



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ (МГРИ)»

На правах рукописи

ВОСИХОВ ШОХРУХ ТУЙЧИЕВИЧ

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЛОКАЛИЗАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ
БИРЮЗАКАН И ОБОСНОВАНИЕ ЮВЕЛИРНЫХ КАЧЕСТВ БИРЮЗЫ**

Специальность: 1.6.10 – Геология, поиски и разведка твердых полезных
ископаемых, минерагения

Диссертация на соискание учёной степени кандидата
геолого-минералогических наук

Научный руководитель
доктор геолого-минералогических наук,
профессор Литвиненко А. К.

Москва – 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ, ИСТОРИЯ ИЗУЧЕННОСТИ КАРАМАЗАРА И МЕСТОРОЖДЕНИЯ БИРЮЗАКАН.....	10
1.1. Физико-географическое положение района месторождения.....	10
1.2. История изученности Карамазара.....	14
1.3. История открытия и изученности Бирюзакана	20
1.4. Промышленный потенциал бирюзы	27
ВЫВОДЫ.....	29
ГЛАВА 2. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ КАРАМАЗАРА.....	30
2.1. Стратиграфия.....	30
2.2. Интрузивные образования.....	35
2.3. Тектоника	39
2.4. Полезные ископаемые.....	41
ВЫВОДЫ	47
ГЛАВА 3. СТРУКТУРНО-ВЕЩЕСТВЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОРОД, ВМЕЩАЮЩИХ БИРЮЗОВЫЕ ЖИЛЫ.....	49
3.1. Разрывные деформации месторождения	49
3.2. Петрография пород, вмещающих бирюзу	52
ВЫВОДЫ	61
ГЛАВА 4. СТРУКТУРНО-ТЕКСТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ БИРЮЗЫ КАК ПРИЗНАК КАЧЕСТВЕННЫХ КОНДИЦИЙ	63
4.1. Выбор критерия качественной оценки бирюзы	63
4.1.1. Массивная текстура	64
4.1.2. Колломорфная текстура.....	66
4.2. Минералогия бирюзы	70
4.3. Структурные особенности бирюзовых агрегатов.....	72
4.4. Генезис бирюзы	76
ВЫВОДЫ	79
ГЛАВА 5. ГОЛУБЫЕ МИНЕРАЛЫ СПУТНИКИ БИРЮЗЫ	80
5.1. Гиббсит.....	80
5.2. Самплеит	85
5.3. Халькосидерит.....	85

5.4. Галлуазит.....	86
ВЫВОДЫ	87
ГЛАВА 6. РУДОСОДЕРЖАЩИЕ МИНЕРАЛЫ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БИРЮЗАКАНА	88
6.1. Рудосодержащие минералы	88
6.2. Геохимическая аномалия.....	93
ВЫВОДЫ	101
ГЛАВА 7. УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ БИРЮЗАКАНА.....	102
ВЫВОДЫ	106
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	107
ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ.....	109
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	110

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. Месторождение бирюзы Бирюзакан имеет длительную историю освоения, приблизительно с раннего средневековья [Массон, 1935]. Бирюза этого месторождения по своим качественным кондициям является самой лучшей на территории бывшего СССР [Киевленко, 2000].

Месторождение расположено на площади около 0,5 км², разделено на три участка и отработано на глубину до 50 метров. С 60-х годов прошлого века приблизительно 20 лет оно разведывалось экспедицией Средазкварцсамоцветы входившей в состав объединения Союзкварцсамоцветы. В результате разведочных работ производственники отрицательно оценили 1-й и 2-й участки, третий был оценён положительно. После завершения геолого-разведочных работ месторождение было передано на баланс экспедиции Памиркварцсамоцветы. Вероятно, в связи с тем, что оно административно находится на территории Таджикской Республики, к которой была приписана последняя экспедиция, Памиркварцсамоцветы не успела провести поисково-ревизионные работы в связи с прекращением функционирования головного объединения. Учитывая перспективы бирюзовой минерализации третьего участка и находящиеся в 0,6 км восточнее от него проявления Бирюзасай, Карамазар, Кызылташ и Шорбулак вырисовывается бирюзоносная полоса длиной 3,3 км. Проведенными диссертантом исследования площади Бирюзакана и его флангов по первичным ореолам рассеяния установлена геохимическая аномалия REE, Th, U, As, Sb, Zn, Bi, W, Mo, Cu, Cd, Se, Ba, Ag, Au с кларками концентрации до нескольких десятков раз выше кларков. Возможное объединение будущих поисково-оценочных работ на бирюзу и перечисленные металлы выведет изучаемую территории в разряд перспективных площадей на новые виды рудной минерализации и позволит выявить новые бирюзоносные тела с высокосортным самоцветом. Её положение в центре крупного горнорудного района Карамазар, с месторождениями которого была установлена

парагенетическая связь месторождения бирюзы, ещё более подчёркивает актуальность рассматриваемой темы.

Цель работы. Выявить геолого-генетические закономерности локализации бирюзы месторождения Бирюзакан и установить факторы, определяющие её ювелирные качества, на основе комплексного анализа условий образования, минерального состава и структурно-текстурных особенностей.

Задачи исследования:

– проанализировать геологическое строение месторождения Бирюзакан по литературным данным и нашим полевым исследованиям.

– исследовать минеральный и химический состав вмещающих бирюзу вулканогенных пород.

– выявить структурно-вещественные особенности бирюзового агрегата и установить признаки, определяющие её качественные кондиции.

– проанализировать перспективы перевода мономинерального самоцветного месторождения в многокомпонентное. И определить наличие или отсутствие парагенетических связей с рудными месторождениями Карамазарского рудного района.

Фактический материал. Полевые работы проводились в течение 1,3 месяцев в 2023-2024 годах: были проведены рекогносцировочные маршруты на поверхности месторождения, его флангах и в подземных горных выработках с отбором 160 штучных проб на минералогические, петрографические и геохимические анализы. Из каменного материала было изготовлено 43 прозрачных шлифов и 38 протолочек, было проведено более 150 микрорентгеноспектральных, 108 рентгенофазовых, 52 рентгенофлюоресцентных определений и 5 ИК-спектрометрических анализов. Диссертантом собраны и проанализированы фондовые и опубликованные материалы по месторождению Бирюзакан и рудному району Карамазар.

Методы исследований включали: картографический, минералогический, петрографический, а также-рентгенофазовый, выполненный на приборах ДРОН-

ЗМ (аналитики С. Махмадшариф МГРИ г. Москва и М.А. Мираков Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии НАН РТ. г. Душанбе), рентгеноспектральный микроанализ на сканирующем электронном микроскопе Tescan VEGA 3sbu с энергодисперсионным спектрометром (ЭДС) Oxford Instruments X-act при ускоряющее напряжение 20 кВ, ток пучка 20 нА (аналитик М.А. Рассомахин), рентгенофлюоресцентный, выполненный на спектрометре AXIOS Advanced, с рентгеновской трубкой, оснащенной Rh анодом, мощностью 3 kW и Philips PW-2400 определение широкого спектра петрогенных и рудных элементов с чувствительностью до 10⁻⁴% (аналитик А.И. Якушев, ИГЕМ РАН), фурье-спектрометре ФСМ 2201 (аналитик А.О. Карпов). Для реализации дизайнерских решений были использованы лицензионные программные средства CorelDRAW Graphics Suite X8, Adobe Photoshop CS5 и Helicon Focus 8.

Научная новизна. 1) На площади месторождения Бирюзакан автором обнаружены новые для исследуемого объекта минералы: халькосидерит, аргентоярозит, ганнингит, ванадинит, магнетит и гидроксилбастнезит-(Nd), а также: гиббсит, крандаллит, планерит. 2) Установлены две генерации халькопирита: первая – до бирюзовая, вторая – после бирюзовая. 3) В бирюзовых жилах установлена колломорфная, секториальная текстура самоцвета, которая указывает на её кристаллизацию из коллоидных растворов на самой поздней стадии эндогенного цикла развития месторождения. В шлифах бирюза представлена бесцветным агрегатом микроскопического строения. 4) Тектурные особенности определяют качество бирюзы. Для высокосортной бирюзы характерна массивная текстура, для низкосортной – колломорфная. 5) На месторождении и его северном фланге установлена геохимическая аномалия REE, Th, U, As, Sb, Zn, Bi, W, Mo, Cu, Cd, Se, Ba, Ag, Au. Это выводит район месторождения бирюзы в разряд перспективных площадей для постановки первоочередных поисково-оценочных работ. 6) Составлена карта размещения бирюзовых месторождений и проявлений Северного Таджикистана и рудных месторождений на тектонической основе, построен геологический разрез и металлогенограмма Карамзарского рудного района и геологический план месторождения Бирюзакан.

Практическое значение. 1) На основе текстурных особенностей бирюзового агрегата: массивной или колломорфной текстуры, предложена оценка качественных кондиций самоцвета. 2) Установленный голубой гиббсит и другие минералы голубого цвета могут ошибочно приниматься за бирюзу при поисковых работах и представлять минерал-обманку, что требует дополнительную экспресс-диагностику при оценке бирюзовой минерализации. 3) Установлены парагенетические связи месторождения Бирюзакан с рудными месторождениями Кармазара, что выдвигает бирюзу (минерал богатый медью и цинком) в ранг поисковых признаков на рудные элементы. 4) Геохимическая аномалия REE, Th, U, As, Sb, Zn, Bi, W, Mo, Cu, Cd, Se, Ba, Ag, Au на площади бирюзового месторождения Бирюзакан ставят вопрос о перспективах бирюзоносного района на рудные полезные ископаемые.

Защищаемые положения.

1) Вид текстуры определяет качественные кондиции бирюзы как драгоценного камня. Так в бирюзе колломорфной текстуры содержатся концентрические слои роста и секториальное строение сферолитов. При этом пространство между сформировавшимися сферолитами может быть заполнено другими минералами, в том числе тёмной окраски, что ухудшает ювелирные качества.

В бирюзе массивной текстуры слои роста и границы между секторами отсутствуют. Структура бирюзы микрозернистая однородная, поэтому она обладает самым высоким ювелирным качеством.

2) Впервые установлено, что в парагенезисе с бирюзой находятся минерал-обманка голубой гиббсит, который вместе с известным на месторождении голубым самплеитом и халькосидеритом, могут усложнять диагностику и качественную оценку кондиций бирюзы, и вводить в заблуждение как горняков, так и потребителей камнесамоцветной продукции.

3) На основе общей геолого-структурной позиции месторождения Бирюзакан с рудными месторождениями Таризкан (Ag), Адрасман (Au), Каптархана (Ag) и др. намечается парагенетическая связь бирюзовой минерализации с рудными

месторождениями Карамазара. Подтверждающим аргументом парагенетической связи месторождений является обнаружение диссертантом гидрооксилбастнезита-Nd и геохимической аномалии REE, Th, U, As, Sb, Zn, Cu, W, Bi, Cd, Se, Ag, Au – элементов характерных для рудных месторождений Карамазара.

Апробация работы и публикации. Результаты исследований докладывалось на международной научно-практической конференции «XVI Новые идеи в науках о Земле МГРИ-РГГУ» (Москва, 2023); XI Международная научная конференция молодых ученых «Молодые – наукам о Земле» (Москва, 2024); III Международной научно-практической конференции «Развитие национальной промышленности и геологии Таджикистана за годы независимости страны Горно-металлургический институт Таджикистана» посвященной Дню таджикской геологии (Бустон, 2024); XVII Международной научно-практической конференции «Новые идеи в науках о Земле МГРИ-РГГУ» (Москва, 2025); XIV Международная Научно-практическая конференция «Геология, прогноз, поиски и оценка месторождений алмазов, благородных и цветных металлов ЦНИГРИ» (Москва, 2025). Тезисы докладов опубликованы в материалах конференций.

Основные положения исследуемой работы было изложены в 9 печатных работах, включая 3 статьи, опубликованные в журналах, рекомендованных перечнем ВАК РФ.

Объём и структура работы. Объем диссертации составляет 117 страниц и включает: 59 рисунков, 9 таблиц, а также список литературы из 73 опубликованных и 3 фондовых источников. Структурно работа состоит из перечня сокращений, введения, семи глав и заключения.

Благодарности. Диссертант выражает признательность своему научному руководителю д.г.-м.н, профессору А.К. Литвиненко за всестороннюю поддержку в процессе выполнения научно-исследовательской работы. Выражаю особую благодарность сотрудникам кафедры минералогии, геммологии и петрографии: заведующему кафедрой к.г.-м.н. Д.А. Петроченкову, к.г.-м.н. В.А. Утенкову, инженеру М. Саймудасири и сотрудникам кафедры месторождений полезных ископаемых: заведующему кафедрой д.г.-м.н. П.А. Игнатову, д.г.-м.н. А.А. Верчебе,

к.г.-м.н. С.А. Малютину, к.г.-м.н. А.П.Алёшину, научному сотруднику ФГБУН Южно-Уральского федерального научного центра минералогии и геоэкологии Уральского отделения Российской академии наук М.А. Рассомахину, содруднику Минералогического музея им. А.Е. Ферсмана А.О. Карпову. Выражаю благодарность за обсуждение и полезные замечания по теме работы, а также тёплое отношение сотрудникам Горно-металлургического института Республики Таджикистан ст. преподавателю А.О. Отаеву, к.б.н. А.А. Олимову, к.т.н. Ш.Дж. Мирбобоеву, ст. преподавателю Н.К. Усмонову.

ГЛАВА 1. МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ, ИСТОРИЯ ИЗУЧЕННОСТИ КАРАМАЗАРА И МЕСТОРОЖДЕНИЯ БИРЮЗАКАН

1.1. Физико-географическое положение района месторождения

Месторождение Бирюзакан административно находится в Бободжон Гафуровском районе Согдийской области Республики Таджикистан (Рисунок 1.1). Месторождение расположен в 70 км к северо-востоку от областного центра города Худжанда, который соединен с месторождением асфальтированной дорогой протяжённостью 40 км до посёлка Консой и далее 30 км грунтовая дорога до изучаемого объекта. В 20 км к юго-востоку от месторождения находится город советских “уранщиков” Табошары. Расстоянии до столицы Республики Таджикистан города Душанбе 350 км хорошей автомобильной дороги.



Рисунок 1.1. Географическое положение месторождения бирюзы Бирюзака

В геоморфологическом отношении район работы входит в состав горных сооружений Срединного Тянь-Шаня [Таджикская Советская...,1974].

Географическое название района – Карамазар, который является крупнейшим в Средней Азии горно-рудным регионом. Площадь месторождения Бирюзакан расположено в Центральной части Джамансайской гряды, вытянутой в широтном направлении. На характер рельефа площади значительное влияние оказывает литологический состав горных пород. Так площади, сложенные терригенно-карбонатными образованиями, имеют резко расчлененные формы с относительными превышениями водоразделов в 450-500 м. Площади, сложенные изверженными породами, характеризуются сглаженными, пологими формами с небольшими превышениями в 150-250 м. Абсолютные отметки колеблются от 1300 до 1750 м (Рисунок 1.1).

Основными орографическими элементами региона являются Кураминские горы, представляющие собой систему невысоких хребтов и отдельных холмистых массивов, вытянутых в северо-восточном направлении (Рисунок 1.2). Они простираются на расстояние 170 км. Абсолютная высокая отметка – пик Бобоиоб (3768 м) расположен в северо-восточной части гор [Геология СССР..., 1959]. Последние, понижаясь в юго-западном направлении, завершаются равниной Дальверзинский степи. Кураминские горы отличаются плавными очертаниями гребневых линий. У подножия гор расстилается наклонная равнина. С южной стороны ее ограничивают гряда невысоких Самгарских гор, распадающихся на отдельные гряды: Акчоп, Акбель и Супетау, представляющие короткие антиклинальные складки [Таджикская Советская..., 1974]. В юго-западной части Карамазара как отдельный горный массив находится Моголтау (Рисунок 1.1).

Кураминские горы отличаются разнообразием географических ландшафтов, начиная с гребневой, не густо заросших арчей (свыше 1500 м над. у.м.) и кончая расположенным у их подошвы орошаемым оазисами. Вместе с тем сказываются и более отдаленные влияния пустыни Голодной степи, главным образом проявляющиеся по широкому Мирзоработскому коридору. Изрезанные склоны гор, сильно сглаженные возвышенности и мелкосопочник совершенно пустынный и безлесны. Только часть гор, обращенная к р. Ангрэн, обычно каменистая, щебенковатая и бестравная близ оси хребта. По мере приближения к долине р.

Ангрен склоны приобретают значительную задерновку, покрыты густым и высоким травяным покровом и значительно более благоприятны для оседлой жизни и богарных посевов.



Рисунок 1.2. Южный склон Кураминских гор (с полузасыпанной магистральной канавой). В предгорьях – посёлок горняков Кансай – ближайший населённый пункт к месторождению Бирюзакан

Южные склоны гор, несмотря на две крупные водных артерии – р. Уткансай и р. Карамазарсай (Рисунок 1.1), обладают заметной маловодностью и пустыньностью. Изредка на каменистых склонах растут колючие кусты дикого миндаля и ещё реже дикой фисташки. Лишь в наиболее крупных саях протекают небольшие, обычно резко истощающиеся к осени, ручьи, вдоль которых расположены кое-где рощи и отдельные деревья (тополь, тал, грецкий орех и др.) и реже плодовые сады (урюк, яблоки персик, тутовник и др.) и поливные посеы (клевер, пшеница, хлопок, рис, джугара, кукуруза, овощи) немногочисленного населения. В отдельных случаях, несколько ниже пояса появления арчи, в руслах саяв и на склонах встречается дикая слива, дикая яблоня и боярка.

Характерной особенностью атмосферного воздуха Карамазара, является резкая континентальность и засушливость с большими суточными и годовыми колебаниями температуры воздуха. Средняя годовая температура в долине р. Сыр составляют 13,5°C. В горной части Карамазарского района средняя годовая температура 3-5°C. Среднегодовое количество осадков в городе Худжанд составляют 355 мм в год. Зима в районе месторождения непродолжительная и довольно мягкая, хотя и бывают морозы до 15-20°C и более.

Летом в долинах района стоит обычно сильная жара. В горной части и на высотах жара смягчается и легко переносится, но и здесь, на границе с Ферганской долиной, в силу исключительной чистоты горного воздуха, инсоляция непрерывно сохраняет чрезвычайно высокие размеры. На юге жаркое время года, с температурой выше 20°C, продолжается с мая по сентябрь, и средняя температура этого периода в г. Худжанде равно 25,6°C.

Как и вообще вся Средняя Азия, Карамазарский район характеризуется сильными колебаниями температуры, средние годовые её амплитуды достигают весьма значительных размеров.

В Карамазаре преобладают северные и северо-восточные ветры, причём, обычно, в горах сила ветра значительнее, чем в долинах. Наиболее сильные ветры имеют северное направление и наибольшую динамическую мощность, максимум которой приходится на дневные часы (4 часа дня), т.е. на часы наибольшей интенсивности термических процессов и конвекционных токов. Господствующие в районе ветры направляясь из местностей более холодных (гипсометрически более низких) в более теплые (гипсометрически более высокие, горные участки), усиливают испарение влаги и обуславливают безоблачность неба в течение большей части года.

Годовое количество выпадающих осадков в Карамазаре колеблется в пределах 140-500 мм. Их максимум, приходящийся на время господства более влажных юго-западных и западных ветров, наблюдается в марте и апреле. Значительно меньше осадков выпадает зимой и ещё меньше осенью.

Весенние и летние дожди в горах иногда влекут за собой, особенно на южных, слабо защищенных растительностью склонах, большие селевые потоки, причиняющие населению, ютящемуся в саях, много вреда, унося скот, разрушая постройки и засыпая илом и камнями сельскохозяйственные угодья.

Главными населёнными пунктами района работы являются посёлок Кансай (Рисунок 1.2) и город Табошар. Население Кансая и Табошара составляют в основном таджики и узбеки. Численность населения в поселке Кансай и городе Табошар по данным Агенства по статистике при Президента Республики Таджикистан на 2020 г. составляет 6200 и 17600 человек, соответственно. Плотность населения в посёлке Кансай 308,4, а в городе Табошар 88,1 чел/км². Местное население занимается земледелием, животноводством и работой на промышленных предприятиях.

1.2. История изученности Карамазара

Карамазар как крупнейшей рудный район Средней Азии был известен с древнейших времён. По свидетельству Геродота и Страбона разработка меди и золота в Карамазаре существовала уже в IV в. до н.э [Массон, 1934]. Другие исследователи указывают на возможности их добычи в первых веках нашей эры. Интенсивное развитие горнорудного промысла относится к VIII в н.э. в связи с ростом торговли и развитием денежного обращения. Центром горного промысла, достигшего наибольшего расцвета в IX-X вв., становится Илак, находившийся между Ангреном и Ходжендом. Арабские географы указывают на добычу в горах Илака серебра, золота, а также свинца [Массон, 1935].

Большинство геологических сведений, полученных до начала Великой Октябрьской социалистической революции, имело рекогносцировочный характер. Первые научные сведения о геологии и рудоносности Карамазара приводятся в работах Г.Д. Романовского (1875 г.) и И. В. Мушкетова (1875-1878 гг.). Данные последнего использовал Л. Де Лонэ (1910 – 1913 гг.) в своих построениях схем металлогении Средней Азии, давших отрицательное заключение о рудоносности Карамазара. Эта оценка Л. Де Лоне явилась тормозом для изучения его рудных

богатств и в последующие годы геологические работы проводились за пределами Восточного Карамазара, а в последнем выполнены лишь редкие рекогносцировочные маршруты [Машковцев, 1928].

Великая Октябрьская социалистическая революция ознаменовала начало новой эры в жизни Карамазара. С 1925 года, когда С.Ф. Машковцев при проведении геологической съёмке десятиверстного масштаба установил ряд древних рудников и рудных месторождений, началось планомерное изучение и освоение его богатств. Уже в следующем году в Карамазаре Геолкомом была создана первая геологоразведочная партия и начаты поисково-ревизионные и разведочные работы под руководством Б.Н. Наследова, которым был осмотрен также древний полиметаллический с серебром рудник Канимансур [Наследов, 1931].

Первые геолого-разведочные работы в Карамазаре были начаты в 1926 г. Под руководством Б.Н. Наследов, кроме изучения уранового рудника Табошары, обследовали и опробовали древней Кансайский рудник и бегло были осмотрены Канимансур и Альтынтопкан.

После этого, в 1927 году, перед началом сезонных полевых работ, Кансайское месторождение и участок Табошары были посещены директором геологического комитета В.Т. Котульскиным. Позже район посетил проф. Н.И. Трушков, давший благоприятные горно-экономические характеристики для Карамазара. За этот период были выполнены детальные геологические, разведочные, топографические и буровые работы на Табошаре. Сотрудником И.П. Новохатским было прослежено установленное им крупное месторождение уранорадиевых руд в Сарымсахлы. На Кансае рекогносцировочно изучен древний рудник Канимансур, А.В. Королевым осмотрен Альтынтопкан, К.Л. Пожарицким открыты Такели и другие месторождения [Наследов, 1931].

Б.Н. Наследовым и А.В. Королёвым был составлен оставшийся неопубликованным первый сводный обзор 160 месторождений Карамазара.

В 1928 году для изучения Карамазара было организовано 4 отдельных самостоятельных партий: 1) Северовосточная поисковая, под руководством Б.Н. Наследова; 2) Табошарская геолого-разведочная, под руководством А.В. Королёва;

3) Канимансурская геолого-разведочная во главе А. М. Ракитиным и 4) Северо-Западная геолого-поисковая во главе с Г.Г. Гудалиным. Кроме того, велись топографические работы рассматриваемой территории. Также впервые была направлена в Среднюю Азию опытная электро-разведочная партии О. Ф. Огурского [Наследов, 1931].

В 1929 г. к изучению геологии Карамазара были привлечены талантливые геологи страны: Б.Н. Наследов, А.В. Королев, К.Л. Пожарицкий, Ф.И. Вольфсон, И.В. Дюгаев, Г.Д. Ажгирей и другие, которые обследовали многие ранее выявленные и открыли новые месторождения полиметаллов Консайского, Алтын-Топканского и Куруксайского рудных полей [Иброхим и др., 2012]. Эти партии проводили детальные поиски на площади участков Табошарского, Альтынтюпканского, Канимансурского, Такелийского, Калканатинского и восток-северовосточных гор до Турка, Пангаса и Гудаса. В результате проведенных детальных поисков было установлено около 50 месторождений. На этих площадях под руководством П. П. Пилипенко были начаты минералогические исследования.

Полученные геологические результаты позволили весной 1930 года на II Всесоюзной конференции по цветным металлам, проходившей в Ленинграде, поставить вопрос о рудности Карамазара, встреченный участниками конференции весьма недоверчиво. Перспективы возможных геологических запасов свинца и цинка по главным объектам оценивались в 128000 т. Однако благодаря самоотверженной работе карамазарских геологов, осенью 1931 года был проведен I съезд по оценке Карамазара на полиметаллы, где прогнозные запасы свинца и цинка были представлены большой цифрой. Эти запасы в силу устойчивости старого мнения о бесперспективности Карамазара, были уменьшены на IV Всесоюзной конференции в г. Ленинграде и утверждены в количестве 300000 т. Карамазар вышел по запасам на четвертое место в СССР, что вынудило многих пересмотреть свои представления о его рудоносности. Он привлёк внимание крупных специалистов СССР: акад. А. Е. Ферсмана, Д. И. Щербакова, проф. В. М. Крейтера, И. Ф. Григорьева, А. С. Уклонского и др., мнение и рекомендации

которых оказали большое влияние на направление геологоразведочных работ [Рудные..., 1972].

В 1930 г., на совещаниях в Ташкенте, акад. А. Е. Ферсман впервые зафиксировал роль и значение Карамазара как «ключа к пониманию» рудных месторождений Средней Азии и заострил внимание на необходимости научно-исследовательских работ по изучению Карамазара [Наследов, 1935].

В 1931 году промышленностью (Казсредазполиметалл) принимаются в отработку свинцовые месторождения Кансай и Южная Дарбаза, а также недоразведанные мышьяковые и полиметаллические месторождения Такели.

Одновременно с поисковыми и разведочными работами проводилось изучение гидрогеологических условий Восточного Карамазара в районе Тарыэкан, Канимансур, Чукурджилга, а также в бассейн рек Карамазарсай, Дрешсай, Долоньсай, и в других [Салмин, 1935].

Таким образом, завершается первый этап в изучении рудных богатств Карамазара. В изучении Карамазара на данном этапе важная роль среди исследователей, несомненно, принадлежит Б. Н. Наследову.

В последующие годы значительно возрастают объёмы геолого-разведочных работ на подготовленных к передаче промышленности месторождений, на базе которых будут построены крупные горно-промышленные предприятия в Карамазаре.

Важную роль в изучении минералогии и геохимии полиметаллических месторождений Карамазара сыграли Д.И. Щербаков и Ф. И. Вольфсон, которые осмотрели и закартировали ранее известные месторождения.

Одновременно с оценочно-разведочными работами, начиная с 1940 года в Карамазаре проводились геолого-съёмочные и тематические исследования. В связи с началом Великой Отечественной войны объём геолого-разведочных работ в Карамазоре резко сократился, а различные геолого-разведочные работы в основном ограничили районами действующих рудников.

В годы войны было установлено, что Табошары, Адрасман и др. полиметаллические месторождения Карамазара являются одновременно

урановыми месторождениями. Эти месторождения послужили базой для начала создания в 1943 г. знаменитого комбината № 6 по добыче, обогащению и переработке урановых руд. Таким образом, в первый промышленный ядерный реактор СССР был заложен таджикский уран [Иброхим и др..., 2012].

Новый этап геолого-разведочных работ начинается после окончания Великой Отечественной войны в 1946 году. В это время в районе Гудасского месторождения Ферганской Экспедицией ВИМС выявлен ряд рудоправлений, в том числе два вольфрамовых и одно молибденовое, приуроченных к кварц-грейзеновым зонам в гранитах, которые в 1947 году разведывались Ш.К. Кабиловым.

Планомерное изучение геологическое строение и рудоносности Карамазара начинается после организации Таджикским геологическим управлением в 1950 году Канимансурской экспедиции.

Канимансурская экспедиция на протяжении пяти лет проводит геолого-разведочные работы на месторождениях Конимансур, Тарыэкан, Чокадамбулак, Гудас и одновременно выполняет геологическую съёмку, поисковые и ревизионные работы на новых рудных объектах и ряде другие месторождений, которые ранее считались малоперспективными. В результате проведения геолого-разведочных работ на территориях месторождений Конимансур, Чукурджилга, Замбарак, Кошмагат, Баритовая Горка, Чокадамбулак, Гудас, Нижний Гудас, Захханасай были получены положительные результаты и их перспективы высоко оценены в докладе Б. В. Мамонтова и Я. С. Эргашева. Он был представлен на Всесоюзном совещании по полиметаллам Средней Азии, которое проходило во Фрунзе (в настоящее время Бишкек) в 1955 году.

В конце 50-х годов в связи с тем, что фонд месторождений, выходящих на дневную поверхность, был в значительной степени исчерпан, особое внимание исследователей Карамазара стали привлекать вопросы глубинных поисков и прогнозирования скрытого оруденения.

Начиная с 1957 года широкий объём геолого-съёмочных и поисково-разведочных работ проводится на северных склонах Кураминского хребта и за восточной границей Карамазара на территории Узбекистана. В процессе

проведенных этих работ были открыты и оценены золоторудные месторождения Чадак, Кочбулак и ряд более мелких объектов. Непосредственно в Карамазаре с 1959 по 1967 год в результате проведенных на площади Западного и Центрального Карамазара поисково-съёмочных работ силами Канимансурской и Алтынтопканской геологоразведочных экспедиций было выявлено около 600 точек золоторудной минерализации и несколько объектов с промышленными концентрациями золота (Караулхона, Бургунда, Бегули, Школьное, Карабулак, Чашмадинар, Иккижелон). С 1962 года начаты разведочные работы на месторождении Бургунда, с 1964 года на месторождении Школьное, с 1965 года на рудопроявлении Бегулы, с 1967 года на месторождении Иккижелон геологоразведочными партиями Алтынтопканской ГОЭ.

К 1960 году геологоразведочные и съёмочные работы ведутся на всей площади Восточного Карамазара и наиболее перспективных месторождениях. За этот год были открыты новые объекты и подготовлены к промышленной эксплуатации многие разведанные месторождения.

В 1963 году Канимансурской экспедиции была поставлена задача провести геологоразведочную работу для выявления и открытия висмутовых руд. Геологоразведочные работы для изучения и выявления висмутового оруденения проводились на более перспективных объектах, таких как Тарыэкан, Каптархан, и более мелких Джужум, Джелтимес, Кызылунгур, Коктерек и др., под руководством Х. Л. Латыпова и Т. Ш. Шарифбоева.

В 1976 г. таджикскими геологами (А.Б. Дзайнуковым, Б.Ф. Зленко, Г.В. Кошлаковым и др.) в результате пересмотра данных опробования керна колонковых скважин, пробуренных в течение многих лет в Адрасманском рудном поле, была выдвинута гипотеза о наличии в пределах древней вулканической мульды штокверка, пропитанного сетью разнонаправленных прожилков и жил, содержащих Ag, Pb и Zn. В 1986 г. запасы месторождения были утверждены ГКЗ при Совете Министров ССР в авторских цифрах. В ТЭО по созданию горно-металлургического комплекса Большой Канимансур предусмотрено строительство обогатительной фабрики производительностью до 15 млн т руды в год и

металлургического завода с выпуском свинца, цинка и серебра [Кошлаков Г.В, 2008].

Большой вклад в изучение геологии и месторождений полезных ископаемых Карамазара внесли Б.Н. Наследов, А.Е. Ферсман, Г.Д. Романовского, И.В. Мушкетов, Н. Я. Трушков, Д.И. Щербаков, В. М. Крейтер, И.Ф. Григорьева, С.Ф. Машковцев, А.В. Королев, Ю. А. Арапов, Ф. Я. Вольфсон, В. Я. Смирнов, Н.Д. Марозов, С.Б. Эргашева, Т.Ш. Шарифбаев, А.В. Карпова и др.

По результатам геологических исследований в 1935 г., вышла широкоизвестная монография Б.Н. Наследова «Карамазар», а также трехтомная коллективная монография «Рудные поля Карамазара» [1971, 1975], включающая сведения по стратиграфии, магматизму, тектонике и полезным ископаемым этого региона.

После распада СССР и начала гражданской войны на территории Республики Таджикистан в области геологии возникли проблемы и, несмотря на это, в эти трудные годы геолого-разведочные работы проводились в ограниченных масштабах в Карамазоре Кайраккумской комплексной геологической экспедицией.

После окончания гражданской войны геолого-разведочные и исследовательские работы в Карамазоре продолжила проводить Кайраккумская комплексная геологическая экспедиция на перспективных рудных полях для обнаружения месторождений и проявлений свинца, цинка, серебра, золота, железа и других важных для республики металлов.

1.3. История открытия и изученности Бирюзакана

Бирюзакан – типичное месторождение бирюзы, связанное с магматическими породами порфиритовой формации. Оно частично отработывалось уже в IX–XI веках нашей эры. Древние выработки расположена к юго-западному флангу и достигают глубины 50 метров. Первые сведения о истории освоения месторождения содержатся в работах Степанова и Томилина, 1912 г., А.Е. Ферсмана, 1925 г., Б.Н. Наследова, 1931 г. [Менчинская, 1981].

Район месторождения входит в состав крупного региона, выделяемого различными исследователями под названием Карамазар. Уже в середине века (VIII – X вв.) здесь проводилась интенсивная отработка различных видов полезных ископаемых, о чём свидетельствуют древние выработки, остатки плавильных печей и поля шлаков. Разрабатывались месторождения меди и свинца, серебра и цинка, а также бирюзы.

Положительные оценки о бирюзе Средней Азии получены от промышленника П.С. Назарова, посетившего Кокандское Ханство в 1913-1914 годах. Впервые в 1938 г. одно из месторождений бирюзы в Кураминском хребте было обследовано Б.И. Наследовым, который дал ему название Бирюзакан. Тогда же автор положительно оценил месторождение.

С 1964 по 1985 годы на месторождении были проведены различные виды геологических работ. В результате было выделено по особенностям концентрации и качеству бирюзы 3 участка (Рисунок 1.3).

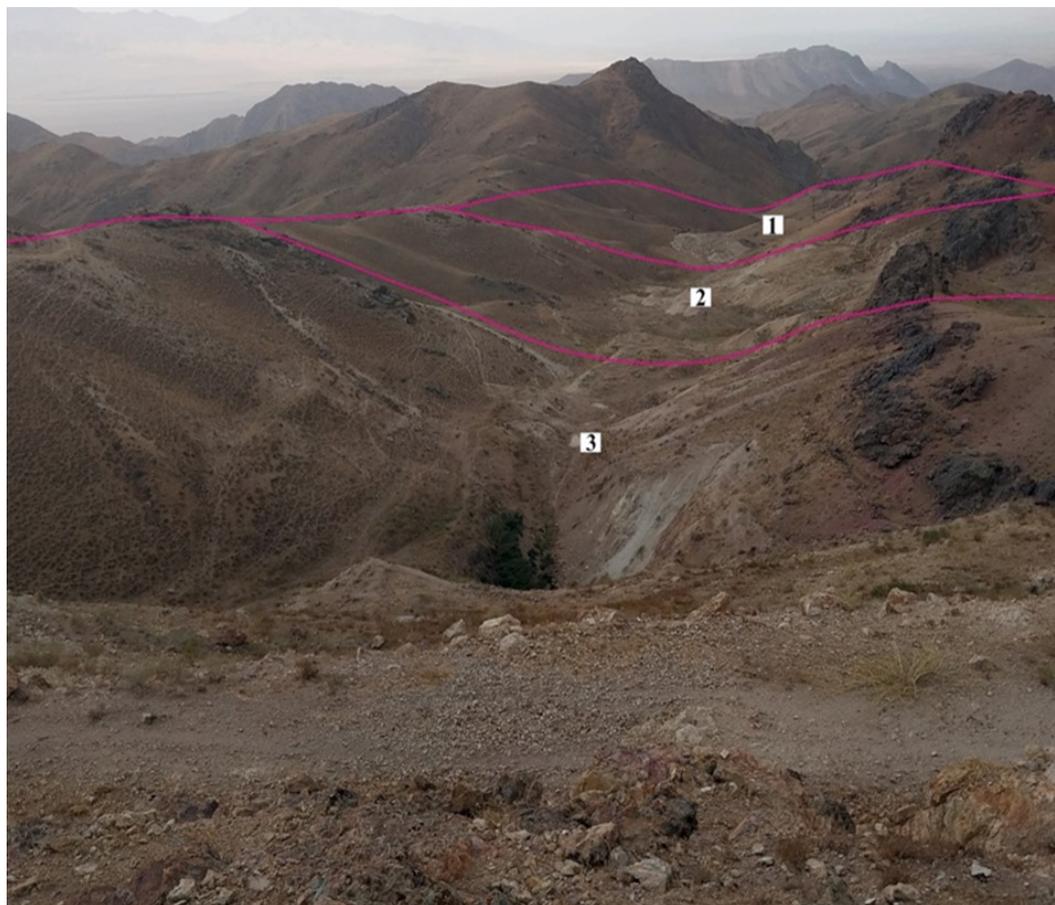


Рисунок 1.3. Общий вид месторождения Бирюзакан с восточного фланга с разделением на три участка

В 1962 г. месторождение посетили научный сотрудник ЦНИЛКС Л.А. Попугаева – первооткрыватель кимберлитовых трубок в Сибири, геолог Канимансурской ГРЭ В.И. Киреев, которые дали положительную оценку месторождению. Из отобранных образцов Росювेलирторг изготовил два кабошона, которые получили отличную оценку.

В 1963-1964 годах на месторождении были произведены ревизионно-оценочные и поисковые работы Нерудной ГРП Канимансурской ГРЭ, в результате которых была создана схематическая геологическая карта месторождения масштаба 1:1000 и выявлено новое рудное тело №3 (участок 3) за пределами древних выработок, содержащее прожилки голубой бирюзы мощностью до 25-30 мм (Рисунок 1.4а). Отсюда была взята проба бирюзы в 40 кг, направленная в г. Ленинабад (ЦНИИЛКС, Росювелирторг) и в свердловскую ювелирную мастерскую, откуда были получены положительные отзывы о качестве сырья. Партией были подсчитаны запасы бирюзы-сырца по рудному телу № 3 в количестве 971,4 кг, в том числе кондиционной бирюзы 667,6 кг. Кроме того, по рудному телу № 2 был пройден вкрест простирания зоны траншееобразный карьер, пересекающий её на глубине 3,5м. Бирюза здесь оказалась несколько более зеленоватой, чем в карьере № 3 (Рисунок 1.4б). Мощность прожилков 1-7 мм. Запасы не подсчитывались. Под рудным телом № 1 пройдена штольня с рассечками сечением 2,7 м², длиной 60 м. Забой штольни подсёк тонкие прожилки бирюзы, но проходка была прекращена по техническим причинам – крупным обвалом кровли, т.к. штольня проходила в навале древней выработки с задиров её почвы. Опробование древних отвалов дало содержание некондиционной бирюзовой крошки с содержанием 23-60 г/м³.

Нерудная ГРП рекомендовала месторождение Бирюзакан к дальнейшей разведке и эксплуатации.

В 1964 г. месторождение посетил археолог Е.Б. Пругер, установивший период древних работ на Бирюзакане в IX-XI вв. по комплексу находок керамики.

Со второй половины 1965 года продолжением геолого-разведочных работ на месторождении занимались Бирюзовая партия № 6 экспедиции № 114 Шестого

Главного Управления (с 1980 года ПГЭ Памиркварцсамоцветы). В результате работ было открыто новое тело № 4, находящееся между древней выработкой № 2 и карьером № 3 и высказаны предположения о возможности обнаружения новых бирюзоносных тел в районе древней выработки № 1 (Рисунок 1.4в).

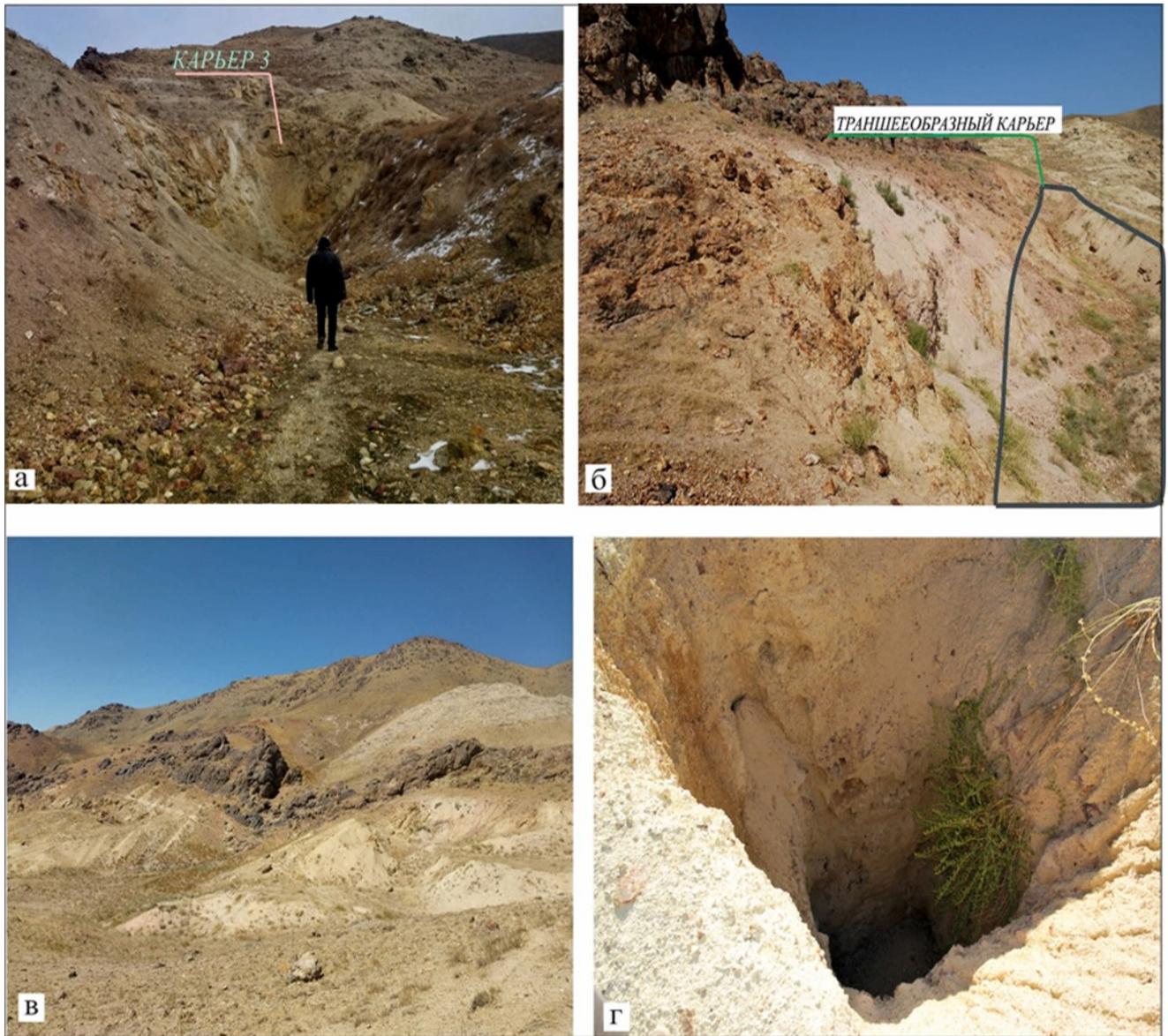


Рисунок 1.4. Горные выработки Бирюзакана: а) карьер на участке №3, б) траншееобразный карьер, в) старые карьеры, г) шурф на 3 участке.

С 1966 г. работы на месторождении продолжила Бирюзаканская партия экспедиции № 120, позже переименованная в Средазкварцсамоцветы. Было установлено, что бирюзоносные тела № 2 и № 4 не содержат сортовых разностей и подтверждено хорошее качество бирюзы на участке № 3, составлена геологическая карта месторождения масштаба 1:1000 на подготовленной топооснове.

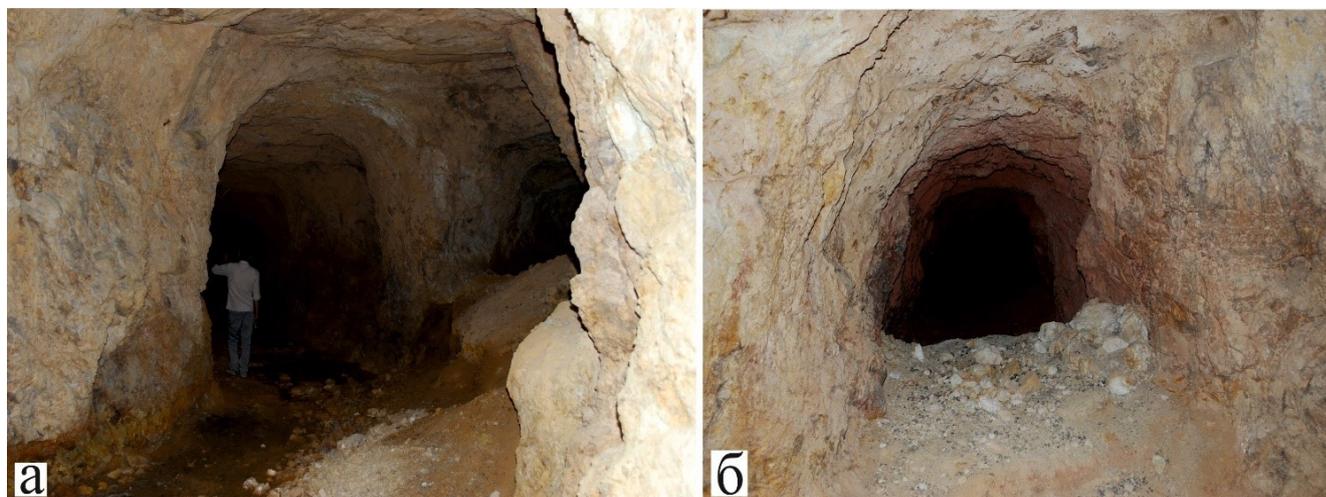
В 1967 г. работы продолжила Северо-Таджикская партия экспедиции 120. Ею были проведены разведочно-опробовательские работы в пределах участка № 3, подсчитаны запасы товарной бирюзы в количестве 21,4 кг и открыто новое бирюзоносное тело №5, являющееся восточным продолжением тела № 3.

Параллельно с разведочными работами с 1965 года на месторождении работал отряд № 2 Тематической партии № 1 треста Цветные камни во главе с Т.И. Менчинской, который занимался изучением локализации месторождений бирюзы с целью разработки методических указаний по их поискам, разведке и оценке. Этим отрядом были даны рекомендации по исследованию бирюзовых месторождений и сделано предположение о возможном гидротермальном генезисе бирюзы.

В 1968 г. Северо-Таджикская партия приступила к оценке более глубоких горизонтов месторождения скважинами колонкового бурения и шурфами на участке № 3 (Рисунок 1.4г.). После проведения указанных работ по бирюзоносному телу № 3 подсчитаны балансовые запасы категории C_2 в количестве 41,2 кг и установлена средняя глубина распространения бирюзовой минерализации в 30 м. В 1970 г. на месторождении проводит фототеодолитную съёмку отряд Тематической партии треста Цветные камни под руководством Т.И. Менчинской. На основании дешифрирования аэрофотоснимков выделены четыре бирюзоносные зоны, представленные кварцево-жильными штокверками и составлена геологическая карта поверхности месторождения масштаба 1:500.

В 1969-1970 гг. Северо-Таджикская партия экспедиции № 120 проводила разведку глубоких горизонтов месторождения штольнями № 1 и № 8 на горизонте 1490 м и 1505 м и скважинами до глубины 45 м. Штольня № 1 проходила с целью разведки участка № 1 на 20 м ниже дневной поверхности. В результате было установлено, что бирюзоносное тело №1 на уровне штольни отработано в древности. Штольня № 8 и расчески из неё вскрыли штокверковую зону, к которой приурочена минерализация бирюзоносных тел № 2 и № 4 (Рисунок 1.5) Скважины бурились с целью прослеживания бирюзоносных зон ниже горизонта штолен № 1 и № 8. В результате бурения установлена глубина распространения бирюзовой минерализации в 30-35 м от дневной поверхности. Весь комплекс работ,

проведенный в 1969-1971 гг. позволил подсчитать запасы сортовой бирюзы по бирюзоносному телу № 3 в количестве 9,4 кг и 43 кг бирюзы, пригодной для голтовки.



*Рисунок 1.5. Подземные выработки Бирюзакана:
а) штольня № 4; б) боковая рассечка*

В 1972 году Кураминская ГРП экспедиции № 120 проводила разведку первого участка на горизонте штольни № 1 в районе древней выработки № 1 со стороны её висячего бока. Было установлено наличие в районе древней выработки неотработанных целиков с сортовым разностями бирюзы.

В 1974-1975 гг. Кураминская ГРП экспедиции № 120 проводила горно-добычные работы на участке № 3 по отработке блока подсчитанных запасов. Было получено около 10 кг сортовой бирюзы и большое количество коллекционного материала.

В 1975-1976 гг. группой ТашГУ под руководством В. П. Борискина изучались геохимические и минералогические критерии для оценки бирюзоносных зон Кураминской группы месторождений. В результате была установлена связь бирюзовой минерализации с осветленными эффузивными образованиями, выявлены некоторые элементы-индикаторы (фосфор, мед, цинк, ванадий, висмут, никель), образующие в зонах развития бирюзы положительно или отрицательные аномалии.

В 1976-1977 гг. Кураминская экспедиции Средазкварцсамоцвет проводила работы по изучению бирюзоносности зон западной части месторождения на 15 м ниже горизонта шт № 1, а также бирюзоносности зон между карьерами № 2 и 3 с поверхности. Было установлено, что бирюзоносное тело на участке № 1 отработано, по крайней мере, на глубину 30 м, а участок между карьером № 2 и № 3 сортовых разностей не содержит.

В 1976-1979 гг. на месторождении под руководством Т.И. Менчинской проводятся работы по теме № 57 «Оценка перспектив Кураминского и Южно-Казахстанского бирюзоносных районов» с выдачей рекомендаций по направлению поисковых работ выполняемых экспедицией Центркварцсамоцветы ВПО Союзкварцсамоцветы с целью определения условий локализации месторождений бирюзы и перспектив бирюзоносности указанных районов. Площадь месторождения Бирюзакан признана наиболее перспективной и рекомендована для проведения поисково-оценочных работ с применением геохимических, геофизических методов, структурного картирования, горных выработок и колонкового бурения.

В 1980-1982 г. экспедиция Средазкварцсамоцвет провела работы по изучению бирюзоносности зон на участках № 2 и 3 на горизонте штольни № 1 (1 490 м) – 25-45 м от поверхности с помощью новой штольни и подземных скважин колонкового бурения. Штольня № 1 пройдена на 15 м ниже горизонта штольни №8 до полного пересечения участков № 2 и 3. Работами было установлено отсутствие кондиционной бирюзы на горизонте пройденной штольни, на основании чего был сделан вывод о бесперспективности данного горизонта участков № 2 и 3. Была отмечена приуроченность бирюзы к местам сопряжения оперяющих трещин с Бирюзовым разломом. По результатам поверхностного бурения в карьере № 3 до горизонта штольни № 8 вскрыто 6 линзовидных тел, по которым подсчитаны прогнозные ресурсы в количестве 9,524 кг [Отчет..., 1982].

Диссертант провёл в 2023-2024 году полевые работы на месторождении и его флангах. В результате полевых работ был собран каменных материал, закартирован

объект исследования, произведена фотодокументация поверхности и подземных горных выработок (Рисунок 1.6).

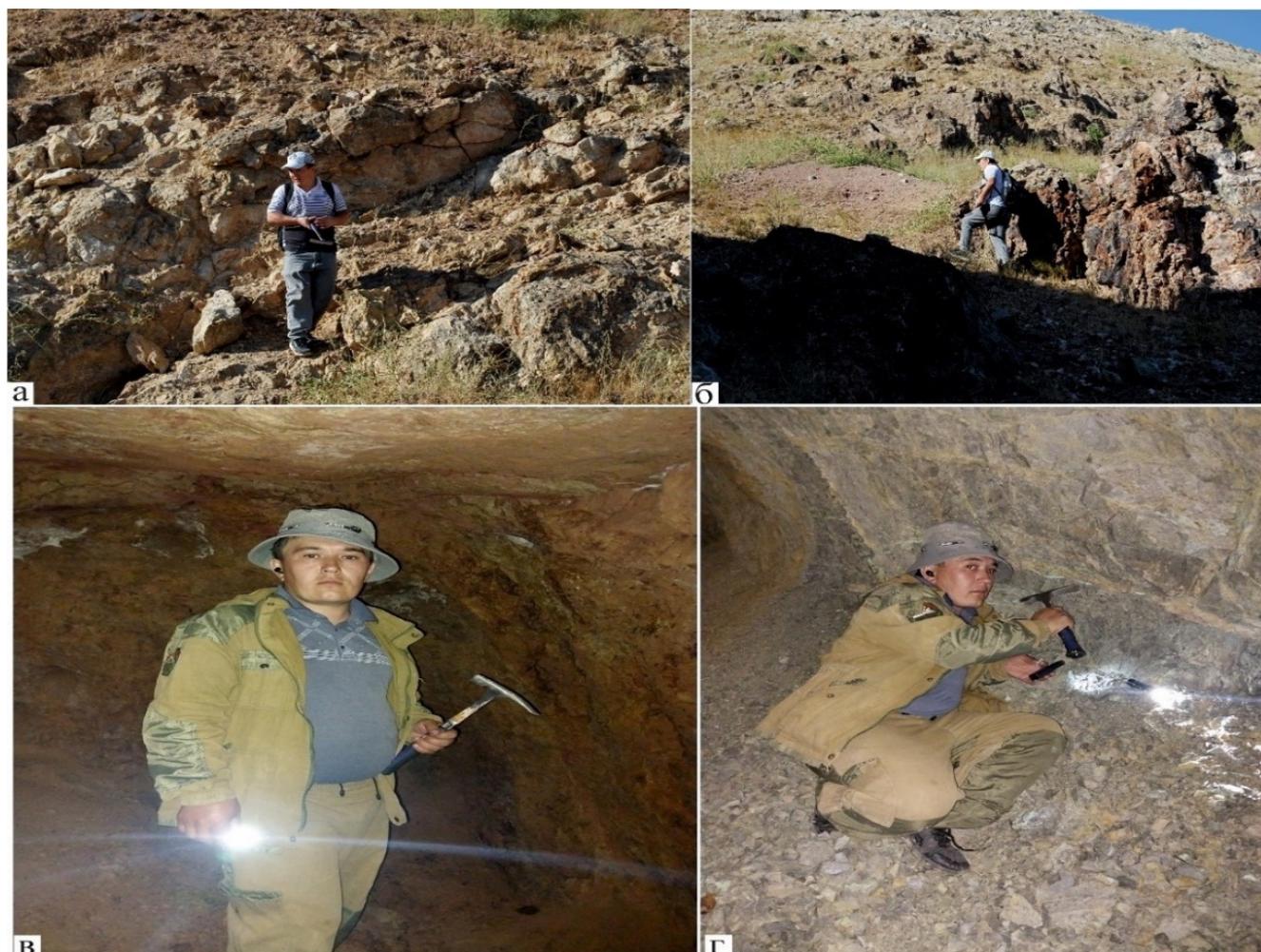


Рисунок 1.6. Полевые работы автора на месторождении Бирюзакан
а,б- на поверхности, на северном фланге месторождения; в,г – в подземных выработках: в – в штольне, на стенках которых наблюдаются изменённые вулканыты акчинской свиты; г – в рассечке при прослеживании бирюзовой жилы (показана молотком)

1.4. Промышленный потенциал бирюзы

Месторождение бирюзы Бирюзакан относительно хорошо изучено и разведано многолетними поисково-оценочными и разведочными работами. На его площади пройдены многочисленные канавы, несколько карьеров и 4 штольни (Рисунок 1.7).



Рисунок 1.7. Вид на месторождение Бирюзакан с юга.

Слева, тёмный контур – Бирюзовый разлом (нижняя стрелка), выше обнажение мраморов (D₂-C₁) – верхняя стрелка. Справа – линии канав и отвал карьера

За весь период освоения месторождения Бирюзакан, по мере накопления фактического материала, проводились попытки оценить прогнозные ресурсы бирюзы. Так, в 1963-64 гг. были оценены прогнозные ресурсы (перспективные запасы) участка №3 в количестве 667,6 кг кондиционной бирюзы, с учетом бирюзовой крошки – 971,4 кг (запасы отнесены геолого-разведчиками к категории C₂). С учётом добычи (184,4 кг) перспективные запасы в недрах составили 486,2 кг с содержанием кондиционной бирюзы 1252,92 г/м³, в том числе голубой: 1 сорта – 89,27 г/м³, 2 сорта – 253,33 г/м³, 3 сорта – 667,4 г/м³, бирюзовой крошки – 570,52 г/м³; зеленой бирюзы – 1 сорта – 83,13 г/м³, 2 сорта – 159,79 г/м³.

Месторождение состоит из трёх промышленных участков. В результате разведочных работ 1982 года геологами экспедиции Средазсамоцветы отрицательно оценили 1-й и 2-й участки, третий был оценен положительно (Рисунок 1.3, Рисунок 1.7).

Экспедиция Памиркварцсамоцветы, которой был передан на баланс Бирюзакан, оценку месторождения не производила.

ВЫВОДЫ

1) Месторождение состоит из трёх промышленных участков. В результате разведочных работ геологами экспедиции Средазсамоцветы отрицательно оценили 1-й и 2-й участки, третий был оценён положительно.

2) Кроме месторождения Бирюзакан в Карамазаре известны и 4 проявления бирюзы: Бирюзасай, Карамазар, Кызылташ и Шорбулак. Южнее на северном склоне Туркестанского хребта известны два проявления: Исфара и Самаркандык [Восихов, Литвиненко, 2024].

3) Месторождение Бирюзакан расположено в низкогорном районе, относительно легкодоступном. Горные работы можно проводить круглогодично. Проблемой является отсутствие электросети и воды. В 5 км к югу от месторождения расположен посёлок Кансай, что может облегчить проведение геологоразведочных работ.

4) Бирюзакан является древнейшим объектом проведения добычных работ. На относительно удалении от него, на полиметаллических месторождениях Кансай, Акташ, Алтыетопкан и Адрасман в средние века из галенита добывали серебро. Поэтому Карамазар является древнейшим районом добычи серебра и бирюзы.

5) Наряду с крупными рудными месторождениями район является научным и культурным центром Республики Таджикистан. Он обладает высокой культурой проведения горных работ, как открытых, так и подземных, которые проводились здесь по меньшей мере с раннего средневековья.

6) Потенциал Бирюзакана диссертант видит на его восточном фланге вдоль Бирюзового разлома. Он может быть ещё усилен в связи с возможными поисково-оценочными работами, которые требуются для оценки аномалии REE, Th, U, As, Sb, Zn, Bi, W, Mo, Cu, Cd, Se, Ba, Ag, Au, установленной автором.

ГЛАВА 2. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ КАРАМАЗАРА

2.1. Стратиграфия

Кармазарский регион формировался в течении трёх тектонических циклов: каледонского, герцинского и альпийского, во время которых сформировались три структурно-вещественных этажа [Афиногенова и др., 1968]. Нижний этаж сложен метаморфизованными терригенными и вулканогенными породами (O-S), секущимися кислыми и средними интрузиями бургундинского комплекса, S_2 [Расчленение..., 1976]. Вещественные комплексы среднего этажа, расчленённые на вулканогенные свиты (Рисунок 2.1), не образуют сплошных покровов, залегая в изолированных грабенах [Расчленение..., 1976]. Средний структурный этаж расчленяется на две толщи. Нижняя толща сложена песчано-карбонатными отложениями (D_2-C_1), верхняя – вулканогенно-осадочными (C_2-T_1). Почти все стратифицированные подразделения имеют между собой несогласные контакты, залегая на размытых поверхностях нижележащих свит (Рисунок 2.1). Породы среднего этажа прорваны средне-кислыми интрузиями кармазарского (C_2), чорухдайронского (P) и шайданского (T_1) комплексов. Вдоль отдельных разломов отмечаются метаморфогенные изменения. Верхний структурный этаж сложен почти горизонтально залегающими осадочными породами (K-P).

Необходимо отметить очень важную геологическую особенность верхнего этажа: в составляющих его породах отсутствуют магматические, рудные и жильные гидротермальные образования, а также следы метаморфизма [Афиногенова и др., 1968]. Это позволяет датировать кварцевые жилы с бирюзой и рудными минералами как домеловые.

Со средним циклом развития геологии Кармазара связано образование мощной вулканогенной толщи (C_2-T_1), расчленённой на 7 свит. Эта толща, общей мощностью более 13 км, является вмещающей для многих рудных месторождений. В карбон-пермское время сформировались скарново-магнетитовая, пегматитовая, грейзеновая и Au-кварцевая формации. С последним вулcano-плутоническим

шайданским комплексом (T_1) ультракислого щелочного состава связано образование Pb-Zn, флюоритового, кварц-гематитового и других видов минерализации [Бабаходжаев и др., 1968].

Ниже приводится подробное описание каждого структурного вещественного этажа, согласно материалам о геологическом развитии Карамазара по данными предыдущих исследований.

Ордовик-силурийские (O-S) метаморфогенно-терригенные отложение в Карамазаре являются самыми древними. Породы этих систем впервые были описаны В.Н. Наследовым [1935]. Ордовик-силурийские отложения подразделены на две свиты: кайракскую и урубуплакскую. Породы данных свит, в основном распространены, на северо-западе Карамазара и преимущественно состоят из песчаников, алевролитов, конгломератов, зеленых филлитовидных и реже слюдястых сланцев. Общая мощность объединённых свит составляет 4000 м [Карпова 1944; Наследов, 1935].

Нижне-среднедевонские отложения ($D_{1-2}kg$) представлены вулканическими образованиями кугалинской свиты, которая распространена в Западном Карамазаре. Нижняя часть разреза этой свиты, преимущественно, состоит из пироксен-амфиболовых андезитов, дацитов и андезито-базальтов. Верхняя часть разреза в основном включает липариты, игнимбриты и туфы. Кроме того, внутри пород кугалинской свиты выявлены линзы туфопесчаников, полимиктовых песчаников и алевролитов. Данная свита с угловым несогласием залегает на отложениях ордовикской и силурийской систем (Рисунок 2.1). Общая мощность отложений составляет 1500 метров [Мутаваллиев, 2019].

Среднедевон-нижекарбоновая карбонатная толща (D_2-C_1) распространена на севере и юго-западе района. Это толща залегает с несогласием на вулканических породах кугалинской свиты. Породы этого возраста представляют собой метаморфизованные песчаники, глинистые песчаники, доломиты, известняки, конгломераты, глинистые известняки. Мощность толщи в различных частях исследуемого района неодинакова. Общая мощность ~1,7 км [Бабенко, 1972].

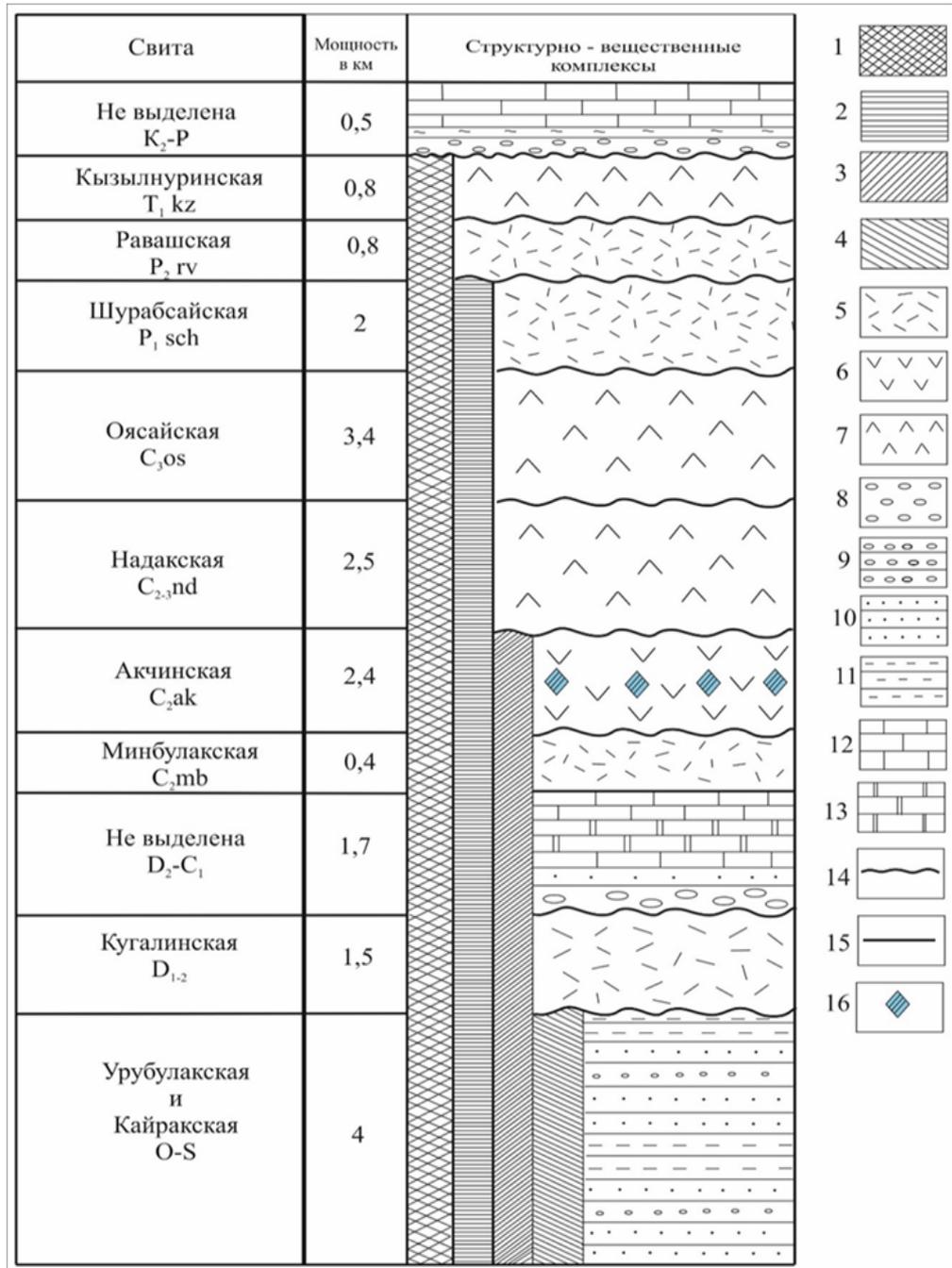


Рисунок 2.1. Стратиграфическая колонка и интрузивные комплексы Кармазара и положение бирюзовой минерализации, составлена диссертантом по материалам [Расчленение..., 1976; Петрография..., 1986]:

1-4 – интрузивные комплексы: 1 – шайданский, гранитоидный (T1) 2 – чорухдайронский, сиенитовый (P); 3 – кармазарский, гранодиоритовый (C2); 4 – бургундинский, микродиоритовый (S2); 5-7 – вулканогенные породы: 5 – андезиты, базальты, туфы; 6 – липариты, дациты (преобладают), туфы; 7 – липариты, трахилипариты, туфы; 8-13 – осадочные породы: 8 – базальные конгломераты; 9 – конгломераты; 10 – песчаники; 11 – алевролиты; 12 – известняки; 13 – доломиты; 14-15 – контакты: 14 – несогласные; 15 – согласные.

Среднедевонские отложения в Кармазаре широко распространены и представлены тремя свитами : минбулакской, акчинская и надакская. Каждая свита имеют геологические, петрографические и геохимические особенности и ниже приводятся по отдельности.

Минбулакская свита (C_2mb) распространена на Алтынтопканской, Курусай-Бегулинской и Токмак-Джамансайский площадях. Разрезы данной свиты имеет очень много сходств по строению и составу. Наиболее детально она изучена на Алтынтопканской площади. Здесь она представлена грубообломочными туфами андезито-базальтового состава, лавами кварцевых дацитов, андезито-базальтовых, порфиридных андезитов и кластолавами дацитовых порфиритов. Все перечисленные породы объединяются в чалатинскую толщу. Минбулакская свита согласно залегает на нижележащих породах среднедевонской-нижекарбоновой толщи. Мощность свиты в пределах Алтынтопканской площади колеблется в пределах 0-400 м (Рисунок 2.1) [Геология..., 1972].

Акчинская свита (C_2ak) наиболее широко распространена. Свита впервые была выделена Е.А. Кочневым (1939). Её разрезы на разных площадях района различны и не всегда сходятся. Например, в Токмакском грабене, расположенном в южной части Адрасманской мульды данная свита по составу разделена на 9 толщ следующего состава: 1 – конгломераты, песчаники, туфы, липарито-дациты и их кластолавы, мощность 100-400 м; 2 – туфопесчаники, туфы, андезиты, их кластолавы, мощностью 200-700 м; 3 – флюидальные кварцевые латиты и их игнимбриты, мощность 200-500 м; 4 – гравелиты, песчаники, и глинистые сланцы, мощность 100-300м; 5 – серые и зеленовато-серые андезито-дациты, мощностью 500 м; 6 – серые и сиреневые дациты, 200-950 м; 7 – сиреневые и фиолетовые крупнопорфиридные андезиты, мощность 100-200 м; 8 – серые и красновато-светло-серые липариты, мощность ~ 600 м; 9 – розовато-серые и красновато-бурые липариты, липарито-дациты, мощность 500-1000 м. Общая мощность свиты в Токмакском грабене 900-2400 м. Акчинская свита несогласно залегает на вулканогенной толще минбулакской свиты [Салтовская, 1976].

Надакская свита (C_{2-3nd}), в основном, распространена в северо-восточном и центральном Карамазаре. Она впервые была выделена З.П. Артемовой (1956). Породы надакской свиты несогласно залегают на размытой поверхности вулканических толщ акчинской свиты. Свита весьма широко распространена в междуречье Уткемсу и Долоны и на плато Мынджилги. Вещественный состав нижней части свиты в пределах упомянутых площадей состоит из конгломератов, песчаников, алевролитов, сланцев и известняков. Верхняя часть сложена туфами, туфобрекчиями, игнимбритами, лавобрекчиями и лавами дацитовых и кварц-дацитовых порфиритов. Мощность надакской свиты – 2500 м [Арапов, 1962].

Породы оясайской свиты (C_{3os}) после акчинской имеют наибольшее распространение на территории района, преимущественно, в центральной (Адрасманской мульде) и северо-западной части Карамазара. Свита впервые была выделена Н.П. Васильковским (1952). В основании она сложена красноцветными конгломератами и песчаниками. Сверху разрезы оясайской свиты разнообразны и в основном состоят из вулканогенных пород, в состав которых входят розовые, сферолитовые липариты, тёмно-серые и зеленовато-серые кварцевые латиты, красновато-серые липариты и трахилипариты. Данная свита несогласно залегают на надакской. Её мощность составляет 3400 м (Рисунок 2.1) [Расчленение..., 1976].

Шурабсайская свита (P_{1sh}) имеет наименьшее распространение на территории района. Она выделена в Чорухдайронском грабне, Ташкескенской и Адрасманской мульдах, в которых хорошо сохранилась [Расчленение..., 1976]. Разрезы шурабсайская свиты на Ташкескенской площади состоят из пиязлысайской и тереклисайской толщ. В целом свита состоит из эффузивных и осадочных образований. Эффузивные породы представлены тёмно-серыми почти чёрными трахиандезитами, трахибазальтами, кирпично-красными кластолавами и туфолавами трахитов, кремовых и розовато-серых флюидалных лав и игнимбритами трахилипаритов. Осадочно-метаморфогенные толщи шурабсайской свиты сложены песчаниками, туфопесчаниками и глинистыми сланцами, которые залегают в основании данной свиты. Её общая мощность – 200 м [Расчленение ..., 1976; Рудные ..., 1972].

Равашская свита (P_{2gv}) выделена на Ташкескенской и Курусай-Бегулинской площадях. Свита во всех обнажениях по петрографическим особенностям и составу однородна. Она представлена андезитами, базальтами, туфами, липаритовыми порфиритами, пироксеновыми андезитовыми порфиритами. Толща равашской свиты с резким угловым несогласием залегает на шурабсайская свите. Мощность свиты составляет 800 м [Рудные ..., 1972].

Кызылнурская свита (T_{1kz}) распространена в северо-западной части Кармазара и представлена двумя толщами: самгарской и алмабулакской. Самгарская толща сложена кварцевыми порфиритами и залегает в основании разреза. На самгарской толще согласно залегает алмабулакская, которая представлена андезитами, базальтами и их туфами, мощностью 800м [Рудные ..., 1972].

Самая верхняя часть разреза Кармазарского рудного района заканчивается нерасчленёнными осадочными толщами верхнемеловых-палеогеновых (K_2-P) отложений. Их разрезы распространены в северо-восточном и центральном Кармазаре. Данные отложения преимущественно сложены красноцветными конгломератами, песчаниками, алевролитами, мергелями, известняками с прослоями песчаников и глин. Их общая мощность составляет 500 м (Рисунок 2.1) [Рудные..., 1972].

2.2. Интрузивные образования

Интрузивные породы широко распространены в Кармазарском рудном районе и занимают более 50% его территории (Рисунок 2.2). Они образуют крупные массивы, штоки и дайкообразные тела и различны по петрографическому составу. Они изучались многочисленными исследователями в разные годы. Среди них нужно отметить С.Ф. Машковцева (1928), Б.Н. Наследова (1935), Ф.И. Вольфсона (1936), Ф.Ш. Раджабова (1941), Н.П. Васильковского (1952), Х.М. Абдуллаева (1958), В.Н. Байкова (1960), Ю.С. Шихина (1965), Л.Н. Лисогора (1966), Б.Н. Андерсона (1968) и др. [Бабаходжаев, 1975]. Большое вклад внесли петрографы

Института геологии АН Тадж. ССР С.М. Бобоходжаев, Х.К.Кудусов, Г.Т. Таджибаев, Ю.Мамаджанов и др. [Петрография...,1986].

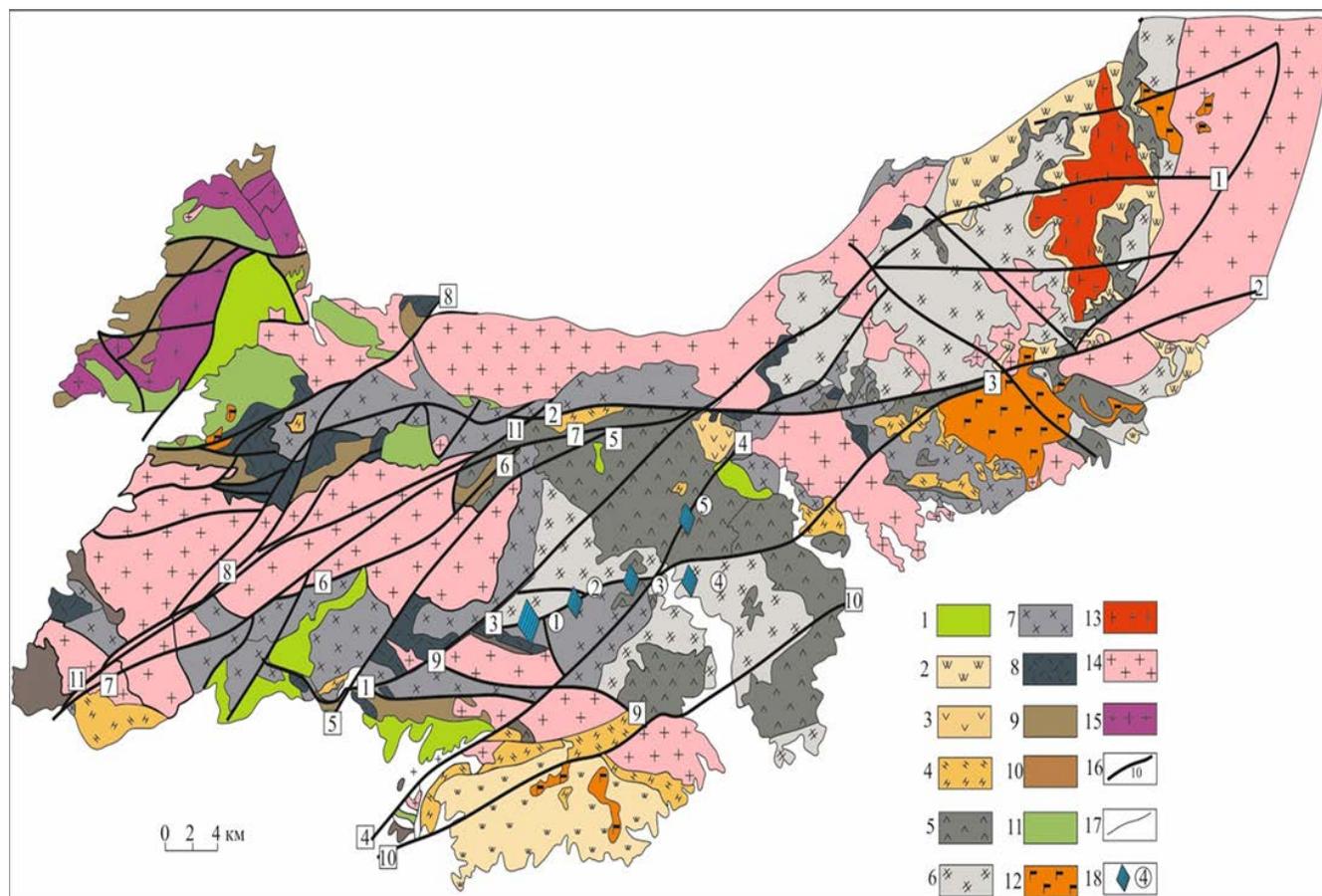


Рисунок 2.2. Схематическая геологическая карта Карамазара (составлена на основе геологической карты м-ба 1:200000 из отчёта В.Н. Байкова и др., 1968) и позиция месторождения и проявлений бирюзы.

1 – меловая и палеогеновая система нерасчлененные (К-Р); 2 – кызылнуринская свита ($T_1 kz$) липариты, трахилипариты, туфы; 3-4 – пермовая система (P_2), свиты: 3 – свитраваишская (P_{2rv}) андезиты, базальты, туфы, липаритовые порфиры, пироксеновые андезитовые порфириты; 4 – шурабсайская (P_{2sh}) андезиты, базальты и туфы; 5-8 – карбоновая система (C_{2-3}), свиты: 5 – оясайская (C_{3os}), липариты, кварцевые латиты; 6 – надакская (C_{2nd}), андезиты, базальты, туфы; 7 – акчинская (C_{2ak}), кварцевые латиты, андезиты, липариты; 8 – минбулакская (C_{2mn}), андезиты, туфы, туфопесчаники; 9 – известняки, доломиты, мергели, песчаники, конгломераты (D_2-C_1); 10 – нерасчлененный, липариты, базальты, андезиты, дациты (D_{1-2}); 11 – урубупакская и кайракская свита (O-S), сланцы, алевролиты, песчаники; 12-15 – интрузивные комплексы: 12 – диабазы, гранит-порфиры, граниты (T_1); 13 – габбро, граносиенит-порфиры, сиенито-диориты, монзониты (P_1); 14 – гранит и гранодиорит-порфиры (C_2); 15 – гранодиорит-порфиры (C_2); 16 – разломы и их номеров: 1) Тарыэканский, 2) Баштавакский, 3) Бирюзовый, 4) Кошмулинский, 5) Канджольский, 6) Токмакский, 7) Редкометальный, 8) Алтынтопканский, 9) Оккурдаванский, 10) Кызылтурский, 11) Железный; 17 – границы породы; 18 – месторождение и проявления бирюзы: 1) Бирюзакан, 2) Бирюзасай, 3) Карамазар, 4) Кызылташ, 5) Шорбулак.

Силурийские интрузивные образования считаются самыми древними и представлены Бургундинским плутоническим позднесилурийским комплексом (Рисунок 2.1), дериваты которого прорывают песчаники и сланцы ордовик-силурийских систем. Он расположен в центральной части Карамазара и сложен микродиоритами, диорит-гранодиоритами и плагиогранитами [Расчленение..., 1976; Борисов, 1958].

В герцинский тектономагматический цикл в районе Карамазара образовались многочисленные интрузивные комплексы среднекаменноугольного возраста. В пределах района они имеют весьма широко распространение и образуют ряд крупных многофазовых массивов (Рисунок 2.2) [Бабаходжаев, 1975; Полканов, 1945]. Крупнейшими массивами данного интрузивного комплекса являются Карамазарский, Алмабулакский, Джеркамарский, Акташский, Аштский и др. Кроме перечисленных массивов интрузивные образования среднекарбона выделяются выходы интрузивных образований в различных частях региона [Раджабов, 1964].

Карамазарский массив (C_2) расположено в юго-западной части Карамазара (Рисунок 2.2). Площадь выхода комплекса составляет более 300 км². Он сложен аплитовидными гранитами, гранодиоритами, адамеллитами, плагиогранитами и гранитами. Петрохимический состав пород данного массива соответствует гранодиориту, в нём повышено содержание кремнезема [Петрография ..., 1986].

Алмабулакский массив (C_2) распространен в юго-западной части Карамазара и имеет площадь в 45-50 км². Он сложен крупно-мелкозернистыми гранитами, гранодиоритами, а в краевых частях – порфировидными гранитами [Наследов, 1935].

Джеркамарский массив (C_2) приурочен к центральной части южного склона Кураминского хребта. Он занимает площадь около 70 км². Массив сложен средне и мелкозернистыми порфировидными и аплитовидными гранитами. Также в его составе выделяются диориты, кварцевые диориты, гранодиориты [Бабаходжаев, 1975].

Акташский массив (C_2) расположен в Восточном Карамазаре. Площадь выхода массива около 450 км². Массив прорван многочисленными штоками и дайками верхнего карбона-нижнего триаса. Вещественный состав массива представлен гранитами, кварцевыми диоритами, адамелитами и диоритами. Формирование данного массива связано с одним из этапов раннегерцинской складчатости [Кудусов, 1978].

Аштский массив (C_2) размещен в восточной части района и имеет площадь выхода более 70 км². Он сложен порфировидными биотитовыми гранитами. В контактах интрузива развиты многочисленные жилы аплита и шпировидные пегматиты. Характерной чертой данного гранитоидного массива является широкое проявление микроклинизации, альбитизации и грейзенизации [Петрография..., 1986].

Нижнепермские (P_1) интрузивные комплексы в основном развиты в северо-восточной части района (Рисунок 2.2). Интрузивный комплекс представлен Бабайобским массивом, который занимает площадь около 50 км². Впервые данный массив был описан А.С. Аделунгом (1937). В нём выделяются четыре субфазы: монцодиорит-порфириды, кварцевые сиенит-диориты, кварцевые сиенито-диориты. Каждая субфаза имеет пологое залегание друг на друге и лаполитовую форму [Бабахаджаев, 1975].

Нижнетриасовые (T_1) интрузивные образования расположены в восточной части Карамазара (Рисунок 2.2). Здесь они известны как красные граниты шайданского типа. Самым крупным интрузивным массивом данного возраста является Шайданский [Бабахаджаев, 1975]. Он занимает площадь около 60 км². Массив сложен диабазами, гранит-порфирами и гранитами. Кроме того, шайданский массив пересекается более 300 дайками аплитов, аплитопегматитов, пегматитов, кварцевых и гранит-порфировов, диабазов и плагиоклазовых порфиритов [Бабахаджаев, 1976].

2.3. Тектоника

В разделе 2.1 было отмечено, что Кармазар сформировался в течение трёх тектонических циклов, которые проявились в виде складчатых и разрывных нарушений [Арапов, 1965].

В нижнем и среднем палеозое на территории Кармазара господствовали типичные геосинклинальные условия, которые завершились в конце среднего палеозоя интенсивным складкообразованием, сопровождавшееся внедрением крупных гранитоидных масс. В верхнем палеозое территория Кармазара покрылась мощными толщами вулканогенных пород, которые в конце палеозоя были смяты в простые широкие складки и разбиты многочисленными разрывными нарушениями [Парфенов, 1966].

Важнейшее значение в образовании и размещении рудных месторождений Кармазара играли системы сближенных глубинных разломов субширотного и северо-западного простирания. По данным [Вольфсон и др., 1972] глубинные долгоживущие разломы выполняли большую роль в геологической истории региона. Одним из них является разлом Бирюзовый, контролирующий размещение Ag-Pb-Zn и Cu-Bi месторождений, в том числе, бирюзовых проявлений и месторождения Бирюзакан.

Разрывные нарушения широко проявлены и играют важную роль в образовании рудных и бирюзовых месторождений. Бирюзоносные объекты локализованы в центре сложной системы глубинных разломов северо-восточного простирания: Тарыэканского, Баштавакского, Кошмулинского, Кызылтурского и Бирюзового (Рисунок 2.2) [Литвиненко, Восихов, 2024]. Самыми крупными разломами в районе является Баштавакский, Тариэканский, Бирюзовый, Кошмулинский, Канджолский, Токмакский, Редкометалльный, Алтынтопканский, Окурдаванский и Кызылтурский. Эти разломы определяют блоковое строение Кармазара [Мещеркова, 1960].

Баштавакский, Токмакский и Окурдаванский разломы имеют субширотное простирание и сложное внутреннее строение (Рисунок 2.2). Тела разломов

выполнены разновозрастными интрузивными, субвулканическими и послемагматическими образованиями. Мощность зон разломов начинается от первых сотен метров и достигает 1-2 км. Они имеют крутые углы падения (60-85°) и большую протяжённость. Например, Баштавакский разлом почти пересекает весь Кармазарский рудный район, имея длину больше 100 км. Токмакский берёт своё начало от Редкоземельного разлома и заканчивается, когда снова встречается с ним, составляя ~30 км. Окурдаванский разлом начинается с Тарыэканского разлома и пересекая Бирюзовый утыкается в Кызылтурский и его протяжённость ~38 км. Все разломы данного простирания заложилась в силурийский период и являются самыми древними и долгоживущими в Кармазаре [Байков, 1968].

Тарыэканский, Бирюзовый, Кошмулинский, Редкометальный, Алтынтопканский, Кызылтурский, Токмакский и Железный разломы имеют северо-восточные простирания (Рисунок 2.2). Разломы субширотного простирания характеризуются весьма сложной по строению зонами, состоящими из ряда субпаралельных и спрягающихся поверхностями смещения. Угол простирания этих разломов в основном 75-85°. Общая мощность зон дробления данных разломов от несколько сотен метров до 1 км, например, Железный разлом. Зоны разломов выполнены разновозрастными магматическими телами и продуктами послемагматической деятельности. Очень часто в них встречается пакеты карбонатных пород. Время заложения разломов данного простирания среднекаменноугольное [Наследов, 1935; Парфенов, 1966].

Среди упомянутых разломов наблюдается значительное количество менее крупных разрывных нарушений, ориентированных на северо-запад: Тутлинский, Акчагалский, Эффузивный и другие. Эти разрывные нарушения разделяют Кармазар на отдельные тектонические блоки. Они несколько различаются по истории геологического развития и процессам минерализации от широтных [Рахимов, 1978].

2.4. Полезные ископаемые

Кармазар, как рудный район, включающий месторождение бирюзы Бирюзакан, известен с раннего средневековья [Массон, 1935]. Он расположен на южном склоне Кураминского хребта, являющегося южным окончанием Срединного Тянь-Шаня. Территория приурочена к каледонско-герцинской Срединнотяньшанской рудной провинции в составе Урало-Монгольского металлогенического пояса. Провинция специализирована на цветные: Pb, Zn, Cu, Bi, W, Mo, благородные: Au, Ag и радиоактивные металлы: U [Баратов и др., 1999].

Данный район является крупнейшим рудным регионом мирового значения. На его площади выделено 14 рудных полей [Бабаходжаев и др., 2001], в состав которых входят такие крупные месторождения как Большой Канимансур, Канджол, Кансай, Чорух-Дайрон, Чокодамбулак, Тарыэкан, Замбарак и др. Руды практически всех месторождений характеризуются многометальностью. Например, руды Адрасман-Канимансурского рудного поля представлены семью элементами: Ag, Pb, Zn, Cu, Bi, U, F [Сафонов и др., 2000]. Одним из важнейших в практическом и интереснейшем в геологическом отношении является серебряно-полиметаллическое месторождение Большой Канимансур.

В пределах данного рудного района расположены крупные, средние и мелкие свинцово-цинковые (Альтынтопкан, Куруксай, Турангли, Сардоб, Учочак, Кансай, Акташ, Замбарак, Канимансур, Адрасман, Гудас и др.), серебряные (Большой Канимансур, Канджол и др.), железорудные (Чокадамбулак), золоторудные (Бургунда, Иккижелон, Тутли, Апрельевка, Кариахан, Школное, Кызылчеку, Чарби, Чашмадинар и др.), медно-висмутовые (Каптархана, Перевальное, Тариэкан и др.), висмут-вольфрамовые (Чорухдарон) и урановые (Табошар и др.) месторождения. Месторождение Бирюзакан и четыре небольших бирюзовых проявлений (Бирюзасай, Кармазар, Кызылташ и Шорбулак) расположены в центре зоны развития этих месторождений. На западе бирюзоносная зона приближается к месторождениям Школное (Ag-Au) и Табошар (U); на севере – к Канджолу (Ag-Pb-Zn), Кариахану (Au), Замбараку (Cu-Pb-Zn), Перевальному и Тариэкану (Cu-Bi-

Pb-Zn); на востоке – к Большому Канимансуру (Ag-Pb-Zn), Канимансуру (Pb-Zn) и Адрасману (Cu-Bi-Pb-Zn); на юге – к Каптархане (Cu-Bi), Акташу, Кансаю (Pb-Zn) и Кызылчеку (Au). На более дальнем расстоянии от бирюзовой зоны, на западном фланге Кармазара расположены месторождения Сардоб, Алтынтопкан, Куруксай, Турангли, Учочак (Pb-Zn), Чашли (Fe), Бургунда, Иккижелон, Тутли (Au); на юге – Чокадамбулак (Fe), Чорухдайрон (W-Bi) и Апрельевка (Au); на востоке – Чарби, Чашмадинар (Au) и Гудас (Pb-Zn) (Рисунок 2.3) [Литвиненко, Восихов, 2025₁].

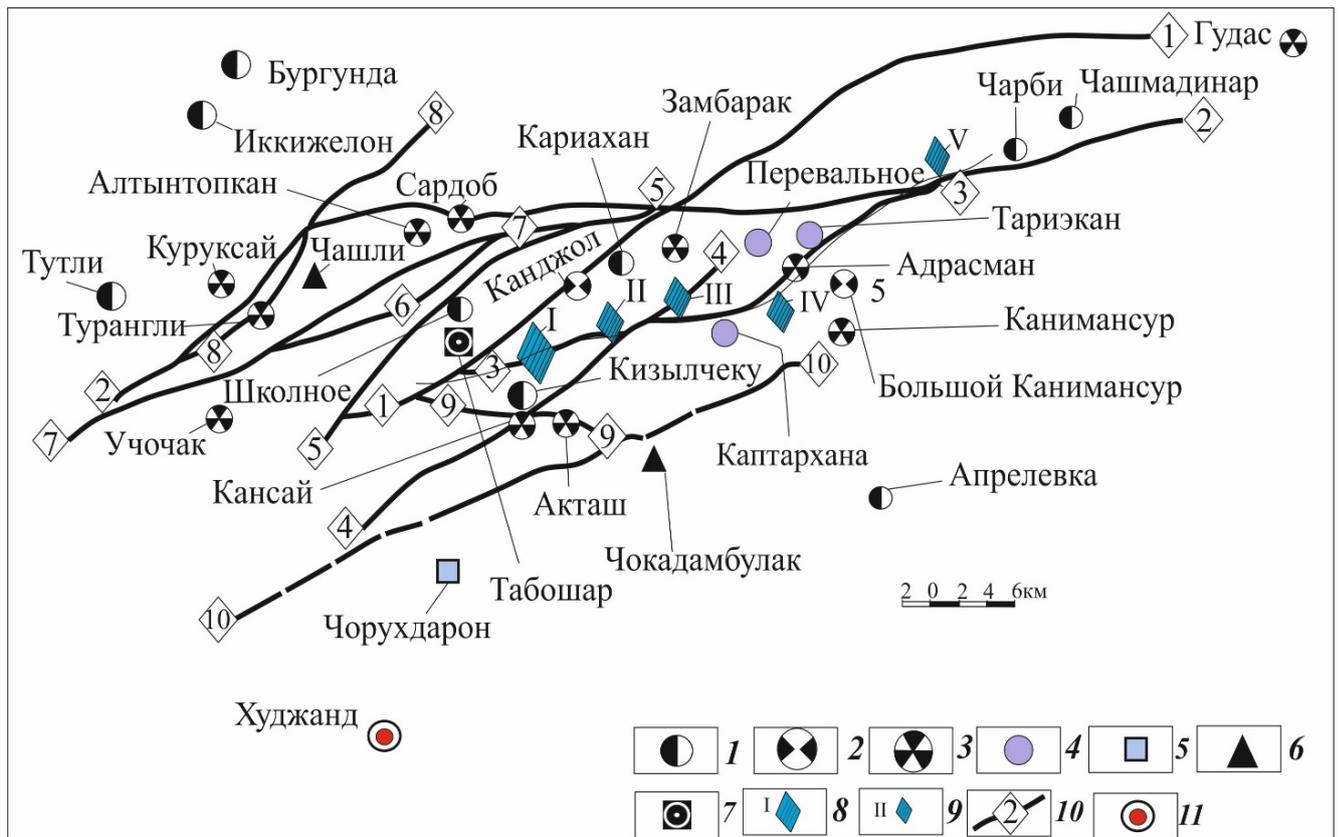


Рисунок 2.3. Карта размещения рудных месторождений и бирюзы Кармазара, составлена с использованием геологической карты масштаба 1:200000 из отчёта В.Н. Байкова и др., 1968 г.:

1-7 – виды месторождений: 1 – золото, 2 – серебро, 3 – полиметаллы, 4 – медь-висмут, 5 – висмут-вольфрам, 6 – железо, 7 – уран, 8 – бирюза (I – Бирюзакан), 9 – проявления бирюзы (II – Бирюзасай, III – Кармазар, IV – Кызылташ, V – Шорбулак), 10 – глубинные разломы и их номера: (1 – Тарыэканский, 2 – Баштавакский, 3 – Бирюзовый, 4 – Кошмулинский, 5 – Канджольский, 6 – Токмакский, 7 – Редкометальный, 8 – Алтынтопканский, 9 – Оккурдаванский, 10 – Кызылтурский, 11 – город.

Полиметаллические месторождения в рудном районе, как было выше упомянуто, являются одним из ведущими полезных ископаемых и приурочены к 10

рудным полям. Самыми крупными полиметаллическими месторождениями являются Алтынтапкан, Адрасман, Канимансур, Кансай, Акташ, Куруксай, Турангли, Сардоб и Гудас (Рисунок 2.3) [Абдуллаев, 1966].

В пределах Алтынтопканского рудного поля расположено Алтынтопканское и Сардобское месторождения. Алтынтапканское полиметаллическое месторождение расположено в северо-западной части Кармазара в одноимённом рудном поле. Оно, как и другие месторождения Алтынтопканского рудного поля, приурочено в зоне контакта гранитоидов с карбонатной толщей и являются скарновыми образованиями [Вольфсон и др., 1951; Мутаваллиев, 2019]. Основными рудообразующими минералами являются галенит и сфалерит, в меньшей степени встречаются пирит, халькопирит и магнетит. Редко встречаются блеклые руды, аргентит, пираргирит, полибазит и стефанит. Кроме свинца и цинка, которые считаются главными компонентами на месторождении известны серебро (43 г/т) и медь (0,21%), которые рассматриваются как попутный компонент. Глубина заложения рудного оруденения достигает до 1000 м [Болдырева, 1976]. Месторождение Сардоб было открыто С.Ф. Машковцевым [Машковцев, 1926]. Полиметаллические руды локализованы в виде вкрапленности в сланцах, гранитах, известняках и во всех породах месторождения, но главным образом они концентрируется в зонах раздробленных, окварцеванных и серицитизированных пород, прослеживающихся в массиве порфиroidных гранитов. Главным рудоконтролирующим разломом месторождения является Сардобский. Основными рудными минералами являются галенит и сфалерит. В качестве попутных элементов были обнаружены медь (0,10%), серебро (29 г/т) и кадмий (0,04%) [Верхов, 1966].

На территории Куруксайского рудного поля юго-восточный фланг Кармазара расположены месторождения Куруксай и Турангли. Месторождения разделены на участки Куруксай 1,2,3,4 и Промежуточный. Месторождения изучались Б.Н. Наследовым [1925], Ф.И. Вольфсоном [1947] и др. исследователями. Оруденение в этом рудном поле, в основном, связано со скарнами и приурочено, главным образом, к контактам известняков с гранодиоритами, а также к толще

конгломератов. Морфология всех рудных тел в рудном поле имеют линзообразные, трубообразные и жилообразные формы. Главными рудными минералами является галенит и сфалерит. Среднее содержание свинца в руде – 5,33% и цинка – 4,88% [Верхов, 1966; Тарасова, 1967].

Полиметаллические месторождения Адрасман и Канимансур расположены в центральном Карамазаре, в составе Адрасман-Канимансурского рудного поля. Месторождение Канимансур локализовано в верхней части разреза вулканогенной толщи верхнего палеозоя. Главным рудным минералом является галенит, который отличается высоким содержанием серебра (85 г/т). Второстепенными рудными минералами являются халькопирит, сфалерит, висмутин. Адрасманское месторождение имеет большое сходство с Канимансурским месторождением, но в нём кроме свинца и цинка встречаются висмут, (0,027) серебро (49 г/т), медь (0,11%) и оно считается многометальным месторождением [Сафонов, 2000].

Кансайское и Акташское полиметаллические месторождения расположены в одноименных рудных полях. Кансайское разделяется на Центральный и Западный Кансай. Богатые полиметаллические руды образуют трубообразной формы рудные тела. Рудовмещающими являются метаморфизованные известняки девонского возраста [Геология СССР, 1966; Дьяков, 1972]. Месторождения считаются скарновыми. Галенит, сфалерит считаются основными рудными минералами. Редко встречаются халькопирит, пирит, гематит, магнетит [Бабенко 1972; Арапов, 1936]. Акташское месторождение по геологическому строению и минеральному составу похоже на Кансай.

Гудаское свинцово-цинковое месторождение расположено в северо-восточной части Карамазара (Рисунок 2.3). На месторождения было обнаружено 4 рудные тела, на которые приходится 95% запасов. Оруденение размещено в кварцевых жилах. Главными рудными минералами месторождения являются галенит, сфалерит, вюртцит, халькопирит и пирит [Кийко, 1972].

Главными железорудными месторождениями района являются Чокадамбулак и Чашли. Первое разделяется на Западный, Центральный и Восточный Чокадамбулак. Месторождения имеют контактово-метасоматическое

происхождение. Они размещены на контакте гранодиоритов с карбонатными породами D₃-С возраста. Основными рудовмещающими породами являются скарны пироксен-гранатового, пироксенового и тремолит-актинолитового состава. На месторождениях было определено более 80 рудных и нерудных минералов. Главными рудными минералами являются магнетит, гематит, сфалерит, галенит, халькопирит и пирит [Багрова, 1966]. Магнетит является главным рудным минералом месторождений, который составляет крупные пластообразные (от 5 до 40 м) тела, линзы, гнёзда и вкрапленность. Кроме железа на месторождениях, как попутный элемент, на Западном участке была установлена висмутовая минерализация, в форме висмутинов. Среднее содержание висмута на данном участке составляет от 0,131 до 0,274% [Борисов, 1966; Миницер, 1978]. Также было установлено серебро (0,29-10,9 г/т), медь (10-260 г/т), цинк (20-540 г/т), золото (0,01-0,04) [Сафаралиев, 2013].

Золоторудные месторождения в Карамазаре расположены в Западном (Бургунда, Иккижелон, Школное и др.), Центральном (Апрелевка, Кызильчеку) и на Восточном (Чарби, Чашмадинар). По генезису золоторудные месторождения данного района относятся к эндогенным и магматогенно-гидротермальным. Месторождения золота локализованы на небольших площадях, на которых проявились процессы скарнирования и напряженные зоны разно ориентированных структур [Иброхим и др., 2012]. Все золоторудные месторождения района разделяют на три возрастных промышленных типа: 1) кварц-золоторудный, среднекарбонный; 2) сульфидно-кварц-золоторудный, раннепермский; 3) самостоятельно значения не имеют и в основном присутствует в рудах медно-висмутовых, серебро-свинцовых и полиметаллический месторождений. К таким типам можно отнести золото на месторождениях Канимансура, Альтынтюпкана, Канджола и др. [Лисогор, 1972; Айзенштат, 1959].

По запасам все золоторудные месторождения Карамазара входят в группу мелких, но среднее содержание золото в данном районе по сравнению другими золоторудными месторождениями Центрального Таджикистана очень высокое (на месторождении Школное – 6,62 г/т) [Иброхим и др., 2012].

На территории Карамазара известно 2 крупных серебряных месторождений: Большой Канимансур и Канджол. Кроме этих месторождений, в большинстве полиметаллических месторождений встречаются промышленные концентрации серебра. Месторождение Большой Канимансур считается уникальным по запасам серебра (более 50 тысяч т.). Оно локализовано в Адрасманской вулканотектонической депрессии Центрального Карамазара [Файзиев, 2008]. Большой Канимансур изучался в разные годы: Е.М. Некрасов (1960), Байков (1975), В.А. Королева (1975), А.Р. Файзиев (1985), М.М. Фозилов (1995), Ф. Файзиев (2024) и др. Главными рудными минералами серебра являются акантит и самородное серебро, в которых сосредоточено более 90% серебра месторождения. Среднее содержание серебра 49 г/т [Файзиев, 2008; Файзиев, 2024].

Канджольское месторождение расположено в одноимённом рудном поле на северо-востоке Карамазара и считается серебро-свинцовым. Впервые месторождение было описано С.Ф. Машковцевым [1932]. Серебряная минерализация приурочена к кварцевым, кварц-карбонатным жилами и прожилкам, расположенных в трещинах, оперяющих крупные разрывные нарушения Канджольского и Редкоземельного разломов [Турлычкин, 1972]. Главными рудными минералами месторождения являются кераргирит, самородное серебро, аргентоярозит, висмутин. Среднее содержание серебра в рудах от 20 до 6495 г/т иногда достигает 60 кг/т.

Медно-висмутовые месторождения расположены в северо-восточной части района и представлены Тарыэканом, Каптарханой и Пайбулаком. Рудовмещающими породами месторождения Тарыэкан являются эффузивы тарыэканской и верхний горизонт верхне-кушайнакской и шурабсайской свит. Оруденение локализовано в оперяющих трещинах Тарыэканского разлома среди флюидальных фельзит-порфиоров, туфолов, кварцевых сферолит-порфиоров, кварцевых фельзит-порфиоров и кварцевых порфиоров. На месторождении известно более 10 рудных зон. Главными висмутосодержащими минералами являются айкинит, висмутин, шапбахит и др. сложные сульфосоли [Некрасов и др., 1972; Дунин-Барковская, 1978]. Месторождение Каптархана расположено в Такелийском рудном поле и

разделено на Южный, Восточный и Западный участки. Оруденение приурочено к крутопадающим трещинам северо-восточного простирания и к контактам штокообразного тела диоритовых порфиров. Основными рудными минералами месторождения являются халькопирит, айкинит, висмутин и др.

Чорухдайронское месторождение впервые было открыто как меднорудное в 1910 году промышленником П.С. Назаровым. Позднее в результате геологоразведочных работ на месторождении была установлена вольфрамовая (шеелит) и висмутовая минерализации. Месторождение после геологоразведочных работ эксплуатировалось до 1980 года и все разведанные запасы руды полностью отработаны. Чорухдайронское месторождение имеет скарновый генезис, наиболее богатые руды приурочены к гранатовым скарнам.

Урановые месторождения в Карамазар немногочисленны. Главными месторождениями данного металла является Табошарское, расположенное в Центральном Карамазаре. Оно было открыто в 1925 году и отработка месторождения велась активно для создания первой советской атомной бомбы и продолжалась до 1960 года. Геологическое строение месторождения очень сложное и имеет гидротермальное происхождение. Месторождение расположено в секущем разломе в гранодиорите, но урановое оруденение локализовано в эффузивно-туфовой толще в составе кварцевых, баритовых и реже карбонатных, и флюоритовых жил. На месторождении кроме урана и радия встречается висмут, вольфрам, олово, молибден и др. [Кириков и др., 1934].

Нами была выявлено пространственная и парагенетическая связь бирюзовой минерализации с рудными месторождениями и рудогенезом Карамазара [Литвиненко, Восихов и др., 2025₁].

ВЫВОДЫ

1) Карамазарский регион формировался в течение трёх тектонических циклов: каледонского, герцинского и альпийского, во время которых сформировались три структурно-вещественных этажа, составивших его геологическую основу.

2) Бирюзовые объекты, включая месторождение Бирюзакан, локализованы в центре сложной системы глубинных разломов северо-восточного простирания: Тарызканского, Баштавакского, Кошмулинского, Кызылтурского и Бирюзового.

3) Выявлена пространственная связь месторождений бирюзы с рудными месторождениями Карамазара и его вещественного и структурного основания.

ГЛАВА 3. СТРУКТУРНО-ВЕЩЕСТВЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОРОД, ВМЕЩАЮЩИХ БИРЮЗОВЫЕ ЖИЛЫ

3.1. Разрывные деформации месторождения

Главной тектонической структурой месторождения Бирюзакан является глубинный разлом Бирюзовый протяжённостью около 40 км (Рисунок 3.1). Падение его сместителя на юго-восток под углом 70-85°. Ширина эндогенных изменений вокруг него варьирует от первых сотен метров до 1,5 км [Парфёнов и др., 1966].



Рисунок 3.1. Вид на месторождение бирюзы Бирюзакан с юга.

Цифрами показаны три участка месторождения, пунктирная линия – висячий контакт Бирюзового разлома, выше разлома светлое пятно – кальцитовые мраморы

Бирюзовый разлом представлен двумя параллельными, чётко выраженными плоскостями скольжения (Рисунок 3.2). Пространство между ними заполнено жильным кварцем – «кварцевый сердечник» по Т.И. Менчинской [Менчинская, 1981], но встречаются крупные полости, приуроченные к раздувам (Рисунок 3.3). Парфёнов В.Д., Кондратов В.А. [Парфёнов и др., 1966] такие раздувы с полостями рассматривают как участки приоткрываний его краёв. На площади месторождения мощность между лежащей и висячей поверхностями разлома варьирует от 50 до 120 м [Менчинская, 1981]. Бирюзовый разлом является длительно «живущей» структурой, функционирующей со среднекаменноугольного времени [Парфёнов и др., 1966].



Рисунок 3.2. Лежачая поверхность Бирюзового разлома. Месторождение бирюзы на его висячей стороне, левее центра фотографии



Рисунок 3.3. Полость в Бирюзовом разломе шириной 0,8 метра, вскрытая поперечной штольней

Внутри разлома горными выработками установлены многочисленные полости, стенки которых покрыты яркими, толщиной до 1 см и более натёками вторичных минералов, которые могут представить поисковый интерес на рудные минералы (Рисунок 3.4). Зияние полостей достигает 1 метра. Они представляют большой геологический интерес, вероятно, как зоны растяжения, по которым создавались чрезвычайно благоприятные условия для транспортировки петрогенного и рудного вещества. Бирюзовый разлом один из крупнейших разломом Карамазара. Он контролировал развитие золоторудного месторождения Адрасман и др. (Рисунок 2.3). Все остальные глубинные разломы в количестве 10 структур контролируют всю металлогению Карамазара (Рисунок 2.3).

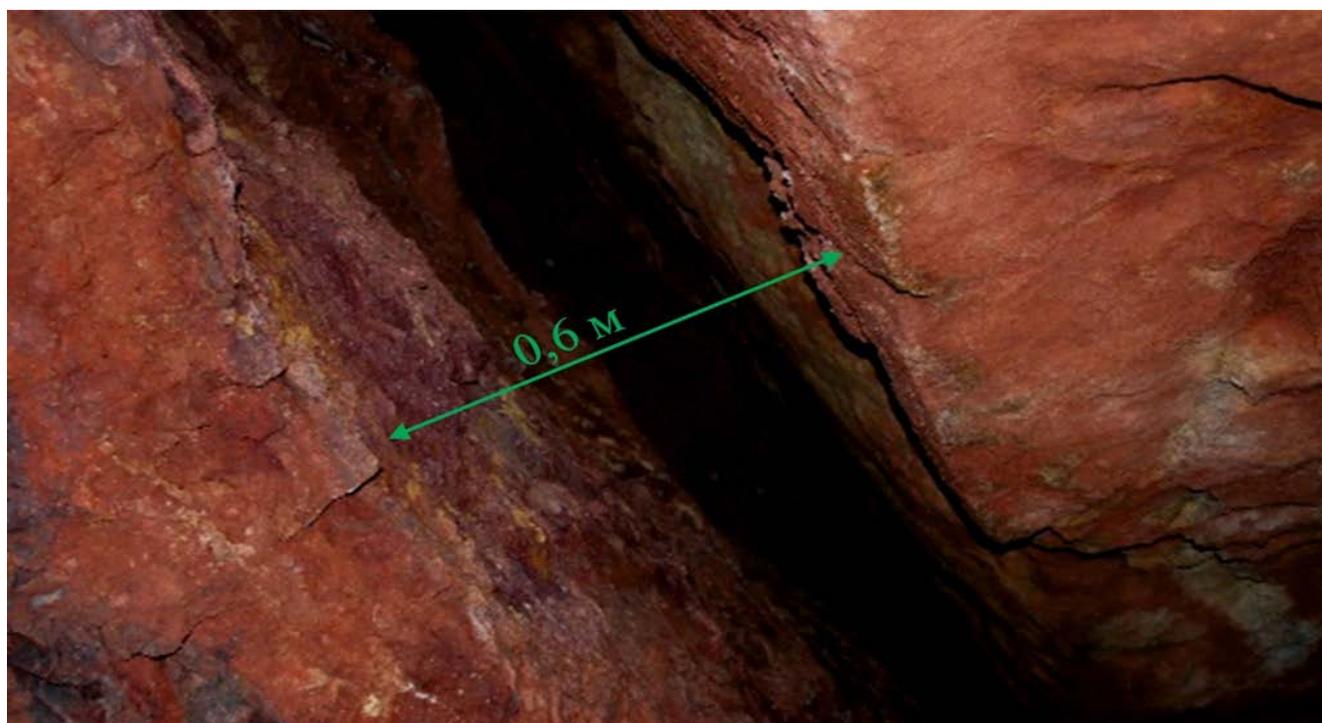


Рисунок 3.4. Ещё одна полость шириной 0,6 м, стенки которой покрыты вторичными рудными минералами

Наблюдаемые автором зоны растяжения в теле Бирюзового разлома являются очень важным объектом для понимания динамики развития тектоносферы региона и требуют дальнейшего исследования. Яркие рудные охры на стенках полостей разлома и в оперяющих трещинах являются реликтами рудной истории месторождения (Рисунок 3.5). Исследование рудной минералогии является очевидной задачей для расширения перспектив Бирюзакана.



Рисунок 3.5. Стенка полости с оперяющей трещиной, которые выполнены различными по цвету рудными охрами

Висячий и лежащий блоки месторождения разбиты очень заметной оперяющих трещин, имеющих неровные притёртые края (Рисунок 1.7). Оперяющие Бирюзовый разлом трещины двух направлений северо-западного и северо-восточного. Они, не рассекая главную структуру направлены к ней под углом 25-30°. Ко второму направлению трещин тяготеют жилы с бирюзой. Для систематизации структурных деформаций и соотношения с ним кварцевых жил с бирюзой нами построено диаграмма [48] (Рисунок 3.6).

3.2. Петрография пород, вмещающих бирюзу

Площадь месторождения сложена на северо-западном фланге минбулакской свитой (С₂): андезиты, порфириты, падение пород на северо-запад 310-320°, углы падения 52-75°, длина фрагмента свиты – 45 м. Юго-восточный фланг и центр месторождения сложены акчинской свитой, С₂: липариты, дацитовые порфириты и туфы [Отчёт...,1985], которые сильно осветлены и потеряли первичный вулканогенный облик. Они разбиты густой сетью кварцевых жил и пространство между которыми состоит из вторичных минералов. В вулканических породах месторождения наблюдаются ксенолиты мраморов с извилистыми краями до 0,5 м в поперечнике (Рисунок 3.7).

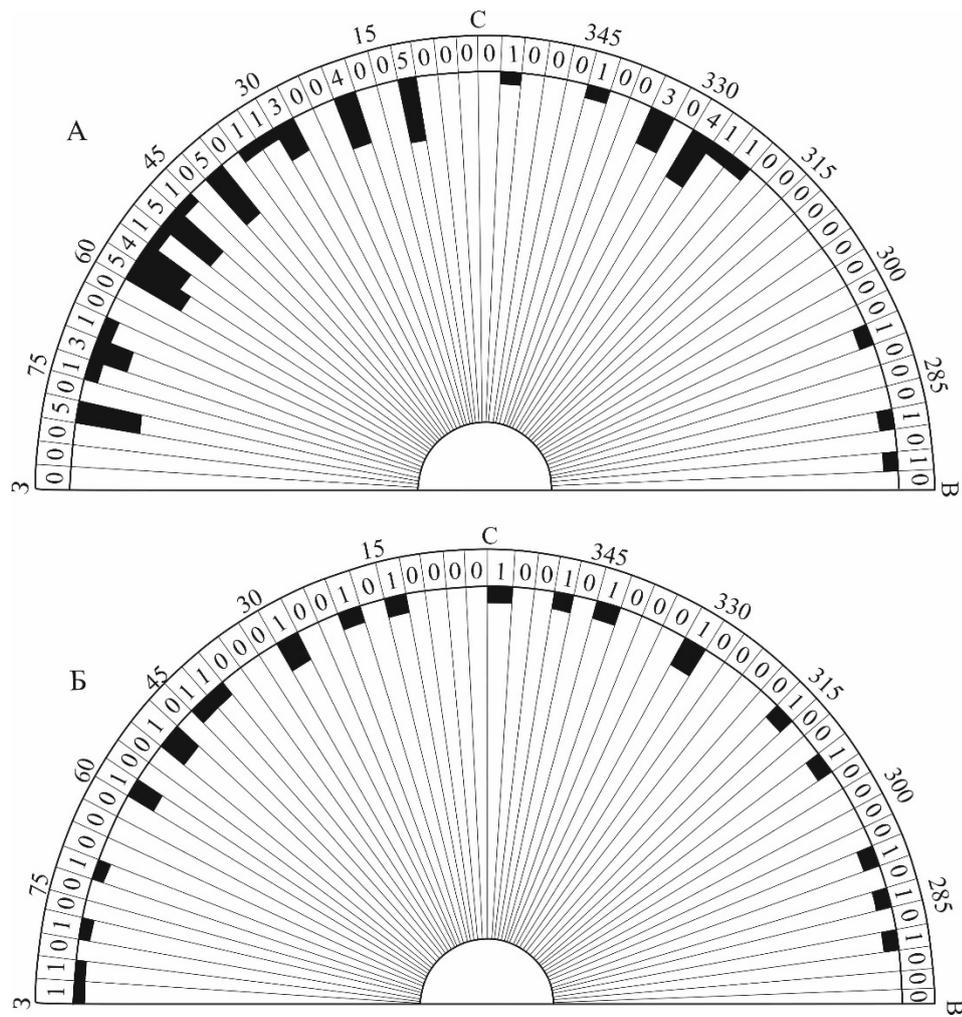


Рисунок 3.6. Розы диаграммы для месторождения Бирюзакан

А – трещины отдельности, Б – ориентировка бирюзоносных кварцевых прожилков [48]



Рисунок 3.7. Ксенолит мраморов в андезитовых порфиритах. Длина обломка 38 см

Вещественную основу месторождения составляют сильно изменённые вулканиты акчинской свиты, расчленённой на 9 толщ варьирующей мощности [Расчленение..., 1976]. Её разрез снизу вверх представлен следующими породными комплексами: 1) конгломераты, песчаники, туфы, липарито-дациты, мощность 100-400 м; 2) туфопесчаники, туфы и андезиты, 200-700 м; 3) кварцевые латиты, 200-500 м; 4) гравелиты, песчаники, глинистые сланцы, 100-300 м; 5) зеленовато-серые андезито-дациты, ~ 500 м; 6) серые и сиреневые дациты, 200-950 м; 7) сиреневые и фиолетовые крупнопорфировые андезиты, 100-200 м; 8) конгломераты и песчаники (в основании), перекрытые серыми и красновато-серыми липаритами, 600 м; 9) розовато-серые и красновато-серые липариты переходящие в дациты, с изменяющейся мощностью около 500-1000 м. Самым ярким признаком изменения вулканитов является осветление. Оно связано с замещением темноцветных минералов: пироксена, биотита и роговой обманки хлоритом и серпентином, а полевых шпатов – серицитом и каолинитом (Рисунок 3.8; Рисунок 3.1).



Рисунок 3.8. Осветлённые андезитовые порфириты с сетью пересекающихся трещин и линейной зоной окисленных сульфидов

Вблизи Бирюзового разлома, в штольне, наблюдались относительно слабо изменённые вулканиты, содержащие жилы бирюзы (Рисунок 3.9).



Рисунок 3.9. Тёмные вулканиты без видимых следов осветления с серией субсогласных бирюзовых жил

Длина самой крупной 4,2 метров, мощность 0,8 см

Площадь рассматриваемого месторождения, вероятно, сложена 5-й и 6-й толщами акчинской свиты. Для рассматриваемых пород характерно участковое изменение, где на фоне сильно изменённых участков, наблюдаются относительно слабо изменённые. В сильно изменённых вулканитах наблюдается палимпсестовая структура, в которой только в скрещенных николях просматриваются реликты контуров первичных минералов, замещённых кварцем и серицитом, точка наблюдения В-33 (Рисунок 3.10А). Здесь на фоне слабо раскристаллизованной массы наблюдается обилие рудных минералов до 1 мм в поперечнике и их сгустки до 5 мм (Рисунок 3.10Б). При очень большом увеличении наблюдаются реликты стекла с замещающим его кварцем и каолинитом. Рудные минералы также, вероятно, образованы в результате минерализации вулканического стекла и замещения темноцветных минералов хлоритом, серпентином и др. (Рисунок 3.10). Точки наблюдения нанесены на геологический план месторождения (Рисунок 6.6).

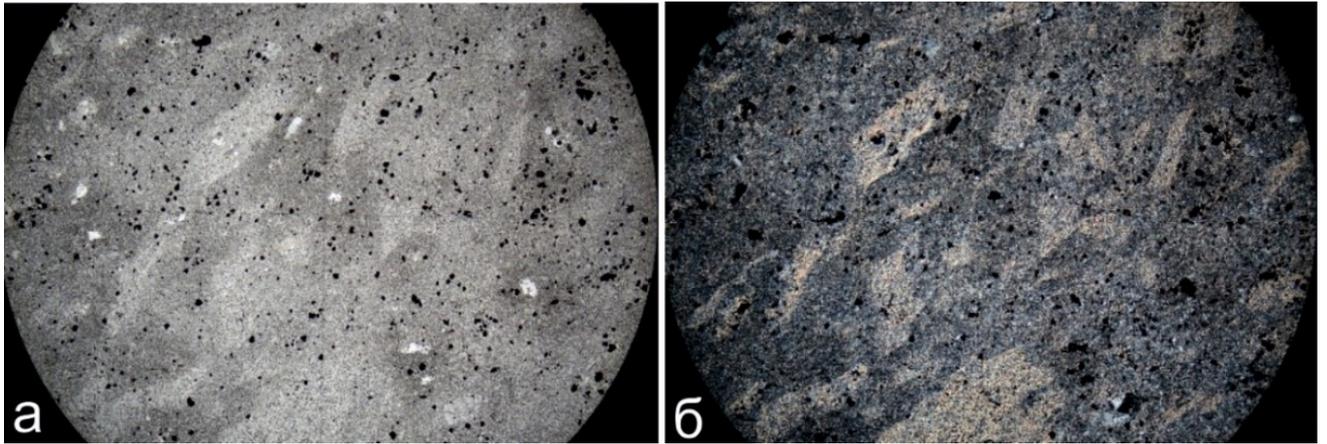


Рисунок 3.10. Шлиф В-33 при одном и в скрещенных николях. Диаметр изображения 5,4 мм. Чёрные точки – рудные минералы (пирит?) на фоне слабо раскристаллизованного стекла и псевдоморфоз серицита по фенокристаллам полевых шпатов

В относительно слабо изменённом андезитовом порфирите (точка наблюдения В-35) определены микролиты плагиоклаза, возникшие по стеклу. На их фоне два вида фенокристаллов: первый – серицитизированный и сосюритизированный плагиоклаз (№ 40-50) и второй – серпентинизированный, хлоритизированный, эпидотизированный пироксен (омфацит?) размером до 4 мм в поперечнике (Рисунок 3.11).

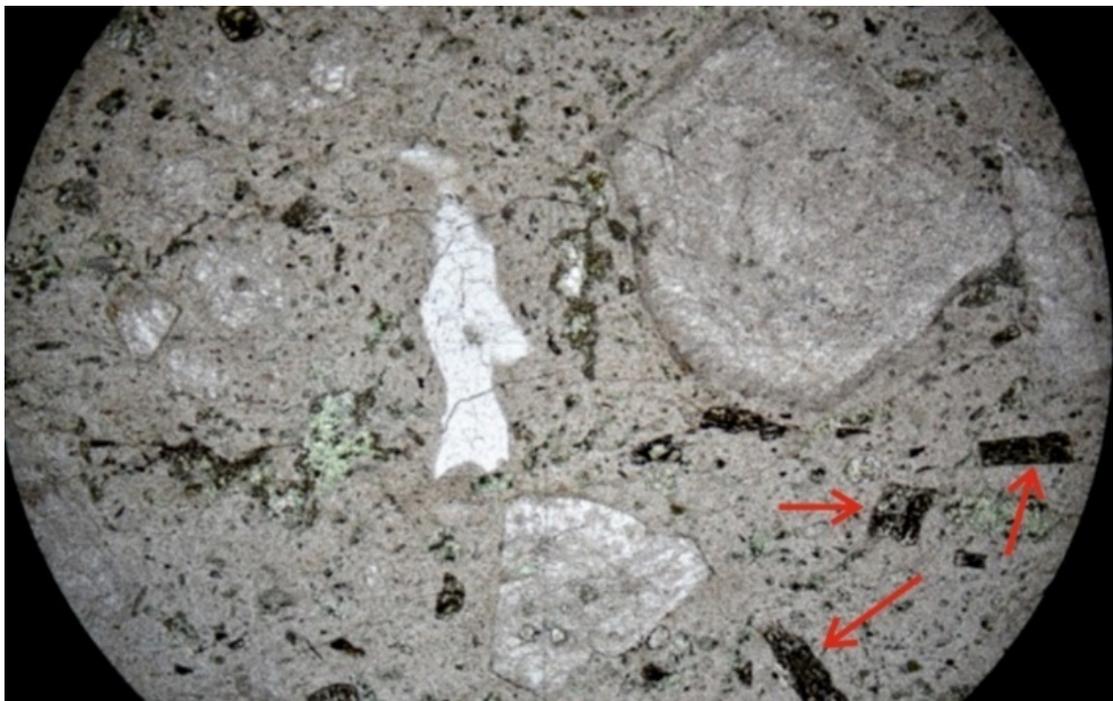


Рисунок 3.11. Шлиф В-35. Снято при одном николе, диаметр 5,4 мм. Фенокристаллы зонального плагиоклаза, корродированное зерно кварца и призмочки хлоритизированного биотита показаны стрелками

В андезитовом порфирите (точка наблюдения В-40) структура породы гиалопилитовая, с микролитами плагиоклаза и реликтами стекла, на фоне которых наблюдаются фенокристаллы плагиоклаза и темноцветные, сильно изменённые минералы: пироксен, роговая обманка и биотит. Плагиоклаз зональный с серицитизированным центром (более основной) и неизменённой периферией (более кислый). Биотит и роговая обманка замещены эпидотом (Рисунок 3.11).

В т.н. В-44 порода определена как дацитовый порфирит с интерсертальной структурой. В ней наблюдаются зональные фенокристаллы плагиоклаза: центр – серицитизирован и пелитизирован, а периферия – прозрачная, альбитизированная. Пироксен и роговая обманка почти нацело хлоритизированы.

В фенокристалле кварца наблюдаются частично раскристаллизованные включения вулканического стекла шаровидной формы до 0,5 мм в поперечнике, которые частично сохранились несмотря на мощные процессы автотермометаморфизма и гидротермального преобразования (Рисунок 3.12).

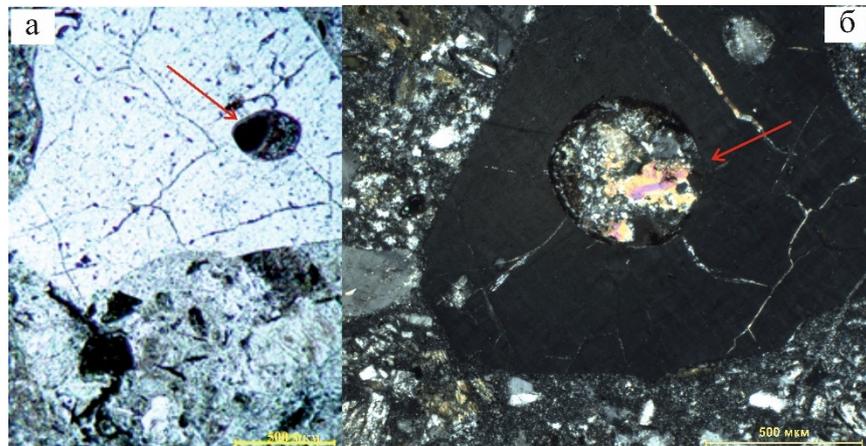


Рисунок 3.12. Слабо раскристаллизованное расплавленное включение в кварце, при одном николе (а) и частично раскристаллизованное при скрещенных николях (б). Показано стрелкой

Среди сильно изменённых вулканитов встречаются фенокристаллы широко таблитчатого плагиоклаза практически не изменённых с обилием двойниковых видов, а также слабо изменённая (хлоритизированная) роговая обманка (Рисунок 3.13).

Висячем контакте, за площадью месторождения, в западной части, (т.н. 42), нами установлено небольшое тело с размытыми контактами кварц-плагиоклаз-

калишпатового состава с крупнозернистой монцонитовой структурой. Внутри калишпата наблюдаются мелкие таблички плагиоклаза. Тёмноцветные минералы замещены хлоритом, пирит – гематитом. Встречается мелкий рутил. Порода относительно слабо замещена вторичными минералами (Рисунок 3. 14).

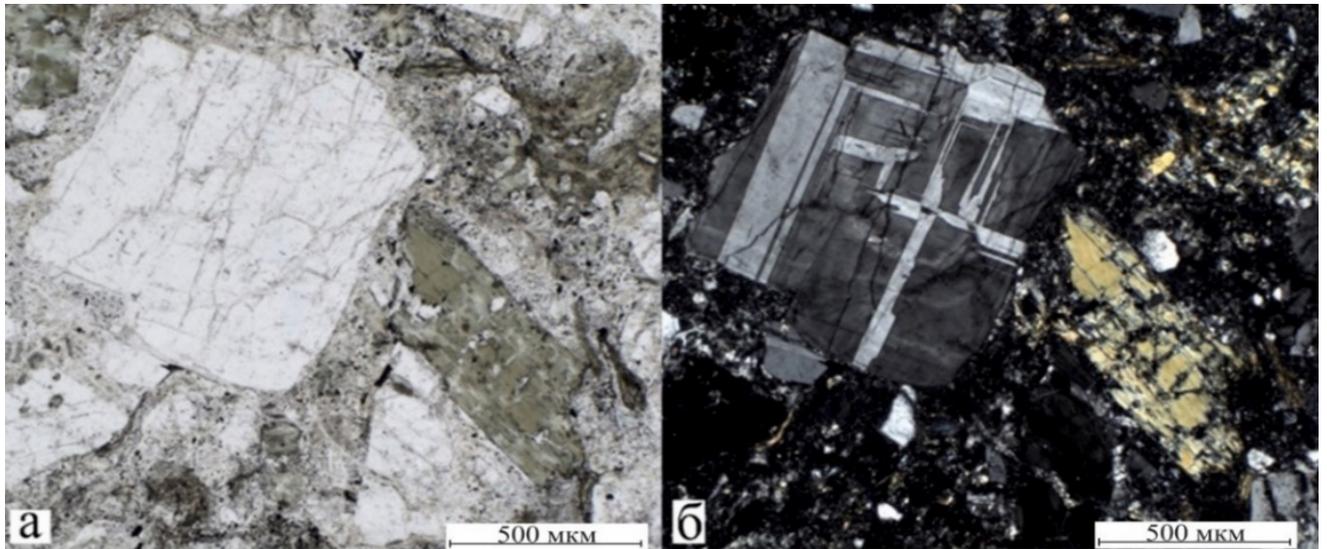


Рисунок 3.13. Фенокристалл плагиоклаза со сложными двойниками и роговой обманки со следами растворения

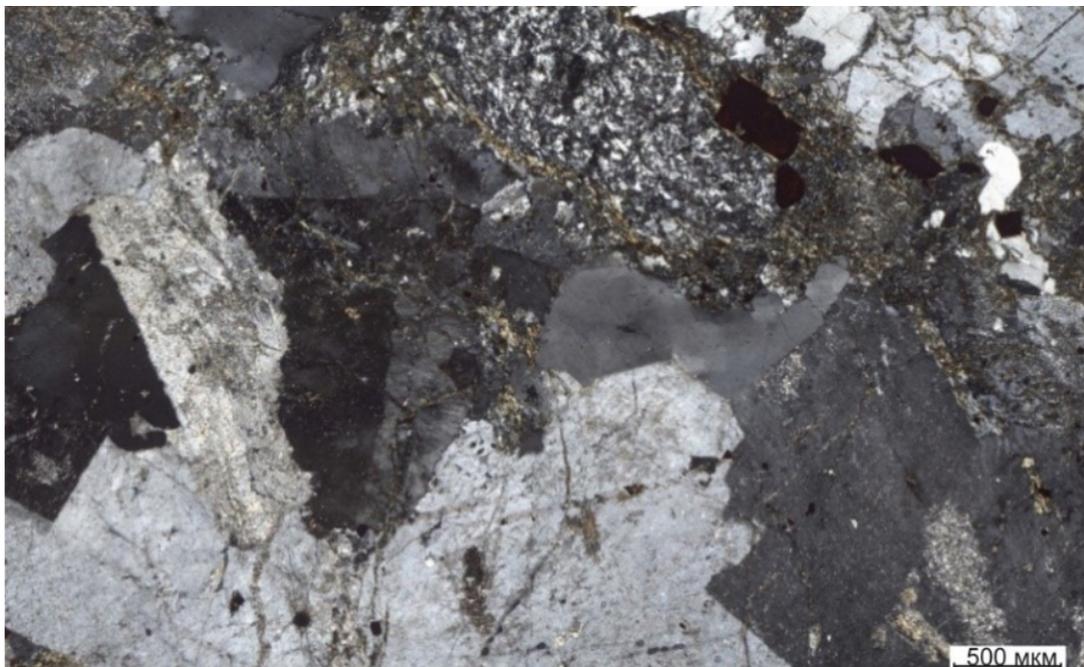


Рисунок 3. 14. Монцогранит со слабым развитием вторичных процессов

К многочисленной группе вторичных минералов можно добавить цветной эпидот (жёлтого цвета), который развивается как в тонких жилках, так и по массе андезитовых порфиритов образуя фенокристаллы (Рисунок 3.15а, б).

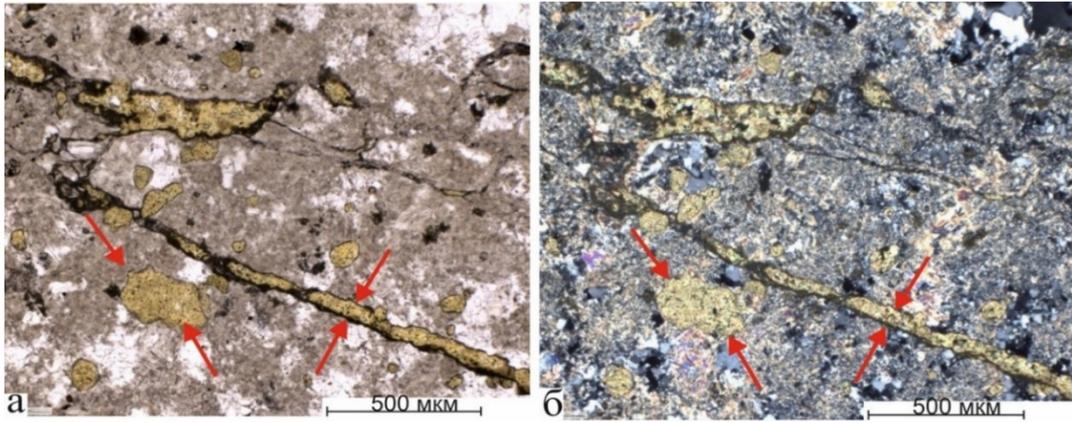


Рисунок 3.15. Развитие эпидота по вулканитам

а – при одном николе, б – при скрещенных. Эпидот показан стрелками

В породах месторождения встречаются также отдельные крупные агрегаты эпидота размером до 2 мм в поперечнике (Рисунок 3.16).

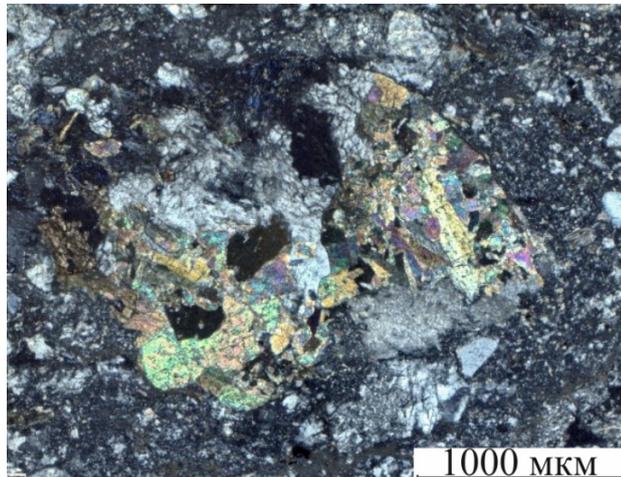


Рисунок 3.16. Развитие крупных зёрен эпидота по плагиоклазу и тёмноцветным минералам в андезитовом порфирите

По отношению $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} = 0.02-0.6$ вулканиты Бирюзакана по классификации [Магматические...,1983] относятся к калиево-натриевой и калиевой сериям (Таблица 3.1). По степени глинозёмистости, определяемой отношением $(\text{Al}_2\text{O}_3/\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MnO})$ – вулканиты Бирюзакана соответствуют высокоглинозёмистым породам, с коэффициентом $al' = 1.9$, но большая их часть принадлежит к весьма глинозёмистым с коэффициентом $al' = 2.1-2.9$. Этот петрохимический признак вулканитов является важным аргументом для объяснения источника глинозёма для формирования бирюзовой минерализации и её богатых алюминием спутников (гиббсит, самплеит и др).

Развитие горных пород Бирюзакана полностью соответствует описанию процесса приконтактового выщелачивания вулканических комплексов по Д.С. Коржинскому [1953]. В изучаемых андезитовых порфиритах и их туфах фиксируются фации вторичных серицитовых кварцитов (Рисунок 3.10) и сольфатарной аргилизации. Наиболее отчётливо проявлен процесс превращения вулканитов в серицит-кварцевые породы, с которой связаны жилки гиббсита и бирюзы [Литвиненко, Восихов, 2024]. Проявление сольфатарной фации фиксируется минералом крандаллитом, установленным автором, который образуется на поверхности в её интерстициях со сферолитами бирюзы. В его составе содержание SO_3 достигает 12 % (Таблица 4.2). Кроме того, SO_3 содержится во многих жильных минералах, в мас. %: в гиббсите до 1.1, в бирюзе до 0.5, а также сформировала некоторые минералы класса сульфаты, установленные нами на Бирюзакане (Таблица 6.1)

Вторичные кварциты в контурах месторождения развиты мозаично (пятнами) площадью первые сотни квадратных метров. Наиболее полно они проявлены в контурах 1-го участка.

На третьем участке вблизи Бирюзового разлома наблюдаются кайнотипные андезитовые порфириты (Рисунок 3.8), которые южнее превращены в осветлённые породы с видимыми псевдоморфозами кварца и серицита по полевым шпатам и полностью замещённых темноцветных минералов: роговой обманки, пироксена, биотита (Рисунок 3.9- 3.11).

Одной из непонятных генетических деталей месторождения является отсутствие бирюзовых жил в теле Бирюзового разлома и в его лежащем блоке. Сам разлом представляет мощное до 120 м кварцевое тело по Т.И. Менчинской [1989] – «кварцевый сердечник». Бирюзовый разлом представляет крайне интересный геологический объект, определивший весь ход геологических событий региона и создавший современный минералогический облик вдоль его линии.

Сильно изменённые вулканиты характеризуются высоким содержанием SiO_2 до 89 % (Таблица 3.1). С увеличением её содержания уменьшаются количества Al_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O , MgO , P_2O_5 . В сильно осветлённых породах практически

исчезают рудные минералы, которые, вероятно, являлись источниками Cu, Zn и Fe для бирюзы. Это изменение связано с окварцеванием вулканитов.

С большой долей вероятности веществом (Cu, Al, P) послужили андезитовые порфириды акчинской свиты. В них нами установлены повышенные иногда до высоких содержания Cu 0.008, Zn 0.001 и P 0.85-3 мас. %.

ВЫВОДЫ

1) Внутри Бирюзового разлома обнаружены вытянутые вдоль него полости шириной до 0.8 и длиной до 2 м. Они могут указывать на то, что разлом являлся зоной растяжения, пустые пространства которой не успели заполниться жильными минералами. Для модели тектоносферы района эти зоны растяжения могут иметь большой интерес.

2) В теле Бирюзового разлома отсутствует бирюзовая минерализация.

3) В андезитовых порфиридах установлено значительное количество эпидота.

4) Породы центральной и восточной части месторождения, а также северного фланга относятся к высоко- и весьма глинозёмистым породам K-Na и K-серий.

5) В вулканитах месторождения установлены фации вторичных серицитовых кварцитов и сольфатарной аргиллизации, с которыми связаны жилки гиббсита и бирюзы.

6) Эти фации сформировались во время аутометаморфизма вулканитов, при котором возникло вещество (Cu, Al, P) для кристаллизации бирюзы. Эти преобразования привели к замещению темноцветных минералов, содержащих в том числе фосфор, а также полевых шпатов – алюминий и рудных – медь.

7) Установлено развитие бирюзы в слабо изменённых вулканитах, что противоречит представлениям Т.И. Менчинской о положении бирюзовых жил, только во вторичных кварцитах.

Таблица 3.1 – Химические составы вулканических пород месторождения Бирюзакан

№ п/п	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	S	Sr	Zr	Ba	П.п.п	Σ
38	88,69	0,30	5,46	1,25	0,06	0,30	0,15	1,85	0,02	0,09	0,18	-	0,01	0,02	1,68	100
87	76,28	0,25	13,85	2,16	0,11	0,53	0,19	4,47	0,12	0,34	0,19	0,01	0,09	0,05	0,85	99,50
89	75,19	0,73	14,93	0,99	0,08	0,81	0,08	4,85	0,08	0,07	0,47	0,05	0,01	0,06	1,66	100
82	74,48	0,84	13,29	3,20	-	0,14	0,14	3,54	0,11	0,16	0,95	0,01	0,01	0,01	3,19	100
87-1	73,50	0,57	12,76	5,29	0,01	0,71	0,09	3,36	0,24	0,21	0,95	0,03	0,01	0,06	1,71	99,50
59	67,78	0,42	13,94	3,66	0,09	1,04	2,39	6,21	1,90	0,22	0,01	0,04	0,13	0,13	2,02	100
42	66,40	0,53	15,33	4,01	0,09	1,15	1,19	5,64	2,92	0,33	0,01	0,04	0,02	0,19	1,87	100
85	63,54	0,63	14,57	8,52	0,04	0,64	0,11	4,53	0,12	0,16	1,59	0,05	0,01	0,09	5,43	100,03
36	62,45	0,70	15,81	7,60	0,08	0,68	0,10	4,70	0,11	0,55	1,17	0,06	0,01	0,16	5,84	100
44	60,91	0,56	17,43	5,20	0,09	1,96	5,17	4,02	2,67	0,25	0,02	0,57	0,16	0,17	1,25	100,40
35	60,24	0,67	16,86	5,32	0,13	2,38	3,32	4,27	2,83	0,29	0,05	0,05	0,01	0,35	2,91	100
33	61,23	0,70	19,12	5,52	0,05	0,79	0,07	5,98	0,13	0,09	1,72	0,05	0,01	0,15	4,38	100
83	59,82	0,83	19,68	7,82	0,04	1,77	0,59	5,46	0,10	0,44	0,21	0,07	0,01	0,19	2,91	100

ГЛАВА 4. СТРУКТУРНО-ТЕКСТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ БИРЮЗЫ КАК ПРИЗНАК КАЧЕСТВЕННЫХ КОНДИЦИЙ

В настоящей главе приведено обоснование первого защищаемого положения диссертации: **«Вид текстуры определяет качественные кондиции бирюзы как драгоценного камня. Так в бирюзе колломорфной текстуры содержатся концентрические слои роста и секториальное строение сферолитов. При этом пространство между сформировавшимися сферолитами может быть заполнено другими минералами, в том числе тёмной окраски, что ухудшает ювелирные качества.**

В бирюзе массивной текстуры слои роста и границы между секторами отсутствуют. Структура бирюзы микрозернистая однородная. Именно эти признаки определяют самое высокое ювелирное качество».

4.1. Выбор критерия качественной оценки бирюзы

Бирюза месторождения Бирюзакан по своим качественным кондициям является самой лучшей, а месторождение Бирюзакан – одним из лучших среди бывших республик СССР [Менчинская, 1981; Киевленко, 2000]. Она может быть сравнима с бирюзой Ирана, которая считается самой высококачественной. Для высокосортной бирюзы характерна однородная голубая окраска и массивная текстура, а структура её агрегата, зёрна которого визуалью не просматриваются, микрокристаллическая до криптозернистой (Рисунок 4.1).

Наблюдая в минералогических музеях и частных коллекциях образцы бирюзы из разных месторождений диссертант пришёл к выводу о том, что появление разнородных текстур меняет цветовую однородность. Из-за этого резко ухудшалось качество образцов. При дальнейшем исследовании каменного материала, отобранного диссертантом на месторождении Бирюзакан, оказалось, что причиной этого является колломорфная текстура.

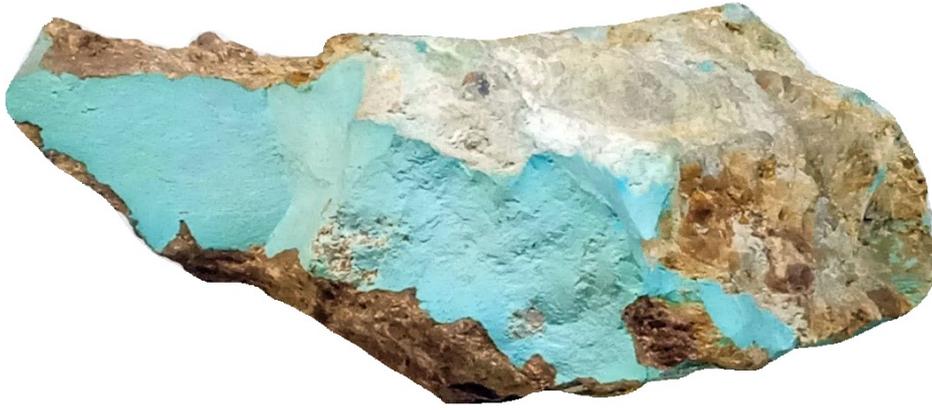


Рисунок 4.1. Жила бирюзы массивной текстуры и однородной окраски с изменяющейся мощностью. Длина образца ~ 20 см. Экспонат музея Самоцветы г. Москва

На этом основании диссертант предлагает при оценке качества бирюзы использовать текстурный признак этого минерала. В образцах было установлено два доминирующих вида текстур: массивная и колломорфная.

4.1.1. Массивная текстура

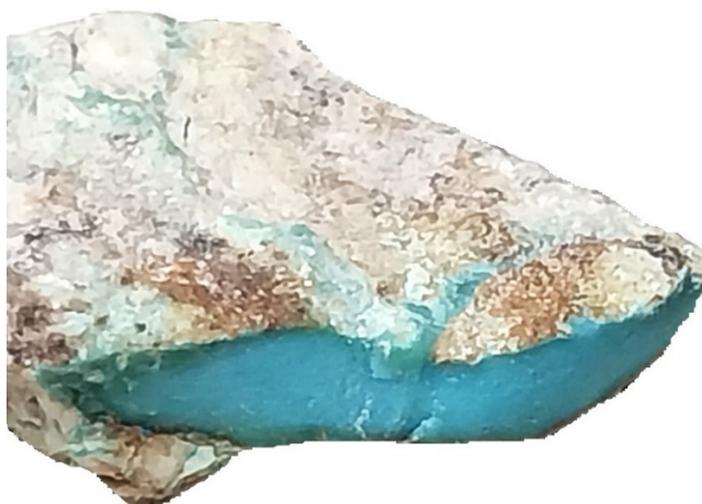
Часто внутри жильного агрегата бирюзы наблюдаются агрегаты и кристаллы кварца, а также реликты вмещающей породы (Рисунок 4.2). Такие образования встречаются на месторождении наиболее часто.



Рисунок 4.2. Бирюза в кварце (белое).

Размер образца 8x5 см. Образец из минералогического музея МГРИ-РГГРУ

Нами во время полевых работ 2023 года на участке 3 была обнаружена жила массивной текстуры с однородной по цвету бирюзой высшего сорта, несмотря на тщательность проведенных ранее разведочных работ (Рисунок 4.3). Её мощность составила 0,4-0,6 мм, протяжённость 20 см.



*Рисунок 4.3. Фрагмент бирюзовой жилы с мелкой апофизой в центральной части с участка 3.
Размер образца 0,5x4 см*

Из собранного каменного материала бирюзы была изготовлена серия кабошонов массой 2.08, 1.86, 0.76 и 0.68 карат, которая подтвердила высокое ювелирное качество изучаемого самоцвета (Рисунок 4.4). Были измерены показатели преломления в значениях 1.61, 1.62 и плотность в пределах 2.74-2.75 г/см³. Эти значения соответствуют параметрам характерным для бирюзы, приводимым в известных справочниках [Штрюбель, Циммер, 1987; Лазаренко, 1971]. В исследуемой нами бирюзе отсутствовала люминисценция, характерная для бирюзы с месторождения Техут (Армения), которая в ультрафиолете светиться светло-канареечным цветом [Менчинская, 1981].



*Рисунок 4.4. Пробная серия кабошонов из образцов 2023 года.
Снизу миллиметровая линейка*

Описанные образцы и изготовленные нами кабошоны (Рисунок 4.1-4.4) можно сравнит с известными ювелирными украшениями из бирюзы (Рисунок 4.5).



Рисунок 4.5. Вставка из массивной бирюзы высшего качества в перстне, инкрустированном бриллиантами (Экспонат Исторического музея, г. Москва)

4.1.2. Колломорфная текстура

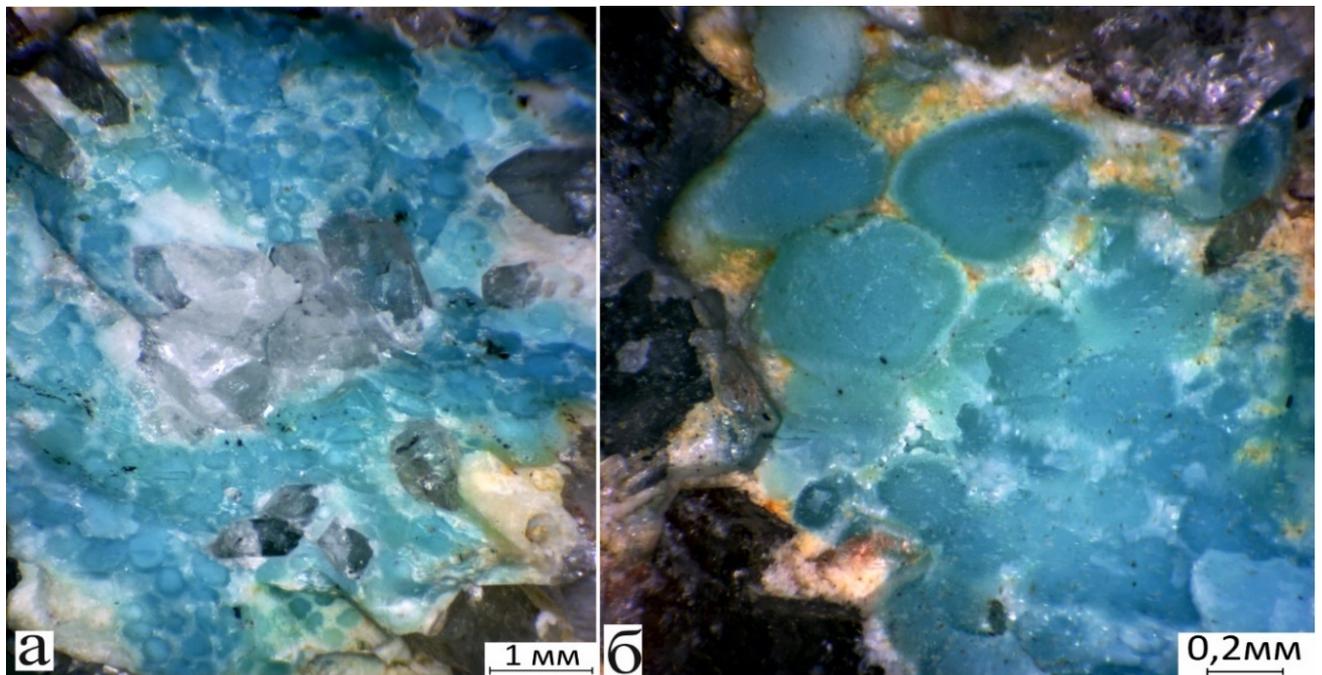
Колломорфная бирюза отличается контрастными цветами, которая может придавать кристаллосырью определённую декоративность (Рисунок 4.6), но в целом её качество снижается.

Подобные образования Т.И. Менчинская [1981; 1989] определяет как сетчатую или вкрапленную бирюзу и относит к более низким сортам.



Рисунок 4.6. Яйцо, изготовленное из колломорфной, неоднородной бирюзы, 10 см по длинной оси. (Экспонат музея Самоцветы, г. Москва)

Диссертантом внутри жильного кварц-бирюзового агрегата была обнаружена сферолитовая, колломорфная текстура. Визуально она характеризуется голубой концентрической окраской разной интенсивности. Чаще всего, наиболее интенсивно окрашена в голубой цвет периферия сферолитов, которые имеют различный диаметр (Рисунок 4.6). Хотя наблюдается и другая вариация (Рисунок 4.7). Этот текстурный рисунок резко контрастирует с хорошо оформленными кристаллами прозрачного, хорошо образованного кварца (Рисунок 4.7 а,б). Между ними на поверхности бирюзы наблюдаются отпечатки граней кварца – индукционные поверхности. Парагенезис кристаллов кварца (горного хрусталя) и бирюзы позволяет рассматривать её генезис как гидротермальный.



*Рисунок 4.7. Колломорфная текстура бирюзы внутри кварцевой жилы
а – общий вид жилы; б – деталь строения сферолитов. Между сферолитами видны
щелевидные мелкие полости*

Пространство между сферолитами бирюзы имеет разные размеры, иногда это полости, и сложено разными минералами, которые будут рассмотрены ниже. Бирюза колломорфного строения обладает повышенной пористостью и более низкой плотностью. Она хуже полируется и поэтому относится к более низкосортной.

Одной из оптических особенностей бирюзы, наблюдаемой в шлифах, является отсутствие окраски, которая является характерной для цветных минералов: лазурита, сапфира и др. (Рисунок 4.8). В шлифе бирюза светло-серого цвета, без плеохроизма, с низким двупреломлением. В некоторых сферолитах, под микроскопом в скрещенных николях, наблюдается концентрическая зональность и секториальность – четыре конусовидных тёмных контура, растущих из тёмного центра. Рядом находится призматический, зональный контур кристалла горного хрусталя. Между ними наблюдаются индукционные поверхности, указывающие на одновременный рост. Зернистость бирюзы наблюдается в виде микроточек (Рисунок 4.8а) и по-разному погасанию микроучастков (Рисунок 4.8б). Размеры зёрен бирюзы оцениваются на уровне размера глинистых частиц. Элементов кристалла (граней, рёбер, вершин) не наблюдалось.

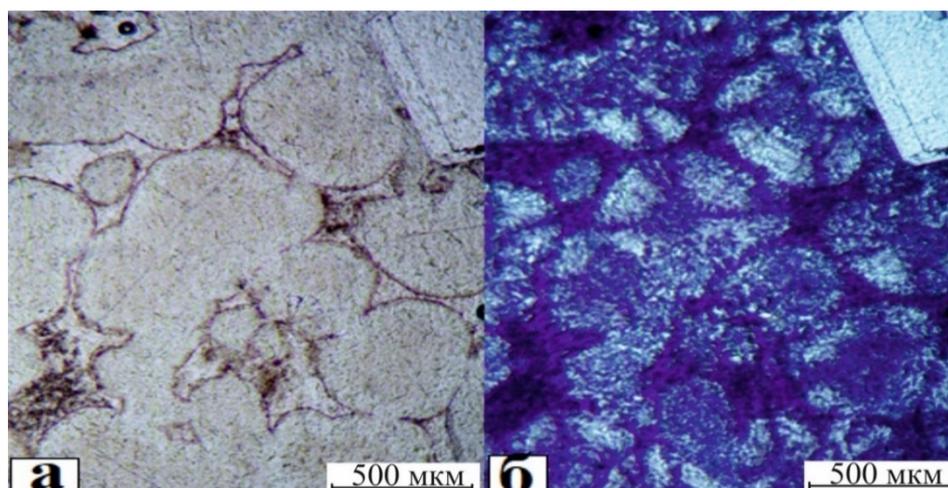


Рисунок 4.8. Шлиф сферолитовой бирюзы при одном и скрещенных николях

Детали строения межзернового пространства, сложенного минералом светлого цвета, образующего веерообразные призматические кристаллики с маленькой полостью, демонстрирует шлиф В-4. В нём на фоне криптозернистой белой массы наблюдаются мельчайшие зёрна – тёмные точки (Рисунок 4.9а). На нём же хорошо наблюдается развитие бирюзы с разной оптической ориентировкой, создающей муаровый эффект, своеобразный интерференционный рисунок (Рисунок 4.9б). Шлифы были изготовлены из внешне однородного агрегата высокой сортности. Его можно, только микроскопически, определить как бирюза с

муаровым эффектом. Белый минерал интерстиций является бирюзой с более низким содержанием FeO – 1.3% по сравнению с 1.9 для сферолитовой части.

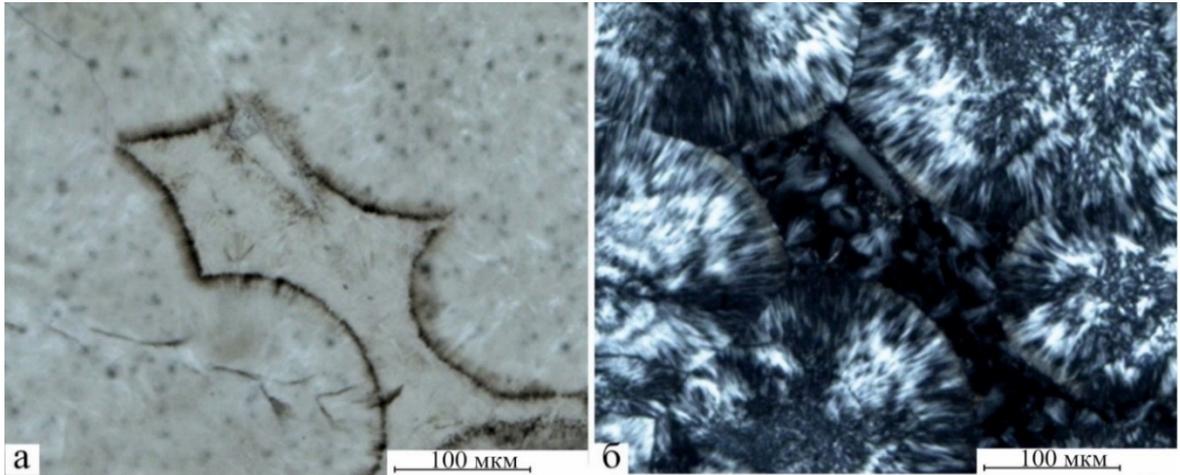


Рисунок 4.9. Шлифы сферолитовой бирюзы

а – при одном николе; б – муаровый, интерференционный рисунок, в скрещенных николях

Эту бирюзу можно рассматривать как вторую более позднюю генерацию. Сами сферолиты с концентрической зональностью также можно рассматривать как многостадийные образования (Рисунок 4.7).

Кроме бирюзы в интерстициях отмечаются агрегаты богатого глинозёмом халькосидерит и фосфат (фазовый состав не установлен), содержащий вместо меди кальций (Рисунок 4.10).

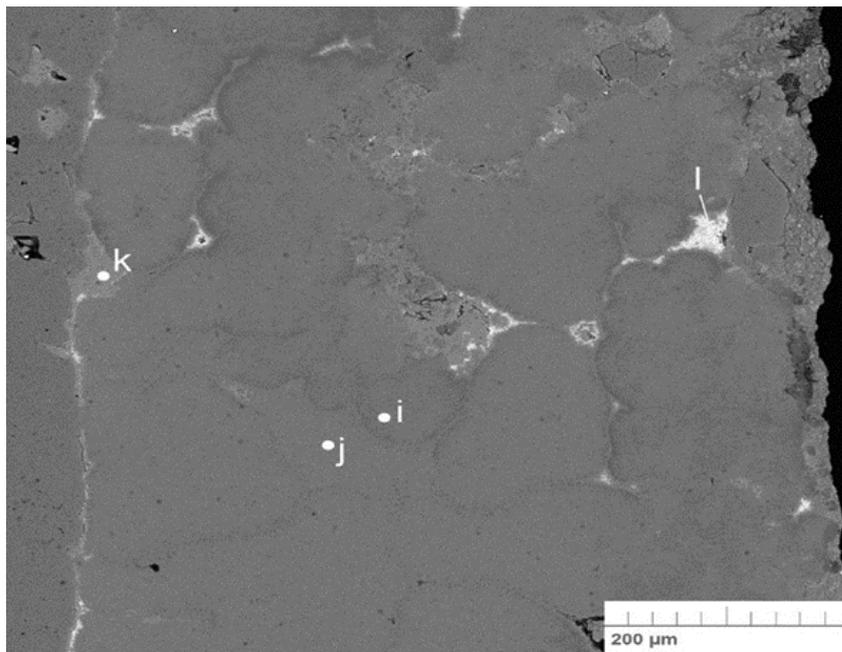


Рисунок 4.10. Сферолиты бирюзы (i, j), в интерстициях которой крандалит (k) и халькосидерит (l) (Фото в отражённых электронах (BSE))

4.2. Минералогия бирюзы

Микронзондовые исследования показали широкую изоморфную вариацию в содержании в составе бирюзы железа от 0.58 до 1.88 и меди от 6.38 до 7.97 мас.% (Таблица 4.1). В составе бирюзы установлены CaO до 0.32 и SO₃ до 0.5 мас.%. Гидроксильная группа составляет от 9.5 до 15 мас. %. В приводимом ниже ИК-спектре она установлена достоверно (Рисунок 4.11).

Таблица 4.1 – Химические составы (1) и формульные единицы (2) бирюзы

Окси-ды	Ато-мы	Бирюза ярко голубая		Бирюза ярко голубая		Бирюза t ярко голубая		Бирюза v ярко голубая		Бирюза тёмно голубая	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Al ₂ O ₃	Al	41.19	5.81	41.73	5.87	39.49	6	39.7	6	40,2	6
P ₂ O ₅	P	38.77	3.93	39.10	3.95	37.09	4.04	36.31	3.94	37,35	3,99
SO ₃	S	0.5	0.04	0.28	0.02	-	-	-			-
CaO	Ca	0.32	0.04	0.27	0.04	-	-	0.17	0.26	0,35	0,03
FeO	Fe ³⁺	1.88	0.19	1.32	0.13	0.58	0.80	0.73	0.15	1,81	0,19
CuO	Cu	6.38	0.58	7.73	0.70	7.97	0.8	7.81	0.76	7,97	0,82
Сумма		89.04		90.44		85.13		84.72		87,68	

Примечание. – отсутствует. Пересчёт выполнен на 6 катионов

В пространстве между сферолитами бирюзы установлен также водный фосфат кальция и алюминия – крандаллит, который нами был установлен впервые для месторождения Бирюзакан. Крандаллит рассматривается как редкий минерал (Штрюбель, Циммер, 1987). Его размеры составляют сотые доли мм. Химический состав и формульные единицы приведены в таблице 4.2.

Для крандаллита характерны высокие содержания кальция до 12.5, SO₃ до 12, F до 0,5 и OH до 13 мас.% (Таблица 4.2).

С помощью сотрудника Минералогического музея им. А.Е. Ферсмана А.О. Карпова были получены и изучены ИК-спектры четырёх образцов бирюзы: В-1, В-6, В-16 и В-19 (Рисунок 4.4). Спектры идентичны друг другу, и близки к спектрам бедной Fe³⁺ бирюзы (содержащей не более 7 мас. % Fe₂O₃) из месторождений Армении, Египта, Ирана, Китая, Сенегала, США и Узбекистана и местонахождений Уральско-Пайхойского региона (Силаев и др., 1995), а также к ранее

опубликованным в литературе спектрам бирюзы Бирюзакана (по устному сообщению А.О. Карпова).

Таблица 4.2 – Химические составы (1) и формульные единицы (2) двух зёрен крандаллита

Оксиды	Атомы	Крандаллит (1)		Крандаллит (2)	
		1	2	1	2
SiO ₂	Si	1.32	0.51	0.99	0.07
Al ₂ O ₃	Al	34.67	2.63	35.67	2.33
FeO	Fe	2.53	0.14	1.08	0.06
CaO	Ca	10.68	0.73	12.48	0.93
K ₂ O	K	0.62	0.05	0.40	0.02
SrO	Sr	2.44	0.09	2.07	0.08
CuO	Cu	0.51	0.02	-	-
P ₂ O ₅	P	22.51	1.23	22.15	1.31
SO ₃	S	7.20	0.27	11.95	0.62
F	F	0.42	0.04	0.51	0.05
сумма		89.49		87.30	

Примечание. – отсутствует. Пересчёт выполнен на 4 катиона.

ИК-спектр бирюзы имеет сложное строение и насчитывает около трёх десятков полос поглощения (Рисунок 4.11). Детальная интерпретация инфракрасного спектра выходит за рамки настоящей работы. Отметим только (устное сообщение А.О. Карпова, сотрудника Минералогического музея), что полосы в диапазоне 3000 – 3600 см⁻¹ относятся к валентным колебаниям О–Н в (ОН)-группах и молекулах Н₂О, широкая полоса при ~1640 см⁻¹ – к деформационным колебаниям Н–О–Н в молекулах Н₂О, полосы в диапазоне 1200 – 900 см⁻¹ – к валентным колебаниям Р–О в тетраэдрах (РО₄) и валентным колебаниям Cu–ОН и Al–ОН в соответствующих октаэдрах, а полосы с частотами ниже 900 см⁻¹ – к деформационным колебаниям О–Р–О в фосфатных тетраэдрах, деформационным колебаниям в заселённых медью и алюминием октаэдрах, либрационным колебаниям ОН-групп и решёточным колебаниям.

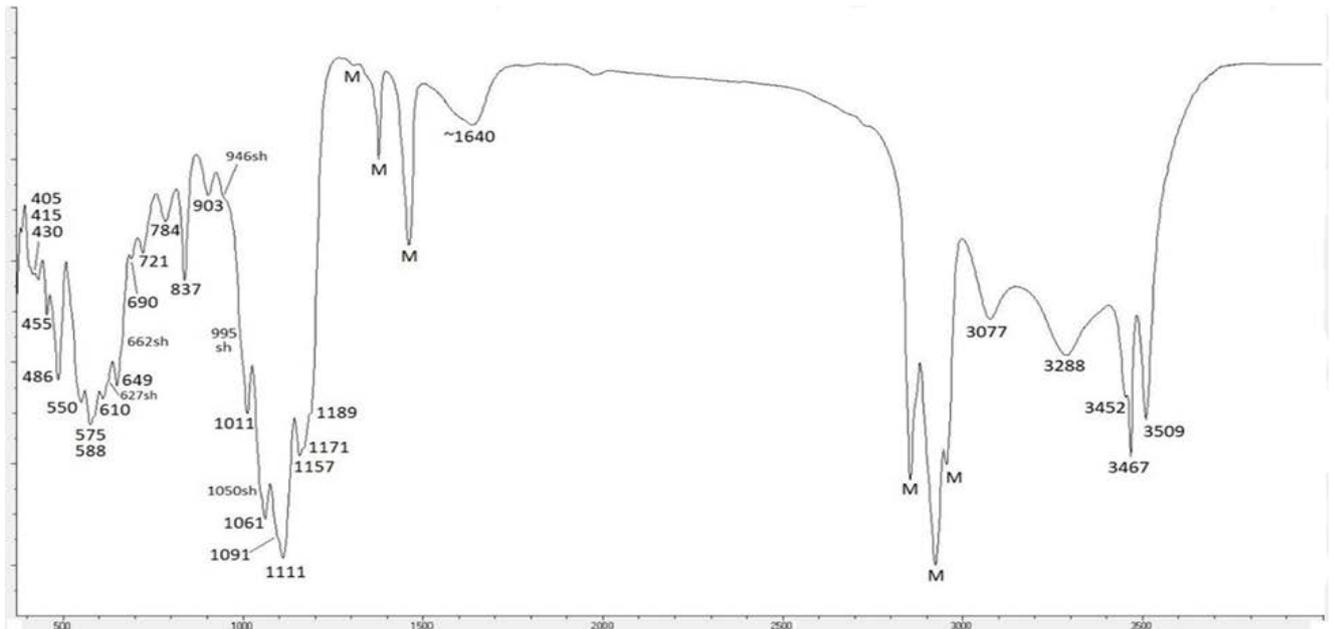


Рисунок 4.11. Инфракрасный спектр бирюзы из месторождения Бирюзакан (образец В-1)

Sh – плечо, *M* – полоса вазелинового масла

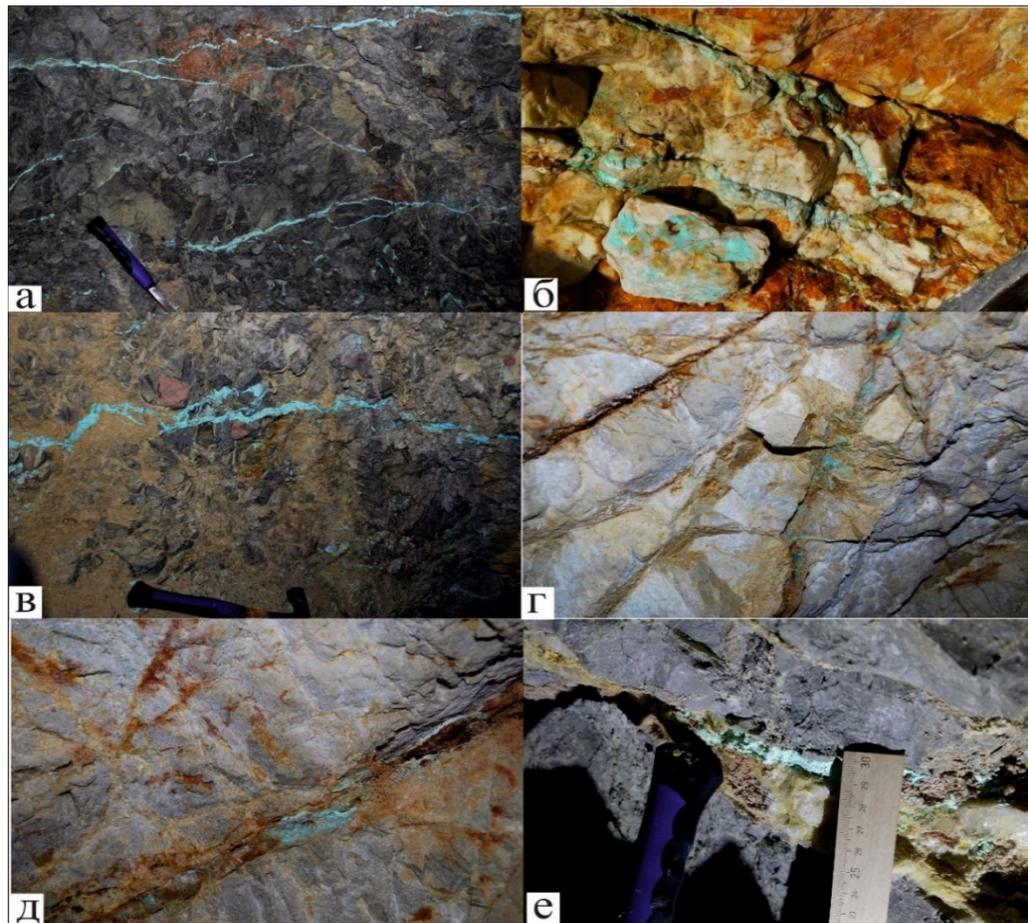
4.3. Структурные особенности бирюзовых агрегатов

В жильном кварцевом комплексе месторождения было выделено несколько их генераций минерала. Бирюза ассоциирует с последней генерацией кварца [Менчинская, 1981]. Автором наблюдалось бирюзовая жила секущая горизонтальную, более мощную кварцевую жилу (Рисунок 4.12). Это наблюдение позволяет определить, что бирюза сформировалась после кварца предпоследней генерации. В бирюзовом агрегате наблюдаются индукционные поверхности с кристаллами горного хрусталя. Это можно рассматривать как парагенезис бирюзы и кварца последней генерации.



Рисунок 4.12. Рассечение бирюзовыми жилами кварцевых жил и трещин

Бирюзовые жилы зафиксированы как в кайнотипных (тёмных), так и палеотипных (светлых) вулканитах (Рисунок 4.13). По данным геологов экспедиции Средазсамоцветы по «свежим» (тёмным – кайнотипным) бирюза не формируется. Это было подтверждено работами Т.И.Менчинской [1981;1989]. Наши многочисленные наблюдения в штольнях не подтверждают это мнение. Также хотел бы обратить внимание на отсутствие бирюзовой минерализации в вертикальных трещинах.



*Рисунок 4.13. Развитие бирюзовой минерализации в кайнотипных (тёмные) и палеотипных (светлое) вулканитах, в открытых и закрытых трещинах
а, в, е – жилы бирюзы в кайнотипных; б, г, д – в палеотипных вулканитах*

Во время полевых наблюдений в штольнях (№№ 3,4) (Рисунок 4.13 а, в, г, д, е) и в карьере № 3 (Рисунок 4.13. б) было установлено, что бирюзовые жилки в основном встречаются в пологих под углом 3-15°, слабо наклонных 21-35° и крутых 35-55° трещинах. Наблюдалось несколько направлений и два типа трещин. Между разнонаправленными трещинами наблюдаются неповреждённые блоки породы

35x45 см (Рисунок 4.13г). К первому типу трещин относятся линейные (трещины скола) с относительно притёртыми краями. В них, обычно, не наблюдается жил (Рисунок 4.13г). Ко второму типу относятся трещины извилистые (трещины отрыва) с зияющими краями. Они заполнены жильными минералами: кварцем, бирюзой и др. (Рисунок 4.13а,б,в,д,е).

Нигде не наблюдалось вертикальных бирюзовых жилок. Азимут простирания бирюзовых жилок, которыми выполнены трещины (Рисунок 4.13) совпадают с направлением главной тектонической структуры – Бирюзовым разломом. Наши наблюдения подтверждают данные Т.И. Менчинской [1989] о пологих, почти горизонтальных бирюзоносных трещинах, характерных для всех месторождений бирюзы в странах СНГ.

Соотношения трещиноватости с элементами залегания кварцевых прожилков с бирюзой показаны ранее на диаграмме (Рисунок 3.6).

Таким образом, можно сказать, что один из поисковых признаков бирюзы на Бирюзакане является структурный. Он характеризуется трещинами отрыва с жильным выполнением.

Жилки бирюзы бывают очень тонкими, напоминающими примазки (Рисунок 4.13д), встречаются прерывистыми, трассирующими (Рисунок 4.14) или линзовидными, в которых встречается ярко голубая бирюза (Рисунок 4.15).

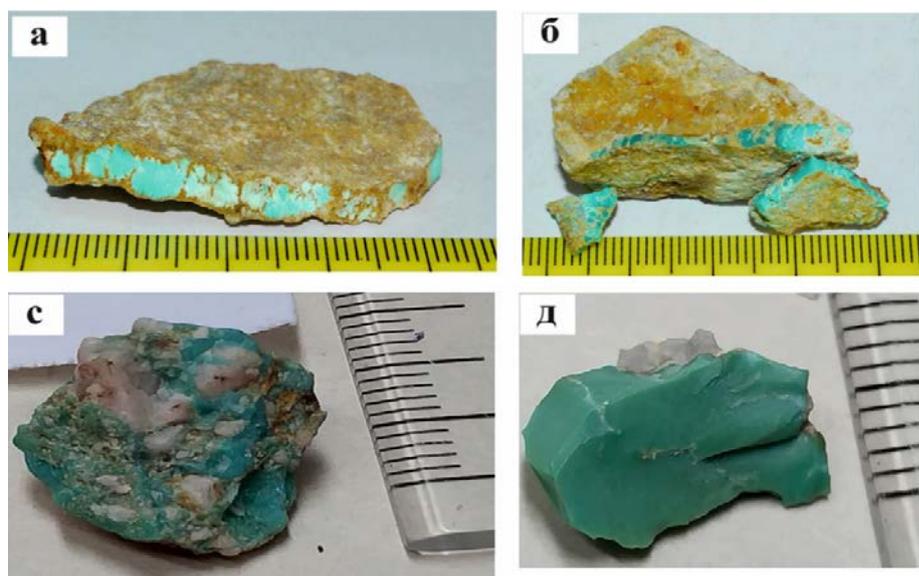


Рисунок 4.14. Штуфы бирюзы разного цвета из жил различной мощности и состава (а-б – жилка из штольни №4, с-д жилка из карьер №3)

Бирюзовая минерализация сформировалась раньше гипергенных бурых охристых глинистых минералов (Рисунок 4.14а,б), т.е. позже бирюзы минералообразующие процессы не закончились. В самой бирюзе наблюдаются стадии роста (Рисунок 4.8) и процессы её растворения (Рисунок 4.9).



Рисунок 4.15. Кварцевая жила с тонкой жилкой бирюзы (светлой) и ярко голубой линзочкой

Нами отмечалось, по-видимому, гипергенное изменение бирюзы. В её жильных скоплениях проявились следы растворения и образование на этом месте каплевидных форм и некоторая потеря сплошности – рыхлость и сыпучесть (Рисунок 4.16).



Рисунок 4.16. Бирюзовые жилы на стенке штольни, в слабо изменённых вулканитах, со следами гипергенного изменения.

В правом верхнем углу видны сталактитоподные капельки минерала

4.4. Генезис бирюзы

По мнению геологов-самоответчиков [Отчёт ..., 1982] наиболее существенное влияние на распространение бирюзовой минерализации оказывал Бирюзовый разлом, к оперяющим трещинам которого приурочена бирюза. В контуре разлома мощностью в районе месторождения ~ 120м и в его лежащем блоке бирюзу никогда не находили. Поэтому Бирюзовый разлом выступает как структурный, а его породы, как геохимический барьеры для бирюзовой минерализации.

По нашим наблюдениям бирюзовые жилы расположены параллельно Бирюзовому разлому и не образуют вертикальных жильных тел. Вероятно, это связано с тем, что на данном гипсометрическом уровне подвижные истинные гидротермальные растворы переходили в состояние коллоидных, более тяжёлых и соответственно менее мобильных. Это нашло отражение в формировании колломорфных текстур в бирюзе и гиббсите (Рисунок 4.7, 5.3). Кроме того, горняки прекращали проходку восстающих штреков из-за отсутствия бирюзовой минерализации.

Бирюзовая минерализация тесно связана с кварцевыми жилами, расположенными андезитовых порфиритах и их туфах, которые местами превращены в серицитовые вторичные кварциты. В пределах месторождения выделено четыре генерации жильного кварца (Менчинская, 1981; 1989): 1) массивный крупнозернистый молочно-белый, добирюзовый кварц; 2) бирюзоносный светло-серый, полупрозрачный кварц; 3) горный хрусталь, который нередко окаймляет линзовидные включения бирюзы, а местами густо прорастает в краевых частях (Рисунок 4.3).

Мы наблюдали многочисленные индукционные отпечатки граней кварца в бирюзе, что может указывать на их одновременный рост. Наиболее поздний халцедоновидный кварц, вероятно сформировался после кристаллизации бирюзы.. Бирюза, в основном, ассоциирует с кварцем третьей генерации (Рисунок 4.13б). В кварце третьей генерации наблюдаются парагенетические сростки кристаллов горного хрустала с бирюзой с индукционными поверхностями. Поскольку кварц

имеет гидротермальное происхождение, можно с уверенностью сказать, что бирюзовая минерализация на Бирюзакане имеет гидротермальный генезис.

Источник гидротермальных растворов мы видим в магматических ультракислых магматитах шайданского гранитоидного комплекса (T_1), которые являются самыми поздними магматическими образованиями Карамазара (Рисунок 2.1). Для рудных гидротермальных образований Большого Канимансура была выдвинута аналогичная гипотеза [Файзиев, 2008; Файзиев, 2024].

Фазию серицитовых кварцитов, проявленную на месторождении Бирюзакан можно коррелировать с аналогичным процессом, протекавшим также на близлежащем месторождении полиметаллов с серебром Большой Канимансур. Сольфатарная фация, установленная на этом месторождении [Файзиев, 2008], проявилась на Бирюзакане образованием многочисленных сульфатов: крандаллита (Таблица 4.2), аргентоярозита и ганнингита (Таблица 6.1). Кроме того, сера входит в состав бирюзы и гиббсита. Начало и протекание серицит-хлоритового метасоматоза на последнем объекте происходило (по данным изучения газовой жидких включений) при температуре 420-280°C и давлении 720-670 кбар [Файзиев, 2008]. С процессом изменения андезитовых порфириров связано образование бирюзовой минерализации на самых последних его стадиях.

Замещение минералов и стекла вулканитов привело в подвижное состояние многие петрогенные элементы, в том числе, составляющих бирюзу Al и P. Третий её элемент Cu, появился при окислении и растворении халькопирита. Две его генерации установлены нами [Литвиненко, Восихов, 2024]. Бирюза находится в парагенезисе с кварцем последней генерации. На Бирюзакане выделено 4-е генерации кварца [Менчинская, 1989]. На Большом Канимансуре он отнесён к пятой минеральной ассоциации, включающей также флюорит, барит, урановую смолку, пирит, халькопирит, сфалерит, галенит и самородное серебро. Становление минералов этой стадии, по гомогенизации газовой жидких включений, происходило при температуре 235-50°C и давлении 350-100 бар [Файзиев, 2008]. В этих P-T параметрах происходила кристаллизация бирюзы.

На площади месторождения Бирюзакан было установлено, что жильные системы с бирюзой имеют субгоризонтальное или наклонное (Рисунок 4.11) положения и не образуют субвертикальных систем. Мы объясняем это тяжестью коллоидных растворов не способных перемещаться в вертикальной плоскости. Коллоидные растворы возникли из высокотемпературных гидротерм при понижении температуры. Они проявились как конечная стадия в эволюции гидротермальных процессов на всём Кармазаре, коллоидные текстуры отмечены в рудных образованиях [Файзиев, 2008; Файзиев, 2024]. И здесь просматривается сходство условий кристаллизации бирюзы и рудных минералов Большого Канимансура: пирита, арсенопирита, пирротина, сфалерита и галенита. Методом водных вытяжек в составе их газовой-жидких включений установлены F, HCO_3 , Cl, SO_4 [Файзиев, 2008]. Все эти лёгкие анионы вошли в состав многих минералов Бирюзакана, включая бирюзу, содержащую до 0.5% SO_3 , гиббсит SO_3 до 1.5 и F до 4.9%, а также крадаллит с SO_3 до 12 и F до 0.5% (Таблица 4.1, 4.2, 4.6).

По данным [Менчинская, 1989] со ссылкой на неопубликованные данные Н.И. Андрусенко в бирюзе были обнаружены единичные включения коллоидных растворов, что подтверждает наше предположение об участии коллоидных растворов в кристаллизации бирюзы. В том же источнике со ссылкой на неопубликованные данные Б.А. Дороговина указывается, что этот исследователь в пластинках бирюзы под увеличением ($\times 200$) установил газовой-жидкие включения размером 0.0006-0.0012 мм с наполнением 0.97-0,88%. При гомогенизации их в газовую фазу были получены два температурных интервала: 195-135° и 120-90°C. Эти данные близки температурам гомогенизации включений в друзовидном кварце, которые лежат в интервале 170-90°C [Менчинская, 1989].

Источник вещества для формирования бирюзы автор видят в химическом составе андезитов акчинской свиты [Литвиненко, Восихов, 2023].

Таким образом, нужно подчеркнуть, что процесс образования бирюзы начался с автометаморфизма андезитовых порфириров и других средних вулканитов. Результатом этого явились вторичные кварциты серицитовой фации и

гидротермальные жилы с доминирующим кварцем и относительно редкой бирюзой, кристаллизовавшейся на самых поздних стадиях, которой соответствовали P-T параметры, соответственно 350-100 бар и 195-90°C.

ВЫВОДЫ

1) Бирюза в составе бирюзовых и кварц-бирюзовых жил характеризуется двумя видами текстур: массивной, однородной и колломорфной, неоднородной. Массивная бирюза является самой высококачественной в силу однородности строения и более высокой плотности. Из неё изготавливаются самые высокосортные ювелирные вставки.

2) Нами установлены две генерации бирюзы и полистадийный рост сферолитов.

3) Предыстория бирюзы началась с автометаморфизма вулканитов акчинской свиты. При их активном изменении из силикатов в подвижное состояние переходили Al и P, а из халькопирита и других рудных минералов – Cu. Кристаллизация бирюзы происходила одновременно с последней, 4-й генерацией кварца.

4) Рост бирюзы происходил из определённых центров. При равномерном поступлении растворов кристаллизовалась бирюза массивной структуры. А при неравномерном вокруг центров кристаллизации возникли «псевдослоистые» сферолиты, составленные до 5-8 зонами роста с секториальным строением. Участие, в котором принимали зёрна бирюзы размеров в тысячные и меньше доли мм. После образования сферолитов, в их интерстициях образовались значительно более крупные (сотые доли мм) длиннопризматические кристаллики и сротки бирюзы, которые можно отнести ко 2-й генерации.

5) Жильный кварцевый комплекс Бирюзакана, включая бирюзу, и всего Карамазара залегает только в породах палеозоя. В мезозое кварцевые жилы отсутствуют. На этом основании возраст бирюзы можно определить как домезозойский.

ГЛАВА 5. ГОЛУБЫЕ МИНЕРАЛЫ СПУТНИКИ БИРЮЗЫ

В настоящей главе приведено обоснование второго защищаемого положения диссертации: «В парагенезисе с бирюзой автором установлен минерал-обманка – голубой гиббсит, который вместе с известным на месторождении голубым самплеитом, халькосидеритом и галлуазитом, могут усложнять диагностику и качественную оценку кондиций бирюзы, и вводить в заблуждение как горняков, так и потребителей камнесамоцветной продукции».

5.1. Гиббсит

Гиббсит был обнаружен в жильном кварце с малахитом [Восихов и др., 2025]. В них он образует небольшие самостоятельные жилки длиной до нескольких сантиметров и мощностью до 0,5 см, от светло-серого до голубого цвета (Рисунок 5.1). Контакты между гиббситом разного цвета волнистые, но резкие. Он формирует голубые жилки по цвету очень похожие на бирюзу (Рисунок 5.1).



Рисунок 5.1. Многоцветная жилка гиббсита в кварце. Размер образца 1,8x0,5 см.

Поверхность гиббситовых агрегатов почковидная, приближающаяся к сферолитам (Рисунок 5.2). В составе гиббситовых участков жил рентгенофазовым анализом обнаружены редкие, мелкие до 10 μm в поперечнике, округлые зёрна магнетита содержащие примесь, в мас. %: 3.5 CuO, 3.6 MnO, 4.8 SiO₂, 8.3 Al₂O₃.

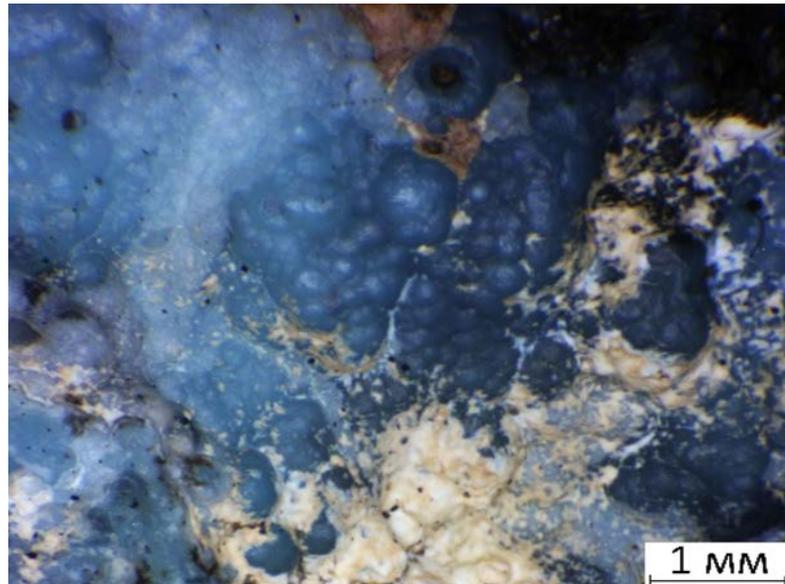


Рисунок 5.2. Сферические морфоскульптуры, сформировавшиеся на поверхности гиббситовых жил

Внутри гиббситых образований наблюдаются концентрически-зональные, натёчные агрегаты похожие на колломорфную структуру рудных минералов (Рисунок 5.3). Внутри жилы имеют псевдослоистую текстуру, обусловленную развитием тонких разноцветных полос, обрамляющих зёрна кварца. Разноцветность гиббсита будет объяснена ниже, при рассмотрении химического состава минерала.



Рисунок 5.3. Псевдослоистое строение гиббситовой жилы. Серые и белые контуры представлены более ранним кварцем

Главные линии на рентгенограмме гиббсита представлены следующими значениями: 4.816 (100), 4.334 (40), 4.169 (10), 3.327 (15), 2.429 (15), 1.996 (10), 1.445 (10). Они близки к эталонным для этого минерала [Восихов и др., 2025₂].

Гиббсит обладает непостоянным химическим составом, для которого отмечаются существенные колебания изоморфных примесей (в мас.%): SiO₂ от 0.6 до 12.4, CuO от 0.4 до 3.8, MnO от 0 до 5.5, FeO от 0 до 0.3, SO₃ от 0 до 1.2, F от 2.8 до 4.9. Максимальные содержания примесей в гиббсите, рассматриваемом в справочнике [Минералы, 1967] не превышают 3 мас.%. В обнаруженном нами гиббсите они достигают более 17 мас.% (Таблица 5.1). Примеси в составе гиббсита мы рассматриваем как изоморфные [Восихов и др., 2025]. Голубая окраска гиббсита различных оттенков, вероятно, обусловлена высокими содержаниями меди, а её изменения от светлой до тёмно-голубой, как вариации её колебаний от 0.4 до 3.8 мас. % (Таблица 5.1).

Таблица 5.1– Химический состав и формульные коэффициенты гиббсита с месторождения Бирюзакан по [Восихов и др., 2025₂].

№ п/п	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	CuO	MnO	FeO	SO ₃	F	H ₂ O	сумма
1	63.72	0.57	-	0.38	-	-	-	4.76	30.57	100.00
2	60.53	0.88	0.17	1.60	-	-	1.05	4.50	31.26	100.00
3	59.98	0.60	-	2.74	0.40	-	1.15	4.16	30.98	100.00
4	58.32	1.24	-	3.18	-	-	0.83	4.89	31.54	100.00
5	55.86	4.11	0.37	1.79	-	-	0.70	2.84	34.24	100.00
6	52.92	1.15	-	3.84	5.49	0.33	0.92	3.24	32.11	100.00
7	51.63	12.45	0.09	2.82	-	-	0.88	2.83	29.29	100.00
Формульные коэффициенты, рассчитанные на 3 аниона										
	Al	Si	Ca	Cu	Mn	Fe	SO ₃	F	OH	
1	0.97	0.007	-	0.004	-	-	-	0.20	2.65	
2	0.95	0.01	0.002	0.02	-	-	0.01	0.09	2.77	
3	0.93	0.008	-	0.03	0.004	-	0.01	0.17	2.71	
4	0.93	0.02	-	0.03	-	-	0.008	0.10	2.84	
5	0.85	0.05	0.005	0.02	-	-	0.007	0.12	2.93	
6	0.86	0.02	-	0.04	0.06	0.004	0.009	0.07	2.95	
7	0.80	0.16	0.001	0.005	-	-	0.01	0.09	2.58	

Примечание. Содержание воды рассчитано арифметически.

В связи с высоким содержанием элементов примесей варьирует также содержание главного вещества минерала – глинозёма от 51.6 до 63.7 мас.%. Его количество в «чистом» гиббсите [Минералы, 1967] составляет 65.4, а остальное количество 35.6 мас.%, соответственно, вода. Его кристаллохимическое название «триоксид алюминия» – $\text{Al}(\text{OH})_3$. Вариации формульных коэффициентов гиббсита Бирюзакана, от самых насыщенных до самых бедных алюминием и другими элементами, показаны в таблице 5.1.

Колломорфная структура отчётливо наблюдается также в микромасштабе (Рисунок 5.4а). При этом отмечается заметное изменение химического состава гиббсита. Так, в точке *j*, более ранней генерации минерала, он состоит, в мас.‰: Al_2O_3 60.5, SiO_2 0.9, CaO 0.2, CuO 1.6, SO_3 1.1, F 4.5, через 30 мкм, в точке *k* (более поздней генерации) содержания заметно изменяются: Al_2O_3 55.9, SiO_2 4.1, CaO 0.4, CuO 1.8, SO_3 0.7, F 2.8.

Кроме колломорфных агрегатов отмечаются относительно хорошо образованные микрокристаллы гиббсита (Рисунок 5.4б).

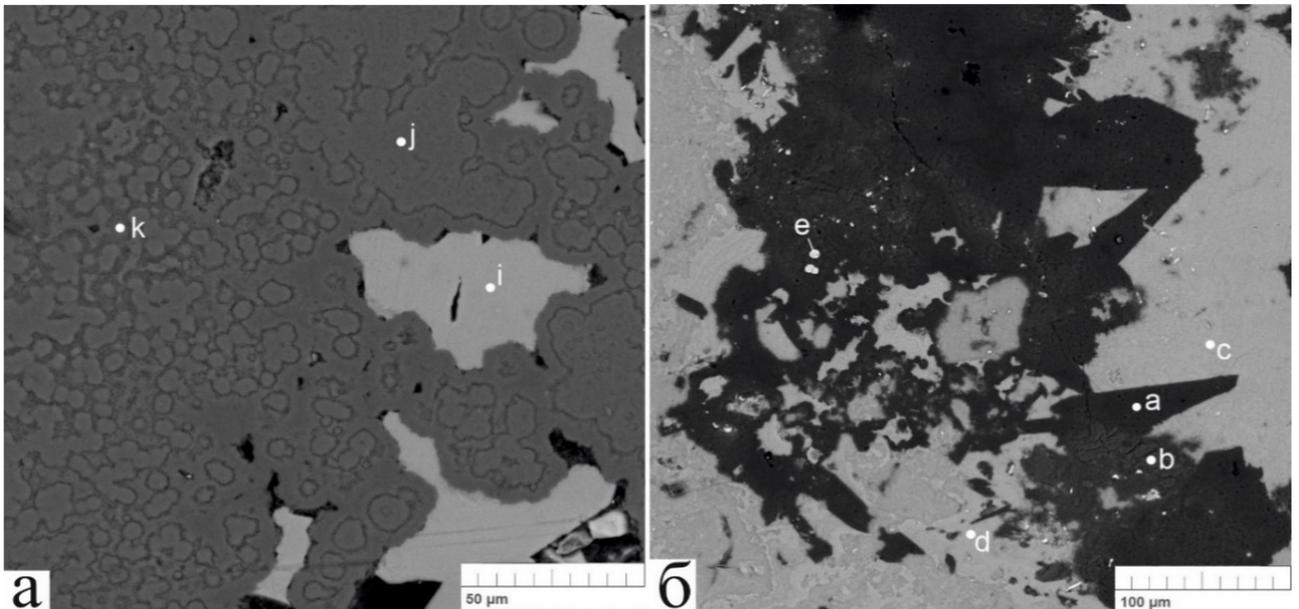


Рисунок 5.4. а) Концентрически-зональное строение гиббситового прожилка в отражённых электронах (BSE) и б) Кристаллы гиббсита чёрного цвета. Фото в отражённых электронах (BSE)

i – зерно кальцита, *j*, *k* – участки различного по составу гиббсита; (а) в массе белого минерала (с, d), не диагностированный минерал: *Si*, *Mn*, *Al*; *b* – галлуазит; *e* – магнетит.

На золоторудном месторождении Бургунда расположенном в 4.5 км северо-западнее Бирюзакана, в известняках (D₂-C₁) были установлены прожилки гиббсита [Файзиев и др., 2018]. Химический состав данного минерала отличается от гиббсита Бирюзакана более низкими содержаниями CuO 1.46 и F 0.88 мас.%. Авторы находки гиббсита на Бургунде связывают его образование с низкотемпературным гидротермальным процессом.

Положение гиббситой минерализации среди кварцевых жил с малахитом позволяет отнести её к гидротермальным минералам. Его образование можно коррелировать с гиббситом из золоторудного месторождения Бургунда, расположенного в 4.5 км северо-западнее Бирюзакана, в известняках (D₂-C₁). Химический состав данного минерала отличается от гиббсита Бирюзакана более низкими содержаниями CuO 1.46 и F 0.88 мас.%. Авторы находки гиббсита на Бургунде [Файзиев и др., 2018] связывают его образование с низкотемпературным гидротермальным процессом.

Гиббситовые жилы Бирюзакана и, возможно, Бургунды позволяют отнести изменения андезитовых порфириров к алунитовой формации низкотемпературных гидротермальных образований по классификации Е.К. Лазаренко [Лазаренко, 1971]. Источником глинозёма для гиббсита послужили вулканиты средне-кислого состава, в которых интенсивно протекали процессы метасоматического замещения полевых шпатов кварцем, с образованием вторичных кварцитов и пропилитов [Менчинская, 1981]. Высвободившийся при этом глинозём мигрировал в зоны пониженных давлений, обусловленные тектоническими трещинами.

Ярко голубой гиббсит Бирюзакана, вероятно, ранее встречался геологам, отрабатывавшим месторождение на бирюзу. При диагностике некоторых голубых образцов и вставок бирюзы может оказаться её ошибочная диагностика, т.к. голубой гиббсит легко визуально можно спутать с высокосортной бирюзой. Наша находка гиббсита расширяет спектр минеральных ассоциаций известного геологического объекта и ставит задачу проверки бирюзы, добытой ранее и изделий из неё. Обнаруженный гиббсит характеризуется сложным изоморфизмом: более 17 % примесей, включая медь, марганец и фтор (около 5%).

5.2. Самплеит

При изучении коллекции бирюзы в музее Самоцветы и А.Е. Ферсман в одной из витрин мы обнаружили экспонат голубого самплеита с месторождения Бирюзакан очень похожего на бирюзу (Рисунок 5.5а,б). Этот минерал вместе с бирюзой составляет класс фосфаты. Его кристаллохимическая формула выглядит следующим образом: $\text{NaCaCu}_5(\text{PO}_4)_4\text{Cl} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Твёрдость 4, близкая бирюзе. В образце самплеита также угадывается колломорфная текстура. Публикаций о самлеите с Бирюзакана нам не известны. Очевидным является большое внешнее сходство этих минералов., что может привести к ошибке при их диагностике, а значит и при оценке количественных и качественных кондиций месторождения Бирюзакан.

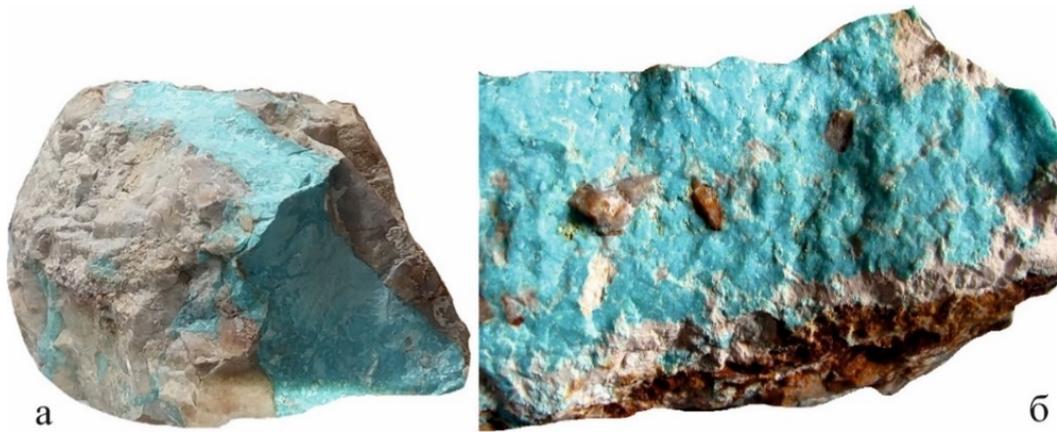


Рисунок 5.5. Жила самплеита с Бирюзакана – минерала «двойника» бирюзы
 а – размер образца 7x4 см, музей Самоцветы; б – размер 10x5 см, музей им. А.Е.Ферсмана

5.3. Халькосидерит

В жильном комплексе Бирюзакана установлен аналитическими методами халькосидерит – гидрофосфат Cu и Fe – минерал из группу бирюзы, светло-зелёного цвета [Бетехтин, 1950]. Он может содержать до 10.5% Al_2O_3 [Штрюбель, Циммер, 1987]. Халькосидерит Бирюзакана имеет следующий химический состав, в мас. %: 8.8 Al_2O_3 , 31.2 P_2O_5 , 34 FeO , 6.7 CuO , 1 SO_3 , 0.1 CaO , сумма = 82%. Его идеализированная кристаллохимическая формула имеет следующий вид: $\text{CuFe}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. В крупных скоплениях минерал нам не встречался. Как

минерал-обманка диссертант его предполагает при наличии крупных выделений, которые на месторождении вполне ожидаемы. Высокие содержания меди в его составе вполне ожидаемо могут создать голубую окраску.

5.4. Галлуазит

Галлуазит – водосодержащий силикат алюминия $Al_4[Si_4O_{10}] \cdot 4H_2O$. Т.И. Менчинской [1989] он был только упомянут в ассоциации с голубой бирюзой и горным хрусталём без описания и химического анализа. Диссертантом этот минерал установлен в составе гиббситовых жил в форме неправильных зёрен размером до 150 микрометров в поперечнике (Рисунок 5.6).

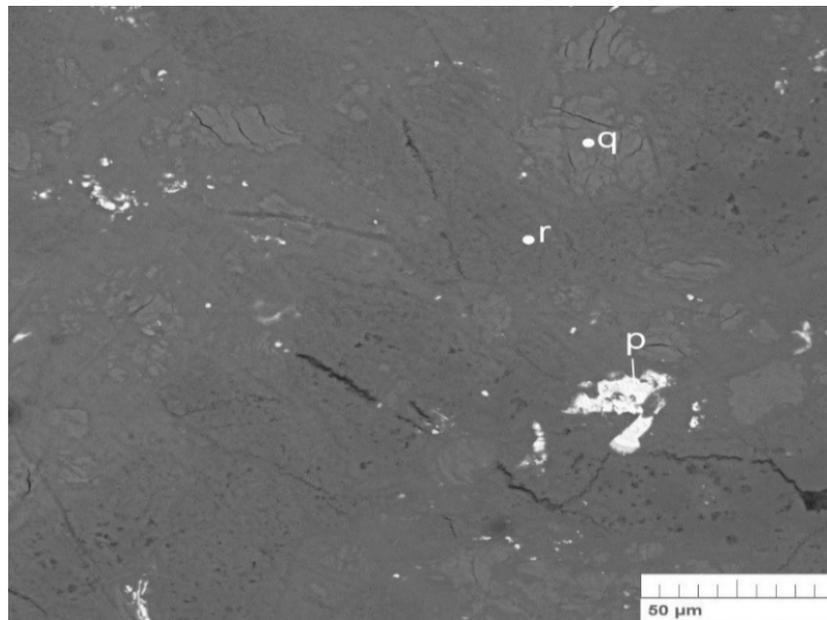


Рисунок 5.6. Зерна галлуазита (q) внутри гиббсита (g). p – магнетит. Фото в отражённых электронах (BSE).

Форма зёрен галлуазита очень неопределённая, с сильно размытыми краями, но чётко отделяется от окружающего гиббсита. В агрегате наблюдаются сильно растворённые кристаллы магнетита, содержащего в мас.% до 3.4 Al_2O_3 , 5.3 SiO_2 , 0.6 MnO , 0.7 CuO .

В составе галлуазита содержится много примесей (Таблица 5.2). Содержание меди более 1 мас.% может окрасить минерал в голубой цвет, что также будет создавать внешнее сходство с бирюзой. От последней галлуазит отличается более низкой твёрдостью.

Таблица 5.2– Химические составы (1) и формульные единицы (2) галлуазита

Оксиды	Атомы	Галлуазит 1		Галлуазит 2	
		1	2	1	2
Al ₂ O ₃	Al	39,49	2	40,92	2
SiO ₂	Si	46,57	2	50,42	2,09
MgO	Mg	0,32	0,01	0,45	0,02
MnO		-	-	0,28	0,07
K ₂ O	K	0,17	0,01	0,12	0,01
CaO		-	-	0,19	0,07
FeO	Fe	0,37	0,01	0,34	0,01
CuO	Cu	0,79	0,03	1,07	0,32
F	F	0,32	0,02	-	-

ВЫВОДЫ

1) Диссертантом на месторождении Бирюзаканом впервые установлен гиббсит голубого цвета. Его можно ошибочно диагностировать как бирюза.

2) Наши находки минералов, имеющих одинаковый цвет с бирюзой, которые при оценке запасов могут исказить результаты ГРР, а при создании ювелирных вставок – приводить к конфликтным ситуациям. Это требует повышенного внимания при диагностике кристаллосырья. При этом неверная визуальная диагностика может подвести огранщиков и покупателей.

ГЛАВА 6. РУДОСОДЕРЖАЩИЕ МИНЕРАЛЫ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БИРЮЗАКАНА

В настоящей главе приведено обоснование третьего защищаемого положения диссертации: **«На основе общей геолого-структурной позиции месторождения Бириюзакан с рудными месторождениями Тариэкан (Ag), Адрасман (Au), Каптархана (Ag) и др. намечается парагенетическая связь бирюзовой минерализации с рудными месторождениями Карамазара. Подтверждающим аргументом парагенетической связи месторождений является обнаружение диссертантом гидрооксилбастнезита-Nd и геохимической аномалии REE, Th, U, As, Sb, Zn, Cu, W, Bi, Cd, Se, Ag, Au – элементов характерных для рудных месторождений Карамазара».**

6.1. Рудосодержащие минералы

Площадь месторождения сложена андезитовыми порфиритами и другими трудно диагностируемыми породами. Вулканыты, вмещающие бирюзовую минерализацию, сильно изменены. Внешне это проявлено в их сильном осветлении. Благодаря этому месторождение отчётливо выделяется среди окружающих чёрных пород, покрытых бронзовым загаром и более устойчивых к выветриванию. Наиболее интенсивно процесс осветления затронул породы 1-го участка (Рисунок 3.1). Изменения вулканитов проявлены в интенсивной каолинизации, серицитизации, эпидотизации и окварцевании. Полевые шпаты размером 0.1-0.8 мм в поперечнике иногда до 4 см нацело замещены минералами группы каолинита; тёмноцветные (биотит, пироксен и роговая обманка) – хлоритом и серпентином; халькопирит, размером до 3 см в поперечнике – малахитом; пирит, первые мм – гематитом. Перечисленные рудные минералы рассматривались [Менчинская, 1989] как акцессорные. Крупных рудных скоплений на руднике предшественниками не установлено.

Нами была установлена большая группа рудных минералов и нерудных с высоким содержанием изоморфных рудных элементов [Литвиненко, Восихов и др., 2025₁]. Например, в жиле гиббсита с малахитом мощностью ~3 см, в обломке 6х6 мм обнаружена группа минералов в количестве более 70 микрозёрен, неправильной формы размером до 15 μm , (Рисунок 6.1). По-видимому, это гидроксилбастнезит-(Nd). Его состав определён в следующих значениях, масс. %: 29.3 Nd_2O_3 , 8.7 Gd_2O_3 , 7.4 Sm_2O_3 , 6.2 La_2O_3 , 6.1 Y_2O_3 , 5.1 Pr_2O_3 , 3 Ce_2O_3 , 2.3 Dy_2O_3 , 3.2 CuO , 4.9 CaO , 3.6 F, сумма 75.7. Во флюорите Кансайского рудного поля установлены повышенные содержания REE [Файзиев, 2008], которые можно коррелировать с редкоземельной минерализацией Бирюзакана. Вероятно, это первая находка редкоземельной минерализации в Карамазаре.

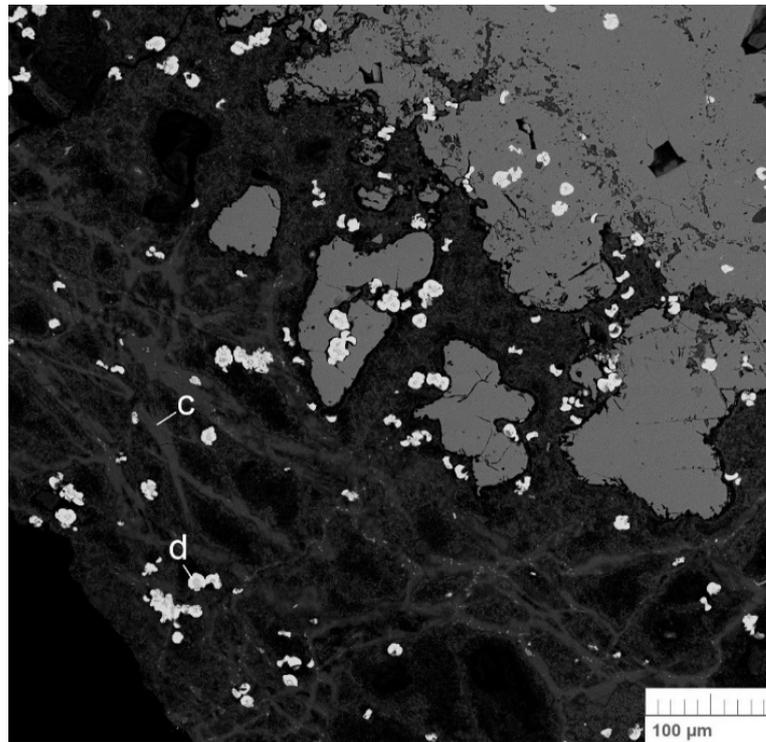


Рисунок 6.1– Изображение участка образца в отражённых электронах (BSE)
(d) – редкоземельная минерализация, гидроксилбастнезит-(Nd), c – гиббсит и b – малахит

В жильном бирюзоносном кварце были обнаружены кристаллики пирита размером до 10 мкм, которые содержат, мас. %: 1,48 Co и 0,85 As. В этой же позиции определены рутил размером до 20 мкм с примесью V_2O_5 в количестве 1,83 мас. %, а также циркон с четкими гранями. В зальбандах бирюзовых жил автором обнаружена мелкая густая вкрапленность халькопирита, которая не наблюдалась

внутри бирюзы (Рисунок 6.2). Это позволяет предположить наложенный, более поздний, чем бирюза, характер кристаллизации халькопирита. Более ранняя генерация халькопирита наблюдается совместно с пиритом во вмещающих измененных вулканитах. Это наблюдение позволяет выделить на Бирюзакане две генерации халькопирита: первая развита в вулканитах, вторая – в секущих жилах кварца и бирюзы. Ранее в зальбандах бирюзовых жил были установлены сульфиды, более точно не диагностированные [Менчинская, 1989].



Рисунок 6.2. Фрагмент жилы бирюзы, в зальбандах которой развит халькопирит второй генерации

Внутри жил и округлых пустотах наблюдается плотный агрегат малахита 3x2,5x2 см. Этот минерал встречается на многих месторождениях Кармазара и отнесён к гипергенным [Файзиев, 2024]. Его поверхность покрыта мелкими впадинами и коричневыми тонкими корочками более поздних минералов (Рисунок 6.3). В малахите также установлена микроскопическая вкрапленность редкоземельного минерала неправильной формы размером до 15 μm до 13 зёрен (Рисунок 6.4). Его состав определён в следующих значениях, мас. %: 29.3 Nd₂O₃, 8.7 Gd₂O₃, 7.4 Sm₂O₃, 6.2 La₂O₃, 6.1 Y₂O₃, 5.1 Pr₂O₃, 3 Ce₂O₃, 2.3 Dy₂O₃, 3.2 CuO, 4.9 CaO, 3.6 F, сумма 75.7. Эта находка гидротермальной редкоземельной минерализации расширяет область её распространения на Бирюзакане.



Рисунок 6.3. Обособление плотного малахита из кварцевой жилы

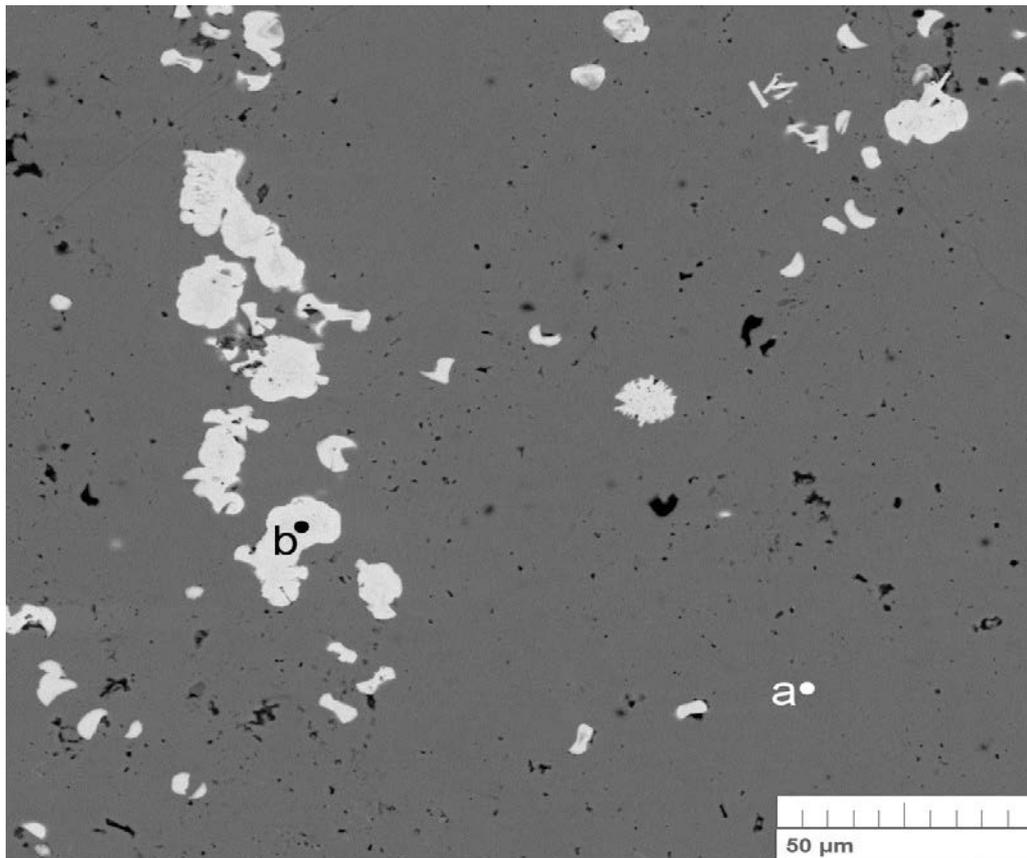


Рисунок 6.4. Включения гидроксилбастнезита-(Nd) – b в малахите – a.

Фото в отражённых электронах (BSE)

В участках жил с кварцем нами был установлен гиббсит в сростаниях с бирюзой и кварцем. Он образует коломорфные агрегаты светло-серого цвета, а в пустотах пирамидальной формы кристаллы размером первых мм (Рисунок 6.1 и 6.4). В его составе присутствует изоморфная примесь разнообразных элементов, в мас. %: CuO 2.7, MnO 0.4, SO₃ 1.2, F 4.5. В составе гиббситовых участков обнаружены редкие мелкие до 10 μm в поперечнике, округлые зёрна реликтового магнетита, содержащие примесь, в мас. %: 3.5 CuO, 3.6 MnO, 4.8 SiO₂, 8.3 Al₂O₃. Возможно, магнетит при его окислении и растворении являлся источником меди и алюминия для кристаллизации бирюзы. Там же установлены мелкие зёрна кальцита, содержащего по 1.5% Mn и Fe [Литвиненко, Восихов и др., 2025₁].

Трещинно-жильная система Бирюзакана изобилует бурыми скоплениями гидрооксидов и сульфатов железа и других рудных низкотемпературных минералов (Рисунок 6.5). Они подробно были задокументированы и описаны в главе 3.

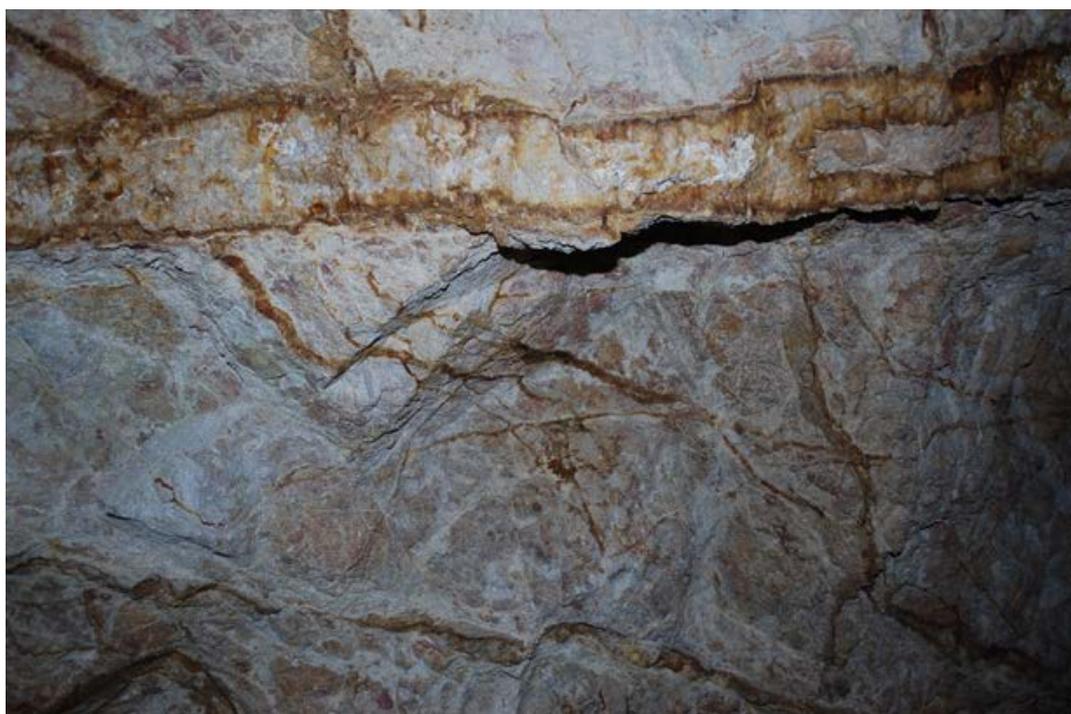


Рисунок 6.5. Кварцевая жила, мощностью 20 см, с ожелезнением по зальбандам и группа трещин отрыва с интенсивным развитием сульфатов и гидрооксидов железа.

Среди бирюзовых линз рентгенофазовым анализом определены (аналитик Саймудасири М.): фаустит $ZnAl_6(PO_4)_8 \cdot 4H_2O$, аргентоярозит $AgFe_3(SO_4)_2OH$, ганнингит $Zn(SO_4) \cdot H_2O$, ванадинит $Pb(VO_4)_3Cl$ и климанит $ZnAl_2(PO_4)_2(OH)_2 \cdot 3H_2O$ (Таблица 6.1).

Таким образом, вырисовывается парагенетическая связь бирюзы с минералами Zn, Ag, Fe, Pb, V и REE.

Таблица 6.1– Рудосодержащие минералы из бирюзовых жил

Минерал	Кристаллохимическая формула	Класс
Магнетит с Cu и Mn	Fe_3O_4	Оксид
Пирит с Co и As	FeS_2	Сульфид
Гиббсит Cu, Mn	$Al(OH)_3$	Гидрооксид
Малахит	$Cu_2[CO_3](OH)_2$	Карбонат
Халькопирит	$CuFeS_2$	Сульфид
Фаустит	$ZnAl_6(PO_4)_8 \cdot 4H_2O$	Фосфат
Климанит	$ZnAl_2(PO_4)_2(OH)_2 \cdot 3H_2O$	Фосфат
Самплеит	$NaCaCu_5(PO_4)_4Cl \cdot 5H_2O$	Фосфат
Халькосидерит	$CuFe_6(PO_4)_4(OH)_2 \cdot 4H_2O$	Фосфат
Аргентоярозит	$AgFe_3(SO_4)_2OH$	Сульфат
Ганнингит	$Zn(SO_4) \cdot H_2O$	Сульфат
Ванадинит	$Pb(VO_4)_3Cl$	Хлорит

Выявленная нами в составе кварцевых жил с бирюзой многочисленная группа рудных элементов и рудных минералов позволяет провести парагенетические связи территории бирюзовой минерализации с рудными объектами Кармазара и включить кристаллизацию бирюзы в процесс рудогенеза рассматриваемого района [Литвиненко, Восихов и др., 2025₁].

6.2. Геохимическая аномалия

В ходе полевых работ нами по всей площади месторождения из коренных пород была отобрана серия штуфов из различных по цвету и структуре вулканитов. Система отбора строилась на всестороннем охвате всех петрографических разновидностей вулканитов акчинской свиты для выявления причин их

бирюзоносности (Рисунок 6.6). Первоначальной задачей диссертанта являлось определение источника вещества: Cu, Al и P для формирования бирюзоносных жил. По штучным образцам размером 7x7x7 см, отобранным также в лежащем боку Бирюзового разлома, где отсутствует бирюзовая минерализация (Рисунок 6.6), установлены очень высокие содержания редкоземельных и радиоактивных элементов (Таблица 6.2 и 6.3) [Восихов, Литвиненко, 2025₁].

Таблица 6.2– Редкоземельные металлы в вулканитах (г/т)

№ п/п	Y	Ce	La	Pr	Nd	Сумма
33	29	150	-	-	289	468
35	25	-	-	-	-	25
38	5	-	-	-	-	5
40	42	-	59	150	115	366
42	20	-	-	-	-	20
44	26	-	-	-	-	26
58	-	177	-	-	-	177
59	14	-	170	206	378	768
82	-	209	157	201	395	962
84	45	-	-	-	-	45
85	47	219	130	244	423	1093
86	8	205	-	221	438	872
87	12	155	-	-	-	167
88	25	190	144	-	316	675
89	31	169	103	-	286	589
90	5	198	-	204	375	782
91	45	170	139	-	-	374
92	15	156	-	-	-	171
93	45	-	-	919	277	1238
94	177	315	139	244	422	297
95	255	-	152	-	-	407

Примечание. – не установлено. Съёмка проводилась портативным РФА-спектрометром Vanta-M, Олутрус, США. Анод трубки:Rh, мощность – 4 Вт, напряжение - 50 кВ, детектор SSD. Аналитик Саймудасири М., МГРИ.

Таблица 6.3– Радиоактивные металлы в вулканитах (г/т)

№ п/п	Th	U	Сумма
33	29	9	38
35	14	6	20
38	5	7	13
40	9	6	15
42	44	12	56
44	14	5	19
58	9	6	15
59	34	10	44
82	12	4	16
83	42	13	55
84	16	-	16
85	39	16	55
86	35	19	54
87	47	16	63
88	40	11	51
89	29	6	35
91	-	3	3
92	-	4	4
93	16	7	23
94	35	10	45
95		420	420

Примечание. – не установлено. Съёмка проводилась портативным РФА-спектрометром Vanta-M, Олутрус, США. Анод трубки:Rh, мощность – 4 Вт, напряжение - 50 кВ, детектор SSD. Аналитик Саймудасири М., МГРИ.

Расчитанные нами кларки концентрации варьируют: Y 6-8, Ce 3-4, La 8-10, Pr 30-100, Nd 16-17, Th 1-6, U 6-140. Редкоземельная аномалия, вероятно, обусловлена минерализацией обнаруженной нами в жиле гиббсита с малахитом. Она обнаружена в образце 6х6 мм. Редкоземельный минерал неправильной формы размером до 15 μm , в количестве более 70 микрозёрен (Рисунок 6.1). Его состав определён в следующих значениях, масс. %: 29.3 Nd_2O_3 , 8.7 Gd_2O_3 , 7.4 Sm_2O_3 , 6.2 La_2O_3 , 6.1 Y_2O_3 , 5.1 Pr_2O_3 , 3 Ce_2O_3 , 2.3 Dy_2O_3 , 3.2 CuO , 4.9 CaO , 3.6 F, сумма 75.7. По-видимому, это гидроксилбастнезит-(Nd). Во флюорите Кансайского рудного

поля установлены повышенные содержания REE [Файзиев, 2008], которые можно коррелировать с редкоземельной минерализацией Бирюзакана. Вероятно, это первая находка редкоземельной минерализации в Карамазаре. После нанесения содержаний рассматриваемых элементов на геологический план месторождения определились контуры двух геохимических аномалий (Рисунок 6.6). Площадь северной составила 250x25-60, а южной – 250x60-90 метров.

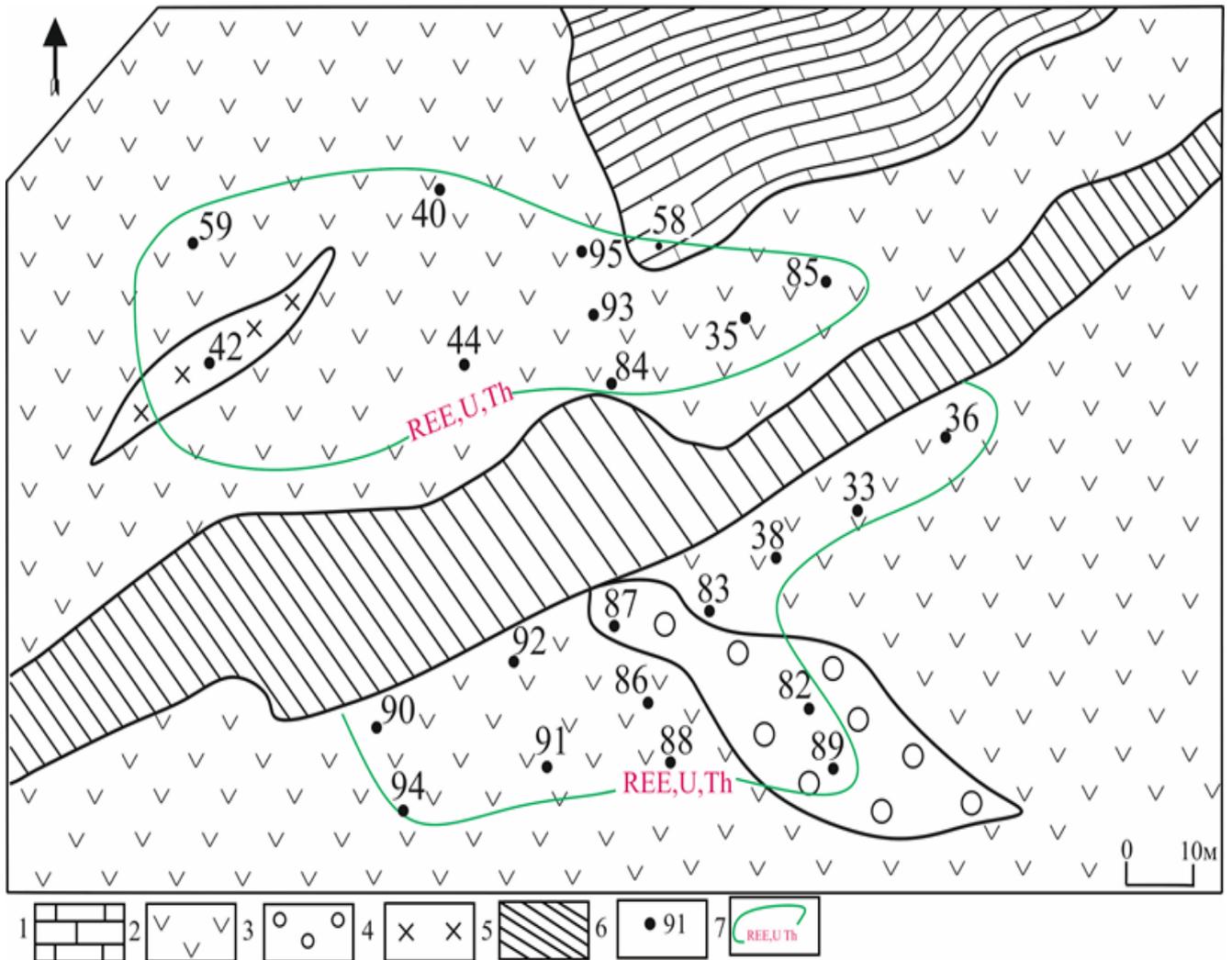


Рисунок 6.6. Геологический план месторождения бирюзы Бирюзакан с геохимическими аномалиями редкоземельных и радиоактивных элементов (составлена на основе геологической карты м-ба 1:1000, Нитман и др. 1985)

1 - мраморизованные известняки и доломиты (D_2-C_1); 2 - андезитовые порфиры акчинской свиты (C_2); 3 - вторичные кварциты по вулканитам; 4 - монцограниты. 5 - Бирюзовый разлом; 6 - точки отбора проб; 7 - контур геохимической аномалии

Рентгенофлюоресцентный анализ штучных проб также показал очень высокие значения содержаний As, Sb, Zn, Bi, W, Mo, Cu, Cd, Se, Ba, Ag, Au с кларками концентрации в десятки раз выше фоновых значений (Таблица 6.4). Была опробована практически вся площадь месторождения Бирюзакан и его северный фланг, выше Бирюзового разлома (Рисунок 6.7). Общая площадь аномалии составила 0,25 км² [Восихов, Литвиненко, 2025₃].

Таблица 6.4 – Содержания рудных элементов в вулканитах месторождения Бирюзакан (г/т)

№№	Se	W	Mo	Cd	Bi	Cu	As	Sb	Ba	Zn	Ag	Au
33	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	-	-	5	-	-	-	25	-	3365	-	-	-
36	8	-	8	-	-	-	15	-	1444	-	-	-
38	-	-	9	-	-	-	49	-	187	-	-	-
42	-	-	5	-	-	-	66	-	1919	-	-	-
44	-	-	11	-	-	-	19	-	1771	-	-	-
58	-	-	9	-	-	-	18	-	1259	-	-	7
59	-	-	5	-	-	-	16	-	1292	-	-	-
82	3	18	16	-	-	-	11	-	242	-	11	-
83	3	-	-	-	-	-	29	43	2142	-	-	-
84	5	-	50	-	-	401	29	-	982	-	-	-
85	6	20	15	18	-	406	6	-	1721	-	-	-
86	5	-	56	-	31	3894	111	-	288	-	11	-
87	-	-	13	-	-	-	13	-	575	-	6	-
88	7	-	-	-	-	491	13	-	1640	-	-	-
89	4	29	33	-	-	-	10	-	1281	-	9	-
90	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
91	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
92	-	-	-	-	-	428	10	40	-	-	12	-
93	5	62	9	24	52	3725	13	44	1164	198	-	8
94			6			42992	79	34	1975	395		
95			50	33	22		34			1682		

Примечание. Пробы анализировались в Инжиниринговом центре МГРИ

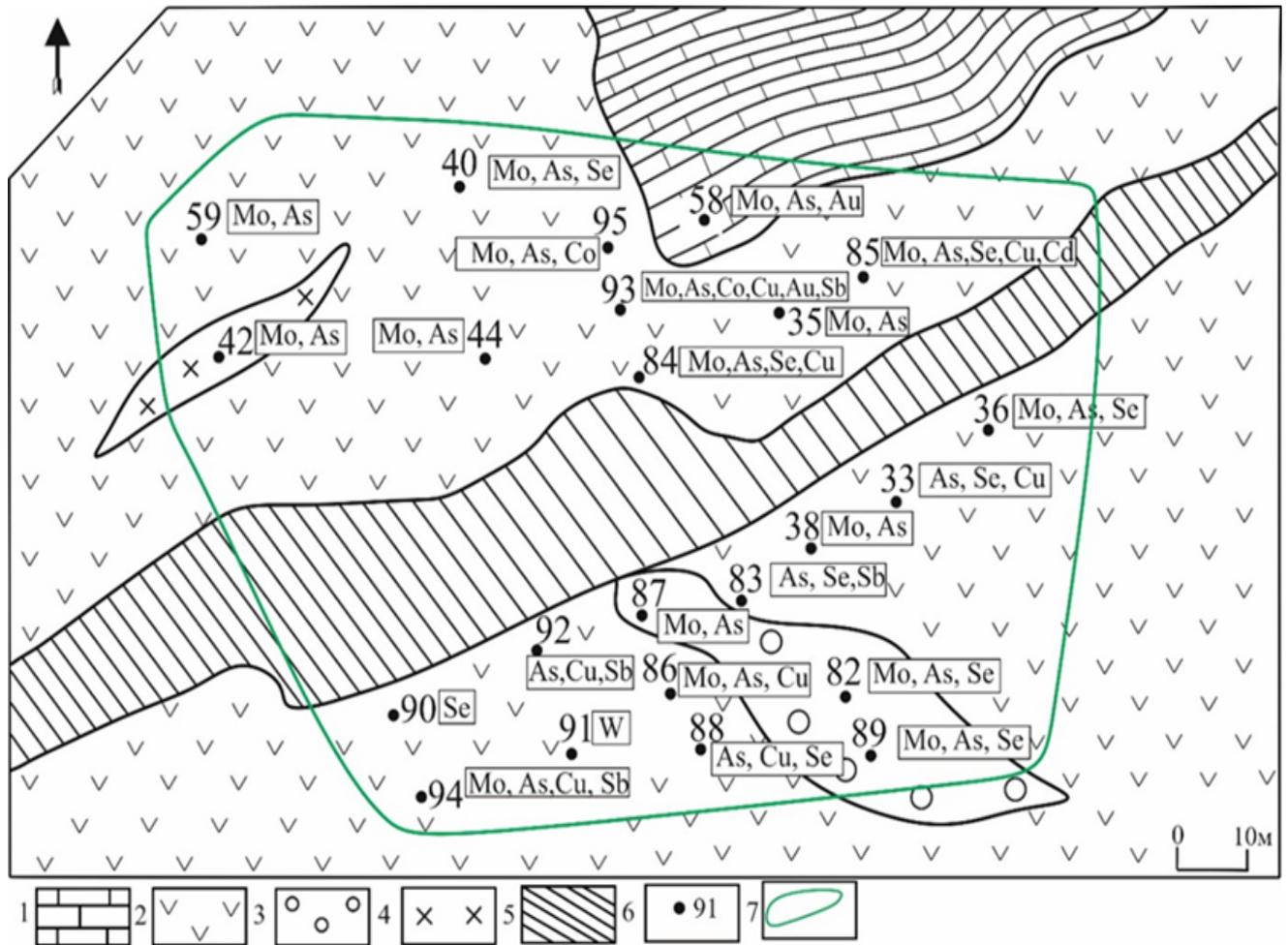


Рисунок 6.7. Геологический план месторождения Бирюзакан

1 – мраморы кальцит-доломитового состава (D_2-C_1); 2 – андезитовые порфириты акчинской свиты (C_2), слабо изменённые; 3 – тоже сильно изменённые; 4 – монцограниты; 5 – тело Бирюзового разлома; 6 – точки отбора проб с содержанием элементов в десятки раз выше кларка; 7 – контур геохимической аномалии.

Рудные минералы на Бирюзакане встречены как внутри вулканитов, где они развиваются вне связи с жильным комплексом, распределяясь по массе породы (Рисунок 3.9), так и в составе жил с кварцем, бирюзой, гипбситом и др. (Рисунок 6.2, 6.3). Рудные минералы вероятно связаны с кристаллизацией вулканитов, их аутометаморфизмом и с гидротермальным, жильным процессом. Интенсивная жильная серия в форме штокверка наблюдалась в одной из штолен (Рисунок 6.8).

Протяжённость жил до 1 м, мощность до 1,5 см (Рисунок 6.8). Интенсивные вторичные минералы по стенкам трещин были рассмотрены выше (Рисунок 3.3, 3.4).



Рисунок 6.8. Штокверк жил, выполненных гидроксидами железа и кварцем

Кварцевые жилы часто бывают мономинеральные. Их гранулометрический состав резко контрастирует с вмещающей, скрытокристаллической средой (Рисунок 6.9 а,б).

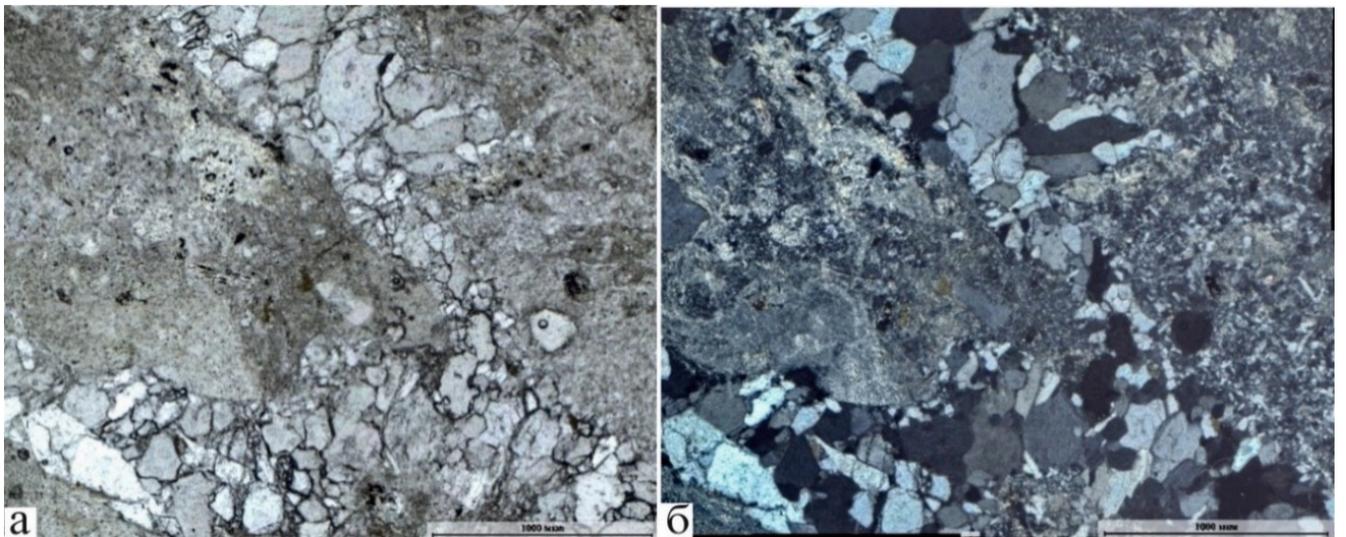
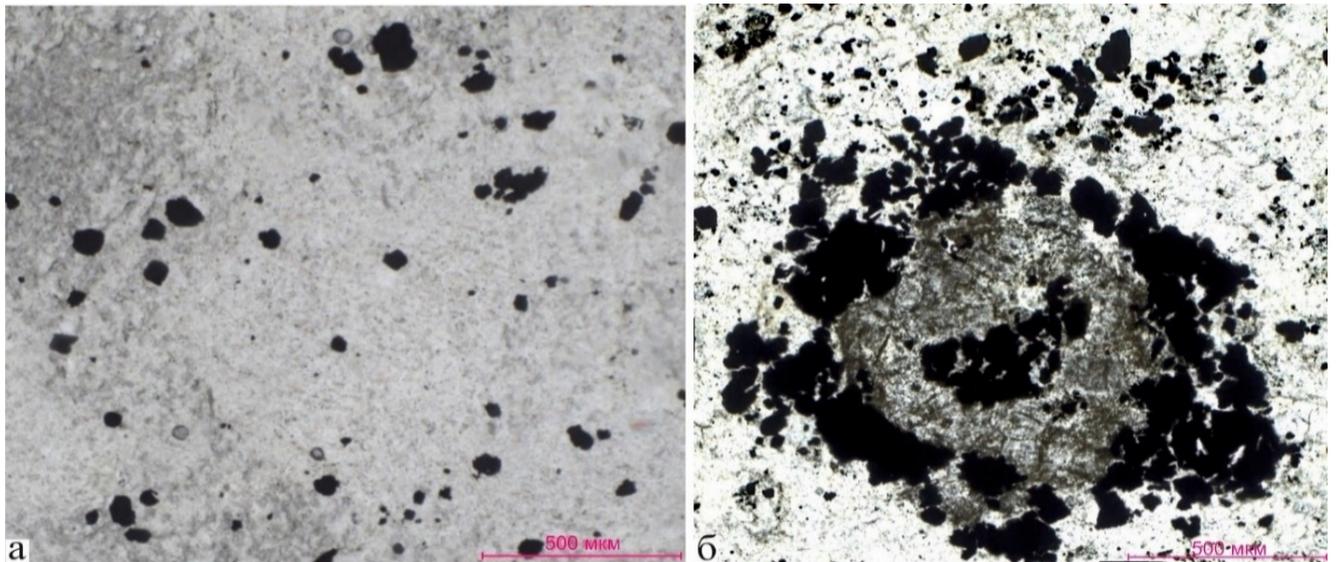


Рисунок 6.9. Кварцевые жилки в изменённых вулканитах. а – при одном николе, б – при скрещенных

Внутри вулканитов, без видимой связи с жильными образованиями отмечается тонко рассеянная вкрапленность рудных минералов, по оптическим определениям пирит (Рисунок 6.10-а) и их скопления вокруг тёмноцветных фенокристаллов (Рисунок 6.10-б).



*Рисунок 6.10. Характер распределения рудных минералов по массе вулканитов
а – редкие, мелкие рудные минералы по осветлённой породе; б – скопление рудных минералов
вокруг тёмного выделения, возможно, вулканического стекла*

Выявленная нами в составе кварцевых жил с бирюзой многочисленная группа рудных минералов, содержащих химические элементы, характерных для рудных месторождений района, подчеркивает геохимическую и парагенетическую связь бирюзовой минерализации с рудными месторождениями Кармазара. Кристаллизация бирюзы (минерал Cu), фаустита (минерал Zn) и других сопутствующих рудных минералов (халькопирит 2-й генерации и гидроксилбастнезит-Nd и др.) связана с процессом регионального рудогенеза, в котором они составляют самое позднее звено эндогенного цикла.

Полученный минеральный состав сопровождающих бирюзу жильных и рудных минералов, содержащих Fe, Mn, Cu, Zn, Co, As, V, Ag, REE, F, а также выявленная геохимическая аномалия представленная REE, Th, U, As, Sb, Zn, Bi, W, Mo, Cu, Cd, Se, Ba, Ag, Au с кларками концентрации в десятки раз выше фоновых значений дает основание обозначить Бирюзакан в качестве перспективного объекта для постановки поисково-оценочных работ на рудную минерализацию. Также это позволит расширить генетические представления о развитии самоцвета на флангах и более глубоких горизонтах месторождения. Автор полагает, что существуют перспективы обнаружения бирюзовой минерализации на смежных рудных месторождениях.

ВЫВОДЫ

1) Состав многих нерудных минералов месторождения определяют катионы металлов: Cu, Zn, Fe, Ag, REE, в состав других эти элементы входят в форме изоморфных примесей. Это обусловило образование, выявленной диссертантом геохимической аномалии.

2) На месторождении Бирюзакан диссертантом установлена перспектива перевода его из монокомпонентных в комплексное месторождение: бирюза + REE, Th, U, As, Sb, Zn, Bi, W, Mo, Cu, Cd, Se, Ba, Ag, Au. Здесь кларки концентрации рудных до несколько десятков раз выше кларков.

3) Представленный минеральный состав сопровождающих бирюзу минералов, содержащих Fe, Mn, Cu, Zn, V, Ag, REE даёт основания выдвинуть Бирюзакан в ранг перспективного объекта для постановки поисково-оценочных работ.

ГЛАВА 7. УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ БИРЮЗАКАН

На природу образования бирюзы сложились два противоположных направления: эндогенное и экзогенное. Они детально были проанализированы крупным советским специалистом по геологии месторождений этого самоцвета Т.И. Менчинской [1981; 1989]. На основе её анализа можно отметить, что сторонники экзогенного генезиса представлены геологами советских академических (В.П. Петров, Е.Я. Киевленко, Н.Н. Сенкевич, М. И. Моисеева, М.П. Баскаков, Н.Г. Сухова и др.) и зарубежных (Г.К. Хадсон, А. Рассел, Н.П. Петерсон, и др.) институтов. Сторонники эндогенного, гидротермального генезиса бирюзы представлены геологами-производственниками. Хотя здесь тоже нет единства мнений. Например, в фундаментальной коллективной монографии Геология и минеральные комплексы Западного Карамазара [1972] она помещена в группу минералов Cu, по сути, отнесена к рудным минералам, что поддерживается диссертантом, а с другой стороны, по генезису, её отнесли к супергенным, связанным с корой выветривания в зоне сульфидного вторичного обогащения. Последнее нами никак не разделяется. Также нужно отметить, что алунит (гидроксилсодержащий алюмосиликат) упомянутые авторы относят к гидротермальным минералам, а бирюзу – к гипергенным. Это вызывает определённое противоречие в генетической картине региона.

Диссертант в процессе посещения месторождения Бирюзакан и камеральной обработки полученного каменного материала и литературных данных определился как сторонник гидротермальной природы бирюзы. Ниже будут представлены наши представления [Литвиненко, Восихов, 2023; Восихов, Литвиненко, 2024₁].

Бирюза является ярким представителем жильного комплекса минералов всего Карамазара. Она описана на Кансайском рудном поле [Геология..., 1972]. Её генетическая предыстория начинается с аутометаморфизма вмещающих вулканических пород: андезитовых порфириров, дацитов и др. При их интенсивном

изменении (серицитизация, эпидотизация, хлоритизация, пелитизация и др.) в подвижное состояние переходили Al, P, из халькопирита и других рудных – Cu. Эти элементы являются главными компонентами бирюзы. Одновременно, в трещинных структурах формировался жильных кварц. На Кармазаре выделено его 5 генераций [Геология..., 1972; Файзиев, 2008]. Фацию серицитовых кварцитов, проявленную на месторождении Бирюзакан можно скоррелировать с аналогичным процессом, протекавшим также на близлежащем месторождении полиметаллов с серебром Большой Канимансур. Начало и протекание серицит-хлоритового метасоматоза на последнем объекте происходило (по данным изучения газовой-жидких включений) при температуре 420-280°C и давлении 720-670 кбар [Файзиев, 2008]. С процессом изменения андезитовых порфиритов связано образование бирюзовой минерализации на самых последних его стадиях. Замещение минералов и стекла вулканитов привело в подвижное состояние многие петрогенные элементы, в том числе, составляющих бирюзу Al и P, третий её элемент Cu, появился при окислении халькопирита. Две его генерации установлены нами [Литвиненко и др., 2024]. Бирюза находится в парагенезисе с кварцем последней генерации. На Бирюзакане выделено 4-е генерации кварца [Менчинская, 1989]. На Большом Канимансуре он отнесён к пятой минеральной ассоциации, включающей также флюорит, барит, урановую смолку, пирит, халькопирит, сфалерит, галенит и самородное серебро. Становление минералов этой стадии, по гомогенизации газовой-жидких включений, происходило при температуре 235-50°C и давлении 350-100 бар [Файзиев, 2008]. В этих P-T параметрах происходила кристаллизация бирюзы.

Нами было показано пересечение бирюзовой жилы одной из них (Рисунок 4.12). Внутри бирюзовых жил наблюдался её парагенезис с хорошо сформированными кристаллами горного хрусталя (Рисунок 4.3). Нами наблюдались более поздние чем бирюза зёрна халькопирит (Рисунок 6.2), а ранее отмечались его секущие жилки в бирюзе [Менчинская, 1989].

Выделенные две текстурные разновидности бирюзы: массивная и колломорфная могут, вероятно, свидетельствовать о некотором кинетическом отличии в кристаллизации бирюзы. Массивная кристаллизовалась относительно

быстро, с формированием однородной микрокристаллической массы, а колломорфная формировалась более медленно. При этом наблюдается ядро – начало кристаллизации и концентрические зоны роста вокруг него. После их образования в интерстициях сферолитов образовались её длиннопризматические очень мелкие сростки (Рисунок 4.7, А,Б), которые можно отнести к самой поздней её стадии.

Возраст эндогенной минерализации Восточного Кармазара соответствует раннепермской (P_1) эпохе [Файзиев, 2008]. Бирюзовая минерализация данного региона, приуроченная к эндогенным процессам, также синхронизируется с этим временем. Это аргументируется, в том числе, отсутствием рудной гидротермальной минерализации в мезозойском чехле этого региона.

Кармазар, как было рассмотрено в главе 3, является крупнейшим рудным регионом мирового значения, содержащим 14 рудных полей [Бабаходжаев и др., 2001], в состав которых входят такие крупные месторождения как Большой Канимансур, Канджол, Кансай, Чорух-Дайрон, Чокодамбулак, Тарыэкан, Замбарак и др. Выявленная нами в составе кварцевых жил с бирюзой многочисленная группа рудных элементов и рудных минералов (Таблица 6.1) позволяет провести парагенетические связи территории бирюзовой минерализации с рудными объектами Кармазара и включить кристаллизацию бирюзы в процесс рудогенеза рассматриваемого района. Визуально такая связь может быть аргументирована металлограммой (Рисунок 7.1). Её анализ позволяет проследить участие бирюзовой минерализации в общем процессе образования рудных месторождений.

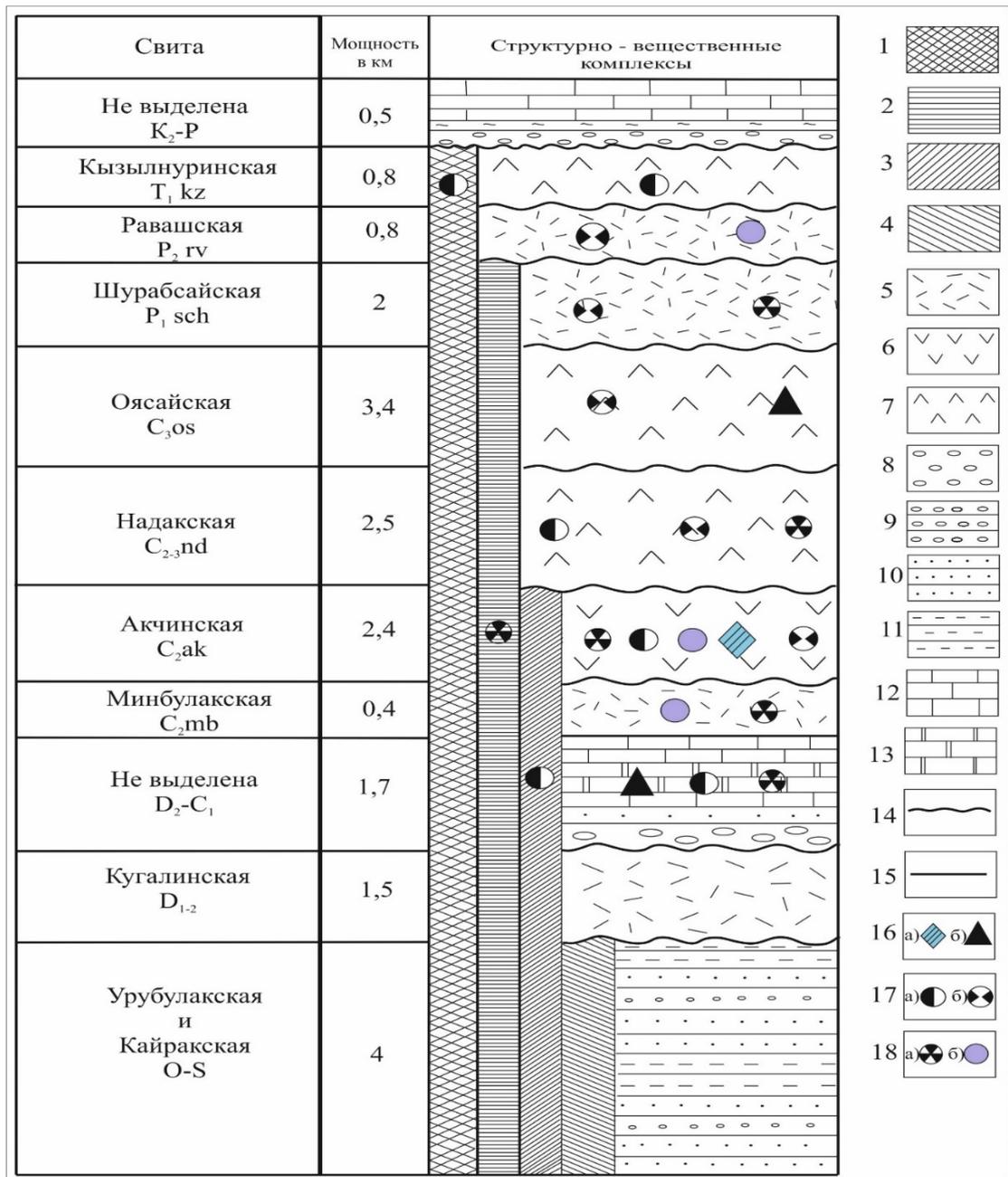


Рисунок 7.1. Металлогенограмма Кармазара и положение в ней бирюзы

1-4 – интрузивные комплексы: 1 – шайданский, гранитоидный (T₁) 2 – чорухдайронский, сиенитовый (P); 3 – кармазарский, гранодиоритовый (C₂); 4 – бургундинский, микродиоритовый (S₂); 5-7 – вулканогенные породы: 5 – андезиты, базальты, туфы; 6 – липариты, дациты (преобладают), туфы; 7 – липариты, трахилипариты, туфы; 8-13 – осадочные породы: 8 – базальные конгломераты; 9 – конгломераты; 10 – песчаники; 11 – алевролиты; 12 – известняки; 13 – доломиты; 14-15 – контакты: 14 – несогласные; 15 – согласные; 16: а) месторождения Бирюзакан; б) железно: 17: а) золото; б) серебро; 18: а) полиметаллы б) медь-висмут;

ВЫВОДЫ

- 1) Образование бирюзовой минерализации обусловлено автометаморфизмом вулканитов. На его заключительной стадии (гидротермальной) кристаллизовалась бирюза и её спутники, приведенные в таблице 6.1.
- 2) Источником вещества для кристаллизации бирюзы послужили андезитовые порфиры акчинской свиты.
- 3) Возраст бирюзы можно трактовать как домезозойский.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нашими полевыми работами в составе двух человек были обнаружены жилы с ювелирной бирюзой (Рисунок 4.3) на площади, где десятки лет проводились поисково-оценочные и разведочные работы с попутной отработкой. Небольшие, недостаточно оцененные проявления бирюзы на восточном фланге месторождения Бирюзакан (Рисунок 2.3) позволяют нам сделать заключение о перспективах Кармазарской бирюзоносной полосы (протяжённостью 3,3 км) на этот вид самоцвета.

Колломорфная текстура бирюзы и гиббсита, с хорошо выраженными сферолитами (Рисунок 4.6, 4.10) является признаком кристаллизации самоцвета из коллоидных низкотемпературных растворов, в которые перешли истинные растворы сразу после кристаллизации кристаллов горного хрусталя 4-й генерации. Вероятно, массивные агрегаты бирюзы являются более высокотемпературными, чем колломорфные.

Возможное обнаружение новых проявлений бирюзы можно связывать с восточными флангами и более глубокими горизонтами месторождения.

Были установлены минералогические признаки, позволяющие выделить некоторые фациальные и формационные особенности месторождения. Например, крадаллит, содержащий до 12.5 % и бирюза до 0.5 % SO_3 позволяют наметить проявление сольфатарной стадии развития вулканического процесса в Кармазаре. Гиббсит является признаком алунитовой формации метасоматитов.

На месторождении нами была установлена группа новых минералов: фаустит $ZnAl_6(PO_4)_8 \cdot 4H_2O$, аргентоярозит $AgFe_3(SO_4)_2OH$, ганнингит $Zn(SO_4) \cdot H_2O$, ванадинит $Pb(VO_4)_3Cl$ и климанит $ZnAl_2(PO_4)_2(OH)_2 \cdot 3H_2O$, халькосидерит $CuFe_6(PO_4)_4(OH)_2 \cdot 4H_2O$, гиббсит $Al(OH)_3$ также подтверждающая предполагаемые фациальные и формационные особенности.

Бирюзовая минерализация Кармазара сформирована на самой последней низкотемпературной стадии эндогенного цикла развития. Мезозойский чехол

осадочных пород, перекрывающий бирюзоносные породы Бирюзакана, в котором отсутствуют гидротермальные жилы, позволяет определить время образования бирюзы, как домезозойское.

Нами была установлена парагенетическая связь месторождения бирюзы Бирюзакан с рудными месторождениями региона позднепалеозойского возраста. Можно, с большой долей вероятности, считать, что данное месторождение занимает самый высокий гипсометрический уровень в палеозойском разрезе. Более глубокие его уровни, вполне вероятно, обогащены рудными минералами, с возможностью формирования рудных тел. Широкий спектр редкоземельных, радиоактивных, редких, цветных и благородных элементов, установленный нами создают перспективы для выявления их промышленных концентраций. Колломорфная текстура, в которой бирюза образует микроскопический агрегат является главной генетической особенностью самоцвета. Возможное обнаружение новых проявлений бирюзы можно связывать с восточными флангами и более глубокими горизонтами месторождения.

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

ГООЭ – Геологоразведочная экспедиция

ГКЗ – государственная комиссия по запасу

ГРП – геологоразведочная партия

ИГЕМ РАН – Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук.

ГРЭ – Геологоразведочная экспедиция

НАН РТ – Национальная академия наук Республика Таджикистана

ПГЭ – Памирская геологоразведочная экспедиция

СССР – Союз советский социалистических Республик

ТЭО – Техничко-экономическая обосновании

Т.Н. – Точка наблюдения

ЦНИЛКС – Центральную научно-исследовательскую лабораторию камней-самоцветов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Опубликованная литература

1. Абдуллоев Х.М. Общий очерк полиметаллических месторождений // Геология СССР. Таджикская ССР. Т. XXIV. Ч. II. – М.: Недра, 1966. – С. 126 – 202.
2. Афиногенова Л.Н., Баратов Р.Б., Краснов Е.Г., Литвиненко К.И. Эндогенная металлогения Таджикистана // Металлогения Тянь-Шаня. – Фрунзе: Илим, 1968. – С. 212 – 216.
3. Арапов В.А. Некоторые особенности герцинской тектоники Кураминского хребта // Узбекский геологический журнал. – 1965. – С. 35 – 46.
4. Арапов Ю.А. Минералогия и геохимия Кансайского месторождения. – Л.: Издание Таджикско -Памирской экспедиции, 1936. – 105 с.
5. Айзенштат И.А. Золотоносные металлогенические зоны и генетические типы эндогенных месторождений золота Средней Азии // Узб. геол. журнал. – 1959. – № 1. – С. 55 – 67.
6. Бабаходжаев С.М. Петрология и особенности геохимической специализации интрузивных комплексов Восточного Карамазара (Северный Таджикистан). – Душанбе: Дониш, 1975. – 377 с.
7. Бабаходжаев С. М. Граниты шайданского типа (Карамазар). – Душанбе: Ирфон, 1976. – 123 с.
8. Бабаходжаев С. М., Орифов А. О., Джанобилов М. Д., Мамадвафоев М. М. Особенности рудоносности Карамазара // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Республики Таджикистан. – Душанбе, 2001. – С. 137 – 146.
9. Бабаходжаев С.М. Некоторые особенности верхнепалеозойского магматизма и металлогении Восточного Карамазара // Металлогения Тянь-Шаня. – Фрунзе: Илим, 1968. – С. 86 – 87.
10. Багрова Е.Ф. К минералогии железорудного месторождения Чокадамбулак // Минералогия и геохимия сульфидных месторождений Узбекистана. – Ташкент: Фан, 1966. – С. 112 – 119.

11. Баратов Р. Б., Литвиненко К. И. Основные черты эндогенной металлогении Таджикистана // Проблемы геологии Республики Таджикистан. – 1999. – Вып. 1– 2. – С. 164 – 170.
12. Бетехтин А. Г. Минералогия. – М.: Гос. науч.-техн. изд-во лит. по геологии и охране недр, 1950. – 952 с.
13. Бетехтин А. Г. Минералогия. – М.: Гос. науч.-техн. изд-во лит. по геологии и охране недр, 1950. – 952 с.
14. Бабенко В.М., Вольфсон Ф. И., Дуброва В. И. Главнейшие свинцово-цинковые месторождения Кансайское рудное поле // Геология и минеральные комплексы Западного Карамазара. – М.: Недра, 1972. – С. 171– 192.
15. Болдырева М.М. Минеральные ассоциации и генезис магнезиальных скарнов из Алтынтопканского района // Минералы и парагенезисы минералов горных пород: сб. ст. – Л.: Наука, Ленингр. отделение, 1976. – Ч. 105. – Вып. 8. – С. 25 – 34.
16. Борисов О.М. Петрография и причины разнообразия пород нижнедевонского сиенито-диорито-порфирового массива Калканата // Сб. работ аспирантов АН УзССР. – 1958. – Вып. 1. – 33 с.
17. Верхов В. И., Дьяков Ю. А. Алтынтопканское рудное поле // Геология СССР. Таджикская ССР. – М.: Недра, 1966. –Т. XXIV, ч. II. – С. 128 – 154.
18. Верхов В.И. Куруксайское рудное поле // Геология СССР. Таджикская ССР. – М.: Недра, 1966. – Т. XXIV, ч. II. – С. 154 – 159.
19. Вольфсон Ф.И., Левин В. И., Лукин Л. И. Закономерности размещения эндогенной минерализации в Карамазаре // Геология и минеральные комплексы Западного Карамазара. – М.: Недра, 1972. – С. 4 – 17.
20. Вольфсон Ф.И. Структура и генезис свинцово-цинковых месторождений Западного Карамазара. – М.: Издательство АН СССР, 1951. – 189 с.
21. Восихов Ш.Т., Литвиненко А.К. Особенности размещения месторождений бирюзы в Таджикистане // Материалы XI международной научно-практической конференции «Молодые – наукам о Земле». – Москва: МГРИ-РГГУ, 2024₁. – С. 340 – 343.
22. Восихов Ш.Т., Литвиненко А.К. Геологические особенности и качественные кондиции бирюзы из месторождения Бирюзакан, Карамазар (Северный Таджикистан) //

Материалы III Ежегод. междунар. науч.-практ. конф. «Развитие национальной промышленности и геологии Таджикистана за годы независимости страны». – Бустон: ГМИТ, 2024₂. – С. 21–22.

23. Восихов Ш.Т., Литвиненко А.К. О перспективах месторождения бирюзы Бирюзакан, Северный Таджикистан на редкоземельные и радиоактивные металлы // Материалы XIV международной науч.-практ. конф. «Геология, прогноз, поиски и оценка месторождений алмазов, благородных и цветных металлов». – Москва: ЦНИГРИ, 2025₁. – С. 81 – 83.

24. Восихов Ш.Т., Литвиненко А.К., Рассомахин М.А. Первая находка гиббсита на месторождении бирюзы Бирюзакан, Северный Таджикистан // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2025₂. – Т.67, № 1. – С. 49 – 55.

25. Восихов Ш.Т., Литвиненко А.К. Геохимическая аномалия рудных элементов на площади месторождения бирюзы Бирюзакан, Северный Таджикистан // Материалы XVII Междунар. науч.-практ. конф. «Новые идеи в науках о Земле». – Москва: МГРИ-РГГУ, 2025₃. – С. 106 – 109.

26. Геология и минеральные комплексы Западного Карамазара. – М.: Недра, 1972. – 430 с.

27. Геология СССР. Таджикская ССР. – М.: Госгеолтехиздат, 1959. – Т. XXIV, ч. I. – 732 с.

28. Геология СССР. Таджикская ССР. – М.: Недра, 1966. –Т. XXIV, ч. II. – 593 с.

29. Дьяков Ю.А. Кансайское рудное поле // Геология СССР. Таджикская ССР. – М.: Недра, 1966. – Т. XXIV, ч. II. – С. 154 – 459.

30. Дунин-Барковская Э. А. Геохимия и минералогия висмута (Чаткало-Кураминские горы). – Ташкент: Фан, 1978. – 259 с.

31. Иброхим А., Шоева Т. В. История изучения недр Таджикистана // Горный журнал. – 2012. – Спец. вып. – С. 12 – 15.

32. Карпова Е.Д. К стратиграфии и тектонике юго-западного Карамазара // Изв. Тадж. фил. АН СССР. – 1944. – № 4. – С. 32 – 50.

33. Кийко Е.Т. Полиметаллическое месторождение Гудас // Рудные поля Карамазара. – Душанбе: Ирфон, 1972. – С. 172 – 185.

34. Кириков А.П., Тверской П. Н., Граммаков А.Г., Горшков Г.В., Айдаркин Б.С. Радиоактивные геофизические методы в приложения к геологии. – Л.: ОНТИ, 1934. – 339 с.
35. Коржинский Д.С. Очерк метасоматических процессов // Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях. – М.: Издательство АН СССР, 1953. – С. 332 – 452.
36. Кошляков Г.В. Этапы геологического изучения территории Республики Таджикистан // Горный журнал. – 2008. – № 6. – С. 29-37.
37. Кудусов Х.К. Структурно-петрологические особенности и физико-механические свойства пород Акташского интрузива (Восточный Карамазар). – Душанбе: Дониш, 1978. – 164 с.
38. Лазаренко Е.К. Курс минералогии. – М.: Высш. шк., 1971. – 606 с.
39. Лисогор Л. Н. Золоторудные формации Карамазара: дис. ... канд. геол.-мин. наук. – Ташкент, 1972. – 171 с.
40. Литвиненко А.К., Восихов Ш.Т. Проблема источника вещества для бирюзы месторождения Бирюзакан, Карамазар, Северный Таджикистан // Материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф. «Новые идеи в науках о Земле». – Москва: МГРИ-РГГУ, 2023. – С. 53 – 55.
41. Литвиненко А.К., Восихов Ш.Т. Месторождения и проявления бирюзы и варисцита в Республике Таджикистан // Изв. высш. учеб. заведений. Геол. и разведка. – 2024. – № 3. – С. 19 – 25.
42. Литвиненко А.К., Восихов Ш.Т., Рассомахин М.А., Якушина О.А. О парагенетической связи месторождения Бирюзакан с рудными месторождениями Карамазара // Горн. журн. – 2025₁. – № 2. – С. 15 – 20.
43. Литвиненко А.К., Восихов Ш.Т. Структурно-текстурные особенности бирюзы с месторождения Бирюзакан, Северный Таджикистан // Материалы XVII Междунар. науч.-практ. конф. «Новые идеи в науках о Земле». – Москва: МГРИ-РГГУ, 2025. – С. 160 – 163.
44. Магматические горные породы. Классификация Номенклатура Петрография. – М.: Наука, 1983. – Т. 1, ч. 2. – 765 с.

45. Массон М.Е. Из истории горной промышленности Таджикистана // Тр. Таджик.-Памир. экспедиции. –1934. – Вып. XX. – 105 с.
46. Массон М.Е. К истории горной промышленности Кара-Мазара, Таджикистан // Тр. Таджик. базы АН СССР. – М.; Л., 1935. – Т. 4. – С. 215 – 238.
47. Машковцев С.Ф. Горы Карамазар: путев. эск. III Всесоюз. геол. съезда в Ташкенте 1928 г. – Л.: Геол. ком., 1928. – Вып. I. – 68 с.
48. Менчинская Т. И. Бирюза в Советском Союзе // Драгоценные и цветные камни как полезные ископаемые / отв. ред. В. И. Смирнов. М.: Наука, 1973. С. 36 – 55.
49. Менчинская Т. И. Бирюза. – М.: Недра, 1981. –156 с.
50. Менчинская Т. И. Бирюза. – М.: Недра, 1989. –192 с.
51. Минералы: справочник. – М.: Наука, 1967. – Т. II, вып. 3. – 675 с.
52. Миницер Э.Ф., Попова Н.Н. Месторождения висмута // Рудные месторождения СССР. – М.: Недра, 1978. – Т. II. – С. 247 – 267.
53. Мутаваллиев А.Т. Геолого-структурные условия локализации и закономерности размещения скарново-рудных тел на месторождениях Зарнисорского (Алтынтопканского) рудного узла: дис. ... канд. геол.-мин. наук. – Бустон, 2019. – 107 с.
54. Наследов Б. Н. Карамазар и его проблемы. – Ташкент, 1931. – 57 с.
55. Наследов Б. Н. Карамазар // Тр. Тадж.-Памир. экспедиции. – 1935. – Вып. 19. – 402 с.
56. Некрасов Е.М., Тишкин А.И. Структурные условия локализации оруденения и минеральный состав рудных жил месторождений Замбарак-Тарыэканского рудного поля // Геология и минеральные комплексы Западного Карамазара. – М.: Недра, 1972. – С. 65 – 111.
57. Парфенов В.Д., Кондратов В. А. Особенности формирования сдвиговых нарушений Карамазара // Геотектоника / АН СССР. – М.: Наука, 1966. – С. 68 – 80.
58. Полканов А.А. Основные положения генетической систематики интрузивных тел // Изв. АН СССР. Сер. геол. –1945. – № 5. – С. 13 – 16.
59. Петрография Таджикистана. –Душанбе, 1986. – 284 с.

60. Раджабов Ф.Ш. Средне-верхнекарбоновый магматический комплекс батолитового этапа (Чаткало-Кураминский регион, Кураминская подзона) // Петрография Узбекистана. – Ташкент: Наука, 1964. – Кн. 1. – 448 с.
61. Расчленение стратифицированных и интрузивных образований Таджикистана. – Душанбе: Дониш, 1976. – 207 с.
62. Рахимов Ш.Х. Геолого-структурные условия локализации оруденения скарново-полиметаллических месторождений Западного Карамазара. – Ташкент: Фан, 1978. – 136 с.
63. Рудные поля Карамазара. – Душанбе, 1972. –Т. II. – 386 с.
64. Салтовская В.Д., Старшинин А.Д. Каменноугольная система // Расчленение стратифицированных и интрузивных образований Таджикистана. – Душанбе: Дониш, 1976. – С. 57– 83.
65. Салмин М.С. Общий гидрогеологический очерк Карамазара // Рудные месторождения Карамазара: сб. ст. – М.; Л.: ОНТИ, 1935. – С. 14 – 55.
66. Сафонов Ю.Г., Бортников Н.С., Злобина Т. М., Чернышов В.Ф., Джайнуков А. Б., Прокофьев В.Ю. Многометальное (Ag, Pb, U, Cu, Bi, Zn, F) Адрасман-Канимансурское рудное поле (Таджикистан) и его рудообразующая система, I: геология, минералогия, структурные условия рудоотложения // Геол. руд. месторожд. – 2000. –Т. 42, № 3. – С. 195 – 211.
67. Сафаралиев Н.С. Минералого-термобарогеохимические особенности образования железорудного месторождения Шохкадамбулак (Чокадамбулак, Северный Таджикистан): дис. ... канд. геол.-мин. наук. – Душанбе, 2013. – 207 с.
68. Таджикская Советская Социалистическая Республика. –Душанбе, 1974. – 408 с.
69. Тарасова В. А. Курусайское рудное поле. –Ташкент: Фан, 1967. –184 с.
70. Турлычкин В.М. Канджольское рудное поле // Геология и минеральные комплексы Западного Карамазара. – М.: Недра, 1972. – С. 368 – 383.
71. Файзиев А.Р. Минералогия и условия образования многометального месторождения Большой Канимансур (Срединный Тянь-Шань). –Душанбе: Дониш, 2008. – 416 с.

72. Файзиев Ф.А. Структурно-геологические типы эндогенных серебряных и серебросодержащих месторождений Таджикистана // Докл. АН Респ. Таджикистан. – 2018. – Т. 61, № 11-12. – С. 888 – 892.

73. Файзиев Ф.А. Рудно-формационные типы, минералогия, закономерности размещения и генезис серебряных и серебросодержащих месторождений Северного и Центрального Таджикистана: дис. ... д-ра геол.-мин. наук. – Душанбе, 2024. – 312 с.

74. Файзиев А. Р., Паутов Л. А., Сафаралиев Н. С., Ятимов У. А., Ходжиматов Н. Х. Гиббсит из золоторудного месторождения Бургунда (Северный Таджикистан) // Докл. АН Республики Таджикистан. – 2018. – Т. 61, № 4. – С. 398 – 402.

Фондовые материалы

75. Нитман В.И. Отчет о результаты поисковых работ на месторождении бирюзы Бирюзакан за 1980-1983 гг. Средазкварцсамоцветы // – Кайраккум: Фонд Кайраккумской комплексной геологоразведочной экспедиции. – 1982. – 66 с.

76. Нитман В.И., Верхотурова А.В. Отчет о результаты поисковых работ на месторождении бирюзы Бирюзакан в Северном Таджикистане за 1983-1985 гг. Памиркварцсамоцветы // – Кайраккум: Фонд Кайраккумской комплексной геологоразведочной экспедиции. – 1985. – 93 с.

77. Борисов Б.А. Отчет о результаты геологоразведочных работах на Чокадамбулакском железорудном месторождении за 1964-65 гг. // – Кайраккум: Фонд Кайраккумской комплексной геологоразведочной экспедиции. – 1966. – 80 с.