; 6 – проявления аметиста*

Разрез рассматриваемой толщи в районе месторождения, согласно Космынину (1968), имеет следующий вид.

1. Светло-серые туфы кислого состава с линзами и горизонтами риодацитовых туфов лав кислого состава, мощностью 25-28 м.

2. Голубовато-серые пепловые туфы кварцевых альбитофиров с прослоями коричневых псаммитовых туфов смешанного состава и белых мраморизованных

известняков, мощностью 180-200 м. В этой пачке часто встречаются глыбы известняков размером до нескольких метров.

3. Полосчатые серые туфы смешанного состава, чередующиеся с серовато-коричневыми туфопесчаниками и алевритами, глинистыми сланцами, с редкими прослоями известняков и горизонтами туфов риодацитового состава. Мощность пачки 160-180 м.

4. Коричневато-серые алевролиты и песчаники, в которых отмечается скопление глыб темно-серых известняков, кальцитизированных по трещинам. Глыбы большей частью остроугольные и ориентированы удлинением, параллельно простиранию вмещающих пород. Мощность пачки 270-310 м. Общая мощность толщи изменчива и колеблется в пределах 600-700 м.

В разрезе отложений  $S_{2-3}$  участвуют туфопесчаники, туфы, алевролиты, известняки и туфолавы риодацитов. Туфопесчаники обычно темно-серого цвета (таблица 3), слоистые, обломочный материал которых представлен кварцем, плагиоклазом, обломками эффузивов основного состава, кварцитов и альбитофиров. Цемент глинисто-кремнисто-карбонатный. Алевролиты имеют примерно такой же состав, отличаясь более тонкозернистым обломочным материалом.

Среди туфов выделяются псаммитовые и алевропелитовые разности. По составу они смешанные, терригенный материал представлен обломками риолитов, дацитов и андезитов.

Туфы риодацитового состава, обычно имеют пеструю окраску. Состоят из основной массы и порфировых выделений, представленных полуразложившимся плагиоклазом, оплавленными зернами кварца, хлоритизированных табличек биотита и пертитовыми зернами калиевого полевого шпата. Основная масса слабо раскристаллизована и разложена с образованием мелкого агрегата кварца, минералов группы эпидота, карбонатов и хлорита. Акцессорные минералы представлены цирконом, апатитом, рутилом. Структура обычно порфировая с микрофельзитовой и фельзитовой основной массой. Текстура массивная, реже слабо выраженная флюидальная.

Таблица 3. Химический состав туфопесчаников и порфиритов района месторождения Сельбур

Компоненты	Порфириты (среднее из 13 анализов)		Туфопесчаники (среднее из 13 анализов)	
	В е с о в ы е п р о ц е н т ы			
SiO <sub>2</sub>	56,43	60,68	80,60	81,20
TiO <sub>2</sub>	0,78	0,65	0,45	0,52
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,20	15,61	9,58	9,17
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,58	2,04	2,03	0,83
FeO	5,59	3,33	1,44	2,45
CaO	5,90	4,27	0,71	0,28
MgO	5,17	2,95	0,79	0,75
MnO	0,15	0,8	0,02	0,20
Na <sub>2</sub> O	3,20	3,86	0,50	0,75
K <sub>2</sub> O	1,24	1,63	1,88	1,88
H <sub>2</sub> O	1,13	0,26	-	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	-	0,06	0,10
CO <sub>2</sub>	-	-	0,17	0,17
П.п.п	-	3,28	2,00	1,87
Σ	98,37	98,69	100,23	99,99

Все эти образования подвергнуты значительному контактовому метаморфизму гранитоидов Хочильерской интрузии и ее ответвлениями, в результате чего туфопесчаники, алевролиты часто ороговикованы, а известняки скарнированы. Возраст грубо валунной толщи, по аналогии с подобными образованиями в бассейне р. Ширкент, определяется как средний и верхний карбон.

Мраморизованные известняки имеют серую, темно-серую окраски, по структуре – кристаллические зернистые. Часто содержат примесь глинистых и обломочных материалов. Перекристаллизация сопровождается образованием

зерен кальцита размером до 2-3 мм. Кроме кальцита в известняках отмечается глинистое вещество как в виде равномерной примеси, так и в виде неправильной формы расплывчатых пятен. Присутствуют также гидроокислы железа и единичные обломочные зерна кварца и плагиоклаза.

Мезозойские образования в пределах района представлены отложениями юрской и меловой системами.

Юрская система (J) представлена грубо обломочными породами гиссарской свиты, которая по возрасту относится к верхнему отделу юры. Литологически – это конгломераты, песчаники, гравелиты с прослоями известняков. Последние обычно преобладают в верхней части разреза юрских отложений.

Меловая система (K) представлена нижним и верхним отделами. Нижний отдел состоит из красноцветных песчано-глинистых континентальных образований, сменяющихся вверх по разрезу морскими отложениями. Верхний отдел системы представлен преимущественно морскими и, частично, лагунными отложениями.

Кайнозойские образования представлены палеогеновой и четвертичной системами. Отложения палеогена представлены морскими, лагунными и континентальными осадками. Морские осадки, слагающие большую часть разреза, преобладают над лагунными и континентальными отложениями; последние составляют верхние части разреза.

Четвертичные отложения (Q) в районе пользуются широким развитием. Они покрывают плащеобразно все склоны и водоразделы, слагают русла саев и аккумулятивных террас.

Интрузивные образования в районе месторождения имеют незначительное развитие на восточном фланге месторождения севернее кишлака Хачильер. Они представлены выходами мелко- и среднезернистых биотитовых гранитов, гранит-порфиров, аплитовидных альбитизированных гранитов (таблица 4). Все они, в целом, составляют так называемую Хочильерскую интрузию. Среди гранитоидов отмечаются маломощные дайки аплитов, лампрофиров, а также гидротермальных кварцевых жил. Морфологически Хочильерская интрузия представляет собой

штокообразное тело неправильно-изометрической формы, несколько вытянутое в северо-восточном направлении. Общая площадь выходов гранитоидов составляет около 5000 км<sup>2</sup>. Интрузия является одной из многочисленных апофиз – сателлитов Южно-Гиссарского гранитоидного батолита, обнажающаяся севернее района месторождения Сельбур. Почти аналогичные породы, в виде небольшого тела, отмечаются также в верховьях р. Курум-Самлок.

Значительная часть Хочильерской гранитоидной интрузии перекрыта мезокайнозойскими и современными отложениями. Лишь в западной части интрузия прорывает среднекаменноугольные осадочно-вулканогенные образования.

Под микроскопом устанавливается следующий минеральный состав гранитов: кварц – 35-38 %, пелитизированный калиевый полевой шпат (микроклин, микроклин-пертит) – 30-32 %, серицитизированный и мусковитизированный биотит. Минералы-примеси представлены, по данным минералогического анализа протолочных проб, апатитом, флюоритом, пиритом, анатазом, цирконом, магнетитом и редко – гранатом, циртолитом и шеелитом (таблица 5). Породы подвергнуты заметной постмагматической метасоматической переработке – альбитизации, грейзенизации, окварцеванию и карбонатизации. Отчетливо заметны также следы катаклаза, дробления и милонитизации. Отмеченные изменения, особенно альбитизация пород, приурочиваются обычно к зонам субмеридиональных разрывных нарушений.



Таблица 4. Химический состав и числовые характеристики по А.Н. Заварицкому гранитоидов Хочильерской интрузии

№№ ПП	Окислы	1 (обр. 10-с)			2 (обр. 9-с)			3 (обр. 8-с)		
		весовые проценты	Атомные кол-ва	Числовые хар-ки	весовые проценты	атомные кол-ва	числовые хар-ки	весовые проценты	атомные кол-ва	числовые хар-ки
1	SiO <sub>2</sub>	74,71	1244	a=14,9	72,28	1202	a=9,47	75,22	1252	a=14,3
2	TiO <sub>2</sub>	0,18	3	c=0,6	0,12	10	c=1,45	0,12	1	c=0,5
3	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,60	248	b=1,9	13,09	2720	b=2,8	12,0	236	b=3,02
4	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01	0	s=82,7	0,16	1	s=86,3	0,30	4	s=82,2
5	FeO	1,47	21	f <sup>1</sup> =72,5	1,66	22	f <sup>1</sup> =48,54	1,15	15	f <sup>1</sup> =54,2
6	MnO	0,04	-	m <sup>1</sup> =0	0,02	0	m <sup>1</sup> =30,8	0,04	6	m <sup>1</sup> =21,47
7	MgO	0,12	3	a <sup>1</sup> =27,6	0,51	12	a <sup>1</sup> =10,26	0,41	10	a <sup>1</sup> =30,30
8	CaO	0,44	8	t=0,3	1,33	23	t=0,09	1,10	20	t=1,32
9	K <sub>2</sub> O	4,94	104	£=0	5,29	110	u=2,6	4,55	90	u=8,7
10	Na <sub>2</sub> O	3,76	120	q= 47,8	3,88	122	q=52,9	3,89	122	q=35,28
11	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,02		a/c=24,9	0,10		a/c=6,54	0,10		a/c=28,6
12	Собщ.	0,01			0,01					
13	CO <sub>2</sub>	0,18		n=48,39	0,88		n=92,43	0,22		n=55,97
14	H <sub>2</sub> O	-			0,17			0,03		
15	П.п.п	2,20			1,72			0,94		
16	Сумма	100,50			100,17			99,83		

Обр. 10-с – гранит из Хочильерской интрузии; Обр.9-с – гранит из штока в верховьях правого ручья Курум-Самлок;

Обр.8-с – гранит из штока в верховьях левого ручья Курум-Самлок

Химические анализы произведены в химической лаборатории «Таджикглавгеология»

По химическому составу рассматриваемые граниты относятся к породам нормального и пересыщенным алюминием рядов, и резко обедненным полевошпатовой известью и железо-магнезиальными компонентами. По содержанию щелочей и незначительным преобладанием калия над натрием породы близки к щелочноземельным гранитам (по Р. Дэли), отличаясь от них некоторым преобладанием кремнекислоты. Обращает на себя внимание резкое преобладание закиси железа над окисью, что свидетельствует о высоком парциальном давлении кислорода при кристаллизации породы, обычном при формировании гранитоидной интрузии в условиях небольших глубин.

Возраст гранитов Хочильерской интрузии, которая является составной частью Южно-Гиссарского батолита, определяется как позднекарбоновый на основании прорывания гранитами в прилегающих территориях отложений среднего карбона и наличия (по данным А.С. Шадчинева и Д.А. Старшинина, 1969), их обломков среди терригенных (флишевых) толщ верхнего карбона и нижней перми. Отмеченный возраст гранитоидов Хочильерской интрузии подтверждается также данными абсолютной геохронологии.

В тектоническом отношении район месторождения имеет сложное строение. Установление геологической структуры усложнено тем, что палеозойские породы обнажаются в виде небольших разрозненных выходов из под чехла мезо-кайнозойских образований. В строении отмеченных пород выявляются два структурных этажа. Нижний этаж отделен от верхнего регионально-распространенной поверхностью несогласия. Нижний структурный этаж слагается образованиями  $C_{2b-m}$  и  $C_{2-3}$ , не имеющих непосредственного контакта между собой.

Обнажающиеся на севере района отложения ( $C_{2b-m}$ ) имеют моноклиналиное строение с падением пластов на северо-запад, азимут падения  $330^{\circ}$ , под углами  $50-60^{\circ}$ . Более молодые отложения ( $C_{2-3}$ ), обнажающиеся на юге района, имеют также моноклиналиное строение с падением пластов на юго-восток ( $170-150^{\circ}$ ) под углами  $60-70^{\circ}$ .

Таблица 5. Минералогический состав протолочных проб гранитоидов Хочильерской интрузии

№.№ проб	Общий вес шиха (г)	Навеска для анализа (г)	Магнитная фракция (г)	Вес тяжелой немагнитной фракции (г)	Шеелит	Барит	Циркон	Анаказ	Апатит	Пирит	Флюорит	Циртолит	Вес электро-магнитной фракции (г)	Лимонит, окисленный пирит	Хлорит	Эпидот	Гранат	Биотит	Циртолит	Флюорит
8-с	550	15	0,04	0,23	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	5%	ед. зн.	ед. зн.	94%	ед. зн.	0,32	65%	34%	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.
9-с	860	15	0,05	0,08	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	5%	5%	ед. зн.	84%	5%	0,08	15%	29%	ед. зн.	ед. зн.	50%	5%	ед. зн.
10-с	640	15	0,07	0,17	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	-	-	ед. зн.	70%	25%	0,16%	25%	15%	ед. зн.	ед. зн.	45%	15%	ед. зн.

Верхний структурный этаж образован мезо-кайнозойскими отложениями, дислоцированными в едином плане и, в общем, согласно. В структурном отношении эти породы образуют четко выраженную антиклинальную складку, известную под названием Хочильерская антиклиналь. Простираение этой структуры близкое к широтному, строение ее в поперечнике асимметричное.

Породы, слагающие южное крыло, падают на юг под углами от 35 до 60°. Ближе к ядру складки в юрских отложениях отмечается выполаживание слоев, северное крыло падает под углами 10-15°. Мезо-кайнозойские породы образуют антиклинальный перегиб с небольшим опрокидыванием шарнира складки в южном направлении.

В районе месторождения широким развитием пользуются разрывные нарушения. Преобладающее направление разрывов субмеридиональное, углы падения разрывов чаще крутые. По типу они относятся к сбросо-сдвигам, а по возрасту делятся на варисские и альпийские. Варисский возраст разрывов определяется по их сечению отложений карбона и перекрытием осадками мезо-кайнозоя.

Варисские нарушения четко выделяются наличием широко проявленной гидротермальной минерализации – окварцеванию, ожелезнению, карбонатизации. Зоны разрывов имеют мощность от нескольких метров до 40-50 м. Поверхности сместителей падают на СЗ и СВ под углами 60-80°. Зоны варисских разрывов выполнены окварцованными породами, часто пронизанными сетью гематитовых прожилков, несущих сульфидную минерализацию. С этими разломами связаны и кварц-аметистовые проявления.

Альпийские разрывы пользуются преимущественным распространением. Для них характерно незначительное дробление контактирующих пород и полное отсутствие минерализации. На южном склоне Гиссарского хребта аметистовая минерализация, имеющая промышленное значение, фиксируется лишь в бассейне саев Правый и Левый Курум-Самлок, которые и составляют месторождение Сельбур. Аметистовая минерализация приурочена к субмеридиональным разрывам, сопровождающимся зонами дробления и окварцевания контакто-

метаморфизованных пород вулканогенно-осадочной толщи среднего и верхнего карбона.

## ГЛАВА 4. МОРФОГЕНЕТИЧЕСКАЯ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ СЕЛЬБУР

На Южном склоне Гиссарского хребта, в пределах района месторождения Сельбур, отмечаются несколько выходов аметистовой минерализации.

Аметистовая минерализация в Южном Гиссаре связана с гидротермальными кварцевыми и кварц-карбонатными жилами. Жильные образования на описываемой площади размещены весьма неравномерно и сконцентрированы на склонах долины саев р. Правый и Левый Курум-Самлок. Жильные тела расположены группами, образуя жильные зоны. Всего выявлено семь таких зон.

Все жильные зоны и кварц-аметистовые тела приурочены к субмеридиональным разрывам, которые сопровождаются зонами дробления, окварцевания и ортоклазизации. Падение жильных зон и кварц-аметистовых жил довольно крутое ( $70-85^{\circ}$ ), при северо-восточном простирании ( $10-30^{\circ}$ ). Все жильные зоны однотипны как по характеру околожильных изменений вмещающих пород, так и по характеру проявления аметистовой минерализации.

По морфологии, минеральному составу и условиям залегания кварцево-аметистовые жилы можно разделить на две группы.

1. Простые плитообразные или линзовидные жильные тела заполняющие секущие трещины скола. Они практически нехрусталеносны или с очень слабыми признаками хрустале-аметистоносности.

Жилы этой группы имеют наиболее широкое распространение на изученной площади. Это, в основном, маломощные кварцевые жилы, плитообразной или линзообразной формы, усложненные иногда секущими апофизами. Они сложены молочно-белым, серовато-белым, иногда буровато-серым кварцем, участками – с сиреневым оттенком, связанными с наличием мельчайших включений гематита. Кварц по структуре плотный, массивный, иногда сливной или мелкокристаллический, сахаровидный (рисунок 6 а).



*Рис. 6 а. Темно-серые туфопесчаники среди кварц-аметистовых жил  
месторождения Сельбур*

Контакты жил с вмещающими породами обычно резкие, ровные или слабоизвилистые. Околожилные изменения вмещающих пород проявлены слабо и выражены окварцеванием или альбитизацией.

Жилы этого типа, вследствие простой формы, однообразного минерального состава и отсутствия интенсивной околожилной переработки вмещающих пород, являются бесперспективными на аметист. Состав жил довольно прост. большей частью они являются мономинерально-кварцевыми образованиями, состоящими на 90-95 % из кварца, другие минералы играют подчиненную роль.

Жилы второй группы более сложные по морфологии и состоят из окварцованных зон дробления, выполняющие зоны разломов и обычно являются аметистоносными. Они отличаются размерами, морфологией, структурой жильного кварца, составом жильных тел и характером околожилных изменений вмещающих пород. Эти жилы слагают зоны дробления и интенсивной трещиноватости среди туфопесчаников. Они характеризуются сложным строением и наличием мощных зон гидротермальной переработки вмещающих пород, мощностью до 4-5 м. Жильные зоны представлены серией жильных тел и прожилков различной мощности и ориентировки. Жилы и прожилки сложены молочно-белым, иногда сероватым, участками полупрозрачным, шестоватым или гребенчатым кварцем, разбитым многочисленными трещинами, по которым отмечаются гидроокислы железа.

Отдельные кварцевые жилы и прожилки имеют зональное строение, центральная часть которых сложена фиолетовым аметистом мощностью 5-10 см.

Жильные зоны характеризуются брекчиевидным строением, где жильный кварц цементирует обломки и дробленный материал вмещающих туфопесчаников (рисунок 7). Между кварцевыми прожилками отмечаются участки интенсивно переработанных кварц-каолинизированных пород, иногда превращенных в рыхлую, глиноподобную массу.



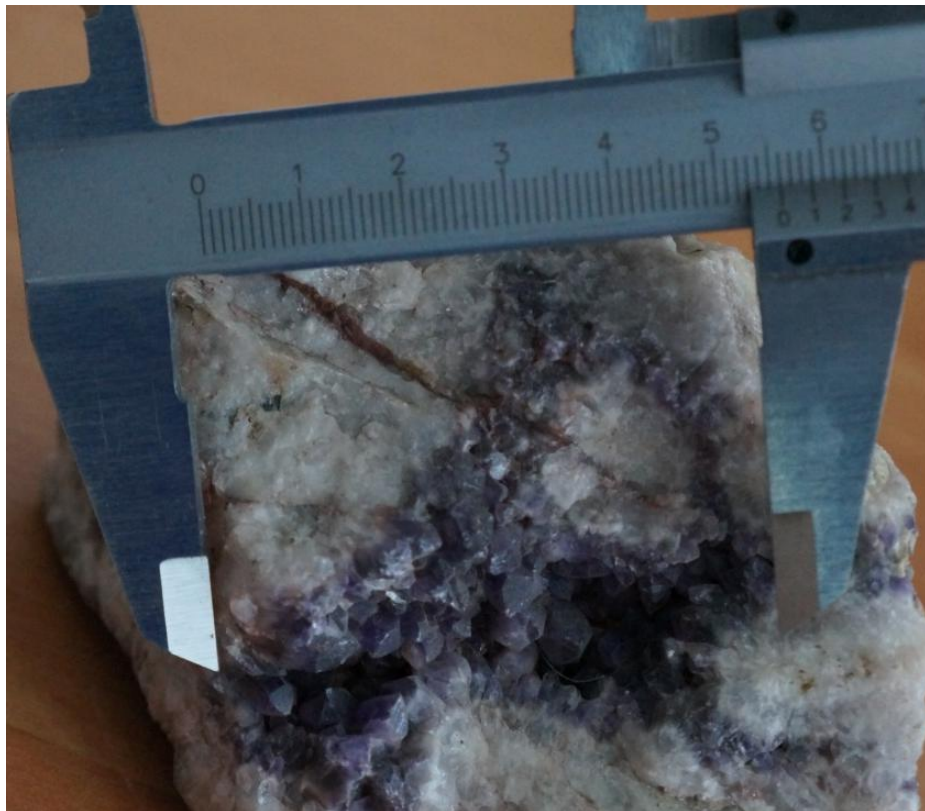
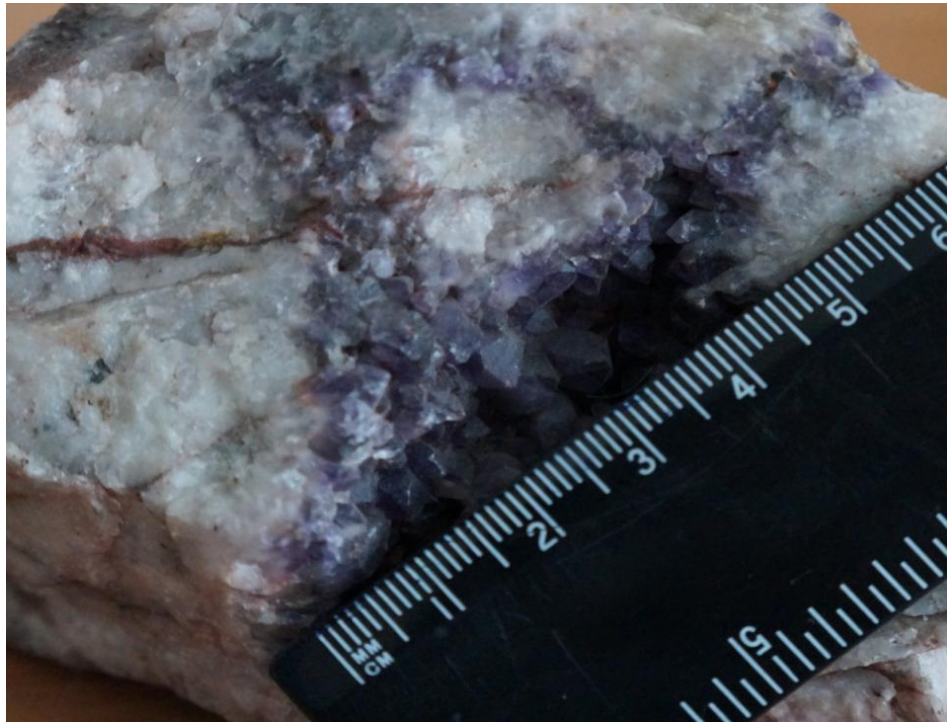


*Рис. 7. Кварц-аметиновая жила (светлое) с обломками туфопесчаников (темное)*

В центральных частях прожилков и кварцевых обособлений наблюдаются гнезда щелевидной формы, стенки которых выполнены щетками и мелкими кристаллами аметиста (рисунки 8, 9). Гнезда и занорыши с аметистом встречаются и среди «ксенолитов» переработанных пород, при этом кристаллы аметиста расположены в рыхлой, глинисто-охристой массе.

2. Кварц-аметиновые жилы второго типа характеризуются сравнительно сложным минеральным составом. В них, кроме кварца и аметиста, встречаются кальцит, анкерит, альбит, калишпат, серицит, хлорит, гематит, пирит, лимонит и

другие минералы. На отдельных участках жильных зон железистые карбонаты составляют 10-15 %.



*Рис. 8. Мелкие кристаллики аметиста среди кварцевых жил*





*Рис. 9. Характер проявления кварц-аметистовой минерализации среди брекчированных туфопесчаников с крустификационной структурой*

#### 4.1. Химический состав и элементы-примеси в кварце и аметисте

Вещественный состав жильного кварца и аметиста из различных жильных зон месторождения, по данным химических анализов несколько отличен. Ниже приводятся химические анализы аметистизированного кварца из жильной зоны «Центральная» (таблица 6).

Таблица 6. Химический состав аметистизированного кварца зоны Центральная (в %)

Компоненты	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	NaO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	П.п.п	Σ
Весовые проценты	93,8	0,08	3,33	0,32	0,5	0,09	0,14	0,75	0,16	0,01	0,06	0,10	0,65	99,49

Для выяснения условий образования кварц-аметистовых жил важную роль играет анализ элементов-примесей в них. Согласно геохимическим исследованиям, в кварце, благодаря стабильности кристаллической решетки, содержание элементов-примесей в их кристаллической структуре весьма ограничено (Ставров, 1961). Несмотря на это, в кварце и аметисте, а также в метасоматически измененных околожильных вмещающих породах количественным спектральным анализом установлены примесные элементы, общее количество которых варьирует в пределах 2-7 %. Среди них постоянно в различных количествах в составе жильного кварца присутствуют марганец, никель, кобальт, титан, ванадий, хром, фосфор, медь, цинк, бериллий, литий, молибден, цирконий, мышьяк, олово, иттрий, вольфрам, бор, германий, ртуть, висмут, свинец (таблица 7).

Таблица 7. Содержание элементов-примесей в жильном кварце и аметисте месторождения Сельбур

№№	Элементы	Жильный кварц (в %)	Аметист (в %)
1	Mn	0,1-1,0	0,1-1,0
2	Ni	0,0001-0,009	0,0001-0,009
3	Ti	0,01-1,0	0,01-1,0
4	Co	0,0001-0,009	0,0001-0,009
5	V	0,001-0,009	0,001-0,009
6	Cr	0,0001-0,009	0,0001-0,009
7	Mo	0,0001-0,09	до 0,0009
8	W	до 0,0009	до 0,0009
9	Zr	0,01-0,09	до 0,09
10	Cu	0,001-0,09	0,001-0,09
11	Zn	0,0001-1,0	до 0,09
12	Ag	н.о.	до 0,0009
13	Bi	до 0,0009	до 0,0009
14	As	0,001-0,009	до 0,09
15	Zn	0,001-0,009	0,001-0,09
16	Cd	н.о.	до 0,0009
17	Sn	0,0001-0,0009	до 0,0009
18	Ge	до 0,0009	н.о.
19	B	до 0,009	н.о.
20	Be	0,0001-0,0009	0,0001-0,0009
21	Li	0,001-0,009	0,001-0,009
22	Hg	до 0,0009	до 0,0009
23	P	до 0,09	н.о.
24	Tl	н.о.	до 0,0009
25	Y	до 0,009	до 0,009
26	U	н.о.	до 0,009
27	Fe	н.о.	0,82

Примечание: н.о. – не обнаружено.

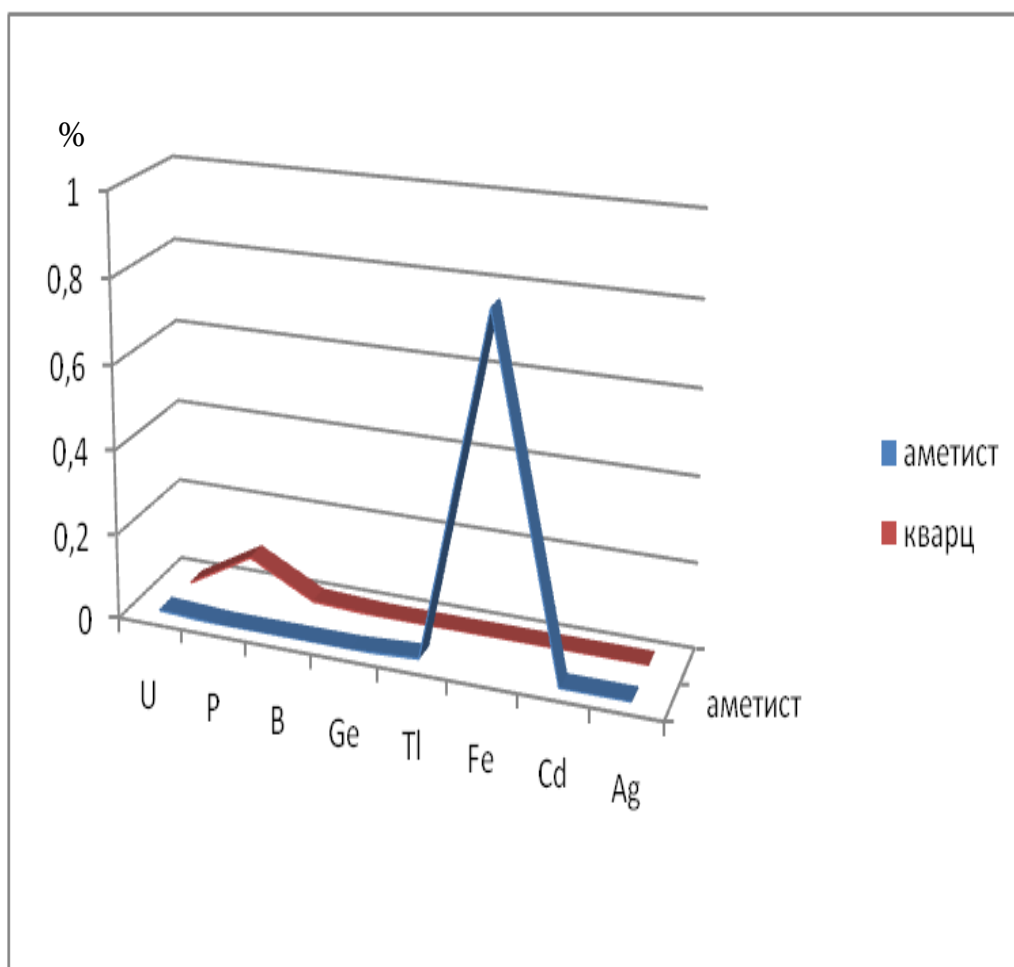
В составе аметиста также из элементов-примесей присутствуют марганец, никель, кобальт, титан, ванадий, хром, медь, цинк, бериллий, литий, молибден, цирконий, мышьяк, олово, иттрий, уран, вольфрам, ртуть, таллий, серебро, висмут, свинец, кадмий. Среди перечисленных элементов постоянно

присутствуют в количестве от 0,0001 % до 0,1-1,0 % Mn, Al, Ni, Fe, Co, Ti, V, Cr, P, Cu, Zn, Be, Li. В отдельных пробах присутствуют W, B, Ge, Hg, Tl.

Как видно, среди перечисленных элементов – это в основном халькофильные и литофильные элементы. Анализ имеющихся данных показывает некоторые различия элементов-примесей в кварце и аметисте, которые могут иметь генетическое значение. В частности, в составе аметиста характерно заметное присутствие железа, серебра, кадмия, таллия и урана. Содержание железа доходит до 0,82 %, а содержание остальных элементов изменяется в пределах от 0,0009 % до 0,009 %. В составе бесцветного жильного кварца они отсутствуют. Содержания германия, бора и фосфора в жильном кварце составляют 0,001-0,0009 %, а в составе аметиста они не обнаружены (рисунок 10).

Данные спектральных анализов показывают, что при гидротермально-метасоматическом изменении туфопесчаников наблюдается увеличение в них содержания хрома, вольфрама, свинца, иногда – меди, иттрия, бора и лития. Содержания никеля, кобальта, ванадия, циркония, серебра, висмута, молибдена, цинка, германия остаются постоянными, а количество марганца, титана и олова – уменьшается. Содержание перечисленных элементов составляет тысячные, реже – сотые доли процента. Содержание титана и фосфора достигает десятых долей процента (рисунок 11).

В кварце, аметисте и метасоматически измененных околожильных вмещающих породах количественным спектральным анализом установлены примесные элементы (до 2-7 %): Mn, Ti, Fe, Zr (0,1-1,0 %), Ni, Co, V, Cr, Li, Y, Cu, Pb, Zn, As (0,01-0,09 %), Mo, W, Be, Sn (0,001-0,009 %). Кроме того, только в аметисте отмечены Ag, Hg, Tl, U (0,0001-0,0009 %). Иногда содержание урана в нём достигает 90 г/т. На микроэлементный состав кварца и аметиста существенное влияние, по-видимому, оказывает химический состав вмещающих пород, отличающихся повышенными содержаниями Mn, Ti, V, Cr, Co.



*Рис. 10. Распределения элементов-примесей в кварце и аметисте*

При проведении анализа аметиста, неокрашенного кварца и вмещающих пород на содержание благородных металлов (Au, Pt, Pd) использован высокочувствительный и экономичный метод инверсионной вольтамперометрии (ИВ), разработанный сотрудниками Инновационного научно-образовательного центра «Золото-платина» Томского политехнического университета (Колпаков, Коробейников, Пшеничкин, 1996; Горчаков, Устинова, 2013) (таблица 8).

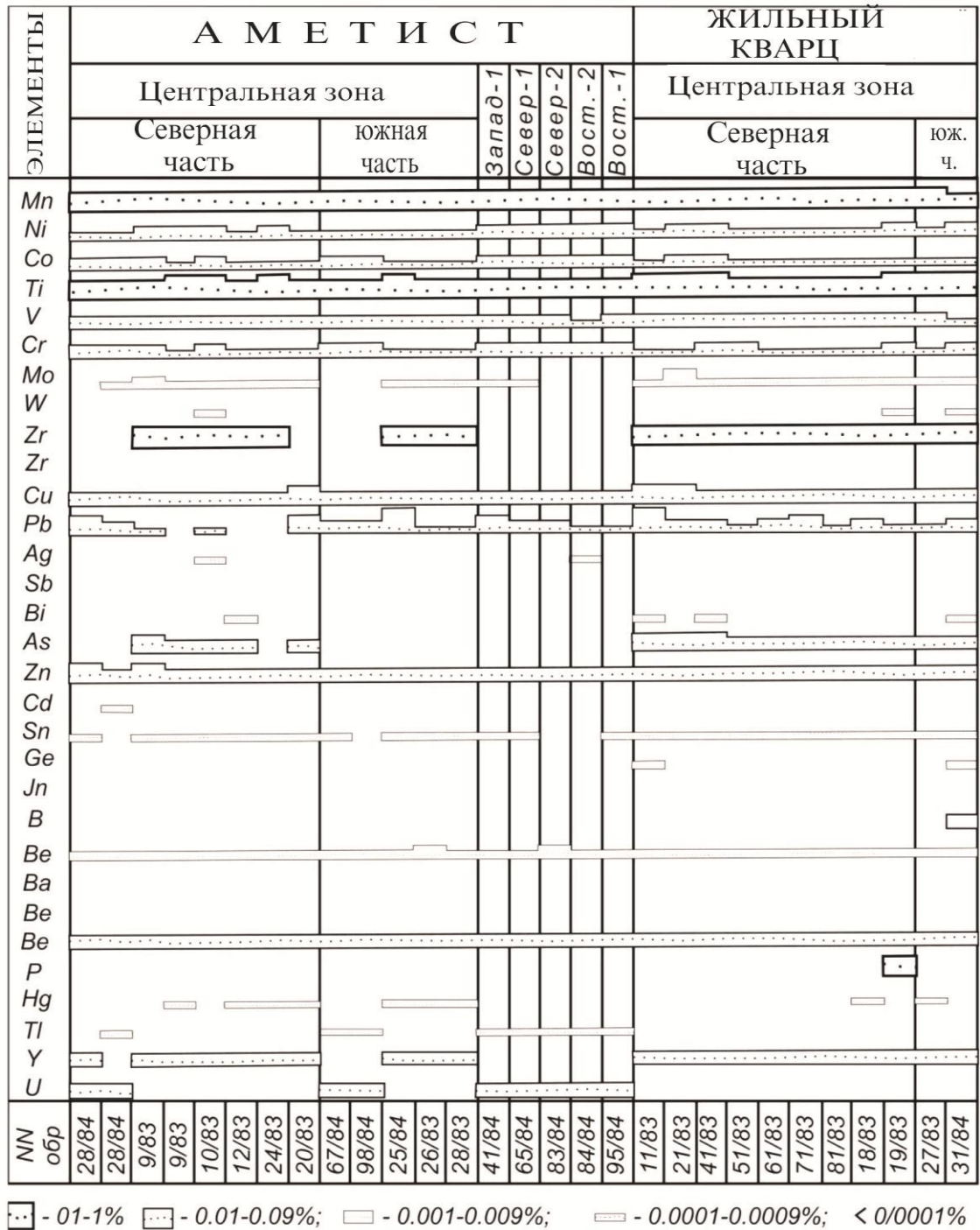


Рис. 11. Диаграмма сравнительного состава элементов-примесей в кварц-аметистовом месторождении Сельбур по данным спектрального анализа. По горизонтали – частота встречаемости, по вертикали – содержание в пятибалльной системе



Таблица 8. Содержание благородных металлов в кварце, аметисте и вмещающих породах месторождения Сельбур

№№ пп	№№ проб	Материал проб	Au, мг/т	Pt, мг/т	Pd, мг/т
1.	260-а	жильный кварц	12,3	1,3	3,2
2.	261	Аметист	7,0	5,7	8,8
3.	262	Туфопесчаник	4,2	21,1	4,1
4.	263	измененный туфопесчаник	6,6	51,4	2,1
5.	264	измененный туфопесчаник	1,5	15,0	4,4

Примечание: Методы анализа: Au – атомно-абсорбционный, химик-аналитик А.Н.Кряжов; Pt и Pd – инверсионно-вольтамперометрический; химики-аналитики: Pt – Е.Г.Покриева, Pd– Ю.А.Оськина.

Впервые проведенные определения золота, платины и палладия в аметисте, кварце и вмещающих околожильных туфопесчаниках месторождения Сельбур установили следующие (Пшеничкин, Оськина, Хасанов, Гарибмахмадова, 2015).

Выявлены повышенные концентрации золота как в жильном кварце (12,3 мг/т) и аметисте (7,0 мг/т), так и в окварцованных метасоматитах по туфопесчаникам. При этом, в окварцованных туфопесчаниках, отобранных на удалении от кварцево-аметистовой жилы, содержание золота минимальное (1,5 мг/т). С приближением к жиле содержание золота увеличивается до 4,2 мг/т, а вблизи контакта с жилой составляет уже 6,6 мг/т. Судя по низким содержаниям золота во вмещающих породах (1,5 мг/т), можно предположить, что золото могло поступать с гидротермальными растворами при формировании кварцево-аметистовых жил (Пшеничкин, Оськина, Хасанов, Гарибмахмадова, 2015).

Установлены также повышенные содержания платины в неизменённых туфопесчаниках (21,1 мг/т), так и в их изменённых разностях на контакте с кварцево-аметистовой жилой (51,4 мг/т). Собственно, в кварце содержание платины резко сокращается до 1,3 мг/т, а в аметистах, наоборот, в 4 раза выше (5,7 мг/т), чем в кварце.

Концентрации палладия не высокие как в неизменённых туфопесчаниках (4,1 мг/т), так и околоскварцевых метасоматитах (2,1-4,4 мг/т). В кварце содержание

палладия близки с вмещающими породами (3,2 мг/т). А в аметистах 3 раза большее (8,8 мг/т), чем в кварце.

Таким образом, полученные первые результаты о повышенных содержаниях золота, платины и палладия в аметисте, кварце и околожильных метасоматитах месторождения Сельбур, дают основание в необходимости более детального изучения на благородные металлы кварца и аметиста как на месторождении Сельбур, так и на всех проявлениях аметиста Южного Тянь-Шаня – Калот, Охангарон и др.

#### **4.2. О причинах окраски аметиста и рентгеноструктурное изучение кварца и аметиста**

Работами ряда исследователей (Хасанов, Гарибмахмадова, 2012; Оймахмадов, 2006; Цинобер, Ченцова, 1959) установлено, что окраска аметиста связана с вхождением в кристаллическую решетку кварца ионов трехвалентного железа. При этом в аметистах отмечается повышенное, по сравнению с бесцветным кварцем, содержание железа ( $10^{-2}$ – $10^{-3}$  %).

Исследования последних лет показали, что центрами аметистовой окраски являются ионы железа в необычном четырехвалентном состоянии, возникающие за счет  $Fe^{3+}$  после ионизирующего облучения (Е.Я. Киевленко, Н.Н. Сенкевич, А.П. Гаврилов, 1982). Как было известно, для окраски аметиста важную роль играет содержание железа. По сведениям предыдущих исследователей, в частности А.Р. Файзиева и И.С. Оймахмадова (2001), для фиолетовой разности аметиста данного месторождения среднее содержание железа достигает 0,13 %, в темно-фиолетовом равно 0,60 % и в бледно-фиолетовом составляет 0,007 %. А по данным Конно Гирози (1967), содержание  $Fe^{3+}$  в аметистах достигает до 72-92 г/т. По мнению Дж. Дэна и др. (1966) количество  $Fe_2O_3$  в бледно-фиолетовых аметистах колеблется от 0,004 до 0,015 %, а в фиолетовых – 0,005-0,07 % и от 0,02 до 0,35 % достигает в темно-фиолетовых разностях аметиста. По нашим

исследованиям содержание железа в интенсивно окрашенных аметистах доходит до 0,82 %.

По данным других исследователей, в частности К.Ф. Худоба (1962), для проявления цвета аметиста нужно не только наличие  $Fe^{3+}$  в кристаллах кварца, но необходимо еще и облучение каким-нибудь радиоактивным источником, который находится за пределами кристалла. Однако, это предположение нашими исследованиями не подтверждается. Поскольку, во-первых, в анализированных нами образцах аметиста содержится до 0,009 % урана (В.Т. Горбатов, А. В. Климкин 1987; С.Н. Гарибмахмадова, 2013) и, во-вторых, с метасоматическими процессами аметистообразования пространственно связаны некоторые проявления урана. Эти данные дают основание предположить, что ионизирующий источник находится в том самом флюиде, из которого образовался аметист.

С целью выяснения влияния примесей на параметры элементарной ячейки были изучены образцы кварца и аметиста. Для исследования взят образец аметиста (№ 65/84) и полупрозрачного кварца (№ 65/84-а). Для сравнения был изучен образец аметиста (№ 65/84), предварительно прокаленный в муфельной печи при температуре  $700^{\circ}C$  в течение одного часа.

Рентгеноструктурный анализ указанных образцов выполнен в лаборатории рентгеноструктурного и термического анализа ВСЕГЕИ старшим инженером О.Ю. Дубиком.

Съемка проводилась на дифрактометре ДРОН-2,0 (С излучение, режим 35 кв-20 мА). Для уменьшения ошибок, связанных с условиями проводимых определений, степень измельчения образцов кварца и аметиста, а также плотность набивки кювет создавались для всех образцов одинаковой. Интенсивность рефлексов на дифрактограммах определялась путем измерения высоты пика с учетом фона.

В результате сопоставления полученных дифрактограмм кварца и аметиста можно сделать некоторые выводы. Дифракционные кривые кварца и аметиста практически не имеют различий. В них наблюдается одинаковое число максимумов и неизменность их положения на рентгенограммах (рисунок 12).

Дифрактограммы имеют некоторые отличия лишь по интенсивности этих максимумов, которые более сильно выражены у аметиста, прокаленного в печи. Это может быть связано с недостаточной дисперсностью или однородностью образца.

Кварц относится к тригонально-трапецоэдрическому классу симметрии тригональной сингонии с кристаллической решеткой гексагонального типа. Стандартные размеры элементарной решетки составляют:  $a_0 = 4,913 \text{ \AA}$ ;  $C_0 = 5,405 \text{ \AA}$ .

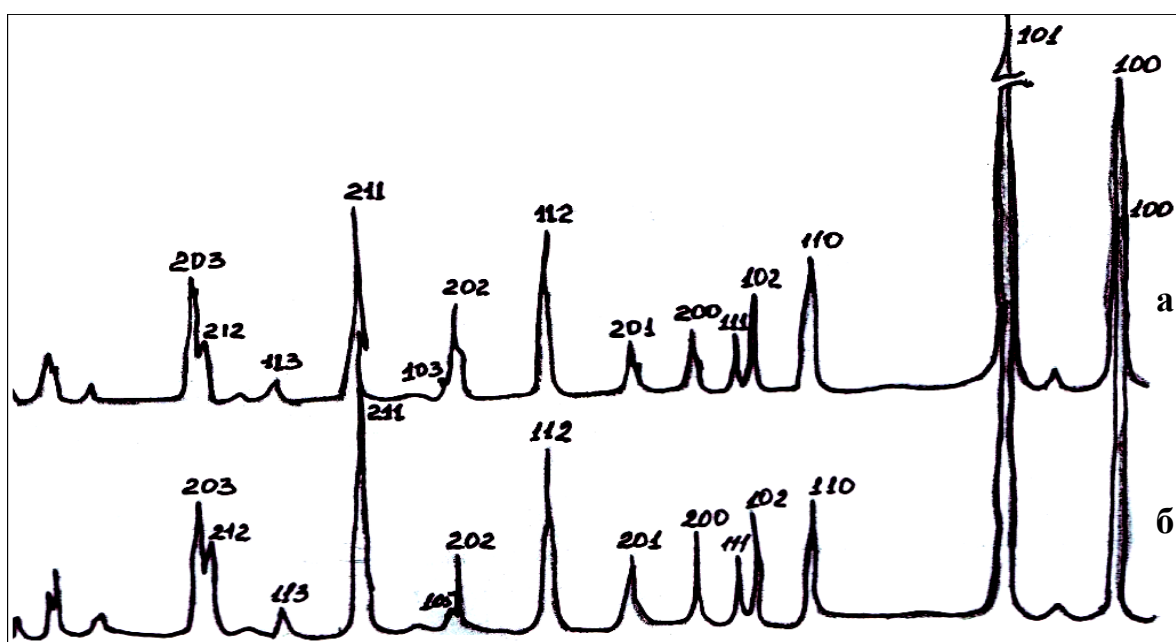


Рис. 12. Дифрактограммы кварца (а) и аметиста (б). Рентгеноструктурный анализ образцов выполнен в лаборатории рентгеноструктурного и термического анализа ВСЕГЕИ

По данным рентгеноструктурного анализа были рассчитаны параметры элементарной решетки кварца и аметиста месторождения Сельбур. Размеры элементарной ячейки составляют:

Кварц –  $a_0 = 4,913 \text{ \AA}$ ;  $C_0 = 5,398 \text{ \AA}$ .

Аметист –  $a_0 = 4,913 \text{ \AA}$ ;  $C_0 = 5,389 \text{ \AA}$ .

Из приведенных данных видно, что размеры элементарной ячейки изученных образцов кварца и аметиста месторождения Сельбур практически соответствуют стандартным размерам, отличаясь незначительно лишь по параметру  $C_0$ . Структурная примесь трехвалентного железа, принимаемая

многими исследованиями за главный хромофор аметиста, не оказывает заметного влияния на его структуру и размер элементарной ячейки аметиста.

### **4.3. Физико-химические условия образования аметиста**

Формирование кварцево-аметистовых жил месторождения Сельбур происходило в довольно сложных геологических и физико-химических условиях. Об этом свидетельствуют наблюдаемые особенности их строения, условий залегания, минерального состава и степени аметистоносности жил. Физико-химические условия формирования аметистовых жил расшифровываются, помимо полевых геологических наблюдений, путем исследования остатков минералообразующих растворов, законсервированных в виде газовой-жидких включений в жильном кварце, аметисте и других минералах.

Раздел написан по материалам автора и предыдущих исследователей с использованием данных С.А. Морозова, А.Х. Хасанова, Н.Н. Зевакина (1987), А.Р. Файзиева, С.А. Морозова, И.С. Оймахмадова (2001) и др.

В минералах кварцево-аметистовых жил месторождения Сельбур встречено большое количество газовой-жидких и твердых включений. Изучение этих включений позволяет получить достаточно объективную информацию о физико-химических условиях минералообразования и химическом составе рудообразующих растворов (Ермаков, 1957, 1966, 1968, 1972). В данном разделе рассмотрены особенности физико-химических условий образования кварцево-аметистовых жил месторождения Сельбур. Для этой цели из просмотренных образцов жильного кварца и аметиста были подготовлены полированные пластинки и выколки, содержащие газовой-жидкие включения. В них установлены также твердые включения, представленные серицитом, гематитом, каолинитом, хлоритом, битумами.

Термометрические исследования газовой-жидких включений проводились методом гомогенизации и криометрии (Ермаков 1972; Кормушин, 1981, 1982;

Борисенко, 1977). Фазовый состав их изучался под микроскопом, химический состав включений определен методом водных вытяжек.

Изученные включения по агрегатному состоянию являются газожидкими. Размеры их колеблются от тысячных долей мм до 1-1,5 мм. В жильном кварце вакуоли имеют очень малые размеры, составляющие тысячные и сотые доли миллиметра. В кристаллах горного хрусталя и аметиста преобладающее количество включений имеет размеры от 0,01 до 0,1 мм. По фазовому составу они в большой степени являются существенно жидкими, газовая фаза в них составляет 5-10, реже 25-30 % от их объема. Чаше они гомогенизируются при нагревании в жидкую фазу, подтверждая тем самым гидротермальный характер растворов, формировавших кварцево-аметистовые жилы. В зависимости от приуроченности к зонам роста кристаллов или к определенным системам трещин, выделяются первичные и вторичные включения (Ермаков, 1950).

Включения имеют самую различную конфигурацию, причем для первичных наиболее характерна изометричная, угловатая или округлая формы, для вторичных – плоская, вытянутая или неправильная. По составу они чаще двухфазовые, реже – трех- и многофазовые. Трехфазовые включения встречаются двух видов: 1) водный раствор + газ + твердая фаза; 2) водный раствор + газ + жидкая углекислота. Многофазовые включения, кроме водного раствора и газового пузырька, содержат 2-3 или более твердых фаз. Жидкая углекислота в них наблюдается в виде ободка вокруг газового пузырька. Содержание ее обычно не превышает 10-15 %. Постоянное присутствие углекислоты в составе гидротермальных растворов отмечается как на месторождениях Западного Памира (Элинсон, Польшковский, Меркулов, 1971), так и в других провинциях (Наумов, Миронова, Кузьмин, 1972). Среди твердых включений отмечаются также битумы.

Термометрические исследования кристаллов горного хрусталя и аметиста проводились методами гомогенизации и криометрии (Ермаков 1972; Кормушин, 1981, 1982). Были изучены включения как первичные, так и вторичные. При изучении жильного кварца и аметиста из северной части жильной зоны

Центральная получены следующие данные. Включения из оснований друзовидных агрегатов, представленных мелкозернистым молочно-белым кварцем, гомогенизировались при температуре 410-380° С. Прилегающий к ним мелко-шестоватый молочно-белый кварц имеет температуру гомогенизации включений 330-310° С. Включения в средних частях крупношестоватого, друзовидного, полупрозрачного кварца гомогенизировались при температурах 185-157-150-140° С. Полупрозрачные участки друзовидного аметистизированного кварца и аметиста имеют температуру гомогенизации 138-135-126-120° С.

Термометрические замеры были проведены также в жильном кварце и аметисте из южной части жильной зоны Центральная, которая расположена на 100-120 м гипсометрически ниже северной части зоны. Мелкозернистый молочно-белый кварц здесь имеет температуру гомогенизации 410-400-370-364° С. Включения из крупнокристаллического, полупрозрачного кварца гомогенизировались при температурах 293-277-262° С. Верхние части кристаллов бледно окрашенного аметиста имели температуру гомогенизации 143-134-124-105° С.

На основании полученных результатов температурные условия образования кварцево-аметистовых жил и аметиста месторождения Сельбур можно представить следующим образом. Формирование кварцево-аметистовых жил происходило в три стадии, в широком диапазоне температур от 410-390° С до 160-100° С. В первую стадию сформированы кварцевые жилы, сложенные мелкозернистым молочно-белым кварцем. Они имеют наиболее высокую температуру образования, равную 400-370° С. Образование кварцевых жил продолжалось при постепенном понижении температуры до 330°-260° С, при этом отлагался шестоватый молочно-белый, участками полупрозрачный кварц.

Во вторую стадию образованы жилы шестоватого и друзового прозрачного и полупрозрачного кварца при температурах 180-140° С.

Процесс образования аметистоносных жил завершался в третью стадию кристаллизацией аметиста при температурах 140-100° С. Таким образом, отмечается тенденция к постепенному снижению температуры в процессе

образования аметистоносных жил. Аметист месторождения Сельбур является наиболее низкотемпературным среди других проявлений Таджикистана (Морозов, Хасанов, Зевакин, 1982).

Криометрические исследования газовой-жидких включений в кварце и аметисте показали, что температуры их замерзания колеблются от  $-70^{\circ}\text{C}$  до  $-19^{\circ}\text{C}$ . Большие величины переохлаждения характерны для прозрачных разновидностей аметистизированного кварца. Это указывает на то, что аметистообразующие растворы содержали незначительное количество примесей, могущих служить центрами кристаллизации. Для шестоватого и друзовидного кварца характерны меньшие величины переохлаждения, что указывает на образование их более подвижными растворами, содержащими значительное количество примесей. Аметист кристаллизовался позднее в более спокойной обстановке, из более чистых растворов слабой концентрации (Добрецова, 1968; Борисенко, 1977).

Химический состав включений в жильном кварце определялся методом водных вытяжек, дополненным химико-спектральным анализом (Москалюк 1971; Хетчико, Ташкер, 1970). Анализы выполнены в лаборатории геотектоногенов ВУУ г. Алма-Ата (аналитик Липова). Химические анализы водных вытяжек произведены из аметиста и аметистизированного кварца из различных проявлений и жильных зон месторождения. Для анализа использовались мономинеральные пробы весом 25 г, фракции 0,5-0,25 мм. Результаты анализов приведены в таблице 9.

По данным анализов видно, что во включениях присутствуют катионы  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  и анионы  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{F}^-$ . Присутствие в растворах включений как анионов сильных кислот, так и катионов сильных щелочей приводит к почти полной взаимной их нейтрализации; рН растворов составляет от 7,1 до 7,7 ед. В растворах водных вытяжек преобладают хлориды натрия, кальция и магния. Бикарбонаты имеют меньшее значение. В пробе № 84/84 бикарбонаты преобладают, что объясняется близким расположением места взятия пробы от



мраморизованных известняков (проявления Восточное-2). Сульфаты натрия, калия и магния во включениях находятся в подчиненном количестве.

Сопоставление химического состава водных вытяжек из аметистизированного кварца и аметиста месторождения Сельбур с аналогичными данными по другим провинциям (Хетчиков, Ташкер 1970; Балицкий, Хетчиков, Дороговин 1970; Козлов, Ли, Маханак, 1982) показывают, что наряду с общими чертами химизма, они имеют некоторые различия. По своему составу растворы являются существенно хлоридными, менее бикарбонатными. Сульфаты играют подчиненную роль. Из числа катионов в них преобладающее значение имеют Na и K, в меньшей степени – Ca и Mg (Хасанов, Зевакин, Липова, 1988). По мнению А.Г. Бетехтина (1955), растворы во включениях отличаются от гидротерм тем, что они характеризуют лишь их отработанную часть. Но несмотря на это, данные о химизме растворов включений объективно характеризуют изменение состава и концентрации растворов в ходе гидротермального процесса.

Таблица 9. Результаты химического анализа водных вытяжек из аметистизированного кварца и аметиста месторождения Сельбур

№№	Наименование проявлений жильных зон	Характеристика	№ обр.	Содержание в вес.% к общему количеству солей								Сумма	pH
				Катионы				Анионы					
				K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	HCO <sub>3</sub>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	F <sup>-</sup>		
1	Западное-I	аметист, кварц	41/84	15,98	26,32	2,35	0,38	22,93	29,98	1,88	0,19	100,01	7,4
2	Северное-I	аметист	65/84	13,50	22,10	3,51	0,08	24,96	34,86	0,82	0,16	99,99	7,5
3	Северное-2	аметист	83/84	14,33	32,24	2,35	0,31	9,21	39,92	1,54	0,10	100,00	7,4
4	Восточная-I	аметист, кварц	95/84	13,30	28,50	4,50	0,32	11,59	40,47	1,27	0,06	100,01	7,1
5	Восточная-2	аметист	84/84	не обн.	17,84	3,92	0,39	47,84	27,84	1,96	0,20	99,99	7,7
6	Центральная зона. Северная часть	аметист	28/84	11,38	30,89	3,58	0,24	14,88	37,48	1,22	0,33	100,00	7,3
7	—»»—	аметист	31/84	14,72	29,44	1,77	0,20	17,96	34,84	0,98	0,10	100,01	7,6
8	Центральная зона. Южная часть	аметист	67/84	12,26	25,03	2,75	0,31	18,69	39,84	1,02	0,10	100,00	7,4
9	—»»—	аметист	98/84	13,10	29,48	3,17	0,33	13,32	38,76	1,63	0,22	100,01	7,5

## ГЛАВА 5. ОКОЛОЖИЛЬНЫЕ МЕТАСОМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ БОКОВЫХ ПОРОД

### 5.1. Общие сведения о метасоматических процессах

Углубленное изучение метасоматических процессов приобретает в последние годы все большее значение при решении вопросов рудной геологии и металлогении регионов. Данной проблеме посвящена обширная литература, важное место среди которых занимают труды А.Н. Заварицкого, В.А. Николаева, Д.С. Коржинского, А.Ф. Коробейникова, В.А. Жарикова, И.И. Бока, И.Х. Хамрабаева, Н.Н. Курека, Н.И. Наковника, Г.Н. Щербы и многих других учёных. В книге академика Д.В. Рундквиста «Критерии прогнозной оценки ...» (1986) отмечается, что в работах многих ученых – Д.С. Коржинского, В.А. Жарикова, В.А. Рудника, Б.А. Омеляненко, А.Ф. Коробейникова и других, «процессы гидротермального метасоматизма в истории формирования земной коры имеют не меньшее значение, чем процессы осадконакопления, метаморфизма, магматизма. Возникшие в итоге преобразований первичных пород гидротермально-метасоматические образования представляют собой закономерный набор различных пород (метасоматитов), связанных общей структурой – зональностью... Они занимают особое место в связи с тесной пространственной и генетической связью с ними разнообразных типов эндогенных месторождений рудных и неметаллических полезных ископаемых».

Среди существующих исследований по данной проблеме особое место занимает физико-химическая теория и генетическая классификация метасоматических процессов академика Д.С. Коржинского. Метасоматические явления района исследования и в целом Центрального Таджикистана изучены сравнительно недостаточно. Отдельным вопросам этой проблемы (околорудные изменения пород и процессы скарнообразования) посвящены работы Р.Б. Баратова, Н.А. Блохиной, Т.И. Новиковой, В.А. Жарикова, В.В. Могаровского. Более обширно данные вопросы рассмотрены в работах А.Х. Хасанова (1976, 2004), которыми была установлена взаимная связь и роль процессов метасоматоза

в образовании различных типов метасоматитов и связанных с ними различных типов оруденения Центрального Таджикистана, в том числе аметистового месторождения Сельбур.

Установлено, что различные стадии метасоматических процессов в регионе проявляются непосредственно после завершения интрузивного процесса в средне-верхнее каменноугольное время и продолжаются довольно длительное геологическое время. С последней стадией и связана аметистовая минерализация. Если минералы метасоматитов начальных стадий датируются в среднем  $300 \pm 10$  млн. лет, то образования завершающих этапов – около 110 (126 и 93) млн. лет (таблица 10). При этом наблюдается последовательное изменение физико-химического состояния постмагматических флюидов – с раннещелочного через кислотный до почти нейтрального – слабо кислотно-щелочного. Интенсивность масштаба метасоматических процессов в целом носит регрессивный характер. Различные типы оруденения, связанные с метасоматическими образованиями, заметно возрастают, а затем постепенно убывают от начальных к конечным стадиям процесса.

Таблица 10. Стадии, виды метасоматоза и рудно-метасоматические формации Центрального Таджикистана  
(по А. Х. Хасанову)

Стадии метасоматоза		Виды метасоматоза	Рудно-метасоматические формации	Абсолютный возраст (млн. лет)
Магматическая		Магматическое замещение, гранитизация и ассимиляция	Образование магматитов, мигматитовых гнейсов, амфиболитов, магнезиальных скарнов, гибридных гранодиорит-диоритов, меладiorитов	330±10
Постмагматическая	Раннещелочная	Микроклинизация	Микроклинизированные, монозонитизированные, фенитизированные породы, образование микроклинитов, порфиробластических (микроклин, роговая обманка) и рапакивиобразных гранитов повышенной щелочности.	280±10
		Скарнирование	Известковые и апомагнезиальные скарны и скарноиды с магнетитом.	
		Альбитизация (нефелинизация)	Альбитизированные породы, апограниты, фениты, альбититы, микроклиниты, сиенито-диориты; образование щелочных фельдшпатоидных (нефелин-содалит-канкринитовых) сиенитов («метасиенитов»).	235±10
	Кислотная	Приконтактовое и региональное выщелачивание	Формирование ультракислых (красных гранитов, апогранитов, кварц-полевошпатовых метасоматитов, грейзенов, парагрейзенов, вторичных кварцитов, березитов и серицитолитов с редкометальным оруденением. Метасоматическое преобразование и редкометальная минерализация пегматитов и скарнов.	220±10
	Слабо-поздняя кислотная, слабо-щелочная	Осаждение продуктов выщелачивания и рудных минералов	Альбитизация (деанортитизация), серицитизация, окварцевание, листовенитизация, каолинизация, ортоклазизация, карбонатизация, флюоритизация пород и осаждение эпитермальных рудных минералов – киновари, антимонита, галенита, сфалерита, золота и редкоземельных и радиоактивных соединений, флюорита, барита, целестина, кальцита, арагонита (мраморного онекса). Формирование жильных полостей с исландским шпатом, оптическим флюоритом, баритом, горным хрусталем и аметистом.	126- 93 (15)

## 5.2. Метасоматические изменения вмещающих пород месторождения Сельбур

Как было отмечено выше, кварц-аметистовое оруденение связано с заключительным циклом поздне-слабокислотно – слабощелочной стадией метасоматических процессов и связанными с ними различными околожильными изменениями боковых пород. Последние, наряду с магматическими, структурными и многими другими факторами, служат также важным поисковым признаком для обнаружения ценных, в данном случае, кварц-аметистовых залежей. Во многих случаях ранее считалось, что рудная минерализация, будучи генетически связанная с тем или иным интрузивом, сопровождается различным околожильным изменением боковых пород. Другими словами, оруденение предшествует околожильным преобразованиям. В настоящее время многие исследователи считают, что сложные процессы взаимодействия гидротермальных растворов с боковыми породами могут привести к мобилизации некоторых минеральных веществ пород субстрата, которые затем, наряду с компонентами глубинных растворов, могут быть переотложены в рудных жилах (Коржинский, 1955). Другими словами, околожильное изменение пород предшествует рудному заполнению жил.

Проведенные исследования в пределах аметистового месторождения Сельбур наглядно подтверждают эту точку зрения. Формирование кварцево-аметистовых жил и жильных зон сопровождается разнообразными гидротермальными изменениями вмещающих пород. Их изучение является одним из наиболее достоверных способов качественной и количественной оценки процессов аметистообразования.

Об относительном времени образования околожильных изменений существуют различные мнения. Ф.Н. Шахов (1964) считает, что «околожильное изменение предшествует жильному выполнению, каким бы не представлять способ его отложения». Другие авторы (Космынин, 1968; Ермаков, 1972; Карл Худоба, 1962) отмечают, что образование жил, тесно связано с взаимодействием

гидротермальных растворов с вмещающими породами. Полученные нами данные подтверждают последнюю точку зрения. Минеральный тип гидротермальных изменений зависит в первую очередь от особенностей химизма циркулировавших гидротермальных растворов и состава боковых пород (Киевленко, 1959). Отмечается прямая зависимость масштабов кварц-аметистовой минерализации от интенсивности гидротермальных изменений вмещающих пород (Захарченко, 1955; Исмаилов, Горюнов, 1981).

Гидротермальные изменения вмещающих пород окол кварцево-аметистовых зон выражаются, главным образом, в окварцевании, альбитизации, ортоклазизации и, в меньшей степени, карбонатизации и гематитизации боковых пород.

Поведение основных породообразующих элементов при гидротермальном изменении туфопесчаников рассмотрим на примере кварцево-аметистовой зоны Центральная.

Южная часть жильной зоны, где проведено опробование, представляет собой сложное по морфологии тело, сложенное кварцево-аметистовыми жилами и прожилками, карбонатами, серицит-каолинитовой породой. Вдоль многочисленных трещин в жильной зоне гидротермальные изменения сопровождаются образованием эпидот-серицит-каолинитовой массы зеленовато-желтого цвета. Тесная связь кварцево-аметистовой минерализации с пропилитизированными породами отмечается также на месторождениях аметиста Среднего Урала (Карякин, 1962). Контакты жильной зоны резкие, в лежащем боку – прямолинейные, а в висячем – извилистые.

Вмещающие породы кварц-аметистовых жил Сельбура представляют собой темно-серые с зеленоватым оттенком туфопесчаники, имеющие бластопсаммитовую структуру и состоящие из кварца, плагиоклаза, калишпата, серицита, хлорита, из акцессорных минералов – циркона и апатита (рисунок 13). По мере приближения к жильному телу отмечается увеличение карбонатов, серицита, усиливается ожелезнение. Гидротермальные изменения в лежащем боку жильной зоны, как видно на диаграмме (рисунок 14), рассчитанной по атомно-

объемному методу (Казицын, Рудник, 1968) сопровождаются незначительным выносом кремнезема, титана, двухвалентного железа и фосфора. Выносятся почти весь натрий. Туфопесчаники обогащаются при этом трёхвалентным железом, кальцием и калием, незначительно повышается содержание алюминия и магния (таблицы 11, 12). Более интенсивные гидротермальные изменения наблюдаются в туфопесчаниках из жильной зоны, встречающиеся здесь в виде обломков или останцов. Вынос кремния здесь увеличивается до 28 %, двухвалентного железа – до 24 % и натрия – 73 %. Происходит значительное обогащение породы трёхвалентным железом, алюминием, кальцием, калием, магнием и фосфором.

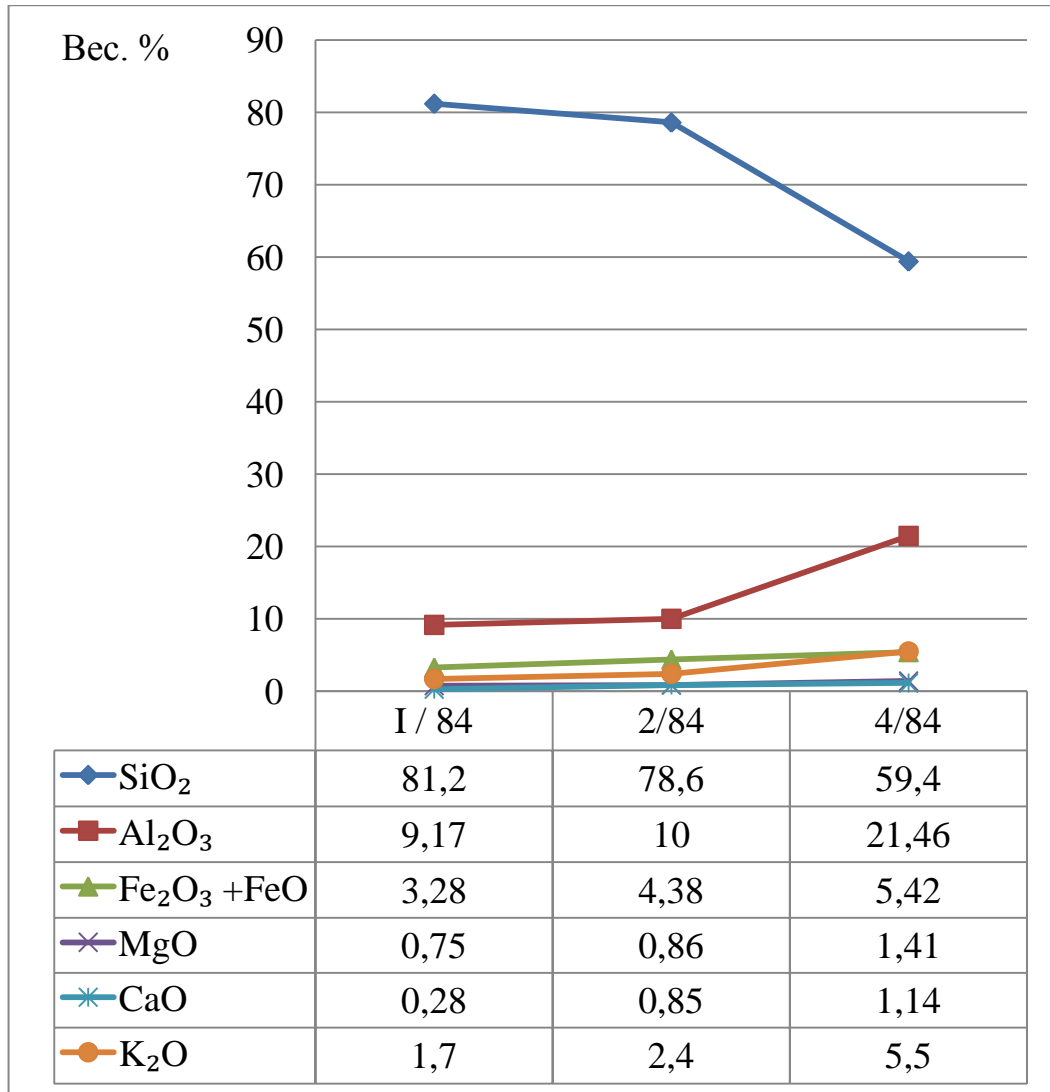
Несколько иной характер имеет поведение породообразующих элементов висячем боку жильной зоны. Около жильного тела отмечается незначительный вынос кремния (11 %) и натрия (4 %). Из зоны гидротермальной переработки висячем боку жильной зоны, выносятся лишь кремнезем (около 30 %) и двухвалентное железо (6 %) (рисунок 15). При этом туфопесчаники обогащаются кальцием, калием, алюминием, трёхвалентным железом и другими элементами (таблицы 13, 14).

Характер миграции вещества при гидротермальном изменении туфопесчаников в северной части жильной зоны Центральная имеет свои особенности (рисунок 16). Жильная зона в этой части имеет меньшую мощность, околожильные изменения выражены слабее, чем в южной части, и представлены, главным образом, окварцеванием и альбитизацией. На диаграмме видно, что гидротермальные околожильные изменения сопровождаются незначительным привносом кремния, алюминия, калия и выносом трёх- и двухвалентного железа, магния, кальция и других элементов (таблицы 15, 16). Данные спектральных анализов показывают, что при гидротермальном изменении туфопесчаников наблюдается увеличение содержания марганца, никеля, титана и фосфора. Содержание олова, бора, бария, стронция и лития уменьшается, а количество других примесей остается постоянным.





*Рис. 13. Кристаллы аметиста месторождения Сельбур  
среди кварцевых жил*



*Рис. 14. Диаграмма миграции элементов около лежащего бока кварцево-аметистовой зоны в туфопесчаниках. Южная часть Центральной зоны*

Отмеченные процессы сходны с таковыми на другом месторождении аметиста Ракзоу в Таджикистане (Западном Памире). Там тоже отмечены околожильные изменения и вариации химического состава боковых пород. На месторождении Ракзоу сравнение различных метасоматически изменённых пород андезитовых порфиров показывает, что процесс околожильного изменения вмещающих пород сопровождался выносом значительного количества кремнезема (10 %), щелочей, окисного и закисного железа, с одновременным привносом кальция и углекислоты, чем обусловлена карбонатизация пород (Хасанов, Астапов, Тагиров, 1989) (таблица 17; рисунок 17).

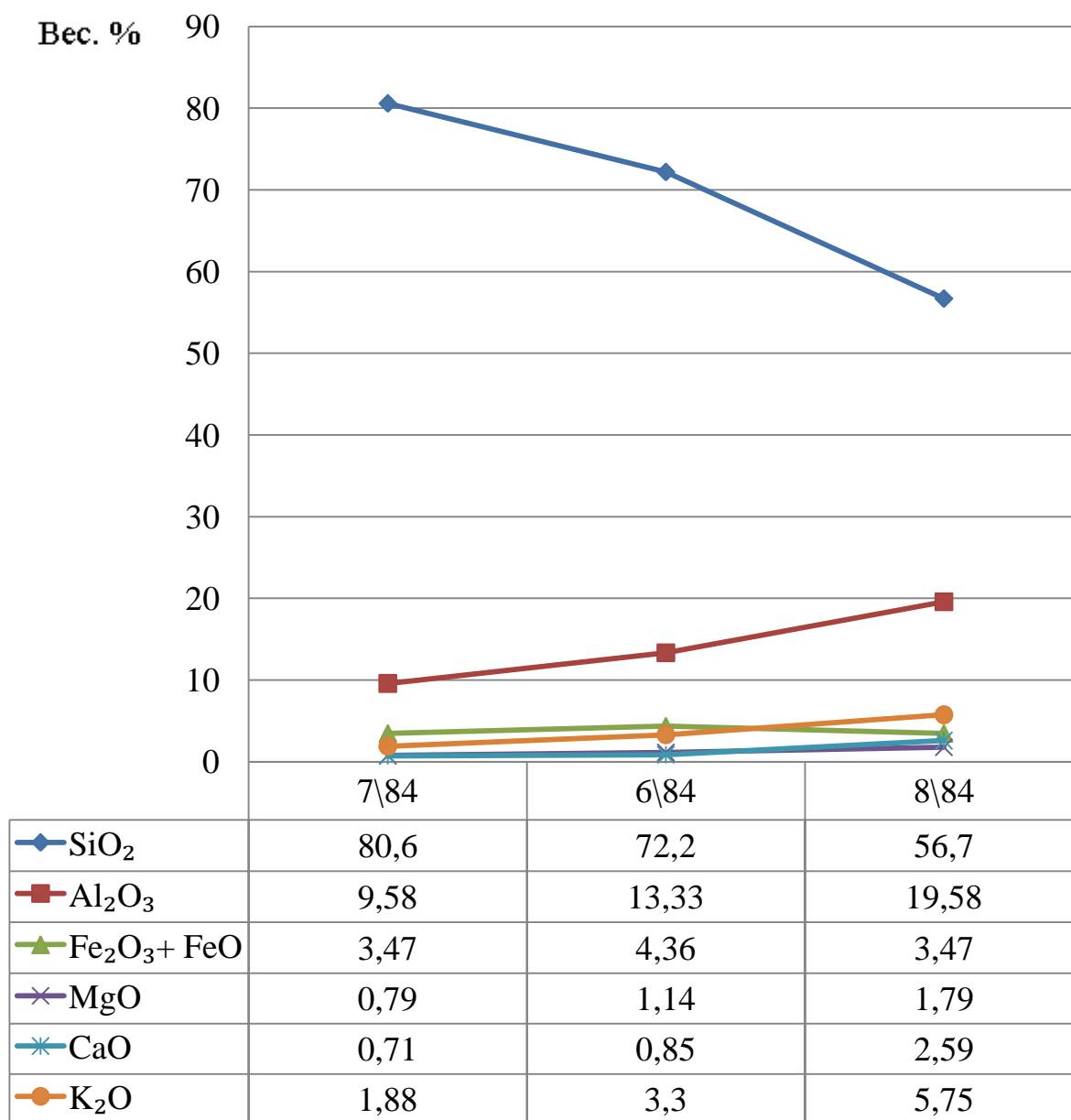
Таблица 11. Расчет содержания абсолютного количества атомов элементов в стандартном геологическом объеме пород по атомно-объемному методу месторождения Сельбур (Центральная зона, южная часть).

Компоненты	Вес. %						Ni <sup>v</sup>					
	Результаты анализа			Приведенные к 100 %			1/84		2/84		4/84	
	1 / 84	2/ 84	4/84	1 / 84	2/ 84	4/84	Катион	анион	катион	анион	катион	анион
SiO <sub>2</sub>	81,20	78,60	59,40	81,21	78,00	59,16	210,00	420,00	197,20	394,20	150,6	301,2
TiO <sub>2</sub>	0,52	0,47	1,00	0,52	0,47	1,00	1,01	2,02	0,89	1,78	1,92	3,84
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,17	10,00	21,46	9,17	9,93	21,38	27,9	41,85	29,57	44,36	64,1	96,2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,83	2,15	3,55	0,83	2,13	3,53	1,6	2,4	4,0	6,0	6,8	10,2
FeO	2,45	2,23	1,87	2,45	2,21	1,86	5,3	5,3	4,7	4,7	4,0	4,0
MnO	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,44	0,44	0,43	0,43	0,43	0,43
MgO	0,75	0,86	1,41	0,75	0,85	1,41	2,9	2,9	3,2	3,2	5,3	5,3
CaO	0,28	0,85	1,14	0,28	0,85	1,14	0,8	0,8	2,3	2,3	3,1	3,1
K <sub>2</sub> O	1,70	2,40	5,5	1,70	2,38	5,48	5,6	2,8	7,7	3,85	17,8	3,9
Na <sub>2</sub> O	0,75	0,10	0,20	0,75	0,10	0,20	3,8	1,9	0,5	0,25	0,99	0,49
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,10	0,08	0,18	0,10	0,08	0,18	0,22	5,5	0,17	0,43	0,38	0,95
CO <sub>2</sub>	0,17	0,08	0,13	0,17	0,08	0,13	0,6	1,22	0,28	0,56	0,45	0,90
H <sub>2</sub> O	0,20	0,30	0,25	0,30	0,30	0,25	3,44	1,72	5,1	2,55	4,2	2,1
П.п.п	1,67	2,44	4,10	1,67	2,42	4,08	28,80	14,4	40,8	20,4	41,1	20,5
∑	99,99	100,00	100,39	100,0	100,0	100,0	292,41	503,23	296,74	485,01	301,17	458,11
d <sub>y</sub>	2,58	2,52	2,54									

Примечание – обр. 1 / 84 – неизменный туфопесчаник; обр. 2/ 84 – слабо-измененный туфопесчаник; 4/84 – гидротермально-измененный туфопесчаник

Таблица 12. Баланс вещества около лежащего бока кварцево-аметистовой зоны месторождения Сельбур (Центральная зона, Южная часть)

Элементы	Количества в 10 нм <sup>3</sup>			Привнос-вынос на 10 нм <sup>3</sup>			
	1/84	2/84	4/84	Абсолют. разность 2/84	в % к 1/84	Абсолют. разность 4/84	в % к 4/84
Si	210	197	151	- 13	- 6	- 59	-28
Ti	1,01	0,89	1,92	- 0,12	-12	+91	+90
Al	28	29,6	64,1	+1,6	+6	+36,1	+129
Fe <sup>+3</sup>	1,6	4,0	6,6	+2,4	+150	+5,2	+325
Fe <sup>+2</sup>	5,3	4,7	4,0	- 0,6	- 11	- 1,3	- 24
Mn	0,44	0,43	0,43	- 0,01	- 2	- 0,1	- 2
Mg	2,9	3,2	5,3	+ 0,3	+ 10	+ 2,3	+ 287
Ca	0,8	2,3	3,1	+ 1,5	+ 187	+ 2,3	+ 287
K	5,6	7,7	17,8	+ 2,1	+ 37	+ 12,2	+ 217
Na	3,8	0,5	1,0	- 3,3	- 86	- 2,8	- 73
P	0,22	0,17	0,38	- 0,05	- 22	+ 0,16	+ 72
S	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-
CO <sub>2</sub>	0,6	0,3	0,5	- 0,3	- 50	- 0,1	- 16
OH	3,4	5,1	4,2	+ 1,7	+ 50	+ 0,8	+ 23
П.п.п	28,8	40,8	41,1	+ 12,0	+ 41	+ 12,3	+ 42
H <sub>2</sub> O	503	485	456	- 18	- 3	- 45	- 9
+∑	-	-	-	+ 21,6	+ 3	+ 72,37	+ 9
-∑	-	-	-	35,38	- 4	- 108,21	213
∑	795,47	731,63	759,63	- 13,73	- 1	- 35,84	- 4



*Рис. 15. Диаграмма миграции элементов около висячего бока кварцево-аметистовой зоны в туфопесчаниках. Южная часть Центральной зоны*

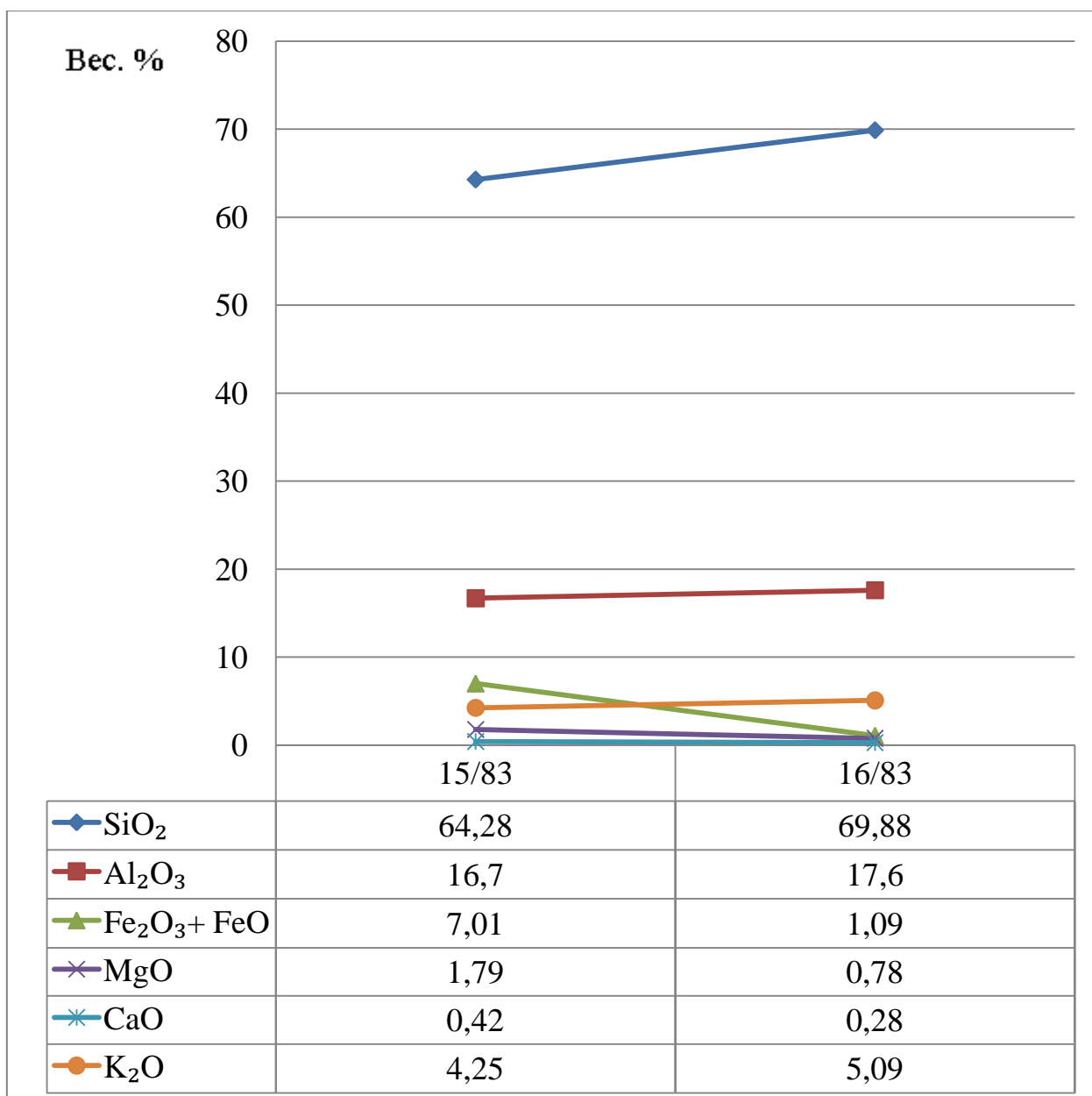
Таблица 13. Расчет содержания абсолютного количества атомов элементов в стандартном геологическом объеме пород ( $Ni^v$ ) по атомно-объемному методу, месторождение Сельбур (Центральная зона, южный часть).

Компоненты	Вес. %						$Ni^v$					
	Результаты анализа			Приведенные к 100 %			7 / 84		6/ 84		8/84	
	7/ 84	6/ 84	8/84	7 / 84	6/ 84	8/84	катион	анион	катион	анион	катион	анион
SiO <sub>2</sub>	80,60	72,20	56,70	80,40	72,31	56,54	206,30	412,60	184,10	368,20	143,30	286,60
TiO <sub>2</sub>	0,45	0,79	0,49	0,45	0,79	0,49	0,87	1,74	1,51	3,02	0,94	1,88
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,58	13,33	19,58	9,56	13,35	19,52	28,9	43,4	40,1	60,2	58,3	87,5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,03	2,78	2,10	2,02	2,78	2,09	3,9	5,9	5,3	8,0	4,0	6,0
FeO	1,44	1,58	1,37	1,44	1,58	1,37	3,1	3,1	3,4	3,4	2,9	2,9
MnO	0,02	0,02	0,0	0,02	0,02	0,0	0,04	0,04	0,04	0,04	0,0	0,0
MgO	0,79	1,14	1,79	0,79	1,14	1,79	3,0	3,0	4,2	4,2	6,8	6,8
CaO	0,71	0,85	2,59	0,71	0,85	2,58	2,0	2,0	2,3	2,3	7,0	7,0
K <sub>2</sub> O	1,88	3,30	5,75	1,88	3,31	5,73	6,2	3,1	10,8	5,4	18,5	9,25
Na <sub>2</sub> O	0,55	0,49	0,59	0,50	0,49	0,59	2,5	1,3	2,4	1,2	2,9	1,45
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,06	0,14	0,03	0,06	0,14	0,03	0,13	0,33	0,30	0,75	0,06	0,15
S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CO <sub>2</sub>	0,17	0,06	1,49	0,17	0,06	1,49	0,6	1,2	0,2	0,4	5,2	10,4
H <sub>2</sub> O	0,10	0,30	0,30	0,10	0,30	0,30	1,7	0,85	5,1	2,55	5,08	2,54
П.п.п	1,90	2,87	7,50	1,90	2,88	7,48	32,5	16,25	48,9	24,45	126,52	63,26
∑	100,23	99,85	100,28	100,00	100,00	100,48	291,74	494,81	308,65	484,11	381,50	485,73
d <sub>v</sub>	2,56	2,54	2,53									

Примечание: обр. 7 / 84 – неизменный туфопесчаник;  
обр. 6/ 84,8/84 – гидротермально – измененный туфопесчаник

Таблица 14. Баланс вещества около лежащего бока кварцево-аметистовой зоны месторождения Сельбур (Центральная зона, южная часть).

Элементы	Количество атомов в 10 нм <sup>3</sup>			Привнос-вынос на 10 нм <sup>3</sup>			
	7/84	6/84	8/84	Абсолют. разность 6/84	в % к 7/84	Абсолют. разность 8/84	в % к 7/84
Si	206	184	143	-22	- 11	- 63	- 30
Ti	0, 87	1, 51	0, 94	+ 0, 64	+ 73	+ 0, 07	+ 8
Al	29	40	58	+ 11	+ 38	+ 29	+ 100
Fe <sup>+3</sup>	3, 9	5, 3	4, 0	+ 1, 4	+ 36	+ 0, 1	+ 2
Fe <sup>+2</sup>	3, 1	3, 4	2, 9	+ 0, 3	+ 9	- 0, 2	- 6
Mn	0, 04	0, 04	0, 0	0, 0	0, 0	Вынос	
Mg	3, 0	4, 2	6, 8	+ 1, 2	+ 40	3, 8	+ 127
Ca	2, 0	2, 3	7, 0	+ 0, 3	+ 15	+ 5, 0	+ 250
K	6, 2	10, 8	18, 5	+ 4, 6	+ 74	+ 12, 3	+ 198
Na	2, 5	2, 4	2, 9	- 0, 1	- 4	+ 0, 4	+ 16
P	0, 13	0, 30	0, 06	+ 0, 17	+ 130	- 0, 07	- 54
S	-	-	-	-	-	-	-
CO <sub>2</sub>	0, 6	0, 2	5, 2	- 0, 4	- 67	+ 4, 6	+ 766
OH	1, 7	5, 1	5, 1	+ 3, 4	+ 200	+ 3, 4	+ 200
П.п.п	32, 5	48, 9	126, 5	+ 16, 4	+ 50	+ 94	+ 289
O	495	484	486	- 11	- 2	- 9	- 2
+Σ	-	-	-	+ 39, 41	+ 5	+ 152, 7	+ 18
-Σ	-	-	-	33, 50	- 4	- 72, 2	- 9
Σ	786, 54	792, 65	866, 90	+ 6, 11	+ 1	+ 80	+ 10



*Рис. 16. Диаграмма миграции элементов на контакте кварцево-аметистонной жилы в туфопесчаниках. Северная часть Центральной зоны*



Таблица 15. Расчет содержания абсолютного количества атомов элементов в стандартном геологическом объеме пород ( $Ni^V$ ) по атомно - объемному методу. Месторождение Сельбур, Центральная зона, северная часть.

Компоненты	Вес. %				$Ni^V$			
	Результаты анализа		Приведенные к 100%		15/83		16/83	
	15/83	16/83	15/83	16/83	катион	анион	катион	анион
Si O <sub>2</sub>	64,28	69,88	63,76	69,68	166,8	323,6	174,6	349,2
TiO <sub>2</sub>	0,86	0,86	0,85	0,85	1,7	3,4	1,6	3,2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,70	17,60	16,56	17,55	51,1	76,5	51,8	77,7
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,57	0,73	5,52	0,73	10,9	16,4	1,4	2,1
FeO	1,44	0,36	1,43	0,36	3,1	3,1	0,8	0,8
MnO	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
MgO	1,79	0,78	1,78	0,78	6,9	6,9	2,9	2,9
CaO	0,42	0,28	0,42	0,28	1,2	1,2	0,8	0,8
K <sub>2</sub> O	4,25	5,09	4,21	5,07	14,1	7,05	16,2	8,1
Na <sub>2</sub> O	0,29	0,26	0,29	0,26	1,5	0,75	1,3	0,65
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,28	0,08	0,28	0,08	0,62	1,55	0,17	0,43
S	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-
CO <sub>2</sub>	0,0	0,13	0,0	0,13	-	-	0,44	0,88
H <sub>2</sub> O	0,72	0,56	0,72	0,56	12,6	6,3	9,4	4,7
П.п.п	4,20	3,67	4,17	3,66	72,8	36,4	61,2	30,6
∑	100,81	100,29	100,00	100,00	343,34	483,17	323,23	482,08
Dv	2,61	2,50						

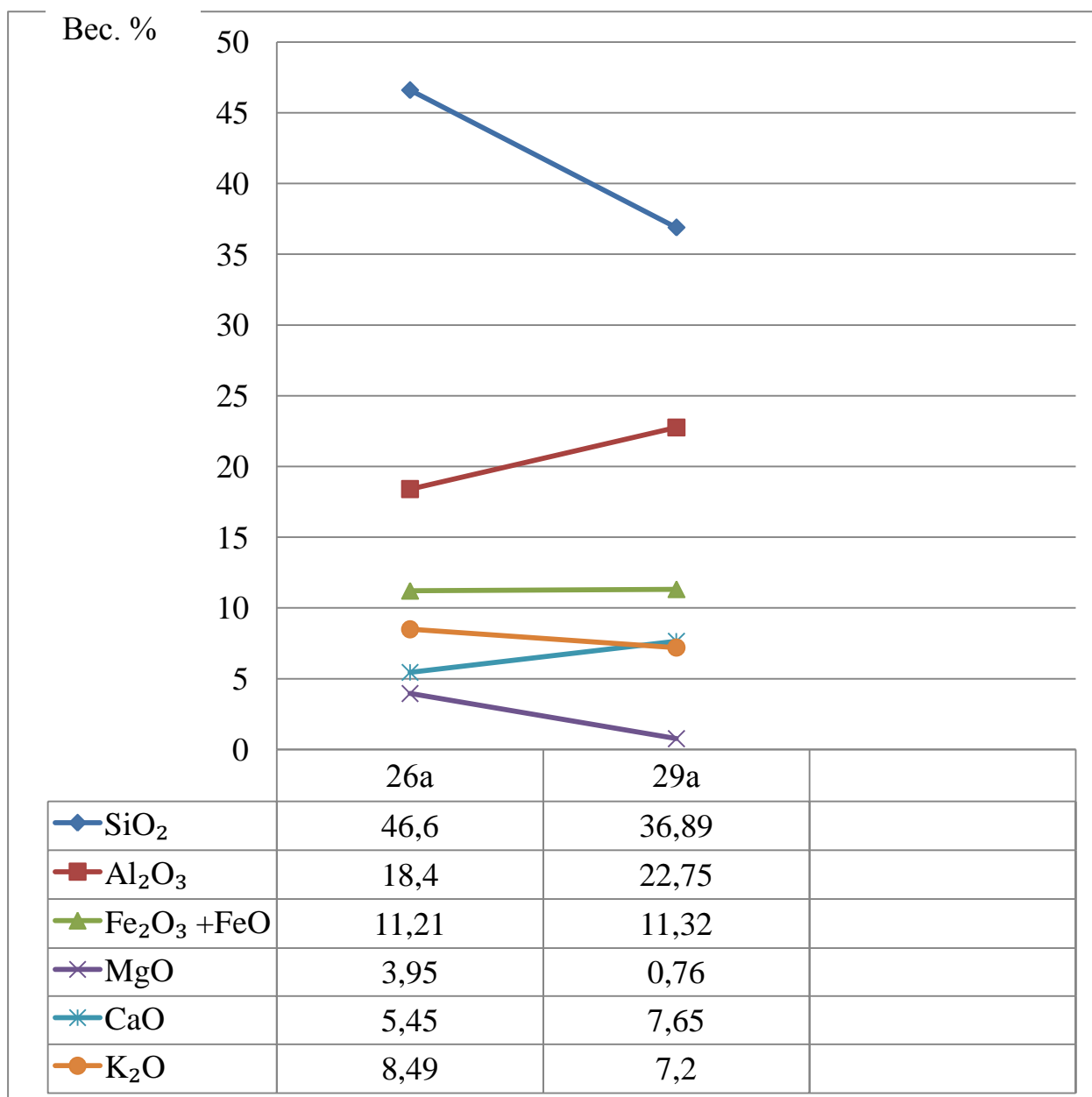
Анализы обр. 15/83, 16/83 выполнены в Центральной лаборатории Управления геологии при Правительстве РТ; обр. 15/83 – неизменный туфопесчаник, обр. 16/83 – гидротермально-измененный туфопесчаник

Таблица 16. Баланс вещества около кварцево-аметистовой жилы  
месторождение Сельбур (Центральная зона, северная часть)

Элементы	Количество атомов в 10 нм <sup>3</sup>		Привнос-вынос на 10 нм <sup>3</sup>	
	15/83	16/83	Абсолютные разности	В % к 15/83
Si	167	175	+8	+ 5
Ti	1,7	1,6	- 0,1	- 6
Al	51	52	+1	+2
Fe <sup>+3</sup>	10,9	1,4	-9,5	- 87
Fe <sup>+2</sup>	3,1	0,8	-2,3	-74
Mn	0,02	0,02	0	0
Mg	7	3	-4	-57
Ca	1,2	0,8	-0,4	-33
K	14	16	+2	+14
Na	1,5	1,3	-0,2	-13
P	0,62	0,17	-0,45	-72
S	0,0	0,0	-	-
CO <sub>2</sub>	0,0	0,44	+0,44	Привнос
OH	12,6	9,4	-3,2	-25
П.п.п	73	61	-12	-16
O	483	482	-1	-0,2
+∑	-	-	+11,44	+1
-∑	-	-	-33,15	-4
∑	826,64	804,93	-21,71	-3

Таблица 17. Расчет содержания абсолютного количества атомов элементов в стандартном геологическом объеме пород ( $Ni^v$ ) по атомно-объемному методу, месторождения Ракзоу.

Компоненты	Вес. %				Содержание абсолютного кол-ва атомов в стандартном объеме				Миграция вещества
	Результаты анализа		Приведенные к 100%		26а		29а		
	26а	29а	26а	29а	катион	анион	катион	анион	-вынос +привнос
SiO <sub>2</sub>	46,60	36,89	46,89	37,09	134,44	268,88	84,40	168,80	-50,04
TiO <sub>2</sub>	1,55	1,70	1,55	1,70	3,73	7,46	2,91	5,82	-0,82
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,40	22,75	18,52	22,87	62,58	93,87	61,34	92,01	-1,24
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,09	10,21	9,14	10,27	19,71	29,57	17,58	26,37	-2,13
FeO	2,12	1,11	2,13	1,11	5,12	5,12	2,11	2,11	-3,01
MnO	0,35	0,10	0,35	0,10	0,85	0,85	0,20	0,20	-0,65
MgO	3,95	0,76	3,97	0,76	16,95	16,95	2,58	2,58	-14,37
CaO	5,45	7,65	5,48	7,69	16,83	16,83	18,75	18,75	+1,92
K <sub>2</sub> O	8,49	7,20	8,54	7,24	31,23	15,62	21,01	10,51	-10,21
Na <sub>2</sub> O	0,40	0,40	0,40	0,40	2,22	1,11	1,76	0,88	-0,46
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,52	0,80	0,52	0,80	1,26	3,16	1,54	3,85	+0,28
S	0,10	0,10	0,10	0,10	0,54	-	0,43	-	-0,11
CO <sub>2</sub>	1,27	4,32	1,27	4,34	4,97	9,94	12,45	24,90	+7,51
H <sub>2</sub> O	1,14	5,50	1,14	5,53	21,80	10,90	83,95	41,98	+62,15
Σ	99,77	99,75	100,00	100,00	322,23	480,26	311,01	398,76	Катион - 11,22 Анионы - 81,5



*Рис. 17. Диаграмма миграции элементов около висячего бока кварцево-аметистовой зоны на месторождении аметистов Ракзоу*

### 5.3. Закономерности пространственного размещения и возраст аметистовой минерализации

Нашими исследованиями установлено, что основная масса аметистосодержащих жил находятся среди пород повышенной основности и железистости, как правило, на расстоянии 500-600 м от выходов пересыщенных кремнекислотой гранитоидов. Эта закономерность, прослеженная и в других проявлениях аметиста Южного Тянь-Шаня, не является случайной, поскольку в процессе циркуляции гидротермальных растворов через вмещающие породы и интенсивной их переработки происходит вынос и переотложение значительного количества кремнезема в виде кварца и аметиста. Экстрагированные из вмещающих пород ионы железа также переоткладываются в жилах не только в виде гематита, анкерита, пирита, но и служат основным хромофорным элементом аметиста. По этой причине в аметисте месторождения Сельбур отмечено повышенное (до 0,82 %), по сравнению с бесцветным кварцем, содержание железа. Такое же пространственное размещение кварц-аметистовых жил отмечается в других месторождениях как в пределах региона, так и за его пределами: Ракзоу на Памире (рисунки 18, 18 а), Навабад в Узбекистане, а также в Киргизии, Сибири и др.

Наиболее ярко эволюционный характер хрусталеобразования виден на примере месторождения аметиста северного Урала (Буканов, Маханек, 1974). На одном из них нижние горизонты были представлены хрусталеносными жилами с обелисковидными кристаллами горного хрусталя. На поверхности этих кристаллов нередко наблюдаются неравномерные скульптурные наросты кварца дымчатой окраски. Если первая генерация кристаллов кварца отвечает по своим признакам раннехрусталеносной стадии, то аметистовая минерализация встречается в верхних горизонтах хрусталеносных зон. Кристаллы аметиста выполняют щелевидные гнезда небольшой мощности в кварцевых жилах и минерализованных трещинах в сланцах. Также надо отметить, рудопроявление горного хрусталя и аметиста месторождения Мискансай, которое расположено в

юго-западных отрогах Тянь-Шаня, где кристаллы минералов приурочены к полостям в гранатовом скарне, образовавшиеся на контакте нижнекарбоновых известняков с гранодиоритами среднего карбона (Исмаилов, 1975).

Кроме перечисленных нами месторождений аметиста следует отметить, что несколько десятков лет тому назад геологами России были выявлены проявления аметистов на Сибирской платформе. Как правило, они сложены трапповыми породами вулканического происхождения. Следует отметить, что также в геологических музеях г. Иркутска в коллекциях можно встретить аметисты Коршуновского, Катского и Капаевского железорудных месторождений и из ряда железорудных месторождений, расположенных на севере Иркутской области (Вархушев, 1979).

При проектировании геолого-съёмочных или поисковых работ на аметистовую минерализацию необходимо наметить аметистоносные площади с благоприятной геологической обстановкой. На этих площадях нужно уделять повышенное внимание тем участкам, где отмечается сочетание всех трех групп геологических предпосылок.

К северо-западу и северо-востоку от месторождения Сельбур отмечаются выходы туфогенных отложений нижнего и среднего карбона, которые пересекаются тектоническими нарушениями субмеридионального простирания. Близость выходов гранитоидов от этих участков указывают на их потенциальную аметистоносность.

К северу от площади месторождения также отмечаются выходы вулканогенно-осадочных толщ среднего карбона, площадью около 15 км<sup>2</sup>, которые представлены туфопесчаниками, полимиктовыми песчаниками, алевролитами и известняками. С запада эта площадь ограничивается субмеридиональным нарушением, а с севера – субширотным надвигом. Отмеченная площадь входит в зону экзоконтакта гранитоидной интрузии, по составу аналогичной гранитам апикальной части Южно-Варзобского массива. Сочетание всех трех групп геологических предпосылок также позволяет отнести эту площадь к потенциально-перспективным на аметистовую минерализацию.

Непосредственно в районе месторождения Сельбур обращают на себя внимание, с точки зрения перспектив на аметисоносность, проявления Северное-1, Северное-2 и Восточное-2. Эти проявления характеризуются значительной протяженностью и достаточной мощностью кварцево-аметистовых зон, наличием гнезд и занорышей, содержащих мелкие короткостолбчатые кристаллы аметиста. Отмеченные проявления изучались, лишь с поверхности, с применением незначительного объема горных работ. Эти проявления являются наиболее перспективными в отношении аметисоносности и заслуживают более глубокого изучения.

Выявленная закономерность проявления аметистовой минерализации, в зависимости от состава вмещающих пород на примере месторождения Сельбур, может быть одним из поисковых критериев на этот вид камнесамоцветного сырья на рассматриваемой территории, а также и в других регионах.

В последнее время, при дальнейшем более углубленном изучении аметистовых месторождений и проявлений в регионе, было уделено внимание проблеме их геологического возраста. Время образования тех или иных минеральных ассоциаций является важной составной частью их изучения. По мнению академика Д.В. Рундвиста (1986), фактор времени возникновения минеральных ассоциаций относится к числу важных характеристик месторождений. Установление возраста месторождений, помимо общегенетического интереса, имеет весьма важное значение при выборе приоритетных площадей поисковых работ, а также при установлении места и времени изучаемого месторождения в общей последовательности минерало-рудообразования данного региона.

Для установления возраста месторождения обычно используются различные имеющиеся геологические возможности и методы. В частности, стратиграфические методы наиболее благоприятны в районах, отличающихся достаточной полнотой палеонтологического обоснования разреза. Для обоснования возраста эндогенных генетических типов широко используются (с введением определенных коррективов и поправок) различные методы абсолютной

геохронологии. А также при этом широко используются и соответствующие возрастные данные по соседним прилегающим территориям.

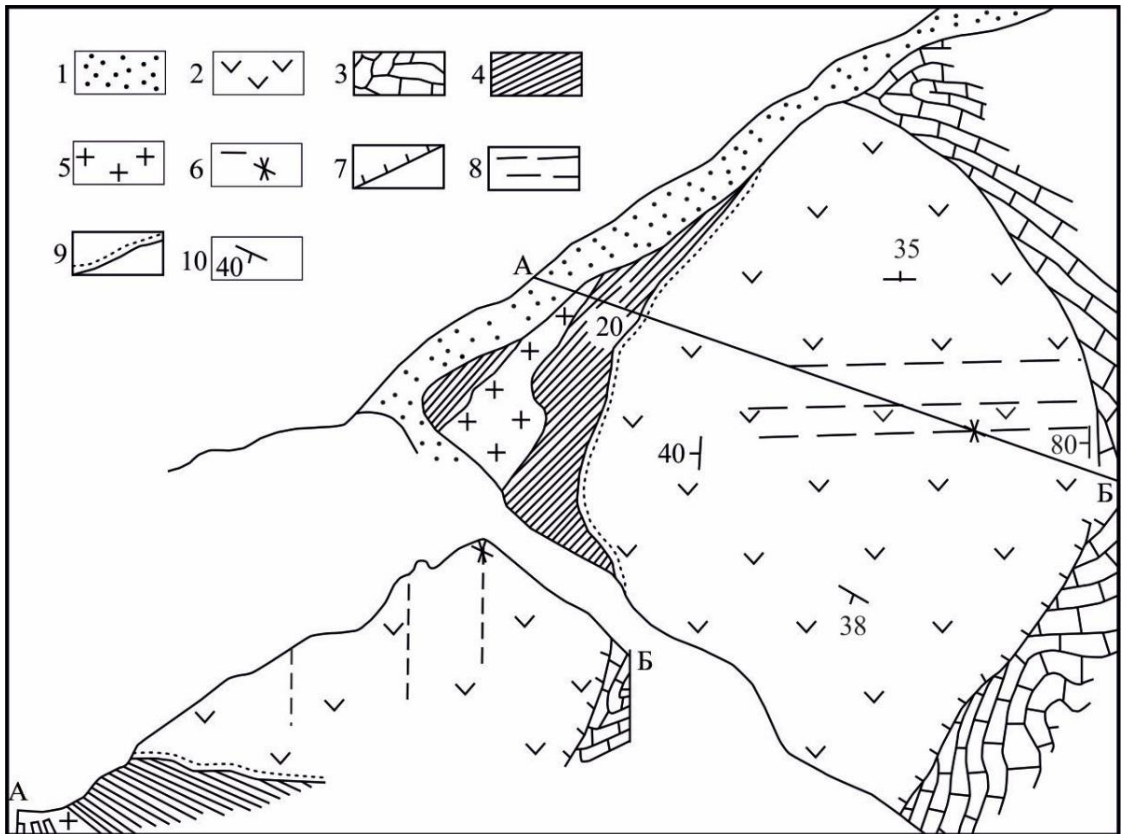
В отношении времени аметистообразования рассматриваемого месторождения Сельбур имеется мало сведений. Как было отмечено выше, аметист месторождения Сельбур находится среди нижне- и среднепалеозойских пород, в основном туфов, туфопесчаников приконтактовых гранитоидов повышенной основности. В опубликованной краткой статье геологов производственных организаций В.Т. Горбатка и А.В. Климкина (1987) сказано, что все проявления аметиста региона сформировались в единый этап. На это указывает их минералогический и микрохимический (геохимический) состав. Судя по пересечению кварц-аметистовых жил пород кислого состава поздней перми – раннего триаса и, возможно, субвулканических даек кварцевых порфиров, которые считаются подводящими «корнями» покрова нижнепермских кислых эффузивов (А.Х. Хасанов, 1957) и отсутствие таковых в триас-юрских отложениях, можно датировать их возраст как раннетриасовый. Можно допустить, что в приведенных обоснованиях производственными геологами возраста аметистопроявления на Южном Гиссаре и Каратегине, приведено недостаточно конкретных данных. Но очень важно, что они, вопреки господствующего мнения о верхнепалеозойском возрасте эндогенной эпитеpmальной минерализации, в том числе аметиста, допускают их нижне-мезозойский возраст. То есть, они стоят на позиции видных ученых-геологов А.Е. Ферсмана, Д.И. Щербакова, А.А. Саукова и других, высказанных ими еще в начале планомерного геологического изучения Средней Азии в 30-х годах XX века в отношении сурьмяно-ртутных, урановых, сульфидно-флюоритовых, сульфидно-флюоритово-целестиновых и других эпитеpmальных минерализаций.





*Рис. 18. Геологическая схема и разрез месторождения аметиста Сельбур (Южный Гиссар).*

1 – четвертичные отложения; 2 – верхний мел. известняки, песчаники, глин; 3 – нижний мел. красноцветные песчаники, гравелиты, известняки; 4 – верхняя юра; песчаники, гравелиты, известняки; 5 – верхний триас; элювиально-делювиальные осадочные брекчи, песчаники и глины; 6 – московский ярус среднего верхнего карбона; сланцевая пачка, известняки; 7 – московский ярус среднего и верхнего карбона; алевролитовая пачка, сланцы, песчаники, известняки; 8 – девон предполагаемый; глыбы мраморизованных известняков среди средне-верхнекарбонных отложений; 9 – кварцево-дацитовые порфиры; 10 – аплиты и аплитовидные граниты; 11 – лейкократовые граниты; 12 – светлые мраморизованные известняки; 13 – кварцевые жилы; 14 – окварцевание; 15 – трещины; 16 – разломы надвигового типа; 17 – кварц-аметистовые жилы



*Рис. 18 а. Геологическая схема и разрез месторождения аметиста Ракзоу (Западный Памир).*

*1 – четвертичные отложения; 2 – андезитовые порфиры и альбитофиры бартангской серии; 3 – известняки данаматской свиты; 4 – песчано-сланцевая толща вомарской свиты; 5 – гранитоиды ванч-язгулемского комплекса; 6 – кварц-аметистовые жилы; 7 – минерализованное разрывное нарушение; 8 – зоны брекчирования; 9 – угловое стратиграфическое несогласие; 10 – элементы залегания*

## ГЛАВА 6. ФОРМИРОВАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ В СВЯЗИ С ОБЩИМ РАЗВИТИЕМ РУДНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РЕГИОНА

Аметистообразование в регионе тесно связано с генезисом других разновидностей кварца, в том числе горного хрусталя. Месторождения последнего в значительном количестве установлены и разрабатывались много лет в качестве стратегического сырья (пьезокварца). По ним существует значительная геологическая литература. Генезис их дискуссионный и по этой проблеме существуют различные точки зрения.

Происхождение хрусталеносных кварцевых жил обсуждается с давних пор (Верхотуров, Верхотурова, Захарченко, Зевакин, Карякин, Кузьмин, Лазько, Морозенко, Морозов, Мусаэлян, Недзвецкий, Тагиров, Хамидов, Хасанов и др.). Многие исследователи хрусталеобразование непосредственно увязывают с гидротермальным процессом и переотложением в полостях экстрагированного кремнезема вмещающих высококремнистых пород (кварцитов и др.). Нашими исследованиями установлено, что образование хрусталеносных кварцевых жил тесно связано с последовательным проявлением постмагматических метасоматических процессов при непосредственном участии глубинных флюидов и благоприятствующих тектономагматических и литологических факторов. В раннещелочную стадию (по схеме акад. Коржинского) под влиянием ювенильных щелочных (натриевых) флюидов происходит альбитизация вмещающих осадочно-метаморфических толщ и преобразование их в альбититы, адиноли и близкие к ним метасоматиты. Они обычно размещаются в непосредственной близости и на флангах хрусталеносных жил. В последующую кислотную стадию имеет место окварцевание и грейзенизация (турмалинизация, мусковитизация) исходных ранее альбитизированных пород. С этой стадией связано образование массивных почти мономинеральных кварцевых жил. В поздней слабо кислотной и слабо щелочной стадии протекают относительно низкотемпературные околожилные изменения (серицитизация, аргиллизация, хлоритизация и т.д.) пород, сопровождаемые выщелачиванием кремнезема. В условиях небольших глубин (600-1000 м) это приводит к образованию полостей растворения различной формы и размеров.

Этот процесс при постепенном понижении температуры и существенной нейтрализации флюидов сопровождается осаждением выщелоченного кремнезёма в жильном пространстве и «полостях растворения» в виде кристаллов горного хрусталя и других разновидностей кварца. Отмечается прямая зависимость масштабов хрусталеобразования жил от степени проявления метасоматических процессов. Несколько позже происходит отложение карбонатов, флюорита и других сопровождающих минералов жил. Мобилизация кремнезёма глубинными флюидами происходит в виде фторидов и хлоридов кремния. Это подтверждается химическим и минеральным составом газово-жидких включений во флюорите, наличием флюорита и других фторидов в составе жил. Хрусталеносные кварцевые жилы, таким образом, представляют собой типичные жилы растворения, образованные в результате проявления заключительных стадий метасоматических процессов.

Весь ход метасоматических процессов носит регрессивный характер. Наиболее ранние и высокотемпературные стадии метасоматоза имеют более или менее региональный характер. Последующие сравнительно низкотемпературные стадии метасоматоза сосредоточены вдоль разрывных нарушений и локальных зон дробления.

### **6.1. Поисковые критерии и признаки выявления аметистовых жил месторождения Сельбур**

Для получения необходимой геологической информации о геолого-структурных особенностях размещения аметистовых проявлений, их минералогическом составе, петрографо-минералогических особенностях вмещающих пород было проведено всестороннее изучение кварцево-аметистовых зон и жильных тел (рисунок 19).

Изучение аметистовых проявлений проводилось, прежде всего, методом поисковых маршрутов в районе развития продуктивных аметистоносных жил среди туфопесчаников среднего и верхнего карбона. При этом обращалось

внимание как на прямые, так и на косвенные поисковые признаки аметистопроявления – находки кристаллов аметиста, их обломков и щеток, кварца. К косвенным признакам аметистопроявления относятся участки и зоны гидротермально измененных вмещающих пород, зоны интенсивной трещиноватости, участки ожелезнения, окварцевания и альбитизации, которые могут свидетельствовать о возможной приуроченности к ним зон аметистовой минерализации. При изучении кварц-аметистовых проявлений обращалось внимание на текстуру и структуру жильных тел, минеральный состав, на их форму и размеры, наличие и размещение гнезд и занорышей с кристаллосырьем, а также на его качественную характеристику (рисунок 20).

С целью установления генетической связи аметистовой минерализации с вмещающими породами проводилось их опробование по определенным профилям вкрест простирания аметистоносных кварцевых жил. Отбор минералого-геохимических проб осуществлялся способом штупфного опробования. Образцы отбирались как из неизмененных пород, в удалении от жильных зон, так и из гидротермально-измененных участков вблизи жильных тел.





*Рис. 19. Штольня пройденная по кварц-аметистовой зоне месторождения Сельбур*

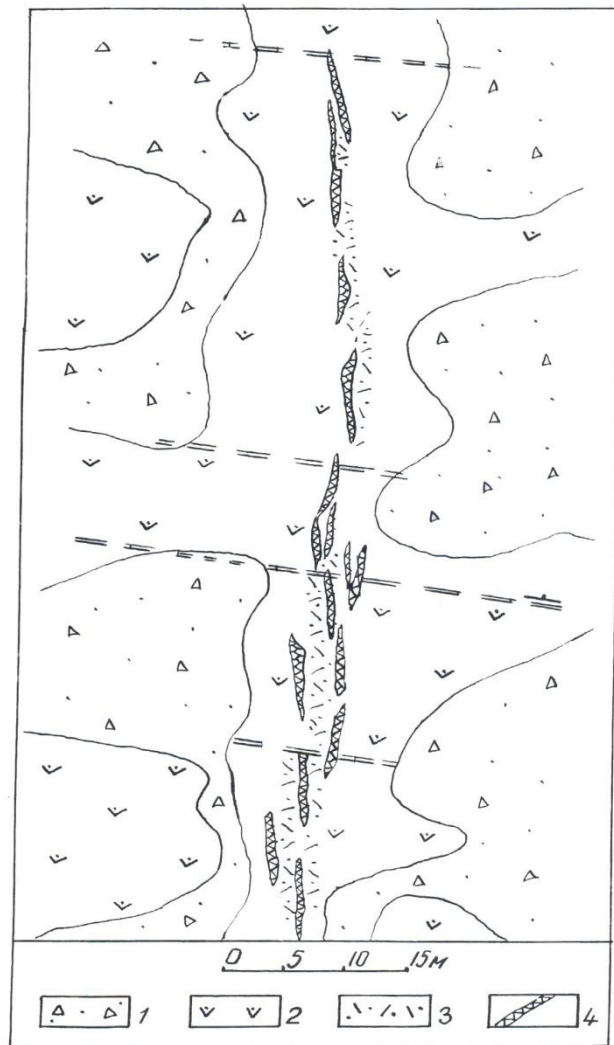


*Рис. 20. Кварц-аметистовые гнезда светлые - среди туфопесчаников (тёмное)*

Детально были осмотрены и задокументированы с отбором образцов из кварц-аметистовых жил в районе действующих на месторождении Сельбур карьеров № 1 и № 2 в пределах жильной зоны Центральная. Отбор проб сопровождался составлением геолого-геохимического разреза, макроскопическим описанием пород, составлением планов аметистовых проявлений на глазомерной топооснове.

Ниже приводится характеристика некоторых наиболее характерных жильных зон.

Проявление Северное-2 находится на расстоянии 250 м по азимуту СВ  $5^{\circ}$  от жильной зоны Центральная. Оно представлено жильной зоной, состоящей из серии кулисообразно расположенных кварцевых и кварц-аметистовых жил, соединенных кварцевыми прожилками. Жильная зона развита пострудными тектоническими нарушениями, имеющими простирание СЗ  $280^{\circ}$  и крутое падение на ЮЗ (рисунок 21). Вмещающие жильную зону туфопесчаники разбиты многочисленными трещинами, участками брекчированы.



*Рис. 21. Схематическая геологическая карта проявления аметиста Северное-2.*

*1 – делювиальные отложения; 2 – темносерые ороговикованные туфопесчаники; 3 – брекчированные и окварцованные участки;  
4 – кварцевые жилы с аметистом*

Жильные тела, составляющие минерализованную зону, имеют длину 5-12 м и мощность 0,3-0,5 м. Отдельные из них достигают в раздувах мощность 1,5-2 м. Общая длина жильной зоны около 100 м, а мощность достигает 5-6 м. Простираение зоны СВ  $5^{\circ}$ , падение на ЮВ под углами  $80-85^{\circ}$ .

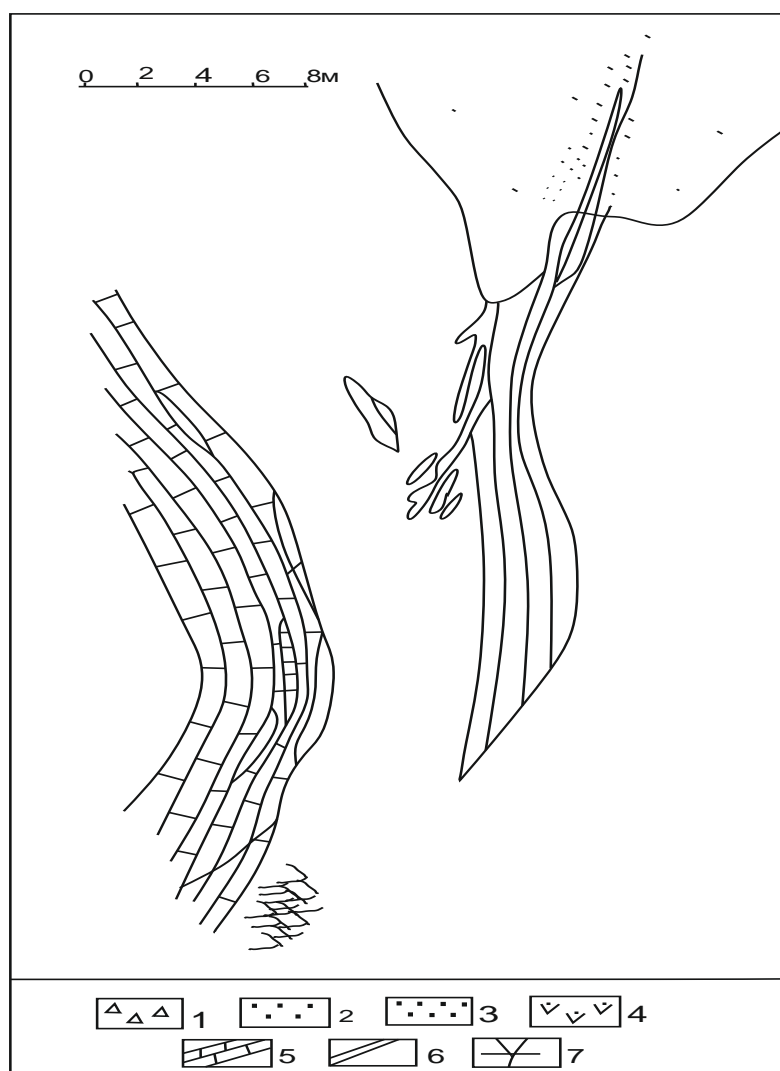
Жильные тела сложены молочно-белым, участками ожелезненным или полупрозрачным мелкозернистым и шестоватым кварцем. В строении кварцевых



прожилков часто наблюдается определенная зональность. При зальбандовая часть жил (5-7 мм) сложена серым мелкозернистым кварцем, который переходит в мелко-шестоватый молочно-белый кварц мощностью 10-15 мм. Последний сменяется слабо аметистизированным шестоватым кварцем мощностью 5-10 мм. На пересечении кварцевых жил и в местах раздувов встречаются мелкие гнезда и занорыши с мелкими, бледно-фиолетовыми кристаллами аметиста.

Проявление Западное-2 находится на расстоянии 600 м от жилой зоны Центральная по азимуту СЗ  $330^{\circ}$ . Оно представлено серией кварцевых жил, залегающих кулисообразно (рисунок 22). Вмещающие породы представлены темно-серыми туфопесчаниками, роговиками и мраморизованными известняками. Жильные тела зоны имеют в длину 5-15 м и мощностью 0,2-0,5 м, в раздувах мощность жил достигает 1 м. Азимут падения жил ЮВ  $110-120^{\circ}$ , угол падения  $80-85^{\circ}$ . Общая длина жилой зоны около 50 м, а мощность достигает 3-5 м. Жильные тела зоны сопровождаются многочисленными субпараллельными кварцевыми прожилками, имеющими мощность 1-2 см. Прожилки сложены зональным кварцем: около контакта кварц мелкокристаллический, серый, переходящий в центральных частях серый шестоватый кварц.

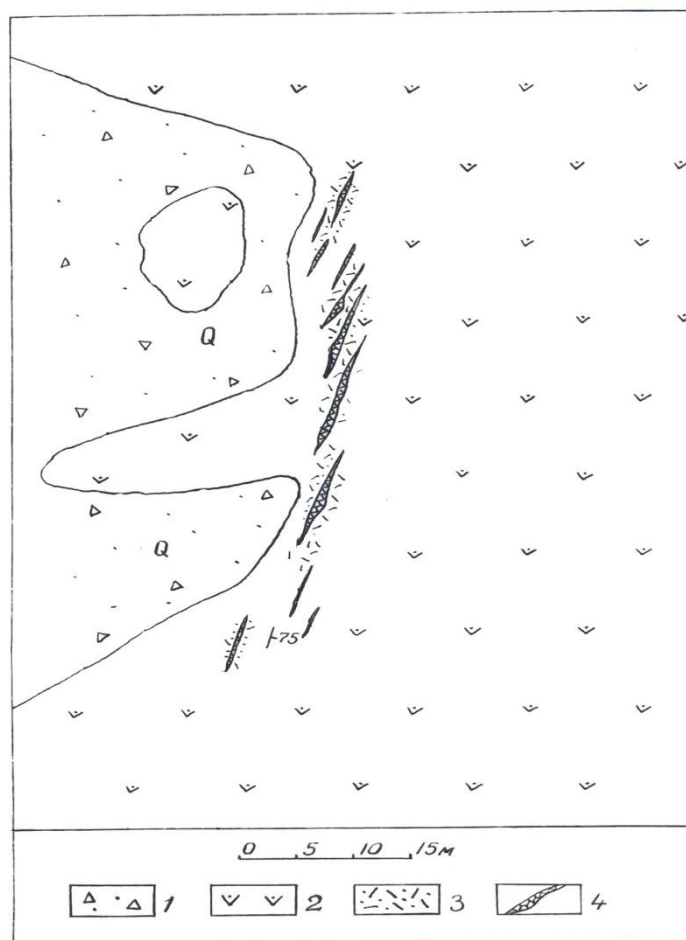
Жильные тела и линзы, входящие в состав зоны, сложены молочно-белым, светло-серым и аметистизированным кварцем. Строение их также зональное; приконтактные зоны жил сложены светло-серым мелкозернистым кварцем (15-20 мм), который переходит в светло-серый шестоватый кварц (10-15 мм), сменяющийся аметистизированным кварцем (12-15 мм) бледно-фиолетовой окраски. Отдельные участки жил сложены мелко-блоковым аметистизированным кварцем бледно фиолетовой окраски или жёлто-бурым шестоватым кварцем за счёт гидроокислов железа.



*Рис. 22. Схематическая карта проявления аметиста «Западное-2»  
(по Комиссарову с дополнениями автора)*

- 1 – делювиальные отложения; 2 – темносерые туфопесчаники;  
3 – ороговикованные черные туфопесчаники; 4 – серые роговики;  
5 – темносерые мраморизованные известняки с пропластками кремней;  
6 – жилы шестоватого кварца с аметистом;  
7 – прожилки белого сахаровидного кварца*

Проявление Восточное-2 расположено на расстоянии 900 м от месторождения Сельбур, по азимуту в  $90^0$ . Представлено серией кулисообразно-расположенных кварцевых жил и прожилков (рисунок 23).



*Рис. 23. Схематическая карта проявление аметиста. «Восточное-2».  
Составили: Комиссаров Ю. Б., Зевакин Н.Н. (с дополнениями автора)*

- 1 – делювиальные отложения; 2 – тёмно-серые ороговикованные туфопесчаники; 3 – брекчированные и окварцованные участки;  
4 – кварцевые жилы с аметистом*

Вмещающие породы представлены массивными темно-серыми до чёрных тонкозернистыми ороговикованными туфопесчаниками, которые вдоль жильной зоны интенсивно брекчированы и осветлены. По трещинкам отмечаются тонкие кварцевые прожилки. Жильные тела зоны имеют в длину от 3 до 15 м, при мощности от 0,2-0,3 м до 0,7-1,0 м. Простираение жил СВ  $10-20^{\circ}$ , падение на ЮВ под углами  $75-80^{\circ}$ . Длина жильной зоны около 70 м, мощность 4-5 м.

Жильные тела сложены серым и молочно-белым мелко- и среднезернистым кварцем. Участками кварц шестоватый, крупнозернистый и блоковый. Отмечается определенная зональность в строении жильных тел: зальбанды жил

сложены серым, молочно-белым и мелкозернистым кварцем, переходящим в шестоватый. Далее следует зона аметистизированного кварца, на которой образуются щётки аметиста. В жильных телах и на участках раздувов жил встречаются мелкие гнезда с кристаллами аметиста, длиной 2-3 см бледно-сиреневой окраски.

Наибольшее значение на месторождении имеет жильная зона Центральная, которая расположена в центре месторождения Сельбур.

На этой зоне проводились геологоразведочные работы посредством карьеров и буровых скважин. В блоке подсчитанных запасов производится добыча аметистового сырья в карьере № 1. Жильная минерализация приурочена к зоне разрывных нарушений субмеридионального простирания и крутого падения. Мощность жильной зоны в местах раздувов достигает 4-5 м. Сложена зона прожилками и обособлениями кварца различной ориентировки. Для выяснения характера трещинной тектоники на участке были проведены замеры трещиноватости в северной и южной частях жильной зоны на карьерах № 1 и № 2. По данным замеров были составлены диаграммы ориентировки трещин (рисунки 24, 25) по А.В. Пэк (1939).

Как видно на приведенных диаграммах, характер распределения трещин на обоих участках жильной зоны имеет много общего. Здесь развито 4 системы трещин – максимумы I, II, III, IV, различающихся по своему характеру, положению в структуре и взаимоотношению друг с другом.

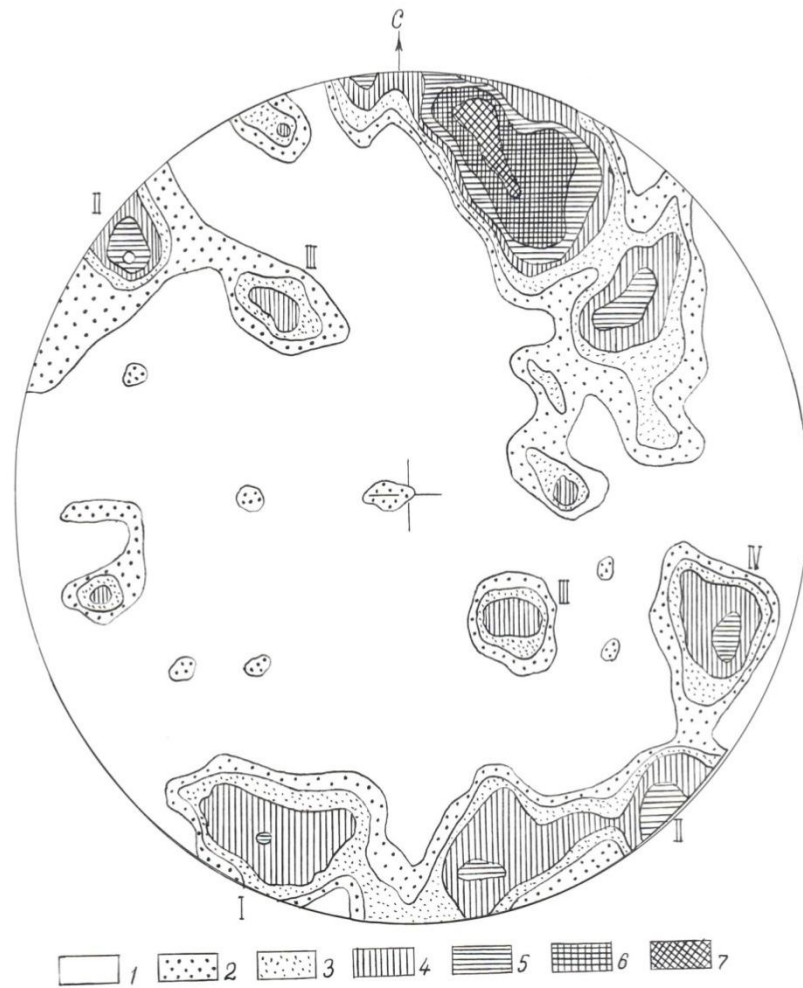


Рис. 24. Диаграмма ориентировки трещин в туфопесчаниках вмещающих южную часть жильной зоны Центральная. Карьер № 1, 218 замеров.  
 I – IV – системы трещин: I – 0,5 %; 2 – 1 %; 3 – 1,5 %; 4 – 2 %; 5 – 3 %;  
 6 – 4 %; 7 – 5%

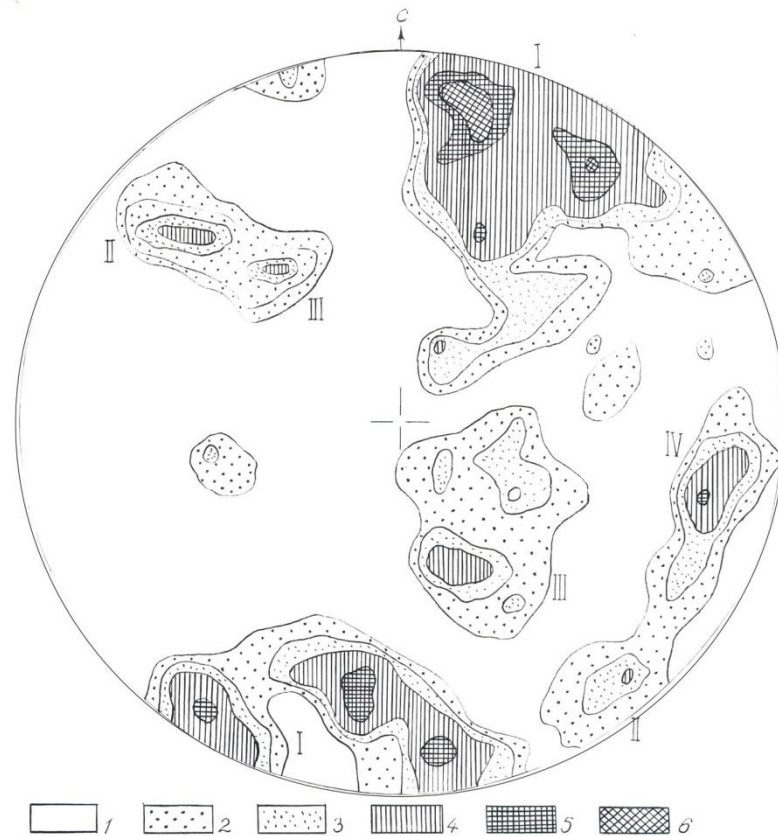


Рис. 25. Диаграмма ориентировки трещин в туфопесчаниках, вмещающих северную часть жильной зоны Центральная. Карьер № 2, 209 замеров. I-IV – системы трещин: I – 0,5 %; 2 – 1 %; 3 – 1,5 %; 4 – 2 %; 5 – 3 %; 6 – 4 %

Трещины максимума I, с плотностью распределения 4-5 % имеют северо-западное и субширотное простирание. Они представляют собой две сопряженные системы трещин скалывания, близкие с общим простиранием складчатых структур. Падение трещин противоположно друг другу; одна система имеет падение по направлению, близкому слоистости пород, а вторая сечет плоскость слоистости почти под прямым углом. Эти трещины секут жильные зоны, иногда по ним наблюдается смещение кварцевых жил.

Трещины максимума II, с плотностью 2-3 %, имеют северо-восточное простирание и крутое падение ( $65-85^0$ ) на северо-запад и юго-восток. Они являются трещинами оперения. К ним приурочены оперяющие жильную зону апофизы, часто содержащие гнезда с аметистом.

Трещины максимума III имеют плотность 2 %, также северо-восточное простирание, но сравнительно пологие углы падения ( $15-40^0$ ) на северо-запад и юго-восток. К ним приурочены отдельные маломощные прожилки внутри жильной зоны.

Трещины максимума IV имеют плотность 3 %, также северо-восточное простирание, крутые углы падения ( $60-85^0$ ) на юго-восток. С ними связано основное количество кварцево-аметистовых жил.

Из приведенных диаграмм можно сделать вывод, что наибольшее развитие имеют системы трещин субмеридианального и близкого к нему простирания. К подобным трещинам приурочено основное количество кварцево-аметистовых жил и жильных зон. К ним приурочены также оперяющие жильные зоны апофизы, часто содержащие аметист.

Относительно широкое развитие имеют системы трещин субширотного и северо-западного простирания с широким диапазоном углов падения, от  $30$  до  $80^0$ , как на северо-восток, так и на юго-запад. Они, как правило, являются пострудными, секут жильные зоны и иногда по ним отмечается смещение жильных тел.

Таким образом, проведенный анализ особенностей образования и размещения проявлений аметистовой минерализации в районе месторождения Сельбур и других регионов позволяет наметить три группы поисковых критериев: магматические, структурно-тектонические и литологические.

Установлена пространственная связь аметистовой минерализации с интрузивными образованиями района. Кварцево-аметистовые жилы локализируются в экзоконтактной зоне Хочильерской гранитоидной интрузии, в ее над интрузивной зоне, на удалении в 300-500 м от гранитоидной интрузии.

Большая роль принадлежит также структурному фактору. Его влияние выражается в приуроченности аметистовых проявлений месторождения Сельбур к разрывным нарушениям субмеридионального и близкого к нему простирания варисского возраста, где локализовано основное количество кварцево-аметистовых жил и жильных зон, а также оперяющих жильные зоны апофиз.

Образование, размещение и минералогический состав кварц-аметистовых жил обусловлены преимущественным сочетанием структурного и литологического факторов. Все кварц-аметистовые жилы и проявления сосредоточены в вулканогенно-осадочных породах средне-верхне-каменноугольного возраста, легко подвергающихся хрупким деформациям, что подтверждено локализацией жильных тел в зонах с повышенной трещиноватостью.

Формирование кварцево-аметистовых жил сопровождается разнообразными гидротермальными изменениями вмещающих пород, среди которых наибольшее развитие имеет окварцевание и ортоклазизация, в меньшей степени – гематитизация, карбонатизация и лимонитизация.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Месторождение Сельбур приурочено к вулканогенно-осадочной толще  $C_{2-3}$  средне-верхне карбонового возраста, в строении которой принимают участие разнообразные туфопесчаники, туфы, порфириды, а также известняки и алевролиты. Отмеченные породы перетерпели метаморфизм зеленокаменной стадии. Северо-восточнее месторождения толща прорывается Хочильерской гранитоидной интрузией, являющаяся апофизой Южно-Гиссарского батолита. Непосредственно в районе месторождения отмечены небольшие штокообразные тела гибридизированных гранитоидов, которые являются апофизами-сателлитами отмеченной интрузии и сопровождаются контактовым метаморфизмом. Геолого-структурный анализ свидетельствует о том, что кварцево-аметистовые жилы локализуются в над интрузивной зоне, на удалении 300-500 м от гранитоидной интрузии.

На основе выполненных исследований и литературных данных можно сделать следующие выводы.

1. Аметистовая минерализация в Южном Гиссаре, в том числе на месторождении Сельбур, связана с гидротермальными кварцевыми и кварц-карбонатными жилами, которые расположены группами, образуя семь жильных зон и проявлений. К системам трещин субмеридионального и близкого к нему простирания, имеющим наибольшее развитие, приурочено основное количество кварцево-аметистовых жил и жильных зон, а также оперяющих жильные зоны апофиз.

2. Формирование кварцево-аметистовых жил происходило при постепенном понижении температуры от  $410-390^{\circ}$  до  $160-140^{\circ}$  С, в основном, за счет кремнезема, привнесенного гидротермальными растворами в завершающий этап магматического процесса. Формирование гнезд и занорышей с аметистом сопровождалось процессами растворения и переработки вмещающих пород и перераспределением вещества. Кристаллизацией аметиста при температурах  $140-100^{\circ}$  С завершился процесс образования аметистоносных жил.

3. Аметистовая минерализация месторождения Сельбур связана с крутопадающими жилами субмеридионального простираия варисского возраста. Гнезда и занорыши с аметистом приурочены к жильным телам сложного строения и зонам гидротермальной переработки (окварцевание, ортоклазизация, каолинизация, карбонатизация, гематитизация и лимонитизация) вмещающих туфопесчаников.

4. Образование, размещение и минералогический состав кварц-аметистовых жил обусловлены преимущественным сочетанием структурного и литологического факторов. Все кварц-аметистовые жилы и проявления сосредоточены в вулканогенно-осадочных породах средне-верхне-каменноугольного возраста, легко подвергающихся хрупким деформациям, что подтверждено локализацией жильных тел в зонах с повышенной трещиноватостью.

5. Гидротермальные растворы, сформировавшие кварц-аметистовые жилы, были существенно кремнистыми с повышенным содержанием трехвалентного железа; значительная роль принадлежит хлоридным и бикарбонатным ионам, в меньшей степени – сульфатным. Необходимые для образования аметиста ионы трехвалентного железа заимствовались, вероятно, из вмещающих порфиритов и туфопесчаников, которые характеризуются относительно высоким содержанием гематита. Из них также заимствовались и другие химические элементы, необходимые для формирования аметиста, на что указывают зоны переработки и выщелачивания в жильных зонах. Согласно проведенным расчетам, в процессе интенсивной гидротермальной переработки вмещающих пород, вынос кремнезема составляет 28-30 %, а железа – до 24 %.

6. Формирование кварцево-аметистовых жил сопровождается разнообразными гидротермальными изменениями вмещающих пород, среди которых наибольшее развитие имеет окварцевание и ортоклазизация, в меньшей степени – гематитизация, карбонатизация и лимонитизация. Расчеты баланса вещества показывают, что образование жил происходило в основном за счет кремнезема, привнесенного гидротермальными растворами, связанными с

наиболее поздними фазами гранитоидов интрузивного комплекса. При формировании гнезд и занорышей с аметистом большую роль играли процессы растворения и переработка вмещающих пород, которые сопровождаются выносом-привносом кремнезема, железа, натрия, алюминия, кальция, калия и других элементов-примесей. Впервые были выявлены в кварце и аметистах месторождения Сельбур золото, платина, палладий и уран.

7. Анализ особенностей образования и размещения проявлений аметистовой минерализации в районе месторождения Сельбур позволяет наметить группы поисковых критериев. К ним относятся магматические, структурно-тектонические и литологические предпосылки.

Отмечается пространственная связь аметистовой минерализации с интрузивными образованиями района. Кварцево-аметистовые жилы локализируются в экзоконтактовой зоне Хочильерской гранитоидной интрузии, в ее надинтрузивной зоне. Образование жильных тел происходило, в основном, за счет кремнезема гидротермальных растворов, на завершающей стадии магматической и метасоматической деятельности.

В размещении аметистовых проявлений, наряду с магматическим, большая роль принадлежит также структурному фактору. Его влияние выражается в приуроченности аметистовых проявлений к разрывным нарушениям субмеридионального простирания.

Наличие высокого содержания урана в аметистах позволяет рекомендовать включить в комплекс поисковых методов радиометрию и гамма-спектрометрию.

Сочетание всех групп критериев на конкретных участках позволяет выделить их в разряд потенциально-аметистоносных площадей.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ****Опубликованная**

1. Аринштейн, М.Б. Распределение окраски в кристаллах аметиста из месторождений Мурзинско-Адуйской самоцветной полосы / М.Б. Аринштейн // Труды Свердловского горного института. – 1973. – Вып. 95. – С.71-72.
2. Аринштейн, М.Б. Спектры оптических уральских аметистов / М.Б. Аринштейн, Л.П. Рожков // Труды Свердловского горного университета. – 1976. – Вып. 124. – С. 70-73.
3. Артамонов, В.С. Полудрагоценные камни СЗ РСФСР / В.С. Артамонов. – М.: Гостехиздат, 1962. – С. 195-213.
4. Балицкий, В.С. Некоторые особенности геохимических условий образования аметистов / В.С. Балицкий, Л.Н. Хетчиков, Б.А. Дороговин // Труды ВНИИСИМС. – М.: Госгеолтехиздат. – 1970. – Т. 13. – С. 75-82.
5. Балицкий, В.С. Экспериментальные изучения геохимических условий формирования кристаллов кварца: автореф. дисс... д-ра геол.-минер. наук: 25.00.05 / Балицкий Владимир Сергеевич. – М., 1971. – 48 с.
6. Баратов, Р.Б. Магматические комплексы южного склона Гиссарского хребта и некоторые вопросы петрологии и металлогении / Р.Б. Баратов // Труды АН Таджикской ССР. – 1956. – Т. 58. – Вып.1. – С. 28-30.
7. Баратов, Р.Б. Интрузивные комплексы южного склона Гиссарского хребта и связанные с ними оруденение / Р.Б. Баратов. – Душанбе: Дониш, 1966. – 218 с.
8. Баратов, Р.Б. Дацил-липаритовая формация Южного Гиссара / Р.Б. Баратов, Е.Н. Горецкая, С.И. Щукин. – Душанбе: Дониш, 1973. – 134 с.
9. Бенш, Ф.Р. Схема стратиграфии каменноугольных отложений юго-западных отрогов и южного склона Гиссарского хребта / Ф.Р. Бенш // Геология и рудоносность палеозоя южного Узбекистана. – Ташкент. – 1965. – С. 37-41.

10. Бетехтин, А.Г. Гидротермальные растворы, их природа и процессы рудообразования / А.Г. Бетехтин // Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях. – М., – 1955. – С. 125-278.
11. Блохина, Н.А. Минералогия, геохимия и условия образования золото-сульфидных месторождений в формации магнезиальных скарнов Центрального Таджикистана / Н.А. Блохина. – Душанбе: Дониш. – 1984. – 254 с.
12. Борисенко, А. С. Изучение солевого состава растворов газовой-жидких включений в минералах методом криометрии / А.С. Борисенко // Геология и геофизика. – 1977. – № 8. – С. 16-27.
13. Буканов, В.В. Горный хрусталь приполярного Урала / В.В. Буканов. – Л., 1974. – 135 с.
14. Вахрушев, В.А. Об условиях образования аметиста в магнетитовых месторождениях Ангаро-Катского железорудного района (Сибирская платформа) / В.А. Вахрушев, В.М. Макогон, Е.Г. Сницкая // ДАН СССР. – 1978. – Вып. 239. – № 3. – С. 680-683.
15. Вахрушев, В.А. Аметисты Восточной Сибири / В.А. Вахрушев // Природа. – 1979. – № 5. – С. 84-87.
16. Виноградов, П.Д. Основные этапы формирования структуры западной части палеозойской геосинклинали Тянь-Шаня (Центральный Таджикистан) / П.Д. Виноградов // Тектоника Памира и Тянь-Шаня. – М., 1964. – С. 192-207.
17. Гарибмахмадова, С.Н. Особенности химизма туфопесчаников, вмещающих аметистовые жилы месторождения Сельбур / С.Н. Гарибмахмадова // Материалы научно-теоретической конференции, посвященной 100-летию академика С.М. Юсуповой (Горно-геологической колледж). – Душанбе, 2010. – С. 17-20.
18. Гарибмахмадова, С.Н. Околожилные метасоматические изменения вмещающих пород на месторождении аметиста Сельбур (Южный Тянь-Шань) / С.Н. Гарибмахмадова // Проблемы геологии и освоения недр:

- Труды XVI Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных. – Томск: ТПУ. – 2012. – Т. II. – С. 181-183.
19. Гарибмахмадова, С.Н. Элементы примеси в кварце и аметисте месторождения Сельбур (Южный Гиссар, Таджикистан) / С.Н. Гарибмахмадова // Проблемы геологии и освоения недр: Материалы XVII Международного научного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых. – Томск: ТПУ. – 2013. – Т. I. – С. 170-171.
20. Гарибмахмадова, С.Н. Динамика привноса-выноса компонентов в околожильных измененных метасоматитах аметистового месторождения Сельбур (Южный Гиссар) / С.Н. Гарибмахмадова // Современная техника и технологии в научных исследованиях: Материалы IX Международной конференции молодых ученых и студентов. – Бишкек, 2017. – С. 29-35.
21. Горецкая, Е.Н. Флишевая каменноугольная формация южного склона Гиссарского хребта / Е.Н. Горецкая // Труды Института геологии АН Таджикской ССР. – Душанбе. – 1961. – Т. 4. – С. 65-98.
22. Горбатов, В.Т. Аметист Южного Гиссара и Каратегина / В.Т. Горбатов, А.В. Клишкин // Геология, поиски и разведка месторождений цветных камней Таджикистана. – Душанбе, 1987. – С. 8-9.
23. Добрецова, И.Л. Определение солевого состава жидких включений методом криометрии / И.Л. Добрецова // Минералогия, термометрия и барометрия. – М. – 1968. – Т. 2. – С. 64-69.
24. Дэна Дж. Система минералогии. Т. III. Минералы кремнезема / Дж. Дэна, Э.С. Дэна, К. Фрондель. – М.: Мир, 1966. – 430 с.
25. Ермаков, Н.П. Значение исследований включений в минералах для теории рудообразования и учения о минералообразующей среде / Н.П. Ермаков // Труды ВНИИП. – М.: Госгеолтехиздат. – 1957. – Т. I. – Вып. 2. – С. 7-12.
26. Ермаков, Н.П. Микровключения в минералах-источниках научной информации о физико-химических условиях глубинного рудообразования / Н.П. Ермаков // Минералогическая термометрия и барометрия. – М. – 1968, –Т. I. – С. 27-35.

27. Ермаков, Н.П. Геохимические системы включений в минералах / Н.П. Ермаков. – М.: Недра, 1972. – 375 с.
28. Захарченко, А.И. Минералообразующие растворы и генезис кварцевых жил / А.И. Захарченко. – М.: Госгеолтехиздат, 1955. – 106 с.
29. Исмаилов, М.А. Горный хрусталь и аметист из рудопроявления Мискансой / М.А. Исмаилов // Труды Ташкентского государственного университета. – 1975. – Вып. – 484. – С. 42-46.
30. Исмаилов, М.А. К вопросу о генезисе аметиста в скарнах Мискансая (Чаткальские горы, Узбекская ССР) / М.А. Исмаилов // Записки Узбекского отделения ВМО. – 1977. – Вып. 30. – С. 52-53.
31. Исмаилов, М.А. Источник кремнезема для образования аметиста на месторождении Мискансай (Чаткальские горы, Узбекская ССР) / М.А. Исмаилов // Записки Узбекского отделения ВМО. – 1981. – № 34. – С. 149-152.
32. Исмаилов, М.А. К минералогии и геохимии некоторых месторождений аметистов Киргизии / М.А. Исмаилов, В.М. Горюнов.– Узбекский геологический журнал. – 1981. – № 2. – С.72-78.
33. Казицын, Ю.К. Руководство к расчету баланса вещества и внутренней энергии при формировании метасоматических пород / Ю.К. Казицын, В.А. Рудник. – М.: Недра, 1968. – 364 с.
34. Карл, Ф. Худоба / Ф. Карл // Минералогический сборник Львовского геологического образования при университете. – 1962, – № 16. – С.91-105.
35. Карякин, А.Е. О механизме зарождения и раскрытия трещин, вмещающих хрусталеносные кварцевые жилы / А.Е. Карякин // Труды ВИИП. – М.: Госгеолтехиздат. – 1962. – Т. 7. – С. 27-39.
36. Карякин, А.Е. Вмещающие породы – источник материала для минералов хрусталеносных гнезд / А.Е. Карякин // Записки Ленинградского горного института. – 1955. – Т. 30. – Вып. 2. – С. 18-21.
37. Киевленко, Е.Я. Геология месторождений драгоценных камней / Е.Я. Киевленко, Н.Н. Сенкевич, А.П. Гаврилов. – М.: Недра, 1982. – 279 с.

38. Кириллов, С.П. Некоторые особенности щелочного метасоматоза юго-западной части Язгуломского хребта / С.П. Кириллов // Материалы по геологии Памира. – Душанбе. – 1967. – Вып. 1. – С. 267-273.
39. Критерии прогнозной оценки территорий на твердые полезные ископаемые / Коллектив авторов; под общ. ред. Д.В. Рундквиста. – Л.: Недра, 1986. – 751с.
40. Колпаков Н.А. Анализ минерального сырья методом инверсионной вольтамперометрии / Н.А. Колпаков, А.Ф. Коробейников, А.Я. Пшеничкин // XVI Международное Черняевское совещание по химии, анализу платиновых металлов: Тезисы докладов. – М.: ТО «МНППТема», 1966. – С. 125-126.
41. Коржинский, Д.С. Очерк метасоматических процессов / Д.С. Коржинский // Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – С. 335-456.
42. Кормушин, В.А. Метод гомогенизации газово-жидких включений в минералах / В.А. Кормушин. – Алма-Ата: Наука, 1982. – 72 с.
43. Кормушин, В. А. Методика исследования газово-жидких включений в минералах / В.А. Кормушин. – Алма-Ата.: Наука, 1981. – 154 с.
44. Коробейников, А.Ф. Рудно-метасоматическая зональность на месторождениях золота / А.Ф. Коробейников // Геология рудных месторождений. – 1983. – № 1. – С. 96-99.
45. Коробейников, А.Ф. Гидротермально измененные породы золоторудных полей Саяно-Алтайской складчатой области и их поисковое значение / А.Ф. Коробейников, В.И. Баженов, И.В. Кучеренко, Л.Г. Осипов // Критерии рудоносности метасоматитов. – Алма-Ата: ОНТИ КазИМС. – 1971. Т. 2. – С. 96-104.
46. Коробейников, А.Ф. Поведение золота при околожильном метасоматозе горных пород некоторых золоторудных месторождений Сибири / А.Ф. Коробейников // Геохимия. – 1974. – № 6. – С. 831-844.



47. Коробейников, А.Ф. Геохимические критерии золотоносности контактовых метасоматитов гранитоидных интрузий Сибири / А.Ф. Коробейников // Советская геология. – 1976. – № 12. – С. 37-50.
48. Коробейников, А.Ф. Контактный метасоматоз и золотое оруденение гранитоидов / А.Ф. Коробейников // Метасоматоз и рудообразование: Краткие тезисы к конференции. – Л., 1972. – С.136-137.
49. Коробейников, А.Ф. Рудно-метасоматическая и геохимическая зональность золоторудных полей и месторождений складчатых поясов Сибири: монография / А.Ф. Коробейников, Ю.С. Ананьев, А.И. Гусев, В.Г. Ворошилов, Г.Г. Номоконова, А.Я. Пшеничкин, Т.В. Тимкин. – Томск: ТПУ, 2013. – 458 с.
50. Козлов, А.В. Стадийность и зональность кварцевой минерализации на месторождении аметиста Хасаварка / А.В. Козлов, Б.Н. Ли, Е.К. Маханак // Геология, поиски и разведка нерудных полезных ископаемых. – 1982. – № 6 – С. 23-29.
51. Кухтиков, М.М. Тектоническая зональность и важнейшие закономерности строения и развития Гиссаро-Алая в палеозое / М.М. Кухтиков. – Душанбе: Дониш, 1968. – 298 с.
52. Кузнецов, Ю.А. Главнейшие типы магматических формаций / Ю.А. Кузнецов. – М.: Недра, 1964. – 387 с.
53. Лазько, Е.М. Хрусталеносные кварцевые жилы и их генезис / Е.М. Лазько. – Львов: Изд-во Львовского университета, 1957. – 205 с.
54. Литвиненко, К.И. Металлогенические особенности золоторудных и метасоматических формации Южного Тянь-Шаня (Центральный Таджикистан) / К.И. Литвиненко, А.Х. Хасанов // Металлогения Тянь-Шаня: Тезисы докладов. – Фрунзе, 1987. – С. 194-197.
55. Мамадвафоев, М.М. Геология и перспективы золотоносности месторождения Пиндар (Центральный Таджикистан) / М.М. Мамадвафоев, Ю.И. Дышук // Современные проблемы геологических и сейсмологических исследований Таджикистана. – Душанбе: Недра, 2013. – С. 108-118.

56. Марковский, А.П. Тектоника Центрального Таджикистана / А.П. Марковский, П.Д. Виноградов, С.К. Овчинников // Геология СССР. Т. 24. Таджикская ССР. – М. – 1959. – Ч. I. – С. 482-515.
57. Морозов, С.А. Термобарогеохимические условия формирования аметиста Таджикистана / С.А. Морозов, А.Х. Хасанов, Н.Н. Зевакин // Доклады АН СССР. – 1982. – Т. 296. – № 1. – С. 200-203.
58. Морозов, С.А. Генетические особенности золоторудных месторождений Центрального Таджикистана / С.А. Морозов // Известия АН Таджикской ССР. Отделение физ.-мат. и геол.-хим. наук. – 1976. – № 1. – С. 59-66.
59. Морозов, С.А. Генезис кварцевых жил Памира / С.А. Морозов // Минералогия, геохимия и генезис рудных месторождений Таджикистана. – Душанбе: Дониш, 1971. – С. 133-146.
60. Морозов, С.А. Минералогические и генетические особенности некоторых аметистовых проявлений Таджикистана / С.А. Морозов, А.Х. Хасанов, Н.Н. Зевакин // Минеральные кларки и природа их устойчивости. – Душанбе, 1986. – С.166.
61. Москалюк, А.А. Применение метода водных вытяжек к изучению состава включений в минералах / А.А. Москалюк // Труды ВНИИСИМС. – М.: Госгеолтехиздат. – 1970. – Т. 14. – С. 102-106.
62. Наумов, Г.Б. Углекислота гидротермальных растворов / Г.Б. Наумов, О.Ф. Миронова, М.Б. Кузьмин // Очерки современной геохимии и аналитической химии. – М., 1972. – С. 166-173.
63. Никитин, И.К. Вулканизм Центрального Таджикистана / И.К. Никитин // Фонды института геологии АН Таджикской ССР, 1958.
64. Николаев, Н.Л. Декоративные камни Узбекистана / Н.Л. Николаев. – Ташкент: Фан, 1967. – 84 с.
65. Овчинников, С.К. Новые данные по геологии южного склона Гиссарского хребта / С.К. Овчинников // Известия ТФ АН СССР. – 1946. – № 11. – С. 73-76.

66. Овчинников, С.К. Южно-Гиссарская структурно-фациальная зона и Гиссарский глубинный разлом / С.К. Овчинников // Известия отделения геолого-химических и технических наук АН Таджикской ССР. – 1959. – Вып. 1. – С. 91-98.
67. Овчинников, С.К. Структурные этажи южного Гиссара / С.К. Овчинников. – Душанбе: Изд-во отделения естественных наук АН Таджикской ССР. – 1959. – Вып. 3 (30). – 178 с.
68. Оймахмадов, И.С. Минералогические особенности и термобарогеохимические условия формирования Сельбурского аметистоносного поля (Южный Тянь-Шань) / И.С. Оймахмадов // Доклады АН РТ. – 2003. –Т. XLVI. – № 7-8. – С. 58-65.
69. Оймахмадов, И.С. Минералогия и термобарогеохимические условия образования аметистовых месторождений Южного склона Гиссарского хребта и Юго-Западного Каратегина (Центральный Таджикистан): автореф. дисс... канд. геол.-минер. наук: 25.00.05 / Оймахмадов Илхомджон Султанович. – Душанбе, 2006. – 22 с.
70. Оймахмадов, И.С. Генетические условия формирования аметистовой минерализации в пределах Таджикистана / И.С. Оймахмадов // Материалы шестой конференции молодых учёных Таджикистана. Душанбе: Ирфон. – 2004. – Вып. 6. – С. 160-162.
71. Осинский, А.В. Метасоматизм и хрусталеобразование / А.В. Осинский // Метасоматизм и рудообразование. – Л., 1976. – С. 134-140.
72. Патент РФ, № 2494385 от 27.09.2013 г. Способ определения золота в водных растворах методом хронопотенциометрии / Э.В. Горчаков, Э.М. Устинова.
73. Платонов, А.И. Природа окраски самоцветов / А.И. Платонов, М.Н. Таран, В.С. Балицкий. – М.: Недра, 1984. – 196 с.
74. Полякова, Е.Д. Центральная часть Гиссарская хребта / Е.Д. Полякова // Труды ТКЭ. – Душанбе: Издание АН СССР, 1933. – С. 65-69.

75. Полякова, Е.Д. Магматические породы Гиссарского хребта / Е.Д. Полякова // К геологии Зеравшано-Гиссарский системы. – Душанбе: Издание ТПЭ. – 1935. – Вып. XXIX. – С. 56-59.
76. Пшеничкин, А.Я. Первые данные о золотоносности аметистов месторождения Сельбур (Южный Тянь-Шань) / А.Я. Пшеничкин, Ю.А. Оськина, А.Х. Хасанов, С.Н. Гарибмахмадова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 8. – С. 322-324.
77. Пэк, А.В. Трещинная тектоника и структурный анализ / А.В. Пэк. – М.: Изд-во АН СССР, 1939. – 152 с.
78. Рундквист, Д.В. Критерии прогнозной оценки территорий на твердые полезные ископаемые / Д.В. Рундквист. – Л.: Недра, 1986. – 751 с.
79. Сейранян, В.Б. Аметист – древнейший самоцвет / В.Б. Сейранян // Ереван. – 1980. – № 10. – С.16-18.
80. Смирнов, С.С. О современном состоянии теории образования магматогенных рудных месторождений / С.С. Смирнов // Записки Всесоюзного минералогического общества. – 1947. – Ч. 76. – Вып. I. – С. 12-17.
81. Сорокин, Ю.П. Месторождения аметиста Ватиха (Средний Урал) / Ю.П. Сорокин // Труды Тюменского индустриального института, 1961. – С. 70-79.
82. Сорокин, Ю.П. Кварцево-аметистовые жилы месторождения Ватиха / Ю.П. Сорокин // Труды Горного ин-та. – СПб, 1973.
83. Соколов, В.А. Комплексная оценка сырьевых ресурсов и перспектив неметаллических полезных ископаемых Таджикистана: отчет о НИР / В.А. Соколов, З.Ф. Койфман, Н.И. Кулешова и др. – Душанбе: Управление геологии Таджикской ССР, 1978. – 152 с.
84. Ставров, О.Д. К вопросу о содержании редких элементов в кварце / О.Д. Ставров // Издательство АН СССР. – 1961. – № 6. – С. 508-514.
85. Таланцев, В.Н. Генезис аметистоносных жил месторождения Ватиха (Урал) В.Н. Таланцев, В.А. Кескоулин // Известия АН СССР. – 1985. – № 11. – С. 120-129.

86. Тарасенко, А.Т. Гранитоиды юго-западных отрогов Гиссарского хребта / А.Т. Тарасенко // Известия отделения естественных наук АН Таджикской ССР. – 1959. – № 3 (30). – С. 61-68.
87. Тарасенко, А.Т. Магматизм Центрального Таджикистана / А.Т. Тарасенко // Геология СССР. – 1959. – Т. 24. – Ч. I. – С. 396-422.
88. Файзиев, А.Р. О генетических особенностях аметистовой минерализации в проявлениях Таджикистана / А.Р. Файзиев, И.С. Оймахмадов // Доклады АН РТ. – 2001. – Т. XLIV. – № 7-8. – С.48-55.
89. Ферсман, А.Е. Очерки по истории камня /А.Е. Ферсман. – М.: Издание АН СССР, 1954. – 371с.
90. Ферсман, А.Е. Воспоминание о камне / А.Е. Ферсман. – 1969. – М.: Издание Наука, 1969. – 77с.
91. Хасанов, А.Х. Петрологии и рудоносность метасоматических комплексов Центрального Таджикистана / А.Х. Хасанов. – Душанбе: Дониш, 1976. – 250 с.
92. Хасанов, А.Х. О последовательности магматизма и метасоматоза в Зеравшано-Гиссарской области (Южный Тянь-Шань) / А.Х. Хасанов // Доклады АН СССР. – 1983. – Т. 272. – № 6. – С. 1443-1448.
93. Хасанов, А.Х. Физико-химические особенности формирования аметиста месторождения Сельбур в Южном Гиссаре / А.Х. Хасанов, Н.Н. Зевакин, З.М. Липова // Известия ВУЗов. – 1988. – № 1. – С. 74-79.
94. Хасанов, А.Х. Геотектонические условия образования субщелочно-базальтоидных трубок взрыва в складчатых областях / А.Х. Хасанов // Доклады АН СССР. – 1972. – Т. 203. – № 5. – С. 875-877.
95. Хасанов, А.Х. Особенности околожильных изменений боковых пород кварц-аметистовых жил месторождения Сельбур на Южном Гиссаре / А.Х. Хасанов, Н.Н. Зевакин, Н.И. Кривощекова // Известия АН РТ, отделение физ-мат. Наук. – 1991. – № 1. – С. 50-51.

96. Хасанов, А.Х. Аметист месторождения Ракзоу (Западный Памир) / А.Х. Хасанов, А.С. Астапов, Т.Н. Тагиров // Минералогия Таджикистана. – 1989. – № 9. – Вып. 8. – С. 57-67.
97. Хасанов, А.Х. Закономерности размещения аметистовой минерализации в зависимости от состава вмещающих пород на примере месторождения Сельбур (Южный Тянь-Шань) / А.Х. Хасанов, С.Н. Гарибмахмадова // Современные проблемы геологии и разведки полезных ископаемых: Материалы международной конференции. – Томск: ТПУ, 2010. – С. 300-303.
98. Хасанов, А.Х. Образование аметистовой минерализации в зависимости от химизма вмещающих пород на примере месторождения Сельбур (Южный Гиссар) / А.Х. Хасанов, С.Н. Гарибмахмадова // Известия АН РТ. – Душанбе. – 2012. – № 4. – С. 103-107.
99. Хасанов, А.Х. Химизм боковых пород и позднещелочной метасоматоз–основные факторы генезис аметиста месторождения Сельбур (Гиссарский хребет) А.Х. Хасанов, С.Н. Гарибмахмадова // Вестник Таджикского Национального университета. – Душанбе, 2013.– С. 261-264.
100. Хетчиков, Л.Н. О химизме газово-жидких включений в кварце хрусталеносных жил / Л.Н. Хетчиков, Э.М. Ташкер. // Труды ВНИИСИМС. – М.: Госгеолтехиздат. – 1970. – Т. 13. – С. 68-74.
101. Худоба, Карл Ф. О некоторых взаимоотношениях между причиной окраски аметиста, дымчатого кварца и цитрина с точки зрения современных научных познаний / Карл Ф. Худоба // Минералогический сборник Львовского университета. – 1962. – № 16.– С. 91-103.
102. Цинобер, Л.И. Синтетический кварц с аметистовой окраской / Л.И. Цинобер, Л.Г. Ченцова // Кристаллография. – 1959. – № 4. – С. 27-32.
103. Шадчиев, А.С. О находках галек магматических пород в верхнепалеозойских конгломератах северного склона Зеравшанского хребта (Центрального Таджикистана) / А.С. Шадчиев, Д.А. Старшинин // Доклады АН Таджикской ССР. – 1969. – Т. 7. – № 3. – С. 34-36.

104. Шахов, Ф.Н. Геология жильных месторождений / Ф.Н. Шахов. – М.: Наука, 1964. – 222с.
105. Элинсон, М.М. О газовом составе растворов, участвовавших в образовании хрусталеносных жил Лянгара / М.М. Элинсон, В.С. Польшковский, Э.Л. Меркулов // Геохимия. – 1971. – № 6. – С. 654-659.
106. Эшкин, В.Ю. Хрусталеносные метасоматиты и их формационное положение / В.Ю. Эшкин // Метасоматизм и рудообразование. – Л, 1982. – С. 52-53.
107. Dennen, Willem H. On the chemistry and coor of Amethyst / Willem H. Dennen, Anita M. Puckett // Can. Miner. – 1972. –Vol. 11. – № 2. – P. 448-456.
108. Wieslam, H.I. Barma nefrytu i ametystu w swietle najnow szych badan mineralogicznych / H.I. Wieslan // Prz. geol. – 1982. – Vol. 30. – № 3. P. 119-121.

#### **Фондовая**

1. Прогнозная оценка Таджикистана на камнесамоцветное сырье с выделением площадей и объектов для постановки геологоразведочных работ: отчёт о НИР / Горбатов В.Г. – Душанбе: Государственное Унитарное Предприятие «Джамаст», 1998.
2. Результаты предварительной разведки месторождений аметиста Сельбур-Дальний за 1988 – 1991гг. (отчёт партии № 8 в 4-х книгах): отчёт о НИР / Горбатов В.Т. и др. – Душанбе: Государственное Унитарное Предприятие «Джамаст», 1991.
3. Результаты предварительной разведки месторождения аметиста Сельбур за 1983-1986 гг. с подсчетом запасов по состоянию на 1.02.1986 год: отчёт о НИР / Климкин А.В., Михайленко В.А., Горбатов В.Т. – Душанбе: Государственное Унитарное Предприятие «Джамаст», 1986.
4. Отчет Шираталинской поисково-съёмочной партии по работам 1966-1967годы: отчёт о НИР / Космынин Е.А. и др. – Душанбе: Управление геологии Таджикской ССР, 1968. – 170с.
5. Результаты предварительной разведки жильной зоны I месторождения аметиста Сельбур (Отчёт партии № 8 за 1980-1981гг.): отчёт о НИР /

Михайленко В.А., Дурнев В.Ф. – Душанбе: Государственное Унитарное Предприятие «Джамаст», 1981.

6. Результаты поисковых работ на месторождении аметиста Сельбур. (Отчёт за 1977-1980 гг.): отчёт о НИР / Михайленко В.А., Хардин П.Г.– Душанбе: Государственное Унитарное Предприятие «Джамаст», 1980.
7. Информационный отчёт по результатам поисково-ревизионного обследования проявлений аметиста Каратегинского хребта за 1978 год: отчёт о НИР / Хардин П.Г. – Душанбе: Государственное Унитарное Предприятие «Джамаст», 1978.