Т. И. МЕНЧИНСКАЯ

БИРЮЗА

Глава I Бирюза в истории цивилизации

Глава II Минералого-геохимические особенности бирюзы

Глава III Морфологические и ювелирные разновидности бирюзы

Глава IV Геолого-промышленные типы месторождений бирюзы

Глава V Условия формирования месторождений и генезис бирюзы

Глава VI Особенности поисков и оценки месторождений бирюзы

Т. И. МЕНЧИНСКАЯ

БИРЮЗА

Издание второе,
переработанное
и дополненное

Москва "Недра" 1989

ББК 26. 303
М 50
УДК 553. 89

Рецензент д-р геол.-минер. наук *А.И. Гинзбург*

Менчинская Т.И.

М 50 Бирюза. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1989. – 192 с.: ил.
ISBN 5–247–01082–5

Описаны минералого-геохимические свойства бирюзы и вмещающих пород, регионы ее распространения, геолого-структурные особенности месторождений СССР и зарубежных стран. Выделены основные разновидности бирюзы и промышленные типы ее месторождений, их геологические критерии и поисковые признаки. Рассмотрены условия формирования месторождений бирюзы, ее генезис. Второе издание (1-е изд. – 1982) в значительной мере переработано с учетом новых геологических данных по бирюзе, содержит больше цветных иллюстраций.

Для геологов, занимающихся поисками и изучением месторождений бирюзы, а также полезных ископаемых, связанных с бирюзоносными формациями. Представляет интерес для коллекционеров и любителей камня.

М $\frac{1804060000 - 276}{043\ (01) - 89}$ 102–89 **ББК 26. 303**

ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ (ПРАКТИЧЕСКОЕ) ИЗДАНИЕ

Менчинская Таисия Ивановна

БИРЮЗА

Заведующий редакцией *В.А. Крыжановский*
Редактор издательства *Ю.А. Рожнов*
Художественный редактор *Г.Н. Юрчевская*
Технические редакторы *Л.Д. Агапонова, Н.С. Анашкина*
Корректор *Е.М. Одабашян*
Операторы *Т.Н. Абраменкова, И.Ю. Нечаева*
ИБ № 7785

Подписано в печать с репродуцируемого оригинал-макета 19.09.89. Т – 05640.
Формат 60×90 1/16. Бум. офсетная № 2 + мелован. Гарнитура Пресс-роман. Печать офсетная.
Усл.-печ. л. 14,0 с вкл. Усл. кр.-отт. 20,0. Уч.-изд. л. 14,59. Тираж 20 000 экз.
Зак. № 31/1892-2. Цена 1 р. 50 к.
Набор выполнен на наборно-пишущей машине

Ордена "Знак Почета" издательство "Недра".
125047 Москва, пл. Белорусского вокзала, 3.

Московская типография № 6 Государственного комитета СССР по печати.
109088, Москва, Ж-88, Южнопортовая ул., 24.

ISBN 5–247–01082–5

© Издательство "Недра", 1982
© Издательство "Недра", 1989,
с изменениями

ПРЕДИСЛОВИЕ

За годы, прошедшие со времени первого издания (1981 г.), литература о цветных камнях пополнилась замечательными книгами: "Ювелирные камни" Н.И. Корнилова и Ю.П. Солодовой (1982 г.), "Определитель драгоценных камней" Б. Андерсона (1983 г.), "Мир камня" В. Шумана (1986 г.), "Геология месторождений драгоценных камней" Е.Я. Киевленко, Н.Н. Сенкевича и А.П. Гаврилова (1982 г.) и др. Опоискованы и разрабатываются месторождения бирюзы в Средней Азии, открыты перспективные проявления в Казахстане, осваивается Техутское месторождение в Армении, найдена бирюза на Полярном Урале и Алтае, в Болгарии и Монголии. Ареал развития "любимого камня Востока" расширился далеко за пределы Средней Азии. Получены новые данные о распространении бирюзовой минерализации на глубину. Более полному исследованию подверглись месторождения бирюзы Средней Азии. В последние десятилетия коллекции минералогических музеев нашей страны пополнились образцами бирюзы отечественных месторождений. Прежде в музеях, особенно в исторических находились предметы быта и культа, древние ювелирные изделия с бирюзой "персидского", реже "бухарского" происхождения. Немногие геологи и ювелиры до последних лет могли похвастаться знанием бирюзы. Геологи – потому что бирюза до 60-х годов не значилась в числе полезных ископаемых Советского Союза, а ювелиры – потому что имели дело только с обработанным материалом в изделиях прошлых веков.

Возрождение древних бирюзовых рудников Бухарской области и Кураминского хребта в Узбекистане, выявление бирюзоносных площадей в Казахстане и на Кавказе сделали бирюзу перспективным драгоценным камнем для ювелирной промышленности нашей страны. Все большее количество отечественной бирюзы поступает в торговую сеть и по праву завоевывает широкую популярность, не уступая по красоте лучшим образцам иранской бирюзы, являющейся мировым эталоном.

Годы старят человека, прошедшие столетия "состарили" основную массу бирюзы и обусловили развитие преобладающего количества некондиционного сырья. Это побудило исследователей приступить к разработке методов восстановления или облагораживания бирюзы и получения ее синтетических аналогов. Ведущая роль в этом отношении в СССР принадлежит ВНИИСИМСу. Сотрудница этого института Е.Е. Лисицина получила и внедрила в производство синтетическую бирюзу, конкурирующую с природными образцами.

За рубежом в обработке и облагораживании природной бирюзы высокого мастерства достигли китайские мастера, превращающие мелоподобную слабоокрашенную бирюзу в драгоценный камень, изделия из которого поступают и на наш рынок.

Зарубежные рекламные проспекты со всей многокрасочностью высококачественных цветных снимков представляют бирюзу многочисленных месторождений южных штатов США, КНР, Ирана и показывают возможности использования в изделиях бирюзы различной ценности. Многовековое применение иранской (персидской) и китайской бирюзы обеспечило этим камням заслуженную популярность и постоянный спрос. Отсутствие рекламы, ограниченное по сравнению с синтетическими камнями применение ювелирной промышленностью бирюзы Средней Азии, неустойчивость, иногда необоснованная завышенность цен, отдельные геологические просчеты – все это на первых порах сдерживало развитие сырьевой базы весьма своеобразного драгоценного камня. В настоящее время основные барьеры преодолены, и бирюза Советского Союза занимает достойное место среди других отечественных самоцветов.

В истории освоения советской бирюзы заслуженная роль принадлежит И.М. Ефименко, Я.С. Висьневскому, Б.Н. Наследову, А.Ф. Соседко, Т.И. Мястковскому и Н.Л. Николаеву, открывшим проявления бирюзы в Средней Азии; В.Н. Киреева, Е.Б. Пругеру, Ю.К. Смолину, А.А. Мухамедшакирову, А.М. Брусенцову, Н.В. Яговдику, В.Х. Клявину, Ю.И. Четыркину, начавшим поиски и разведку месторождений; Т.И. Менчинской, Э.Ш. Кудаеву, В.А. Драмшеву, проводившим тематические исследования и методические разработки. Это они первыми выискивали кусочки бирюзы в отвалах древних выработок, подняли вопрос о возможности развития бирюзы на глубину и сложности ее генезиса, выявили первые бирюзоносные зоны и дали первые килограммы отечественной бирюзы.

Пришедшее на смену поколение геологов с успехом продолжает поиски и добычу бирюзы. Но не сняты еще вопрос о генезисе бирюзы и проблема, надо ли искать ее на глубоких (20–50 м от поверхности) горизонтах или достаточно "перелопачивать" близповерхностные образования, что явно легче, но не дешевле и менее перспективно. В последнем случае правильность генетических представлений и определяет правильный подход. Поэтому во всех основных книгах по драгоценным камням рассматриваются в той или иной мере вопросы генезиса бирюзы. С самого начала, когда исследователи впервые столкнулись с бирюзой, они разделились на две группы: сторонников гипергенного генезиса (Э.С. Дана, В.И. Обручев и др.) и сторонников гидротермального происхождения бирюзы (А.Е. Ферсман, А.Ф. Соседко и др.). Определялось это не только своеобразием мышления ученых, но и

находками бирюзы как в гипергенных условиях (в корах выветривания), так и в неизмененных метасоматитах и кварцевых жилах.

Споры о генезисе того или иного минерала могут длиться годами, а иногда и десятилетиями, нередко являясь движущей силой в развитии научных направлений. Пусть так. Плохо, если исследователь либо просто примыкает к той или иной группе ученых и не публикует новых фактов, либо, стремясь внести в науку и "свое" слово, скрывает отдельные факты или допускает погрешности. Тогда реликтовые чешуйки золота в коре выветривания дадут начало "гипергенному" золоту, а переотложенный касситерит в латеритах может представляться "гипергенным" оловом.

Автор, последовательно отстаивая гидротермально-метасоматическое образование бирюзы, считает уместным еще раз сказать о том, что никогда (даже на бирюзоносных площадях и массивах) линейные или площадные коры, низы их или верхи не могут определять бирюзоносность тектонических зон (а вне этих зон бирюзы нет вообще). Только поствулканические, наиболее молодые проявления (пропилиты, вторичные кварциты и низкотемпературные гидротермалиты) с достаточной определенностью оконтуривают отдельные бирюзоносные зоны и их серии на площади. Этот признак четко знали древние рудокопы. Древние выработки на бирюзу в Кызылкумах, Кураминском хребте и Южном Казахстане трассируют бирюзоносные зоны и отсутствуют (за редким исключением) в параллельных тектонических зонах с хорошо выраженной корой выветривания и "добирюзовым" жильным кварцем.

В первом издании книги и статьях мы тщательно излагали весь имеющийся к тому времени фактический материал по минералого-геохимическим, геологическим и тектоническим особенностям бирюзоносных площадей и отдельных зон. Нами были оконтурены бирюзоносные и потенциально перспективные площади в Кураминском хребте и Кызылкумах, выявлен ряд новых проявлений бирюзы, выделены бирюзоносные формации, промышленные типы месторождений и их поисковые признаки и геологические критерии. Нам хотелось бы, чтобы геологи имели возможность сами разобраться в генетических особенностях бирюзы с дальнейшим углублением и развитием поставленных вопросов.

Автор глубоко признателен профессорам Н.И. Гинзбургу, Е.Я. Киевленко, В.П. Петрову и К.Л. Бабаеву за доброжелательность и поддержку в исследовательских работах, а также всем геологам, с которыми пришлось пройти нелегкий путь освоения интереснейших месторождений Средней Азии.

Баротермометрические исследования бирюзы проделаны Н.И. Андрусенко, цветные фотоснимки образцов и изделий сделаны И.Я. Трейгером, снимки на месторождениях – М.А. Бокманом.

Глава I.

БИРЮЗА В ИСТОРИИ ЦИВИЛИЗАЦИИ

Легенды и мифы о бирюзе

Мы начинаем нашу книгу с легенд о бирюзе, чтобы показать, какую роль играл этот самоцвет в жизни и истории человеческой культуры на протяжении семи или даже десяти тысяч лет. Бирюза – один из немногих драгоценных камней, пользующийся большой популярностью с глубокой древности и до наших дней и не подверженный капризам моды. И в современных, и в древних работах о самоцветах бирюза упоминается как прекрасный сравнительно недорогой и легко обрабатывающийся камень.

Изделия из бирюзы древнейших мастеров Египта, Китая и Северной Америки известны всему миру. На Руси бирюзой украшали одежду, оружие, предметы культа, широко использовали ее в художественных и ювелирных изделиях, в которых до настоящего времени бирюза иногда сохранила чистоту и яркость окраски среди нередко уже поблекшего жемчуга и других драгоценных камней. Во многих древних захоронениях на территории Средней Азии обнаружены ювелирные изделия с бирюзой. Непременно присутствует бирюза в гробницах египетских фараонов, шахов Персии и вождей древнеиндейских племен.

Название камня происходит от персидского слова "фируза" (piryzen), имеющего несколько транскрипций: арабская форма – "firyzen", русская – "бирюза" и американская "piroza". Во всех случаях это означает "победоносный, благоденствующий, приносящий счастье". По латыни бирюза называется "турчус" или "турчикус". Современное название "turguoise" трактуется как камень, впервые привезенный в Америку с Востока, из Персии через Турцию, которая в свое время являлась как бы воротами, через которые египетские и другие восточные камни и изделия из них поступали на рынки Запада и Америки.

Приводимые ниже легенды о бирюзе, распространенные в Европе и Америке, собраны Робертом Аланом Захари и Джоном Цейтнером в

статьях "Мифы о турецком камне" и "Легенды и сведения о бирюзе", опубликованных в 1975 г. Эти легенды созданы древнейшими племенами, жившими в страхе перед силами небесными и земными, и в наше время представляются не более как занимательными историями.

Бирюза – "любимый камень Востока", "священный камень Тибета", "королевский камень египетских фараонов", "небесный камень американских индейцев". Все эти названия говорят о необычайной популярности и особой почитаемости самоцвета. От сокровищ фараонов к коронованным особам Европы, от сокровища monte Alban к присуждению наград современным художникам голубой драгоценный камень – бирюза – везде занимал и занимает достойное место. Бирюза является официальным парадным камнем в США в штатах Аризона и Нью-Мексико и, возможно, станет или уже стала парадным камнем штата Невада. Будет убывать ее популярность или нет, бирюза занимает такое место в истории нашей цивилизации, какого не завоевывал ни один драгоценный камень. Мода на драгоценные камни приходит и уходит, мифы и легенды о драгоценных камнях меняются со временем и расстоянием, но бирюза всегда считалась и считается камнем здоровья, счастья, удачи.

Один из средневековых ученых писал: "Другие драгоценные камни утратили все непостижимые силы,которые веками принадлежали им: изумруд не считается больше улучшающим зрение; алмаз не может теперь рассеивать страх; сапфир, хотя еще и холодный на ощупь, утратил способность тушить огонь. В наше капризное время ливень обрушивается даже на носящего аметист, а яркий коралл скорее привлекает, чем отгоняет грабителей. Но бирюза еще сохранила одно из мистических свойств и выставляет себя напоказ перед лицом современной науки. Иногда медленно, иногда внезапно она необъяснимо меняет цвет, становясь бледной, пятнистой или переходя из голубой в белую; камни, которые ведут себя так капризно, встречаются чаще, чем камни, обладающие сравнительно постоянным цветом".

По-видимому, "капризный" характер бирюзы и привел к появлению множества легенд и мифов, трактующих подобные изменения.

Считалось, что бирюза отражает различное состояние здоровья ее хозяина и может скорбеть о нем "как верный пес". Бирюза бледнеет, если хозяин болен, и становится белой после его смерти, но цвет камня может восстановиться, если его снова будет носить здоровый наследник. Не знаю, как от здоровья, но, наблюдая два десятилетия бирюзу, можно добавить, что цвет и яркость ее окраски зависят прежде всего от освещенности: тусклая в дождливую погоду, бирюза светится голубым огоньком под лучами солнца и при ярком электрическом освещении.

Древние египтяне ценили бирюзу выше, чем все другие драгоцен-

ные камни, возможно, из-за легкости придания форм в ювелирных изделиях сложных рисунков, и, конечно, из-за цвета, который они пытались имитировать. Медные рудники, где была встречена бирюза, находились на Синайском полуострове, тогда населенном народами племени мониту. После победы египтян бирюзоносный район Синая был назван Мафкат, а египетская богиня Hathar стала королевой бирюзовых рудников. Бирюза называлась египтянами "майкат" или "мафкат".

Самые старые в мире золотые ювелирные изделия с бирюзой из Синайских рудников – четыре браслета, найденные в нише одной из усыпальниц на отрубленной руке египетской мумии. Исследователи пришли к выводу, что рука принадлежала любителю бирюзы, жившему в 6000 г. до н. э. Золотая проволока, полые золотые бусины и изящная золотая оправа окружали старую, но еще сохранившую голубой цвет бирюзу.

В Тибете бирюзу ценили так, что даже не называли камнем, а считали божеством. Самые красивые кусочки бирюзы считали чуть ли не алмазами. Известные тибетские семьи даже брали себе фамилии типа "Бирюзовая крыша", рассчитывая на то, что бог бирюзы пошлет удачу их дому. Во многих странах бирюзу, как правило, оправляли в золото, тибетцы использовали для этой цели серебро. Многие тибетцы и теперь украшают бирюзой головные уборы, одежду, а также лошадиную упряжь.

Индейская легенда рассказывает, что бог открыл людям ценность бирюзы, научил их резать и обрабатывать камень. У индейцев тот, кто умел делать из бирюзы бусы, признавался вождем. Древние племена использовали бирюзу в изделиях либо одну, либо в сочетании с другим природным материалом (раковинами, костями, другими камнями) и не употребляли ее в сочетании с металлом. Каждое племя индейцев создало свою собственную технологию обработки драгоценного камня.

Техника "цуни" известна как сложное выполнение острием иглы рисунков на мелких камнях и применение очень тонкой серебряной оправы. В этой технике совершенны и рельефная обработка камня, и инкрустация. Техника "цуни" начинается с серебра, тогда как техника "навахо" – с камня. Так, в изделии, типичном для техники "навахо", в центре расположены более крупные и более эффектные куски бирюзы, порой непарные. В технике "хопи" бирюза покрывается серебром и кажется лишь дополнением к металлу.

С тех пор как поднялись цены на бирюзу, процветает использование самородков, художники-декораторы режут больше камней максимальных размеров и свободных форм. Многие прекрасные куски бирюзы лишь полируются и подгоняются под оправу.

В современных индейских узорах использованы древние симво-

лы – гром-птица, голубая кукуруза, солнце, молния, горы, медведи, птицы, перья и т. д. Дископодобные бусины с раковистой поверхностью, называемые "хиши", использовались народом пуэбло в сочетании с дископодобными бирюзовыми бусинами с гладкой поверхностью.

Интересно, что современные изделия из серебра с бирюзой из Тибета близки к некоторым изделиям юго-западных территорий США. В ювелирных изделиях тибетцы также нередко сочетают бирюзу с кораллами.

Равнины и пустыни юго-западных штатов США подвержены воздействию могучих стихий, поэтому нет ничего удивительного в том, что люди искали магические средства защиты. Пастухи племени навахо носили бусы из бирюзы для защиты от грозы. Обращаясь с молитвами к богу дождя и духам ветров, люди бросали в воду или в воздух бирюзу. Они считали, что когда завывает ветер, то он ищет бирюзу. В безжизненных пустынях возникали легенды о том, что с помощью палочки из бирюзы можно отыскать воду. А в предании народа племени хопи говорится о том, что с помощью бирюзы земля освободилась от изначально покрывавшей ее воды.

Бусы, которые охраняют индейца от грозы, спасают его и от страха, и от смертельного укуса гремучей змеи. Если змея все же укусит, у лекаря имеются многочисленные снадобья, приготовленные из бирюзы. Считается, что не только от укуса змеи, но и от многих эпидемических болезней можно излечиться с помощью бирюзы, если лекарю известны соответствующие ритуалы. Для предупреждения болезней носят бирюзовые брелки. Утеря брелка из бирюзы может навлечь недомогание. Лекари племени пима, живущие в Аризоне, погружали кусок бирюзы в воду вместе с другими камнями и давали это питье потерявшему бирюзу. Однако наиболее широко использовали бирюзу при лечении болей в сердце.

Бирюза даже в виде современных ювелирных изделий считается камнем любви. Кроме того, бирюза сама по себе может привлечь к своему владельцу друзей или какую-нибудь желанную вещь. А лошадь, вырезанная из бирюзы, делает прибыльной торговлю лошадьми.

Наиболее важным для индейцев было влияние бирюзы на охоту. Так, вырезанные из бирюзы фигурки животных привлекали дичь к охотнику, а бирюза, привязанная к ложу огнестрельного оружия или к стрелам, гарантировала меткость стрельбы. В то же время бирюзу нельзя было помещать на спину охотничьей лошади, поскольку у лошади могла появиться одышка. Тем не менее бирюза предохраняла от смерти в результате несчастного случая, в том числе при падении с лошади.

Бирюза часто служила призом при награждении победителя в различных состязаниях и являлась обычным средством обмена во всех

деловых соглашениях. Народы племен навахо и явапаи считали, что бирюза способствует удаче.

Рудокопы племени хопи, идя в выработку, старались всегда носить с собой кусок бирюзы с включениями материнской породы, полагая, что горные породы будут легко дробиться.

Как священный камень бирюза использовалась во многих индейских обрядах и бесчисленных религиозных церемониях. Люди племени цуни, например, вырезали из драгоценного камня многочисленные амулеты или украшали бирюзой вырезанные из известняка фигурки идолов. Как и большинство обрядовых объектов, украшались бирюзой и гробницы. Для ритуальных подношений использовали смесь бирюзы с кукурузной мукой. Этой смесью наполняли обрядовую чашу, инкрустированную мелкими кусочками бирюзы.

Гора Тейлор (шт. Нью-Мексико, США) называется народом племени навахо Бирюзовой горой (Turguoise Mount). Эта священная гора, по мнению племени, сделана существом из преисподней. Два легендарных существа живут здесь – Бирюзовый юноша и Бирюзовая девушка. Это они создали первого человека народа навахо и поселили его у подножия горы. Другой образ – король Солнца – жил в бирюзовом доме на небесах, и, когда он катался на своем бирюзовом коне, небо было голубым, когда же он катался на коне гагатовом, небо становилось черным, ненастным. Южный ветер тоже жил в бирюзовом доме с бирюзовым потолком и лестницей, он был известен как Голубой Ветер. В легендах племени навахо говорится и о происхождении бирюзы. Однажды вождь, кожа у которого была голубого цвета, бежал от своих врагов в пустыню и, когда он остановился отдохнуть, свита вождя скрылась в трещинах камней, обратившись в бирюзу.

Бирюзовые существа, известные в мифах и легендах индейцев Мексики, также известны в Центральной и Южной Америке. В Мексике было найдено много масок, инкрустированных почти исключительно бирюзой. Считалось, что был бог, ответственный за мастерство гранильщиков древней Мексики. Воплощающие это божество маски чаще всего сделаны из бирюзы.

Как и у племени цуни, бирюза играла известную роль в ритуальных обрядах мексиканцев. Предметы культа и здесь украшались бирюзой. Бирюза ценилась и за свои лечебные свойства, особенно полезным считалось принимать ее внутрь.

Европейцам бирюза была известна задолго до того, как Кортес привез ее разновидности из Нового Света. Мифы Старого Света очень напоминают американские. Аристотель писал, что бирюза защищает носящих ее от смерти в результате несчастного случая, целебна при лечении укуса скорпиона и т. д.

Бирюза оказывала влияние и на времена года. В некоторых древ-

них работах она связывалась с Сатурном и Козерогом (сферы влияния с 21 декабря по 21 января), рассматривалась как камень рожденных в декабре.

Подобно многим камням, бирюзу связывают с богиней любви Венерой. Носить бирюзу следовало по пятницам – дням, посвященным любви и Венере. Благодаря таким ассоциациям бирюза и стала известна как камень любви. Ее и дарили в знак любви, а изменение цвета указывало на сомнения и непостоянство. В России и Германии из бирюзы делали обручальные кольца для укрепления брачного союза и примирения супругов в семейных ссорах. Этот обычай возрожден ныне в США. Индейцы делают сложноинкрустированные "свадебные пояса", популярные в наши дни и часто используемые в существующих обрядах различных племен.

Этот камень не только способен исцелять сердца потерпевших поражение в любви, он также защищал от поражений физических. Русские воины носили бирюзу как средство защиты в битвах, особенно высоко бирюза ценилась кавалеристами. Европейские наездники также ценят бирюзу, считая, что она делает коней неутомимыми. Собственному здоровью всадника ношение бирюзы также приносило пользу. И здесь изменение цвета бирюзы указывало на состояние здоровья ее владельца; бледный до белого цвет – верный признак заболевания.

Этот прекрасный камень, если не помогал, то был связан со здоровьем смотревших на него глаз. В 1655 г. Томас Николье писал: "Этот камень очень приятен на глаз и, думается, значительно усиливает зрение, потому что ни своей яркостью, слишком рассеянной, чтобы на него было больно смотреть, ни излишней мрачностью он не затрудняет зрения". Считалось, что бирюза вполне пригодна для защиты от болей в глазах и просто пристальное созерцание ее делает человека счастливым.

На Ближнем Востоке и в Китае считали, что бирюза придавала большую силу тому, кто смотрел на нее. При созерцании камня зрение усиливалось, применение целебной мази из бирюзы приводило к излечению катаракты. По общему мнению, бирюза возвращала цвет зрачкам и усиливала способность видеть в ночи. Созерцание бирюзы ночью при молодой луне могло обеспечить зрителю благосостояние, здоровье и успех, а также победу в сражениях.

Всякое зло бессильно, когда человек находится под защитой бирюзы. В сочетании с другими лекарствами бирюза может вылечить или предотвратить помешательство. Эпилепсия могла, как и другие болезни, контролироваться бирюзой. Некоторые древние авторы приписывают бирюзе способность вылечивать кишечные болезни, язвы, опухоли, изжоги.

В Персии есть и другие мифы, совпадающие с мифами Нового Света и Европы. Удивительно, но мы узнаем, что в Персии бирюзу использовали для защиты от молний, а по другую сторону океана мы слышим в наши дни о людях племени навахо, которые носят бусы из бирюзы также для защиты от молний. Возможно, что расы людей связаны более тесно, чем нам кажется.

Распространенность, древняя обработка и геологическая изученность

Бирюза распространена на земном шаре относительно широко. Основные месторождения сосредоточены в Иране, США, Мексике, на Синайском полуострове, в КНР. Месторождения и проявления бирюзы известны также в Афганистане, Австралии, Чили, Перу, Эфиопии, Танзании, Судане, ФРГ, ПНР и Великобритании. В последние годы бирюза найдена в МНР и НРБ.

В нашей стране основная бирюзоносная провинция расположена на территории Узбекистана, Южного Казахстана и Северного Таджикистана. Месторождения бирюзы здесь разрабатывались еще в I–II вв. н. э., особенно интенсивно в IX–XIII вв. Планомерное изучение месторождений началось в 60-х годах нашего столетия. Выявлены и осваиваются новые месторождения бирюзы в Центральном Казахстане и на Кавказе, единичные находки бирюзы известны на Алтае и Полярном Урале.

В орографическом отношении бирюзоносные районы представляют собой в одном случае каменистые пустыни с горными массивами палеозойских пород и мезо-кайнозойских образований, сформированные в современном виде альпийским орогенезом, в другом случае – резко расчлененные горные хребты, образование которых началось в каледонское время и также завершилось альпийской складчатостью.

Самыми древними рудниками считаются бирюзовые Нишапурские месторождения Ирана, месторождения Мексики и Америки. Разработка этих месторождений велась на протяжении 7 или даже 10 тыс. лет. Поразительно, что эти же районы продолжают оставаться поставщиками бирюзы до наших дней.

Практически все известные и разрабатываемые сейчас месторождения в той или иной степени разрабатывались в древности, за исключением месторождения Эрденет в МНР и Техутского месторождения в Армении. "Неистощимость" запасов бирюзы объясняется, на наш взгляд, следующим. Являясь относительно молодыми образованиями, связанными с мел–палеогеновыми вулканогенными областями, эти месторождения сравнительно недавно и не полностью выведены на поверхность и не уничтожены ранними орогеническими катаклизмами и эрозией. Коры выветривания разрушили лишь часть месторождений,

а часть еще перекрыта вулканогенно-осадочными образованиями (например, Маднеульское проявление в Грузии, Спахиево в Болгарии, известные месторождения Синайского полуострова в палеозойских песчаниках, перекрытых молодыми базальтами). Кроме того, развитие бирюзы в труднодоступных пустынных районах в прокварцованных, нередко монолитных вмещающих породах требовало и требует специальной подготовки и снаряжения, что создавало свои трудности. И, наконец, ни один из рудников не разрабатывался непрерывно, выбирались какие-то жилы, тела, затем рудники в силу тех или иных причин пустели и оставались заброшенными в течение столетий, а потом работы возобновлялись. Так или иначе, все это и сохранило бирюзу до наших дней.

Несмотря на широкую популярность, литературы о бирюзе немного. Геологические сведения и данные о добыче на месторождениях бирюзы Ирана и Синайского полуострова в конце прошлого века (1888 г.) опубликовал К.И. Богданович. Данные о бирюзе в США, Индии, Средней Азии появились в начале нашего столетия в работах В.Н. Вебера (1913 г.), А.Ф. Соседко (1932 г.), М.Е. Массона (1934 г.), Я.С. Висьневского (1937 г.), А.Е. Ферсмана (1925, 1974 гг.).

К освоению месторождений бирюзы в нашей стране приступили в 60-х годах одновременно с геологоразведочными работами на другие драгоценные, ювелирно-поделочные и декоративно-облицовочные камни. В работах Т.И. Менчинской, Ю.К. Смолина, Л.А. Попугаевой, В.П. Борискина и других геологов освещены геологические, геохимические, минералогические и генетические особенности месторождений бирюзы в Средней Азии. Г.В. Гвахария и Н.И. Назаров, В.Б. Сейранян и С.Ш. Саркисян описали проявления бирюзы в Грузии и Армении. Особенности геологического строения месторождений драгоценных камней, в том числе и бирюзы, обобщены в работе Е.Я. Киевленко с соавторами в 1982 г. Практически в литературе нет сведений об особенностях геологического строения месторождений бирюзы в КНР. В настоящее время наиболее геологически изучены некоторые месторождения бирюзы в Средней Азии, Техутское месторождение в Армении и Эрденетуинский рудный узел в МНР, на площади которого известна бирюза. В геологическом, тектоническом и минералого-геохимическом аспекте месторождения бирюзы не имеют равных. Многие десятки этих объектов ждут своих исследователей, большая часть месторождений, как правило, хищнически отработанных, уже потеряна для изучения.

Пространственная связь рудной (полиметаллической и золото-молибденовой) минерализации с бирюзой позволяет предположить, что детальное изучение месторождений бирюзы даст дополнительный материал к пониманию процесса рудообразования в целом и, возможно, заставит пересмотреть возраст некоторых рудных месторождений.

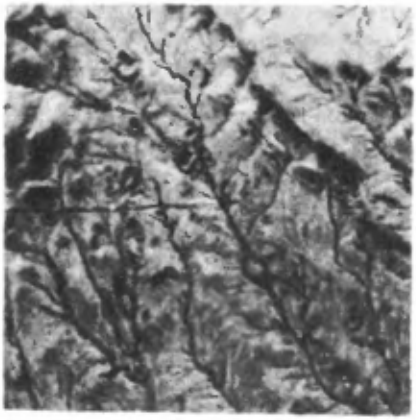


Рис. 1
Древние выработки на месторождениях бирюзы в Центральных Кызылкумах

В настоящее время можно говорить лишь о начальной стадии геологического познания месторождений бирюзы и хорошей практической их изученности древними рудокопами.

Присутствие древних выработок, которые в большинстве случаев хорошо дешифрируются на аэрофотосхемах и аэроснимках (рис. 1), мы считаем прямым поисковым признаком. Древние выработки оконтуривают бирюзоносные площади, ранее вскрытые эрозией, и фиксируют как одиночные кварцевые жилы с бирюзой, так и их серии вдоль тектонических линий. На крупных минерализованных площадях нередко насчитываются десятки и сотни древних выработок в виде небольших шурфов и закопуш с поверхности и крупных камер и галерей на глубине. В большинстве случаев древние выработки четко следуют по простиранию и падению бирюзоносных тел до выклинивания.

На северо-востоке Ирана расположены копи, поставляющие лучшую в мире бирюзу на протяжении многих веков. Иранская бирюза до сих пор считается эталоном бирюзы. На наш взгляд, она идентична бирюзе кураминского типа из Средней Азии. Чистые небесно-голубые образцы встречаются и там и здесь; не исключено, что под именем персидской или иранской бирюзы на рынки Ближнего Востока и Запада поступала в ранние века среднеазиатская бирюза.

Нишапурские месторождения Ирана (персидские рудники Хоросана) расположены в 50–60 км северо-восточнее г. Нишапур в сильно пересеченной местности, где с незапамятных времен горы изрешечены пещерами и тунелями искателей бирюзы. Главные Нишапурские копи находятся у селения Мааден, на южном склоне горы Али-Мирза. Эти

копи в 1888 г. посетил русский исследователь К.И. Богданович, в 1930 г. их обследовал А.Ф. Соседко. По их данным, подземные выработки здесь достигают глубины 100 м и представляют собой сложный лабиринт горизонтальных, наклонных и вертикальных ходов и эксплуатационных камер. Высота горы Али-Мирза, на южном склоне которой расположена основная бирюзоносная площадь, достигает 2000 м. Древние выработки расположены на различных уровнях, начиная от подошвы горы, и занимают около двух квадратных километров. А.Ф. Соседко пишет, что весь южный склон на протяжении 3 км изрыт глубокими ямами, карьерами и настоящими шахтами. Во время его посещения здесь разрабатывалось 5 рудников. На одном из рудников передовой забой располагался на глубине около 100 м. С поверхности отработка начиналась огромным карьером, со дна которого вглубь уходил ряд ходков, большей частью крутопадающих. Ходки часто разветвлялись, раздувались в камеры и большие залы. Дно выработок сложено ступенчато из крупных несцементированных камней. Выработанное пространство закладывалось пустой породой, ходки очень узкие. А.Ф. Соседко отмечал, что бирюза худшего качества спорадически добывается из аллювиальных и элювиальных россыпей.

Д. Цейтнер, описывая иранские месторождения, отметил, что Нишапур находился на главном караванном пути между Востоком и Западом. В 300 г. до н. э. Александр Македонский разрушил оживленный торговый центр, позже город возродился на том же месте и восстановил свою роль в торговле. Произошло это лишь в 642 г., когда арабы покорили Персию, и бирюза в больших количествах снова появилась на мировом рынке.

По данным корреспондента ТАСС Ашрафата Ахмедзянова, добычей, обработкой и сбытом бирюзы в Иране в 70-х годах было занято 7–8 тысяч человек.

Д. Цейтнером описаны многочисленные месторождения бирюзы в юго-западных штатах США – Колорадо, Нью-Мексико, Аризона, Невада, Калифорния. Многие из месторождений разрабатывались индейскими племенами задолго до прихода европейцев.

Уникальный тайник (древнее захоронение) обнаружен в Пуэбло Бинито (шт. Нью-Мексико). Здесь найдены десятки тысяч изделий из бирюзы: бусы, подвески, амулеты, предметы культа. Исследования показали, что большая часть обнаруженной бирюзы добыта народом пуэбло более восьми веков назад. Месторождения, из которых поступала бирюза, находятся в горах Чалхихуитл и Туркуазе. Разработки на этой площади представляют собой сложные скопления открытых и подземных выработок. По мнению Д. Цейнтнера, это наиболее крупные и самые древние разработки бирюзы в Северной Америке. Здесь сохранился карьер глубиной 60–90 м. Отвалы древних выработок со множеством вековых деревьев занимают площадь около 8 гектаров.

Месторождения Тиффани и Цериллос разрабатывались в 1880 – 1910 гг. Бирюза небесно-голубого цвета, иногда с паутиной прожилков без труда находила сбыт на американском рынке. Один самородок из Цериллоса имеет размеры 7,5 x 10 см.

Добыча бирюзы в древности осуществлялась и на площади шт. Аризона. В одном из месторождений в 1890 г. обнаружены новые бирюзоносные зоны. До прихода испанцев бирюзу здесь добывали аборигены. В годы "золотой лихорадки" месторождение заново было открыто золотоискателем Кингом, поэтому иногда оно называется Кингс Манасса-Майн. Добываемая здесь "бирюза Манасса" темно-зеленого с голубоватым оттенком цвета, а основная масса бирюзы приятного золотисто-коричневого цвета.

Наибольшее число месторождений бирюзы известно в настоящее время в шт. Невада. Здесь разрабатываются и древние, и вновь открытые месторождения. Великолепная темно-голубая бирюза найдена на руднике Майн-Каунти. Крупнейшее месторождение в Неваде – Ройял Блу-Майн, самое новое – Блу-Гем-Майн. Добывается также бирюза на рудниках Майн 8, Джанет-Майн и Монтесума. Бирюза шт. Невада отличается высоким качеством, широкой цветовой гаммой и крупностью добываемых кусков. Рекордной массы самородок (60,8 кг) обнаружен в 1954 г. около Баттл-Маунтин. Через два года на руднике Майн 8 горняки нашли самородок бирюзы массой 80 кг.

В шт. Калифорния, по данным Д. Цейтнера, древние разработки на бирюзу обнаружены в пустыне Мохаве.

Один из древнейших бирюзоносных районов – Синайский полуостров. По мнению А.Е. Ферсмана, месторождения бирюзы были открыты здесь в 3–4 тысячелетии до н. э., К. Цейтнер считает синайские копи более древними – 6 тыс. лет до н. э. "Здесь в красных нубийских песчаниках, в области богатой медными рудами, найдена бирюза, здесь впервые в изделиях Египта, в его голубых жуках-скарабеях начался культ этого камня, за которым посылались тысячи пленных рабов в безводные пустыни Синая", – писал А.Е. Ферсман.

Месторождения бирюзы расположены в юго-западной части Синайского полуострова на площади около 1000 км². Здесь с глубокой древности разрабатывалось 6 рудников, но лишь два или три из них были бирюзовыми, из других добывались медь, хризоколла и азурит. Наиболее известны рудники Вади Магаре (Велли оф Кейвз) и Джебел Хамд. Добыча на этих рудниках производилась с перерывами в несколько столетий. В настоящее время здесь по-прежнему добывается бирюза.

К числу древних бирюзоносных регионов следует отнести Китай и Тибет. Предполагается, что бирюза начала употребляться в Китае в 642 г. Упоминание о наличии бирюзы в районе Ченду (ныне Цзе-Чуань) известно у Марко Поло. Бирюза – второй после нефрита любимый

национальный камень Китая. Китайские резные изделия из бирюзы имеют мировую известность. Фигурки животных, вазы, табакерки и другие изделия, искусно выполненные китайскими мастерами, охотно приобретают музеи и коллекционеры во всем мире.

В.П. Петров, побывавший на одном из камнерезных заводов КНР, отмечает, что самой главной на заводе является художественная группа, куда поступает "ободранная" бирюза в относительно крупных желваках и сростках. Художник и камнерез с удивительной тщательностью используют все особенности природного камня. Одним из крупнейших месторождений в мире В.П. Петров считает Юйсенское месторождение в КНР, камни из которого и многочисленные изделия он видел на наньянском заводе. Китайцы называют бирюзу "камнем зеленого дерева".

В Тибете бирюза встречалась в удаленных друг от друга районах: Дергехе, Амдо, Нагари, Хорсуме и др. Большинство месторождений считается здесь отработанными, но бирюза в Тибете популярна, не исключаются ее современные раскопки.

Бирюзоносная провинция Средней Азии протягивается от хребта Султануиздаг на западе до гор Пшемак на востоке и охватывает территории Узбекской, Таджикской и Киргизской ССР. В пределах этой провинции выделяется пять бирюзоносных районов: Султануиздагский, Кызылкумский, Присамаркандский, Чаткало-Кураминский и Исфаринский. Эти районы соответствуют древним горнорудным районам, в которых одним из основных полезных ископаемых была бирюза. В настоящее время здесь выявлено более пятидесяти древних месторождений и проявлений бирюзы. Часть объектов имеет практическое значение до сих пор. Геологически в какой-то мере изучены лишь несколько месторождений, наиболее крупных и наиболее отработанных, но давших нам первые сотни килограммов бирюзы Средней Азии. Большая часть объектов исследована лишь с поверхности по древним выработкам или с небольшим объемом открытых горных работ.

На крайнем северо-западе бирюзоносные толщи Кызылкумов уходят в пределы Южного Казахстана, где в горах Каратау расположены месторождение Аксумбе и проявление Курумсак. Характер минерализации и древней отработки здесь тот же (рис. 2). В Центральном Казахстане выявлены также проявления бирюзы, подобные среднеазиатским.

Кроме многочисленных археологических находок, указывающих на места обитания древних племен в указанных горнорудных районах Средней Азии, нами были встречены наскальные рисунки близ рудника Кансай рядом с Чокодамбулакским проявлением хризоколлы (рис. 3) и в горах Северного Тамдытау (на выположенной чашеобразной местности, закрытой со всех сторон горными грядами с едва

Рис. 2
Древние выработки, вскрытые современным карьером. В бирюзоносной осветленной зоне виден вход горизонтальной выработки. Аксумбе

Рис. 3
Наскальные рисунки в южных отрогах Кураминского хребта

приметным каньонообразным входом). По отходящему к юго-западу ущелью встречались отдельные зарисовки верблюдов, видимо, указывающие направление пути (рис. 4).

Султануиздагский бирюзоносный район расположен в Западных Кызылкумах в пределах одноименного хребта на территории Каракалпакской АССР. Этот горнорудный район располагался на территории древнего Хорезма, позднее входил в Хивинское ханство.

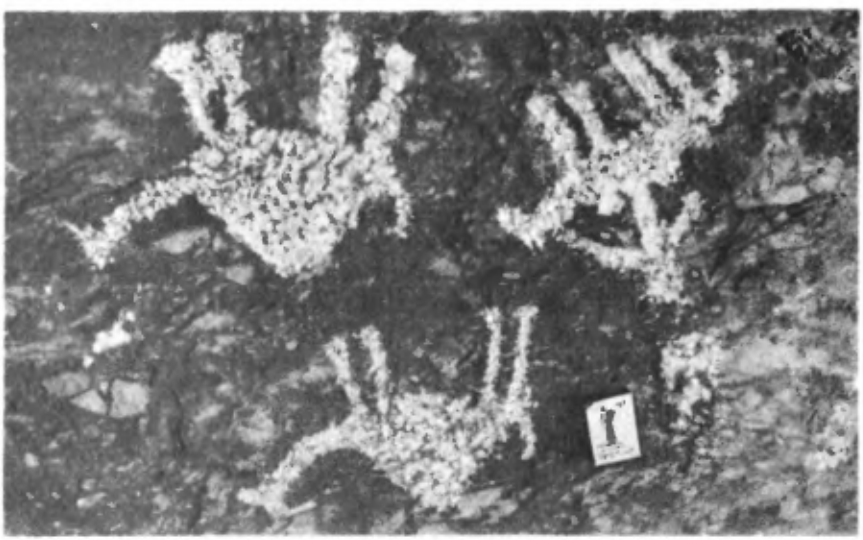


Рис. 4
Наскальные рисунки близ поселка Тамды

Здесь добывались бирюза, золото, талькохлорит, кальцит, кремень, минеральные краски. Наиболее многочисленны древние выработки на талькохлорит и бирюзу, кроме того, на аэроснимках дешифрируются крупные циркообразные выработки (вероятно, на золото).

Характеризуясь спецификой вмещающих пород, присущих только тому или иному виду полезного ископаемого, рудные поля разобщены и имеют свои особенности древней отработки.

Древние выработки на бирюзу в большинстве случаев представляют собой узкие (1–2 м) протяженные (до 200 м) траншеи, следующие строго по простиранию бирюзоносной зоны. Лишь иногда здесь отмечаются крупные цирки. Установленная глубина древней обработки 10–15 м. Древние траншеи, как правило, замыты и снивелированы, определяются с трудом по характерному мелкообломочному материалу отвалов, содержащих в изобилии жильный кварц и редкую крошку бирюзы. На среднемасштабных аэрофотоснимках эти выработки практически не дешифрируются, лишь наиболее крупные цирки сохраняют характерные формы и выделяются в виде углублений со светлой оторочкой отвалов.

Разработки бирюзы в хребте Султануиздаг датируются археологами I–II вв. н. э. Максимального развития горнорудная деятельность достигла здесь, как и во всей Средней Азии, в IX–XIII вв.

Древние выработки на золото (?) располагаются в более молодых толщах, за пределами бирюзоносных зон и относительно хорошо сохранились в виде серий и отдельных цирков глубиной до нескольких метров. В отвалах выработок наблюдается грубообломочный материал песчаников и сланцев без характерных для бирюзоносных зон углеродистых образований и низкотемпературного кварца. Встречаются единичные обломки высокотемпературного ожелезненного кварца и кварцевых брекчий с железистым цементом.

Кроме выработок на бирюзу и золото (?), на аэроснимках и фотосхемах четко дешифрируются многочисленные древние выработки на талькохлорит. Выработки хорошей сохранности, часто открытые и глубокие, расположены вблизи массивов основных горных пород на удалении от золоторудных и бирюзоносных участков. Наблюдая строгую приуроченность древних выработок к тем или иным продуктивным породам, не перестаешь удивляться практическим знаниям древних рудокопов – что и где надо искать или добывать. Возможно, не последними факторами являлись прекрасная обнаженность и резкая расчлененность площади. Первые выработки наверняка закладывались на коренных выходах или элювиальных развалах с определенной минерализацией.

Султануиздагская бирюзоносная площадь находится в северо-западной части хребта и занимает около 18 км². Северная ее часть отнесена к месторождению Тебин-Булак, а центральная и юго-восточ-

ная представляют собой Султануиздагское (Джамансайское) месторождение. Бирюзоносные зоны, три из которых относятся к месторождению Тебин-Булак, а пять – к Султануиздагскому, отчетливо дешифрируются на снимках и прослеживаются на площади. Представлены они зонами милонитизации среди крупного кварцево-жильного поля и трассируются тонкими прослоями углеродистых сланцев и кварцитов, и осветленными кварцевыми и серицит-кварцевыми метасоматитами.

Практически повсеместная отработка зон с поверхности в прошлые века и малая их мощность, а также удаленность района и климатические условия затрудняют детальное изучение Султануиздагского бирюзоносного поля. Выделенные на основе геологических критериев и поисковых признаков перспективные площади значительно уступают подобным площадям в Центральных Кызылкумах. Вопрос о глубине минерализации и общей перспективе района на бирюзу пока остается открытым. Встречаемая в отвалах и стенках древних выработок султануиздагская бирюза характеризуется высокой плотностью и яркой преимущественно голубой окраской. Однако мощность вмещающих бирюзу кварцевых прожилков, прослоев метасоматитов и минерализованных трещин незначительная, и, соответственно, размеры включений бирюзы в них небольшие (редко до 1 см в поперечнике). Высокое качество основной массы бирюзы и предопределило полноту ее выборки в древних выработках Султануиздага. В отвалах можно встретить лишь очень мелкие и редкие обломочки, крошку и включения голубой и зеленоватой бирюзы в кварце и во вмещающих углеродистых метасоматитах.

Кызылкумский бирюзоносный район – наиболее крупный по площади минерализованных полей и по количеству месторождений и проявлений бирюзы. Он охватывает палеозойские горные массивы Буканту, Тамдытау, Ауминза-Бельтау и Кульджуктау. Бирюзоносные площади отчетливо ограничиваются кварцево-жильными полями среди пород углеродисто-карбонатно-кремнистой формации и составляют в целом около 300 км^2. Большая часть месторождений бирюзы сосредоточена в горах Букантау и Тамдытау при явном сокращении бирюзоносных площадей и числа проявлений с севера на юг.

Кызылкумский район характеризуется наиболее крупными и многочисленными древними выработками на бирюзу. Десятки и сотни цирков, траншей, шурфов, закопушек, сотни тысяч кубометров "перелопаченной" породы фиксируют бирюзоносные зоны и узлы. Бирюза в Кызылкумах – основное полезное ископаемое с неолита до нашего времени. Лишь небольшие разобщенные выработки на медь отмечаются вблизи бирюзоносных площадей. Древние выработки на золото и другие полезные ископаемые здесь практически отсутствуют в отличие от хребта Султануиздаг; не исключается ранняя добыча красок в

молодых отложениях. В настоящее время это наиболее изученный на бирюзу район.

Древние выработки в Кызылкумах расположены на разной высоте: от подножья саев и распадков до вершин поднятий. Превышения участков разработки в пределах одного минерализованного поля составляют десятки метров. Разница в гипсометрических отметках Северо-Букантауской бирюзоносной площади над Южно-Букантауской достигает 100 м, а превышение месторождения Восточное в горах Тамдытау над площадью месторождений Южный Дербез (горы Букантау) составляет 450 м. На месторождениях Аякащи I и Джаман-Каскыр бирюзовая минерализация прослежена бурением на глубину до 50 м. Развитие же бирюзы по падению зоны составляет 100 м и более. Глубокий эрозионный срез обнажает здесь многочисленные субпараллельные пологопадающие тектонические зоны, вмещающие серии коротких крутопадающих кварцевых жил с бирюзой или без нее. Одна из скважин, пробуренная близ проявления Косшока в горах Ауминзатау, встретила бирюзу на глубине 80 м. Глубина древних выработок, как правило, ограничивается протяженностью кварцевого прожилка от дневной поверхности и составляет обычно 3–5 м, лишь в единичных случаях на более протяженных жильных сериях глубина древних выработок достигала 12 м.

В начальный период изучения этих объектов глубина вскрытия зоны выветрелых пород и коренных образований составляла 1–3 м. Бирюза в этом горизонте оказалась либо нацело выщелоченной, либо полностью отработанной. Только проходка горных выработок на глубинах 5–10 и 15–20 м позволила вскрыть бирюзоносные зоны, не отработанные в древности и сохранившие от выветривания ювелирную бирюзу.

Развитие бирюзовой минерализации на больших площадях, древняя отработка верхних горизонтов на 60–80 %, строгая приуроченность бирюзы к определенным типам вмещающих метасоматитов и жильного кварца – все это создает немалые трудности и требует высококвалифицированного подхода к освоению столь сложных объектов. В настоящее время, несмотря на значительные объемы выполненных работ, ни одно из месторождений не изучено на глубину и по площади достаточно для промышленной оценки. Геологам не раз еще придется возвращаться к этим объектам, так как спрос на бирюзу постоянен.

Чаткало-Кураминский район с глубокой древности и до настоящего времени является крупным горнопромышленным районом Средней Азии. Наиболее ранние разработки относятся к позднему палеолиту – раннему неолиту. Б.Н. Наследов считает, что возраст первых выработок для добычи кремней достигает 40 тыс. лет.

В VIII – XI вв. в Чаткало-Кураминском районе интенсивно разрабатывались месторождения золота, серебра, меди, железа и бирюзы.

Кроме того, здесь добывались аметист, агальматолит и другие камни. "За несколько столетий интенсивных поисков и разработок с поверхности месторождений в Илакских горах, Карамазар (ныне Кураминский хребет) оказался прощупан древними рудоведами с поражающей детальностью и тщательностью на всем его пространстве, ископан на ту или иную глубину в полном смысле слова в каждой точке рудных выходов", – писал Б.Н. Наследов в 1935 г.

М.Е. Массон считает, что горная промышленность в Карамазаре постепенно угасала с начала XI в., к XII в. исчезла окончательно и не возобновлялась до наших дней.

В пределах Кураминского хребта расположены древние бирюзовые рудники: Унгурликан (Илакский рудник), Бирюзакан, Ак-Турпак, Гольдуран. Древняя отработка на этих рудниках достигала 100 м и более. Небольшие разработки на бирюзу отмечены в саях Шаугаз и Яккобаг и в южных предгорьях Чаткальского хребта.

В отличие от Кызылкумов древние выработки на бирюзу в Чаткало-Кураминском районе в большинстве случаев не дешифрируются на аэроснимках и на местности. До настоящего времени исследователи не пришли к единому мнению о главном предмете добычи в древности на таких рудниках, как Ак-Турпак и Унгурликан. Поэтому Унгурликан в 60-х годах разведывался на полиметаллы, а в 70-х – на бирюзу.

Ряд рудных месторождений, все проявления и месторождения бирюзы на северном склоне Кураминского хребта приурочены к полосе гидротермально измененных пород и вторичных кварцитов, протягивающихся в широтном направлении на протяжении 30 км. По всей полосе устанавливаются неоднократное дробление пород, жильные инъекции кварца, барита, многостадийное минералообразование, что и привело к полиминеральности большинства рудников и сложности определения главного их компонента. Примерно в центре этой полосы расположен рудник Унгурликан на высоте 1400–1600 м. Здесь на площади около 0,5 км² известно около 70 крупных древних выработок. Это сильно замытые карьеры и разносы, группирующиеся в несколько участков в подножье и вдоль гряд монокварцитов с прожилками позднего кварца. На глубине до 50 м поверхности современными штольнями подсечены древние выработки, представляющие собой обычную путанную систему ходков и камер, вскрывающих минерализованные столбы, кусты, карманы. Большинство выработок забутовано, часть сохранилась открытыми. Рудник очень напоминает Нишапурское месторождение в описании А.Ф. Соседко.

По данным горно-буровых работ, глубина минерализации на Унгурликане достигает 60 м. Разница высотных отметок устьев древних выработок у подножья южного склона и вблизи вершины водораздела составляет около 100 м.

Древний рудник Унгурликан разрабатывался в X–XI вв. В конце

70-х годов здесь были проведены поисково-оценочные работы и предварительная разведка. Несмотря на интенсивность древней отработки, на месторождении выявлены участки с ювелирной бирюзой.

На западном окончании Северо-Кураминской бирюзоносной зоны расположены полиметаллические месторождения с бирюзой Кальмакырское и Ак-Турпак. Оба месторождения на бирюзу изучены слабо. Здесь установлены серии бирюзоносных зон, секущие рудные поля. В большинстве случаев зоны разобщены с промышленными блоками руд из-за различной ориентировки рудораспределяющих каналов и последовательности минерализации. Отдельные бирюзоносные зоны попадают в промышленные блоки или расположены в непосредственной близости от них. Тогда бирюза либо идет в отвал при вскрышных работах, либо попадает на фабрику вместе с рудой; при этом бирюза нередко документируется как "медная зелень" и "медистый галлуазит".

Глубина распространения бирюзы на Кальмакырском карьере достигает 150 м при максимальном развитии на горизонтах 40–80 м от поверхности. Отметим, что на снимках площади Кальмакыр-Гольдуран дешифрируются многочисленные древние выработки, поглощенные современным карьером и сохранившиеся близ его южного борта. Б.Н. Наследов писал, что южные и западные склоны горы Большой Кальмакыр не затронуты древней отработкой. На северном склоне он наблюдал довольно крупные карьеры, а на восточном – несколько небольших выработок. Древняя шахта Гольдуран располагалась в 400 м к северу от вершины г. Большой Кальмакыр. Около 150 древних выработок (воронкообразных ям) установлено вокруг шахты.

В 2 км восточнее Кальмакырского карьера находится рудник Ак-Турпак, располагаясь по существу на продолжении (или окончании) кальмакырских бирюзоносных зон. По данным Е.Б. Пругера и В.Н. Киреева, здесь установлено около 100 древних выработок, из которых 17 явно проходились с целью добычи бирюзы. Разница высотных отметок устьев древних выработок на горе Ак-Турпак составляет 88 м. Современной штольней древние выработки подсечены на глубине 70 м от поверхности. Характер выработок и здесь обычный для древних рудников. Это достаточно крупные карьеры с поверхности и узкие ходки, забутованные камеры на глубине. Протяженность зоны измененных пород составляет около 2 км, ширина 800 м. Площадь развития древних выработок 600 × 25 м.

На горизонте штольни вскрыты полиметаллические жилы и кососекущая их бирюзоносная зона мощностью более 10 м без признаков на выклинивание, т. е. глубина минерализации явно более 70 м. В настоящее время здесь проводятся поисково-оценочные работы.

На площади Кальмакырского рудного узла возможны попутная добыча бирюзы при вскрышных работах и старательская добыча на

отдельных, вскрытых бирюзоносных зонах, отчетливо фиксирующихся в стенках карьера максимальным осветлением вмещающих вторичных кварцитов и пропилитов.

В южных отрогах Кураминского хребта в 35 км к юго-западу от рудника Унгурликан находится известное месторождение Бирюзакан. Специфика минерализации этого древнего рудника не вызывает сомнений у исследователей. В IX–XII вв. н. э. здесь добывалась лучшая бирюза Средней Азии. Интересно, что древние выработки сосредоточены на юго-западном фланге месторождения и отсутствуют на его северо-восточном окончании, где современными работами вскрыты бирюзоносные участки на глубине 3–4 м от поверхности, т. е. древние рудоискатели проходили или, вернее, начинали проходку выработок лишь в местах выхода на поверхность рудных или бирюзовых тел.

На юго-западном фланге месторождения в борту мощной кварцевой жилы, трассирующей Бирюзовый разлом, хорошо видна траншееобразная выработка длиной около 70 м и шириной 2–5 м. Площадь южнее выработки полностью перекрыта отвалами мощностью до нескольких метров. В западном конце выработки расположена древняя шахта с разветвленной системой подземных выработок, уходящих на глубину более 50 м. В стенках крупной открытой камеры сохранились участки неотработанной бирюзы. Небольшая группа древних выработок находилась примерно в центре месторождения. Разведка месторождения проводилась с перерывами в течение 10 лет. Изделия из прекрасной бирюзаканской бирюзы поступали и на внутренний, и на внешний рынок.

Присамаркандский бирюзоносный район охватывает Зеравшанский хребет, горы Актау и Нуратау. В IX–XII вв. он был известен как горнорудный район, в котором добывались серебро, золото, ртуть, медь, олово, железо, бирюза, тальк и серпентинит. Этот район древней цивилизации нашими работами не охвачен. Здесь известно пять практически не изученных проявлений бирюзы: Нуратинское, Мальгузарское, Агалыкское, Кара-Тюбинское и Ухум. Их краткое описание приведено в работах Я.С. Висьневского (1937 г.) и Н.Л. Николаева (1967 г.). Месторождения бирюзы Присамаркандского района расположены примерно в центральной части полосы условно нижнесилурийских пород, протягивающихся от хребта Султануиздаг через Кызылкумы к отрогам Туркестанского хребта и ограничивающих развитие бирюзоносных площадей.

Исфаринский бирюзоносный район. В этом древнем горнорудном районе Ферганской долины археологами установлены многочисленные палеолитические и неолитические стоянки человека. Район выделялся как центр добычи ртути, благородных металлов, меди и бирюзы. Видимо, основным бирюзовым объектом Ферганского района было Исфаринское месторождение. Есть упоминания в литера-

туре о бирюзе близ г. Коканда, не отмеченное современными исследователями до сих пор.

Исфаринское месторождение идентифицируется с месторождением Самаркандек, расположенным южнее г. Исфара в северных отрогах Туркестанского хребта, обрамляющего с юга Ферганскую долину. Других проявлений в районе Исфары не установлено. Месторождение приурочено к тектоническому блоку в западном окончании гор Пшемак и характеризуется основными чертами месторождений кызылкумского типа, располагаясь в тех же породах. Месторождение интенсивно разрабатывалось в древности. Единичные выработки достигали глубины 100 м и более. Основная масса выработок – небольшие карьеры и ниши близ водораздельной части хребта. Исследователи отмечают высокое качество исфаринской бирюзы и практически полную отработку месторождения.

Современными работами установлено, что бирюза была сконцентрирована на небольшой (около 0,15 км^2) площади. Значительных бирюзоносных зон или узлов здесь не установлено ни с поверхности, ни до глубины 40 м. Большая часть бирюзы выветрелая мелоподобная, скоплений ювелирной бирюзы не встречено. Тщательность отработки незначительного по масштабам месторождения обусловлена, вероятно, его расположением в непосредственной близости от населенных пунктов и отсутствием других объектов на прилегающих площадях. Наряду с бирюзой низкого качества, здесь встречен минерал планерит. Если в приповерхностной зоне месторождения бирюза либо отработана, либо сильно выветрелая, то планерит характеризуется удивительно чистой ярко-голубой окраской, конкурирующей с лучшими образцами бирюзаканской бирюзы. Возможно, именно этому минералу обязана своей славой исфаринская бирюза. Породы месторождения с поверхности и на обследованную глубину наиболее выветрелые из всех изученных нами месторождений, и сохранность в них значительных количеств ювелирной бирюзы весьма сомнительна.

Глава II.

МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БИРЮЗЫ

Состав, примеси, окраска

Бирюза – минерал из группы основных водных фосфатов меди. Ее химическая формула , по Э.С. Дана: $CuO \cdot 3Al_2O_3 \cdot 2P_2O_5 \cdot 9H_2O$. Теоретический состав (в %): P_2O_5 34,12; Al_2O_3 36,84; CuO 9,57; H_2O 19,47. Чаще формула бирюзы приводится по Шаллеру: $CuAl_6 \cdot (PO_4)_4 (OH)_8 \times$ $\times 5H_2O$. Химические анализы природной бирюзы из различных месторождений (табл. 1) весьма близки. В составе бирюзы отмечено кроме основных компонентов значительное количество железа. Железо замещает алюминий, частично медь, содержание его в большинстве случаев 1–9 %. При содержании железа 10–20 % бирюза переходит в минерал рашлеит. Если содержание железа составляет 30–40 %, это уже не бирюза, а халькосидерит или алюмохалькосидерит. Закисное железо (0,2–5,32 %) устанавливается чаще всего в плотной голубой, реже в зеленой бирюзе.

В других случаях в бирюзе происходит замещение меди цинком, при этом образуется так называемая цинксодержащая бирюза или минерал фаустит. Фаустит открыт в 1953 г. в шт. Невада (США). Цинк, как правило, в количестве 0,21–2 %, присутствует в бирюзе из месторождений СССР (Средняя Азия, Армения) и МНР.

Третьей существенной и практически обязательной примесью в бирюзе является кремнезем, содержание которого колеблется от 0,16 до 5 %. Кремнезем присутствует в бирюзе из самых различных месторождений. Наличие его, видимо, обусловлено тесной парагенетической связью бирюзы с горным хрусталем. Микросрастания этих минералов обычны и неразделимы, нередок в бирюзе и халцедон.

В отдельных образцах бирюзы химическим анализом устанавливаются незначительные содержания оксидов магния, марганца, мышьяка, серы и органических веществ.

Физические свойства и ювелирные качества бирюзы находятся в прямой зависимости от чистоты ее химического состава. Только

Таблица 1. **Химический состав (в %) бирюзы из различных месторождений мира**

Месторождение (характеристика бирюзы)	Плотность, г/см³	CuO	FeO	MgO	CaO	MnO	ZnO	SrO
Теоретический состав	2,6 – 2,83	9,57	–	–	–	–	–	–
Иран								
Нишапурское	2,75	5,27	2,21	–	–	0,36	–	–
Синайский полуостров	2,7	3,32	–	0,15	3,95	–	–	–
США	–	4,54	–	–	–	–	–	–
Шт. Невада	–	8,57	–	–	–	–	–	–
Шт. Калифорния	2,86	7,80	–	–	–	–	–	–
Шт. Нью-Мексико	–	6,30	–	–	0,13	–	–	–
	2,805	7,52	–	–	0,38	–	–	–
		6,56	–	–	–	–	–	–
Корнуэлл (рашлеит)	–	7,87	–	–	–	–	–	–
Шт. Невада, округ Линкольн	2,91	9,78	–	–	–	–	–	–
Шт. Вирджиния	2,84	9,00	–	–	–	–	–	–
Лос-Цериллос	2,76	7,70	0,72	–	–	–	–	–
Шт. Невада, округ Колумбия	–	7,40	5,32	–	–	–	–	–
Корнуэлл (халькосидерит)	–	8,15	–	–	–	–	–	–
СССР								
Кавказ								
Маднеули	2,713	8,32	–	–	–	–	–	–
Техутское (голубая)	–	8,51	0,84	–	–	–	–	–
" (светло-голубая)	–	7,80	2,62	–	–	–	–	–
Средняя Азия								
Бирюзакан (голубая)	–	7,43	0,28	–	0,26	0,72	–	–
" (зеленая)	–	7,15	0,20	–	0,41	0,60	–	–
Алмалык (буровато-зеленая выветрелая)	–	5,27	–	–	–	–	–	–
Алмалык (голубовато-зеленая) плотная	–	3,52	–	–	–	–	–	–
Бирюзакан (зеленовато-голубая рыхлая)	–	6,01	–	–	0,56	–	0,25	–
(бледно-голубая рыхлая)	–	6,98	–	–	–	–	–	–
" (бледно-голубая рыхлая)	–	4,75	–	–	–	–	–	–
" (зеленовато-голубая)	–	8,02	–	–	0,53	–	–	–
" (буровато-зеленая)	–	9,35	–	–	–	–	–	–

Al_2O_3	Fe_2O_3	P_2O_5	As_2O_5	SiO_2	SO_3	H_2O	Орг. вещ.	Na_2O	K_2O
36,84	–	34,12	–	–	–	19, 47	–	–	–
40,19	–	32,86	–	–	–	19,34	–	–	–
38,61	–	28,4	–	4,37	0,66	20,69	–	–	–
41,05	1,08	28,14	–	–	0,68	20,96	4,49	–	–
35,03	1,44	34,18	–	0,93	–	19,38	–	–	–
35, 98	2,99	33,21	–	–	–	19,98	–	–	–
39,53	–	31,96	–	1,15	–	19,80	–	–	–
36,88	2,40	32,86	–	0,16	–	19,60	–	–	–
37,88	4,07	28,63	–	4,20	–	18,49	–	–	–
20,84	21,29	28,60	2,11	2,25	–	16,45	–	–	–
37,60	–	34,90	–	–	–	17,72	–	–	–
36,50	0,21	34,13	–	–	–	20,12	–	–	–
33,42	4,37	34,41	–	–	–	19,35	–	–	–
44,82	–	30,38	–	–	–	11,86	–	–	–
4,45	42,81	29,93	–	–	–	15,0	–	–	–
38,27	–	33,28	–	–	–	19,92	–	–	–
36,10	1,04	34,50	–	–	–	18,90	–	–	–
34,0	2,24	34,20	–	–	1,30	18,10	–	–	–
36,72	0,65	32,87	–	0,60	0,55	19,90	–	–	–
34,66	3,99	32,81	–	0,41	0,56	19,74	–	–	–
20,39	36,05	8,93	–	18,74	–	24,0	–	–	–
23,84	6,13	34,60	–	0,51	–	20,04	–	–	–
33,65	1,22	32,75	–	3,4	–	21,60	–	–	–
32,50	1,15	35,00	–	5,12	–	19,08	–	–	–
32,49	6,00	35,00	–	1,00	–	19,30	–	–	–
29,75	8,12	33,75	–	–	–	19,83	–	–	–
34,00	4,17	29,58	–	3,27	–	19,70	–	–	–

Таблица 2. **Содержание (в %) элементов-примесей в бирюзе из месторождений анализа и количественного анализа**

Разновидность бирюзы	Cu	P	Al	Fe	Ba	Sr	Cr
							Кураминская
			Бирюзакан				
Светло-голубая выветрелая	7	7	7	6–7	0,001–0,003		0,01–0,03
Светло-зеленая выветрелая	7	7	7	6–7	0,004–0,006		0,01–0,03
Плотная ярко-голубая ювелирная	3–4	7	7	0,4–0,6	Сл.	0,01–0,03	0,01–0,03
Плотная светло-голубая с белыми точечными включениями	3–4	7	7	0,4–0.6	0,004–0,006	0,004–0,006	0,004–0,006
Ярко-голубая ювелирная	5	Не обн.	30	30	–	–	0,01
Светло-голубая ювелирная	5	"	30	10	–	–	0,01
			Ак-Турпак				
Светло-голубая с каолинитом	1	"	30	0,1	–	–	0,01
Облагороженная	1	"	30	0,1	–	–	0,01
ярко-голубая	1	"	30	0,5	–	–	0,01
			Унгурликан				
Светло-голубая ювелирная	5	Не обн.	30	1	–	–	0,005
Яркая, плотная темно-голубая	0,3	"	30	5	–	–	0,01
Светло-голубая каолинизированная	5	"	30	0,5	–	–	0,01
			Техутское				
Голубовато-зеленая стекловатая	5	"	30	30	–	–	0,05
Темно-голубая	5	"	30	20	–	–	0.05
							Кызылкумская
			Исфаринское (Самаркандек)				
Ярко-голубая ювелирная	7	7	7	0,4–0,6	0,007–0,009	–	0,004–0,006
			Джаман-Каскыр				
Плотная яблочно-зеленая	–	–	–	–	0,007–0,009	–	0,07–0,09
Плотная голубовато-зеленая ювелирная	7	7	7	0,4–0,6	0,007–0,009	0,7–0,9	0,004–0,06
Плотная зеленовато-голубая ювелирная	–	–	–	–	0,007–0.009	0,7–0,9	0,04–0,06

Средней Азии и Армении по данным полуколичественного спектрального

Ni	Tl	Mn	Zn	V	Si	Ca	Mg	Pb
группа								
				Бирюзакан				
–	0,007–0,009	0,0007–0,0009	0,04–0,06	0,001–0,003	1,3	0,04–0,06	–	–
–	0,007–0,009	0,001–0,003	–	0,001–0,003	0,4–0,6	0,1–0.3	–	–
–	0,01–0,02	0,0007–0,0009	0,1–0,3	0,001–0,003	0,4–0,6	0,7–0,9	–	–
–	0,004–0,006	–	0,1–0,3	0,004–0,006	0,7–0,9	0,7–0,9	–	–
0,01	0,005	0,001	–	0,05	0,2	5	0,1	0,005
0,01	0,005	0,001	0,001	0,005	0,1	0,1	0,1	0,001
				Ак-Турпак				
0,001	0,05	–	–	0,5	0,1	0,5	0,01	0,005
0,005	0,05	–	0,01	0,5	0,1	0,05	0,01	0,01
0,005	0,05	–	0,005	0,5	0,1	0,05	0,01	0,01
				Унгурликан				
0,005	0,005	0,001	0,001	0,05	5	0,5	0,1	0,001
0,01	0,01	0,005	–	0,1	0,5	1	0,1	0,005
0,01	0,005	0,001	–	0,5	5	0,5	0,1	0,005
				Техутское				
0,01	0,005	0,005	0,01	0,05	5	5	1	0,005
0,01	0,001	0,001	0,01	0,05	1	0,5	0,1	0,005
группа								
				Исфаринское (Самаркандек)				
–	0,007–0,009	0,0007–0,0009	–	0,001–0,003	1–3	0,1–0,3	–	–
				Джаман-Каскыр				
0,004–0,006	0,01–0,03	0,001–0,003	0,7–0,9	0,004–0,006	6–7	0,4–0,6	–	–
0,001–0,003	0,001–0,003	0,0007–0,0009	0,7–0,9	0,001–0,003	4–6	1–3	–	–
Сл.	0,001–0,003	0,0004–0,0006	1–3	0,001–0,003	4–6	1–3	–	–

Продолжение табл. 2

Разновидность бирюзы	Cu	P	Al	Fe	Ba	Sr	Cr
Плотная желтовато-зеленая	1–3	7	7	1–3	0,01–0,03	4–6	0,01–0,03
Плотная ярко-голубая из дайки лампрофира	–	7	7	3–4	0,007–0,009	0,4–0,6	0,1–0,3
Голубая плотная	5	7	7	30	–	–	0,01
Зеленовато-голубая плотная	5	7	7	30	–	–	0,02
Серовато-зеленая	1	7	7	30	–	–	0,05
Аякащи I							
Плотная голубовато-зеленая	7	7	7	3–4	0,007–0,009	0,1–0,3	0,1–0,3
Плотная желтовато-зеленая	7	7	7	6–7	0,01–0,03	0,04–0,06	0,04–0,06
Яблочно-зеленая	–	–	–	–	0,01–0,03	–	0,04–0,06
Бледно-голубая желвачковая	–	–	–	–	0,01–0,03	0,04–0,06	0,07–0,09
Желтовато-зеленая плотная	5	Не обн.	30	25	–	–	0,07
Голубая с каолином	0,1	"	30	20	–	–	0,05
Голубая с зеленоватыми и белыми пятнами	0,1	"	30	20	–	–	0,05
Косшика							
Плотная темно-зеленая	0,5	"	30	1	–	–	0,005
То же	0,5	"	30	1	–	–	0,005
Серовато-зеленая с пятнами ожелезнения	5	"	30	30	–	–	1
Плотная буровато-зеленая с гидроксидами железа	5	"	30	30	–	–	0,01
Светло-зеленая плотная	1	"	30	25	–	–	0,01
Яркая светло-зеленая	0,5	"	30	5	–	–	0,005
Грязно-зеленая с примесью углистого вещества	5	"	30	30	–	–	0,007
Фисташково-зеленая	0,005	"	30	0,005	–	–	0,01
Зеленовато-голубая	1	"	30	5	–	–	0,01
Сетчатая голубовато-зеленая	1	"	30	20	–	–	0,01

Примечание: В бирюзе некоторых месторождений содержится (в %) Mo — от 0,1 (Косшока, Ауминза); Zr — от 0,01 до 0,009 (Джаман-Каскыр); Co — от 0,005 (Ак-Турпак,

Ni	Tl	Mn	Zn	V	Si	Ca	Mg	Pb
0,001–0,003	0,001–0,003	0,004–0,006	0,01–0,03	0,001–0,003	6–7	3–4	–	–
0,001–0,003	0,04–0,6	0,001–0,003	0,4–0,6	0,001–0,003	6–7	0,7–0,9		
0,01	0,003	0,001	0,03	0,01	0,1	0,3	0,1	0,005
0,02	0,005	0,001	0,01	0,005	1	0,1	0,1	0,005
0,01	0,01	0,001	0,01	0,01	0,08	1	0,01	0,005
			Аякащи I					
0,004–0,006	0,01–0,03	0,001–0,003	1–3	0,001–0,003	7	1–3	–	–
0,001–0,003	0,001–0,009	0,0007–0,0009	0,7–0,9	0,001–0,003	6–7	0,7–0,9	–	–
0,001–0,003	0,004–0,006	0,0007–0,0009	0,7–0,9	0,001–0,003	7	0,07–0,09	–	–
0,007–0,009	0,04–0,06	0,0004–0,0006	0,7–0,9	0,001–0,003	7	0,01–0,03	–	–
0,01	0,05	0,001	0,01	0,01	0,5	5	0,01	0,01
0,01	0,05	0,001	0,01	0,01	0,05	1	0,05	0,05
0,01	0,05	0,001	0,01	0,01	0,05	1	0,05	0,05
			Косшика					
–	0,005	0,001	–	0,5	1	10	0,05	0,05
0,001	0,005	0,001	–	0,5	1	10	0,05	0,005
0,01	0,001	0,001	–	0,03	1	10	0,7	0,003
0,01	0,001	0,001	0,01	0,05	2	1	0,2	0,001
0,01	0,005	0,001	0,01	0,05	1	0,3	0,1	0,005
			Ауминза					
0,001	0,05	0,001	0,05	0,5	1	1	0,05	0,005
0,1	0,01	0,007	–	0,5	1	0,1	0,5	0,5
0,01	0,01	0,001	–	5	0,01	1	0,05	0,005
			Аксумбе					
0,02	0,005	0,005	0,01	0,1	5	0,5	0,1	0,001
0,01	0,01	0,001	–	0,1	0,3	1	0,05	0,3

(Ауминза) до 0,005 (Аксумбе, Ак-Турпак, Техутское и др.); Ag – от 0,01 (Косшока) до 0,005 Унгур-ликан, Ауминза) до 0,003 (Ак-Турпак, Джаман-Каскыр, Аякащи I).

ная, голубая разных оттенков или даже зеленая; если содержание меди составляет 1 % и менее, то это сильно каолинизированные разности; если в отдельных образцах медь отсутствует, то это, вероятнее всего, не бирюза, а сходные с ней минералы. Так, оригинальные образования яркого яблочно-зеленого цвета из месторождения Ауминза, относимые к бирюзе, по данным спектрального анализа содержат 0,005 % Cu, 0,005 %Fe, 5 % V и, видимо, принадлежат к группе ванадиевых минералов, а не бирюзе.

Практически всюду в бирюзе установлены примеси Sr, Cr, Ni, Ti, реже Co. Обычны в ней Mn, Zn, V, Si, Ca, Mg, Mo, Pb. В трех пробах зеленых разностей бирюзы присутствует серебро. Наиболее существенны примеси Zn (до 3 %), V (0,1–0,5 %), Si (0,05–5 %) и Ca. Содержание кальция в бирюзе из проявления Косшока достигает 10 %, нередко кальций содержится в количестве 1–5 %. Известковистые разности бирюзы отмечаются исследователями и на месторождениях США.

Физические свойства бирюзы (цвет, твердость и плотность) и ее химический состав, по нашим данным, изменяются в результате "старения" бирюзы, замещения ее в процессе гипергенных изменений (вплоть до полных псевдоморфоз) своеобразным комплексом вторичных минералов (хризоколла, планерит, вавеллит, варисцит, алунит, каолинит, ярозит, вудхаузеит и др.), представляющих собой не одновременную ассоциацию минералов, а последовательную серию. Не исключено, что изменение бирюзы началось еще на заключительных стадиях гидротермального процесса. Трудность разделения глинистых минералов (галлуазита, каолинита, монмориллонита) – постоянных спутников бирюзы, их полигенность, а также недостаточная изученность не позволяют однозначно говорить об этом.

В.Н. Вебер, Э.С. Дана и другие исследователи указывают на существование изоморфных рядов: бирюза – алюмохалькосидерит – рашлеит – халькосидерит; бирюза – фаустит. Все это и обусловливает необычайно широкую гамму окраски этого минерала, различную его твердость и плотность. Уверенно можно говорить, что в роли зеленой бирюзы нередко выступают фаустит, варисцит, рашлеит; разности, окрашенные в желто-зеленые тона, принадлежат халькосидериту, ярко-голубые образования иногда неотличимы от планерита и хризоколлы.

Цвет собственно бирюзы изменяется от яркого синевато-голубого, небесно-голубого и зеленовато-голубого до бледно-голубого. Присутствие окисного железа придает бирюзе зеленоватый и буроватый оттенок, существенные примеси галлуазита, каолинита, алунита обесцвечивают бирюзу. Некоторые исследователи выделяют даже белую бирюзу. Нам представляется, что если и существует белая

бирюза (а не окремненный вавеллит или галлуазит), то вряд ли она может существовать как драгоценный камень.

Голубую окраску бирюзы большинство исследователей объясняют присутствием меди. Детальные структурные исследования среднеазиатской бирюзы, проведенные Л.В. Никольской и М.И. Самойловичем, показали, что появление зеленых и бурых окрасок в природной бирюзе связано с повышением концентрации ионов железа, входящих в структуру преимущественно в трехвалентной форме, в октаэдрические позиции на место ионов Al^{3+} и ионов Cu^{2+}. Основное влияние на характер окраски при этом оказывает коротковолновое поглощение, усиливающееся с увеличением концентрации примеси Fe^{3+}.

В шлифах в отраженном свете бирюза окрашена в бледно-голубые, зеленоватые и зеленовато-желтые тона в зависимости от количества четко видимых гидроксидов железа, развитых в виде тончайших планок и примазок, и сплошной тонкодисперсной пропитки.

Оптические и физические свойства, микроструктура

Сингония бирюзы триклинная. Сложение микрокристаллическое. Хорошо оформленные кристаллы редки и встречались только на месторождении Линч (шт. Виргиния, США). Минерал двуосный, оптически положительный, обладает сильной дисперсией. Показатели преломления, впервые определенные Шаллером на мелких кристаллах, равны: N_p 1,61; N_m 1,62; N_g 1,65. Определенный на рефрактометре показатель преломления массивных разностей бирюзы, используемых в ювелирном производстве, составляет 1,62. В скрещенных николях под микроскопом бирюза представлена поляризующим микро- и криптокристаллическим агрегатом.

Диагностическими для бирюзы являются линии поглощения длиной 430 и 420 нм, расположенные в фиолетовой части спектра и проявленные не очень четко. Под действием ультрафиолетовых лучей бирюза люминесцирует, окраска ее в зависимости от длины волн изменяется от тусклой зеленовато-желтой до яркой голубой.

В.Б. Сейранян и С.Ш. Саркисян указывают, что бирюза Техутского месторождения в катодных лучах проявляет яркое бело-голубое свечение, а в ультрафиолетовых светится светло-канареечным цветом.

Твердость лучших ювелирных образцов по шкале Мооса 5–6 (в каолинизированных разностях 3–4), микротвердость составляет 600–700 (в выветрелых разностях – ниже в 2–4 раза). Плотность бирюзы 2,7–2,9 (в наиболее измененных разностях – 2,5–2,6). Интересно, что сильно каолинизированная бирюза месторождения Ак-Турпак, по данным Е.Е. Лисициной, характеризуется плотностью 1,82. Твердость ее, определенная на приборе ПМТ-3 с нагрузкой 50 мг, составляет 230 –

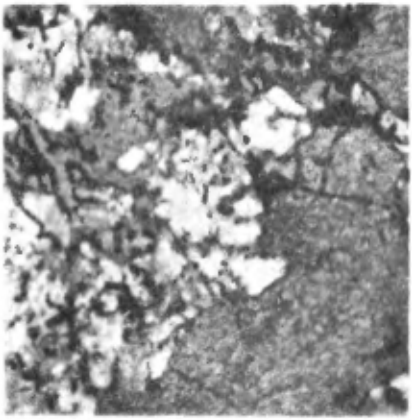


Рис. 5
Голубая бирюза (темно-серое) в дробленом жильном кварце. Ув. 40, с анализатором. Джаман-Каскыр

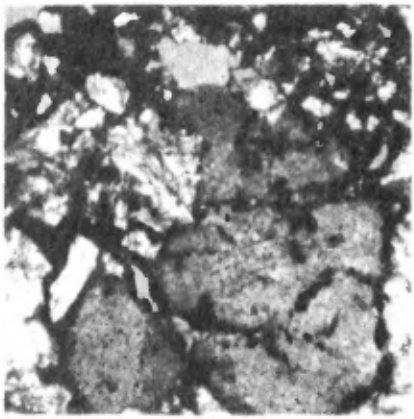


Рис. 6
Голубая бирюза (темно-серое) с оторочкой ярозита (черное) и чешуйками мусковита (белое) в кварц-серицитовом метасоматите. Ув. 40, с анализатором. Яккобаг

270, но в тех же образцах, обработанных в парафиновой ванне, плотность возрастает вдвое, приближаясь к плотности ювелирной бирюзы. Следует иметь в виду, что при этом происходит не просто заполнение пор парафином, а, вероятно, создается восстановительная обстановка.

Ювелирные разности бирюзы характеризуются восковым блеском, после полировки приобретают сильный стеклянный блеск. Бирюза непрозрачна, в тонких сколах слабо просвечивает, относительно хрупкая с раковистым и неровным изломом.

Под микроскопом плотные яркоокрашенные образцы бирюзы с химическим составом, близким к теоретическому, характеризуются однородным микро- и криптозернистым сложением (рис. 5, 6). Бирюза в шлифах отличается крайней неравномерностью и разнообразием микроструктуры. С начальной стадией ее разложения мы связываем возникновение сети микротрещин, образующих ложнопочковидные формы и структуру полигональных почв. В дальнейшем при развитии замещающих бирюзу минералов и тонких природных смесей в одном и том же шлифе можно наблюдать разнообразной формы участки микро- и криптокристаллического радиально-лучистого и сферолитового сложения со взаимопереходами и достаточно резкими ограничениями (рис. 7, 8). Эти структурные особенности бирюзы подтверждены Л.Я. Денисовой при электронно-микроскопических исследованиях (рис. 9, 10).

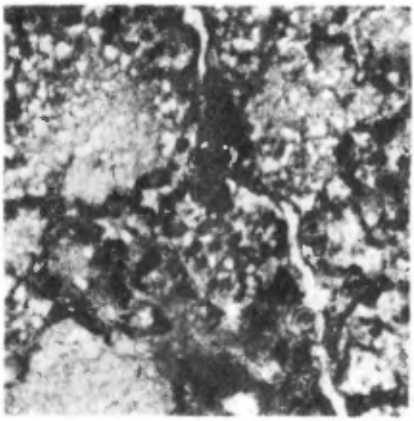


Рис. 7
Зеленая бирюза с прожилками и пятнами гидроксидов железа (черное) и пятнами и прожилками халцедона (белое). Ув. 50, без анализатора. Джаман-Каскыр

Рис. 8
Бирюза (светло-серое) в дробленом кварците с характерной каймой замещения ярозитом (серое) в краевых зонах. Ув. 50, без анализатора. Ак-Турпак

Вероятно, отмечаемые рядом авторов натечные формы бирюзы и сферолитовая структура обусловлены развитием прежде всего халцедона и хризоколлы, реже планерита, для которых сферолиты характерны. Перистые и листоватые структуры по бирюзе принадлежат вавеллиту, алуниту и глинистым минералам, тесно ассоциирующим с бирюзой. Разделение этих минералов возможно только в значительных обособлениях, где можно определить оптические константы компонентов. Как правило, макроскопически однородные образцы бирюзы в шлифах представлены весьма неоднородным агрегатом.

Отметим характерную для бирюзы микропористость, резко повышающуюся при выветривании. Замещение бирюзы комплексом вторичных минералов начинается с зальбандов и вдоль микротрещин. Чаще всего это гидроксиды железа и ярозит. Халцедон , хризоколла, алунит, глинистые минералы обычно развиваются по всей массе, заполняя поры или образуя микропрожилки.

Бирюза растворяется в соляной кислоте, с плавнями дает реакцию на медь. В запаянной трубке растрескивается, выделяя воду, и становится бурой или черной. В пламени паяльной трубки буреет, приобретает стекловатый вид, но не плавится; окрашивает пламя в зеленый цвет, при смачивании в соляной кислоте цвет пламени становится синим за счет образования $CuCl_2$.

По данным М.И. Моисеевой, в температурном интервале 290–350 °С бирюза теряет максимальное количество воды и постепенно изменяет

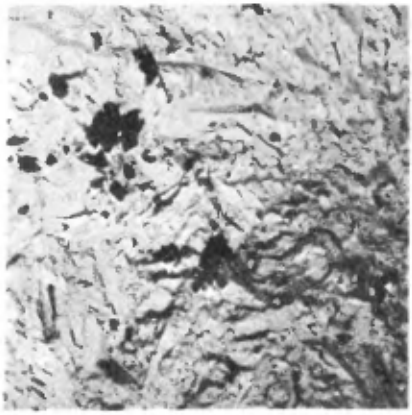


Рис. 9
Микроструктура голубой бирюзы под электронным микроскопом. Ув. 15 000. Бирюзакан

Рис. 10
Микроструктура слабоизмененной бирюзы под электронным микроскопом. Ув. 10 000. Ауминза

окраску от голубой через голубовато-серую, серовато-зеленую, темно-серую до шоколадно-коричневой. При температуре выше 740 °С кристаллическая структура бирюзы разрушается, и образуются новые соединения. По данным Л.А. Попугаевой, В.П. Ивановой, Е.Л. Розиновой, кривые дифференциально-термического анализа (ДТА) бирюзы из различных месторождений имеют сходную картину: слабый эндотермический эффект при 100–200 °С, обусловленный удалением адсорбционной воды (1,3–1,8 %); четкий эндотермический эффект при 350–400 °С, соответствующий удалению молекулярной и конституционной воды (17–19 %); экзотермический эффект при 760–800 °С. С повышением нагревания происходит разрушение кристаллической структуры бирюзы, и вещество становится рентгеноаморфным. Дальнейший нагрев до 900–1000 °С приводит к образованию новых соединений – фосфокристобалита, берлинита, кристобалита, тридимита.

По данным автора, при наличии в бирюзе примесей каолинита и галлуазита температурные интервалы на дифференциальных кривых несколько сдвигаются в сторону повышения температуры. Н.М. Мусаева и Ц.Ф. Поцхишвили также отмечают, что кривые нагревания голубой бирюзы Техутского месторождения характеризуются двумя отчетливыми пиками: эндотермическим – при 330–340 °С и экзотермическим – при 740–770 °С. В термограммах зеленой бирюзы наблюдаются слабые эндотермические (100–150 °С) и экзотермические (900–950 °С) пики, которые обусловлены примесью вторичных минералов, в первую очередь галлуазита и каолинита.

Глава III

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ЮВЕЛИРНЫЕ РАЗНОВИДНОСТИ БИРЮЗЫ

Морфология бирюзы

На зарубежных и советских месторождениях можно наблюдать самые разнообразные формы выделений бирюзы: тончайшие корочки и примазки, прожилки мощностью от миллиметров до нескольких сантиметров, точечную вкрапленность, крупные линзовидные и неправильной формы включения и, наконец, крупные (в несколько десятков килограммов) самородки. При этом лишь отдельные участки этих образований сложены собственно бирюзой, основная их масса представлена минеральным агрегатом, состоящим из бирюзы, сопутствующих и замещающих ее минералов; как правило, это полиминеральные образования, основной компонент которых – бирюза (рис. *1–3*)*.

Автором в 1973 г. выделены и описаны следующие морфологические разновидности бирюзы: прожилковая, желвачковая, вкрапленная, узорчатая, сетчатая (паутинная), линзовидные и неправильной формы крупные включения. Каждая из разновидностей характеризуется большим или меньшим развитием сортовых ювелирных разностей, а также разностей высокохудожественных и коллекционных и разностей, пригодных для облагораживания или для изготовления сцементированных камней. Так, корочки и примазки бирюзы не содержат ювелирного сырья, но могут служить минералогическим и коллекционным материалом. Тонковкрапленная бирюза – прекрасный коллекционный материал и сырье для высокохудожественных камнерезных изделий. Крупновкрапленная бирюза, линзы и прожилки бирюзы с реликтами вмещающих углеродистых сланцев – это и высокосортный ювелирный и декоративный материал в плотных разностях, в выветрелых разностях – лишь коллекционный.

Больше всего сортовых разностей в бирюзе прожилковой, желвачковой и типа крупных самородков. В этих же разновидностях и наиболее высок процент бирюзы для облагораживания.

*Здесь и далее курсивом указаны номера цветных иллюстраций

Развитие тех или иных морфологических разновидностей в какой-то мере указывает на перспективность минерализованного тела или участка. Так, наличие многочисленных прожилков и крупных включений говорит о высокой степени минерализации; развитие примазок, корочек и мелковкрапленной бирюзы служит лишь поисковым признаком.

Многообразие морфологических форм бирюзы обусловлено как ее физическими свойствами (метаколлоидный минерал, способный образовывать стяжения изометричной формы), так и свойствами вмещающих пород, которые, как правило, представляют собой макро- и микробрекчии, а также участки с повышенной трещиноватостью или тонкоперетертый и затем прокварцованный материал. В жильном кварце бирюза прежде всего выполняет остаточные пустоты, макро- и микротрещины, что и определяет форму и размеры ее выделений.

Прожилки – наиболее распространенная форма выделения бирюзы (рис. *4, 5*). Они образуются при выполнении трещин отдельности и трещин отрыва. К трещинам отрыва приурочена основная масса ювелирной бирюзы. Прожилки бирюзы прямолинейны на небольшом протяжении, обычно они ветвятся, образуя раздувы и пережимы с ровными, рваными или ступенчатыми ограничениями. Часто встречаются прерывистые прожилки, разделенные вмещающими породами. В зонах дробления прожилки редки, более протяженны и имеют большую мощность, однако бирюза в них бледноокрашенная, пониженной твердости и плотности вплоть до рыхлой, мелоподобной. В зонах дробления и рассланцевания бирюза изобилует включениями вмещающих пород, наиболее подвержена процессу выветривания и почти не содержит кондиционного материала.

Протяженность прожилков бирюзы в целом редко превышает 3 м и, как правило, составляет несколько десятков сантиметров. Это обусловлено прежде всего тем, что бирюза в основном приурочена к кварцевым жилам, мощность которых обычно менее 20 см. Это и ограничивает протяженность прожилков бирюзы, образующих системы типа лестничных жил.

Во вмещающих породах прожилки имеют более сложную конфигурацию (рис. *6, 7*). Мощность прожилков бирюзы здесь колеблется от 1 до 5 мм (в редких случаях до 3 см). Бирюза лучшей окраски и плотности развита в прожилках мощностью до 0,5 см. Чем больше мощность прожилков, тем хуже качество бирюзы в них, это или ожелезненные, или каолинизированные разности. Здесь же по бирюзе развиваются вавеллит, псевдовавеллит, минералы группы галлуазита и алунит. Замещение бирюзы происходит прежде всего в зальбандах прожилков с сохранением ювелирной бирюзы в их центральной части. Количество ювелирной бирюзы по отношению к общей массе ее в прожилках редко достигает 20 % и более. Пластины кондиционной бирюзы по площади в

единичных случаях составляют 24–25 см², обычно это несколько квадратных сантиметров и меньше. Мощность пластин 2–3, реже 4–5 мм в соответствии с мощностью прожилков. Пластины яркоокрашенной плотной бирюзы толщиной 1,5 мм и меньше – оригинальный материал для инкрустаций, небольших кабошонов и плоских вставок (рис. *8*).

Наиболее распространены после прожилков желвачки бирюзы или, по терминологии американских исследователей (G. Beair, 1967), самородки (рис. *9, 10*). Форма желвачков округлая, овальная, реже линзовидная; размеры – от нескольких миллиметров в диаметре до 3 см (в единичных случаях до 5 см в наибольшем измерении). Чаще всего самородки, как и прожилки, "одеты" в рубашку из вторичных минералов. Обычно желвачковая бирюза отмечается в ослабленных зонах метаморфических сланцев в виде прожилковых скоплений, состоящих из тесно прилегающих и легко разбирающихся желвачков; реже отмечаются обильные включения желвачков бирюзы в кварцевых жилах. Мелкожелвачковая бирюза – прекрасный материал для осыпных изделий. Более крупные самородки пригодны для изготовления бус, наборных подвесок и брошей. При голтовании корочка вторичных минералов легко снимается и получаются причудливых форм желвачки – готовые вставки, бусины.

Желвачковая бирюза в еще большей степени, чем прожилковая, подвержена замещению вторичными минералами; доля ювелирной бирюзы в этой морфологической разновидности еще ниже.

Ценное ювелирное сырье представляет собой так называемая сетчатая (паутинная) бирюза, характерная для аризонских месторождений. Лучшие образцы сетчатой бирюзы были встречены на Ауминзинском месторождении в Кызылкумах, отдельные обломки ее отмечались на Джаман-Каскыре и на месторождении Аксумбе. Сетчатая бирюза с характерной сетчатой или паутинной структурой образована в одних случаях сложным рисунком железо-марганцевых оксидов на голубом фоне бирюзы или же, что более ценно и характерно, реликтами углеродистых сланцев среди тесно сросшихся мелких вкрапленников или более крупных включений бирюзы.

На северо-восточном фланге месторождения Аякащи I выявлена разновидность бирюзы, названная кружевной (узорчатой). Это прожилковидные образования темно- и яблочно-зеленой бирюзы со сложным тонкоплойчатым узором. Мощность прожилков 3–6 мм (максимально до 2 см), протяженность 10–20 см, редко более. Это единственная находка подобной бирюзы, приуроченной к мелким послойным зонкам дробления в сланцах и секущих их мелких трещинах. Структура камня обусловлена червеобразными, тонкосплоенными образованиями, при этом каждый индивидуальный завиток или сегмент бирюзы неоднороден по строению и окраске. Бирюза состоит из

очень мелких округлых индивидов, тесно прижатых друг к другу и местами разделенных тончайшими пленками гидроксидов железа; в других случаях индивиды на контактах осветлены или иначе окрашены. Тонкая вкрапленность бирюзы совершенно обесцвечена. Среди подобных белых и кремовых образований, напоминающих вавеллит, наблюдаются лишь отдельные точечные включения зеленоватой бирюзы.

Узорчатая бирюза может служить интересным поделочным и коллекционным материалом и, несомненно, интересна для детальных минералогических исследований. Ювелирные разности в кружевной бирюзе редки.

И сетчатая и кружевная бирюза представляют собой разновидности вкрапленной бирюзы в сложных и тесных срастаниях, слагающих при этом либо прожилки, либо скопления разных размеров, пестроокрашенные пятна (рис. *11, 12*). Насыщенность вкрапленниками самая разнообразная. Вкрапленники окрашены в яркие голубые, светло-голубые и зеленоватые тона; при замещении вавеллитом и галлуазитом становятся белесыми или кремоватыми, гидроксиды железа и ярозит придают им желтую или желтовато-бурую окраску. Нередко вкрапленники бирюзы плоско деформированы с четкими следами давления (рис. *13*).

При значительной величине и хорошей сохранности вкрапленников здесь могут быть установлены сортовые разности. В целом вкрапленная бирюза – ограниченно развитое прекрасное ювелирное, поделочное и коллекционное сырье (рис. *14 – 17*).

Линзовидные и неправильной формы выделения крупных размеров наряду с прожилками составляют основные запасы бирюзы в целом, в том числе и ювелирной (рис. *18 – 20*).

Выделения бирюзы плотно сцементированы вмещающим жильным кварцем (или кварцитами) и характеризуются неправильными формами и сложными ограничениями, с отростками во вмещающие породы и с захватом обломков последних. Размеры включений составляют от нескольких сантиметров до первых десятков сантиметров. Встречаются линзы массой 1 кг и более. Такие "самородки" известны на Бирюзакане, Аякащи I и на Аксумбе. Не исключено, что часть самородков разбита при взрывных работах.

По данным Р. Вебстера, в шт. Невада (США), где разрабатывается около 40 месторождений, в одной из шахт найден самородок бирюзы массой 80 кг. На месторождении Бирюзакан встречена линза бирюзы массой 4,5 кг, частично представленная бирюзой I сорта. На месторождении Аякащи I найден самородок массой около 40 кг, также содержащий сортовые разности бирюзы. Крупные образования бирюзы на месторождении Аксумбе сложены сильно измененными разновидностями.

Подобные уникальные находки должны в каждом конкретном случае оцениваться отдельно (следует ли их "распустить" на образцы и кабошоны или передать в золотой фонд музеев?).

Заметим, что в вертикальном разрезе почти всех месторождений намечается некоторая зональность в развитии тех или иных морфологических разновидностей бирюзы. Близповерхностные участки изобилуют корочками, желвачками и примазками бирюзы. С глубиной возрастает роль прожилков и линз бирюзы, увеличивается содержание ювелирных разностей, которое прямо зависит от степени выветрелости вмещающих пород и развития вторичных минералов. Корневые части месторождений характеризуются выклиниванием кварцевых жил и зон дробления и развитием вкраплений, тончайших прожилков и примазок бирюзы непосредственно во вмещающих метасоматитах.

Ювелирные разновидности бирюзы, сходные минералы

Широкая цветовая гамма, изменчивость физических свойств и соответственно ювелирных качеств и декоративности послужили причиной того, что разные исследователи относят бирюзу либо к драгоценным камням разных классов, либо к полудрагоценным разновидностям самоцветов. Так, А.Е. Ферсман относил бирюзу к драгоценным камням III класса, А.И. Цюрупа и некоторые другие исследователи считают бирюзу полудрагоценным камнем, а в классификации Е.Я. Киевленко бирюза отнесена к IV классу драгоценных камней.

Бирюза – самоцвет, не имеющий равных по окраске, распространенности, легкости обработки, относительно низкой стоимости. При этом камень требует очень бережного отношения как в необработанных образцах, так и в готовых ювелирных изделиях. Бирюза не выносит перегрева при обработке, не терпит щелочей и определенных клеющих лаков; лучшие камни могут быть получены либо при ручной обработке, либо при обработке в голтовочных барабанах со строго заданным режимом. Любые отклонения в технологии обработки приводят к ухудшению ее окраски и плотности; бирюза становится белесой, буроватой или желтоватой. Выдержавшие процесс обработки кабошоны нередко и достаточно быстро из голубых превращаются в зеленые или буроватые – прямой результат нарушения технологического режима обработки, усилившего начавшийся природный процесс изменения бирюзы.

При достаточном навыке в общей массе бирюзы, составляющей запасы того или иного месторождения, можно выделить следующие разновидности: бирюза драгоценная, количество которой, как правило, невелико; бирюза полудрагоценная; бирюза коллекционная; бирюза для облагораживания. Количественные соотношения веделен-

ных разностей весьма различны и зависят от вмещающих пород, морфологии выделений, вертикального среза и степени развития гипергенных процессов. Промышленная оценка объектов ни в коей мере не должна производиться по количеству только драгоценной бирюзы. Все ее разновидности представляют собой высококачественный ювелирный материал, только в одних случаях он не требует дополнительной обработки, а в других необходимо применить тот или иной метод облагораживания (достаточно легкий и доступный любому производству).

Драгоценная бирюза составляет небольшую часть (5–8, редко 10–20 %) общей массы бирюзы на любом объекте. Это плотная, нередко стекловатая, просвечивающая в краях бирюза яркой сине-голубой, голубой и зеленовато-голубой окраски без признаков вторичного изменения. Драгоценная бирюза характеризуется чистотой химического состава (без отклонений или с несущественными отклонениями от теоретической формулы), твердостью 5–6 по шкале Мооса и плотностью 2,8–2,9. Она встречается в виде мелких включений (до 1 см в поперечнике, редко более) и маломощных (2–5 мм) прожилков среди массивных, практически не затронутых выветриванием метасоматитов и жильного кварца. Драгоценная бирюза сохраняется также в виде участков разнообразной формы и размеров среди более крупных образований бирюзы, в той или иной мере захваченных процессами выветривания, или среди природных тонкодисперсных смесей бирюзы с каолином.

Драгоценная бирюза используется в золотых и серебряных изделиях в виде кабошонов, плоских вставок и камней неправильной формы. Бирюза прекрасно сочетается с алмазами, жемчугом, рубином, кораллом в их обрамлении (или обрамляя их) или же просто в наборных изделиях. Сочетания бирюзы с другими драгоценными и полудрагоценными камнями менее интересны, за исключением, может быть, сочетания с аметистом. Бирюза очень эффектна в ювелирных изделиях (рис. *21, 22*).

Крошка и тонкие пластины драгоценной бирюзы пригодны для инкрустации по дереву и металлу, а также для изготовления сцементированных камней.

Полудрагоценная бирюза – бирюза несколько более низкого качества из-за непостоянства окраски и незначительной примеси замещающих ее или одновременно с ней развивающихся минералов. Полудрагоценная бирюза распространена более широко и составляет основные запасы на месторождениях. Для полудрагоценной бирюзы характерна окраска в голубых, зеленых и желтовато-зеленых тонах. Твердость 3–5, плотность 2,65–2,8. Полудрагоценные разности бирюзы, по данным автора, – результат старения драгоценной бирюзы в процессе гипергенного изменения, вызывающего пятнистость окраски и

нечеткость тона, снижение твердости и плотности, постепенные переходы яркой неизменной бирюзы в различной степени измененные разности. Полудрагоценная бирюза образует самые разнообразные морфологические формы, но, как правило, более крупные по сравнению с драгоценными разностями. По-видимому, это результат более свободного доступа изменяющих реагентов.

К полудрагоценным камням следует отнести и сетчатую, узорчатую и брекчиевидную бирюзу с отчетливой примесью других минералов или захватом вмещающих пород. Полудрагоценные разновидности бирюзы очень хороши и часто употребляются в серебряной оправе, реже в золотой. Сочетания с другими материалами менее привлекательны, лучше бирюза смотрится в крупных одиночных кабошонах и вставках; очень хороши изделия из нескольких камней – подвески, браслеты, колье (рис. *23, 24, 25*). Наиболее интересны камни, полученные при обработке в галтовочных барабанах с наименьшим расходом сырья. Они характеризуются своеобразной формой и размерами, требуют индивидуальной оправы и определенной подборки для бус и подвесок (рис. *26, 27*). Крупные образования полудрагоценной бирюзы – прекрасный материал для резных изделий.

Бирюза, пригодная для облагораживания, развита в приповерхностных зонах месторождений на участках сильного выветривания и выщелачивания пород. Бирюза здесь обесцвечивается, теряет плотность и превращается в рыхлые каолиноподобные слабоокрашенные разности или в плотные разности, окрашенные гидроксидами железа и ярозитом в желто-бурые тона. На более глубоких горизонтах развиты тонкие смеси бирюзы, каолинита и алунита – яркоокрашенные в подземных выработках; при высыхании они обесцвечиваются и превращаются в слабоокрашенные мелоподобные образования, нередко описываемые геологами как "медистый галлуазит", "самплеит" и т. д.

Большая часть измененной таким образом бирюзы может быть частично или полностью восстановлена или облагорожена тем или иным способом, после чего по красоте окраски и ювелирным качествам она не уступает драгоценным или полудрагоценным разностям (рис. *28, 29, 30*).

Бирюза коллекционная представлена образцами пород с тонкими прожилочками и мелкими включениями различно окрашенной бирюзы, из которых нельзя или нецелесообразно получать сортовую бирюзу. Коллекционная бирюза пользуется большим спросом у нас в стране и за рубежом. В иностранной литературе коллекционная бирюза чаще называется "бирюзовая матка". Прекрасный коллекционный материал – образцы сетчатой (паутинной) и узорчатой бирюзы (рис. *31 – 35*). К коллекционному материалу в ряде случаев могут быть отнесены образцы бирюзы, в которых содержание включений и пятен

превышает 30 % объема куска, допустимого ГОСТом для сортовой бирюзы.

Стремление выделить из каждого образца и кусочка бирюзы ювелирные разновидности иногда приводит к излишнему дроблению, потерям сырья и уникальных образцов.

Выделенные природные разновидности бирюзы составляют "бирюзовую руду", которая подлежит выемке и тщательной сортировке при разработке месторождений. При этом образуются так называемые дополнительные технологические разновидности бирюзы – крошка и бирюза на голтовку, которые не всегда учитываются при подсчете запасов.

Бирюза на голтовку – мелкая и средняя фракция бирюзы или вмещающих пород с бирюзой, остающаяся после выборки сортовых разностей. Обработка бирюзы в голтовочных барабанах обеспечивает дополнительное получение сортовой бирюзы и резко снижает ее потери и перевод в крошку, что неизбежно при ручном обогащении.

Крошка бирюзы образуется на всех этапах отбойки и обогащения проб. Это мелкие осколки бирюзы, количество которых иногда превышает количество сортовой бирюзы. Качество бирюзы в крошке хорошее, так как она образуется в основном при обогащении сортовых разностей. Крошка измененной бирюзы, как правило, не выбирается и поступает в отход на всех стадиях обогащения. Размер крошки 3–5 мм и менее, часть ее вполне пригодна для изготовления миллиметровых кабошонов – прекрасного материала для "осыпных" изделий, большая часть крошки – материал для сцементированных или прессованных камней.

Крошка бирюзы должна всегда учитываться при подсчете средних содержаний и запасов в целом.

Описываемые ниже минералы сходны с бирюзой по цвету или физическим свойствам и используются в ювелирной промышленности в качестве ее заменителей.

Халькосидерит $CuO \cdot 3Fe_2O_3 \cdot 2P_2O_5 \cdot 9H_2O$ – железистый аналог бирюзы, окрашенный в светлые желто-зеленые тона. Сингония триклинная. Минерал оптически отрицательный. Твердость 4,5. Плотность 3,1. Образует скопления сноповидных кристаллов и корочки.

Алюмохалькосидерит $CuAl_2Fe_4(OH)_8 \cdot 5H_2O$ – минерал, промежуточный между бирюзой и халькосидеритом. Цвет густой зеленый, травяной до синевато-зеленого. Излом неровный до раковистого. Твердость 4,5. Плотность 3. Встречается в виде небольших шарообразных агрегатов и корочек.

Рашлеит (рашлейчит) – минерал, также промежуточный по составу между бирюзой и халькосидеритом. Богат железом (до 20 %), в окраске преобладают зеленые тона. Макроскопически неотличим от зеленых разностей бирюзы.

Фостит (фаустит) $ZnAl_6(PO_4)_4(OH)_8 \cdot 5H_2O$ – цинковый аналог бирюзы яблочно-зеленой окраски. Состав (в %): CuO 1,61; ZnO 7,74; Al_2O_3 35,31; Fe_2O_3 1,73; $P_2O_5$34,83; H_2O 18,78. Фаустит образует прожилки и желваки, имеет слабораковистый излом, хрупок. Плотность 2,92. Твердость 5,5. Строение микрозернистое. Показатель преломления 1,61. Рентгенограммы бирюзы и фаустита близки.

Вардит $NaAl_3(OH)_4(PO_4)_2 \cdot 2H_2O$ или $Na_4CaAl_{12}(PO_4)_8 \cdot (OH)_{18} \times$ $\times 6H_2O$ – водный фосфат алюминия. Редкий минерал, несколько сходный с бирюзой. Встречается в виде голубовато-зеленых конкреций в пустотах желваков варисцита в шт. Юта (США). Твердость 5. Плотность 2,81. Показатель преломления 1,590–1,599. Минерал встречен также на Кальмакырском месторождении в бирюзоносных местасоматитах.

Варисцит $Al\ (PO_4) \cdot 2H_2O$ – водный фосфат алюминия. Обычно содержит некоторое количество железа, медь отсутствует. По физическим свойствам близок бирюзе. Окраска зеленая, темно-зеленая, голубая и желтая. Блеск стеклянный. Образует корочки, желвачки, редко кристаллы октаэдрического облика. Твердость 4–5. Плотность 2,4–2,5. Спайность отсутствует. Показатель преломления до 1,57. Варисцит открыт в Саксонии, в местности, называемой ранее Варисциа, что и дало название минералу. Найденный в Австралии минерал со свойствами варисцита назван "австралийской бирюзой", или "австралийским нефритом". Наиболее распространенные разности варисцита развиваются в виде глазков. Варисцит – драгоценный камень Америки, ценится высоко. Высококачественный варисцит такая же редкость, как и хорошая бирюза (возможно, еще более редкий). В нашей стране значительные скопления варисцита не установлены, не исключено, что этому минералу не уделялось должного внимания.

Лазулит упоминается Р. Вебстером в числе минералов, похожих на бирюзу. Минерал по химическому составу близок бирюзе, представляет собой также водный фосфат алюминия, содержит примеси железа и магния. Минерал моноклинный. Образует изоморфный ряд от светло-голубого лазулита $(Mg, Fe)\ Al_2(PO_4)_2(OH)_2$ до темного скорцалита $(Fe, Mg)\ Al_2(PO_4)_2(OH)_2$. Твердость 5,5. Плотность 3,1. Лазулит иногда называют "голубым шпатом". В отличие от тонкокристаллической бирюзы он представлен тонкозернистым агрегатом. Известен в Швейцарии, Бразилии, США (шт. Нью-Мексико и Калифорния). Небольшие месторождения лазулита имеются в Канаде. На месторождениях бирюзы в Средней Азии отмечались синеватые корочки и прожилки, напоминающие описанный минерал.

Хризоколла – минерал, который нередко принимают за бирюзу. Это водный силикат меди с сильно меняющимся составом и переменными константами. Окраска яркая синяя, голубая и голубовато-зеленая. Твердость 2–4. Плотность 2–2,4. Показатель преломления 1,50.

Минерал широко развит в зоне окисления месторождений меди и полиметаллов. Образует корочки и тонкие прожилки, примазки. Характерно микросферолитовое строение. Хризоколла нередко развивается по бирюзе в ассоциации с другими вторичными минералами меди.

Одонтолит – органическое образование, внешне очень похожее на бирюзу. Нередко его называют "костяной бирюзой", "бирюзовым зубом", "западной бирюзой". Э.С. Дана обосновал гипергенное происхождение бирюзы, считая, что одонтолит представляет собой кости и зубы животных, пропитанные бирюзой. Эту точку зрения долго поддерживали исследователи, даже такие как В.И. Обручев и Б.Я. Меренков, считавшие одонтолит прямым доказательством гипергенного образования бирюзы. Лишь сравнительно недавно было установлено, что одонтолит действительно представляет собой кости вымерших животных, но пропитанные не бирюзой, а водным фосфатом железа вавианитом $Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$. Вавианит иногда называют "голубой железной землей". Некоторые одонтолиты (вернее, органические остатки) пропитаны медными минералами, тогда цвет их зеленый. Показатель преломления одонтолита 1,57–1,63. Твердость 5. Плотность 3. Вскипает в соляной кислоте. В шлифах хорошо видна первичная органическая структура, не имеющая ничего общего со структурой бирюзы. В кабошонах и изделиях бирюзу легко спутать с одонтолитом, так как физические свойства очень близки.

Стелларит – уникальная комбинация азурита, силикатов меди, бирюзы, малахита, халькозина, самородного серебра и сульфидов железа. Сталларит найден в юго-западной части США и описан Р. Вебстером в 1975 г. Оригинальные окраска и рисунок обусловлены присутствием двух оттенков голубого цвета на черном и серебристом фоне в различных сочетаниях. Камень оценен специалистами-гранильщиками, легко режется и прекрасно полируется. Оправленный в серебро и золото стелларит придает изделию неповторимую оригинальность.

Имитация, облагораживание и синтез бирюзы

Непроходящий спрос на бирюзу, дефицит природного сырья, трудность диагностики обусловили обилие подделок под бирюзу. В общем количестве бирюзы, реализуемой на мировом рынке, 60 % составляет бирюза облагороженная, окрашенная, уплотненная и синтетическая. Кроме описанных выше сходных с бирюзой минералов, по данным Р. Вебстера, на рынок поступают в качестве бирюзы следующие минералы и материалы.

Окрашенный ховлит – силикоборокальцит, легче бирюзы и мягче ее. Цвет окрашенного минерала может быть очень ярким, цена на него значительно ниже.

Окрашенный кварц – значительно дешевле, чем бирюза; предлагается американскими поставщиками драгоценных камней. Кроме того, встречается имитация бирюзы, представленная окрашенным халцедоном. Эти камни прозрачнее бирюзы. Плотность их 2,63. Показатель преломления 1,53.

Стекло и эмаль – впервые использовались египтянами за 5 тыс. лет до н. э. для получения материала, похожего на бирюзу. Это был спек кремнезема, карбоната кальция, соды и некоторых медных компонентов. Стеклянные бусы голубого цвета, найденные в усыпальнице Тутанхамона (1350 лет до н. э.), окрашены кобальтом. Нередко и современные стеклянные бусы так же делают под бирюзовые. Большинство имитаций из стекла имеет более высокую плотность по сравнению с бирюзой. Эмали, имитирующие бирюзу, представляют собой слегка обесцвеченное силикатное стекло с примесью смеси оксидов металлов.

Пластик – самая дешевая имитация бирюзы. Из него отливают кабошоны с характерным рисунком паутинной бирюзы. Однако пластиковые изделия имеют слишком совершенную окраску; они легче, мягче, не пористые и без воскового блеска.

"Венская бирюза" – тонкая смесь массы малахита с гидроксидами алюминия и фосфорной кислотой, которая после нагревания (до 100 °С и более) уплотняется под давлением. Формулы спрессованной "бирюзы" и бирюзы различны. Твердость около 5. Плотность 2,4, при насыщении водой увеличивается до 2,6. Показатель преломления 1,45. При нагревании "венская бирюза" чернеет или сплавляется в черное стекло в отличие от природной бирюзы, которая растрескивается.

Неолит – камень приятного голубого цвета, иногда с извилистыми прожилками "основной массы". Представляет собой смесь байерита и фосфата меди, основная масса – аморфное соединение железа. Байерит – побочный продукт алюминиевого производства, по составу аналогичен гидраргиллиту. Твердость около 4. Показатель преломления 1,55. Плотность 2,4. Практически неолит идентичен "венской бирюзе". Материал синтезирован в ФРГ в 1957 г.

В 1953 г. в США создана искусственная бирюза, состоящая из мелких зерен голубого и белого материала, сцементированных алкидной смолой. Твердость ее около 2,5. Плотность 1,85. В отдельных образцах твердость "бирюзы" до 3,5, плотность 2,39.

Кроме указанных имитаций бирюзы, существуют и другие, характеристика которых наиболее полно дана Е.Е. Лисициной в книге "Синтетические аналоги и имитации природных драгоценных камней".

Синтетическая бирюза впервые получена М. Гофманом в Германии в 1927 г. По твердости, плотности и химическому составу практически соответствует природной бирюзе. В 1972 г. синтетическая

бирюза получена во Франции. Этот синтетический материал однороден, имеет прекрасный бирюзово-голубой цвет и ближе всех синтетических имитаций к лучшим образцам иранской бирюзы. Кабошоны из этой искусственной бирюзы неотличимы от природной даже при точных исследованиях. Плотность ее в среднем 2,7 (2,63 – 2,74), показатель преломления 1,6, т. е. по основным физическим свойствам искусственная бирюза идентична природным разностям. Отличия существуют в микроструктуре. Искусственный материал представлен агрегатом угловатых обломков, сцементированных беловатой массой. Синтетическая бирюза, практически неотличимая от природной, получена в конце 70-х гг. во Всесоюзном научно-исследовательском институте синтеза минерального сырья Е.Е. Лисициной. Синтезированы как однородные разности яркого различных оттенков голубого цвета, так и разности с характерными текстурными особенностями, близкие к сетчатой или паутинной бирюзе. По химическому составу эта бирюза аналогична природной, на ее дебаеграмме присутствуют все основные линии натуральной бирюзы [2].

Восстановленная (облагороженная) бирюза – ценное сырье. Ни экзотические минералы, описанные выше, ни прекрасные имитации, полученные с большим трудом, не сравнятся с низкокачественной бирюзой, свойства которой улучшены или восстановлены тем или иным способом. Конечно, для стран, не имеющих бирюзы, и для будущих поколений синтетические аналоги необходимы, это бесспорно. Но незначительное количество драгоценного камня и обилие низкосортного сырья на каждом месторождении вызывает необходимость его облагораживания. Это проще, дешевле, красивее всех подделок и повышает рентабельность отработки месторождений. Основная масса бирюзы, поступающая на мировой рынок из КНР и США, облагорожена. Около 80 % ювелирных поделок из бирюзы, выдаваемых за предметы национального искусства индейцев, прошли хотя бы частично стадию облагораживания.

Одним из простейших и древнейших методов облагораживания бирюзы, о котором писал еще Ал-Бируни в книге "Собрание сведений для познания драгоценностей (Минералогия)", изданной в СССР в 1963 г., – метод парафинирования бирюзы или пропитки ее воском. Цвет значительной части пористой бирюзы из США (шт. Аризона и Невада) также восстановлен парафинированием. Вероятно, парафинирование применяется и при облагораживании китайской бирюзы. Пользуется этим методом и автор, и многие наши умельцы. К сожалению, до сих пор метод парафинирования не нашел своего места в производстве. Объясняется это скорее всего достаточным количеством природной хорошей бирюзы, относительной легкостью получения синтетической бирюзы и некоторым недоверием к методу из-за его простоты. Вероятно, отрицательную роль сыграло и мнение Е.Е. Лиси-

циной: ". . . эффект насыщения цвета от такого пропитывания непостоянен, со временем камни приобретают серый оттенок, а при нагревании или освещении узким пучком света они "потеют". Пятнадцатиминутное выдерживание таких образцов в бензине или другой жирорастворяющей жидкости превращают равномерную голубую окраску в светло-серую, пятнистую" [2]. Нам представляется, что парафинирование не получило должной разработки, так как имеющиеся образцы облагороженной каолинизированной бирюзы вот уже более 20 лет сохраняют всю прелесть приобретенной окраски, а выдерживание в бензине или других жирорастворяющих жидкостях вряд ли вынесут и лучшие природные образцы.

Для облагораживания бирюзы кроме парафинирования применяют добавки смол, силиката натрия и масел. При хорошей обработке облагороженная бирюза неотличима от высокосортных природных образцов и продается обычно по той же цене, иногда несколько дешевле. Плотность облагороженной (парафинированной) бирюзы возрастает с 1,8 (мелоподобные разности) до 2,45, твердость соответственно изменяется от 2 до 5. Показатель преломления достигает 1,61. Иными словами, физические свойства, химический состав, структура камня как бы восстанавливаются, при этом улучшается и его декоративность, подчеркивается контраст оттенков и включений.

Качество пропитанной воском пористой американской бирюзы улучшается путем дополнительной цементации ее каким-либо пластиком. Обычно для этой цели используют алкидную смолу. Так, например, укрепляют известковистую бирюзу из шт. Аризона. Твердость этих образцов около 3. В последнее время известковистую бирюзу начали цементировать гидрозолем кремнезема, плотность которого 1,21. Бирюза, сцементированная кремнеземом, имеет обычно более натуральный, хотя и бледноватый цвет по сравнению с бирюзой, сцементированной пластиками.

Глава IV

ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БИРЮЗЫ

Все месторождения и проявления бирюзы принадлежат единой генетической группе, которая в зависимости от взглядов исследователей на генезис бирюзы определяется как гидротермально-метасоматическая или экзогенная. Непосредственными концентраторами бирюзы являются жильный кварц и вторичные кварциты или углеродистые метасоматиты алунит-серицит-кварцевого состава во всех случаях. Производными для них служат разнообразные осадочно-метаморфические породы и магматические образования кислого и субщелочного состава.

Месторождения Кызылкумов и Синайского полуострова залегают в углеродисто-карбонатно-кремнистых породах. Нишапурские месторождения Ирана, большая часть месторождений бирюзы в юго-западных штатах США и Мексики, месторождения Кураминского хребта приурочены к молодым образованиям риолит-дацитовой формации. На территории Казахстана развиты проявления бирюзы в осадочно-метаморфических и магматических комплексах. В породах порфировой формации локализован ряд месторождений США, КНР, СССР, МНР и НРБ.

Масштабы месторождений и качество бирюзы в них, а следовательно, и промышленная значимость каждого объекта находятся в прямой зависимости от состава первичных образований и их структурно-тектонических особенностей. Это и дало основание автору для выделения трех промышленных типов месторождений бирюзы:

1. Кураминский тип – месторождения в магматических породах риолит-дацитовой формации.

2. Кызылкумский тип – месторождения в углеродисто-карбонатно-кремнистых толщах в экзоконтакте интрузий (таушанский подтип) или на некотором удалении от них.

3. Кальмакырский тип – месторождения в породах порфировой формации с медно-молибденовой и полиметаллической минерализацией.

Для всех трех выделенных типов месторождений бирюзы характерны следующие общие (и обязательные) признаки: 1) формирование в тектонических блоках с широко развитыми процессами дробления, брекчирования, трещинообразования; 2) развитие крупных кварцево-жильных полей или менее значительных их серий; 3) наличие даек среднего состава; 4) повышенная апатитоносность вмещающих пород или даек; 5) практически идентичный состав бирюзоносных метасоматитов, их структурные и геохимические особенности.

Кураминский тип

К Кураминскому типу принадлежат древние рудники Средней Азии (Бирюзакан, Унгурликан), Нишапурские месторождения Ирана, месторождения США: Вилла Гроув, Копи Монасса, Бурро-Маунин, Ледвилл, Кертленд, Кингмен, Джарилла, Цериллос и другие. К этому же типу относится и небольшое проявление бирюзы Таштепе (Болгалы) в южных отрогах Чаткальского хребта, сформировавшееся непосредственно в эруптивной вулканической брекчии.

Для месторождений Кураминского типа характерны: высокое качество сырья, значительная глубина развития минерализации (до 100 м и более), сравнительно небольшие площадные размеры (до 0,5 км^2). В окраске бирюзы преобладают чистые голубые тона. Зеленоватые разности развиты в меньшей мере, преимущественно в близповерхностной зоне. Выход яркоокрашенной плотной ювелирной бирюзы составляет 5–10, редко 20 % массы извлекаемого сырья.

Максимальное окварцевание и метасоматическая переработка пород определяют места локализации бирюзы. Размеры бирюзоносных тел небольшие, это отдельные кварцевые жилы, кусты, столбы и штокверковые зоны. Как правило, минерализованные участки не выходят на поверхность, а вскрываются на глубине 3 м и более под наносами. На Бирюзакане минерализация четко ограничивается кварцево-жильными зонами. На Унгурликане и проявлениях Шаугаз и Яккобаг морфология бирюзоносных тел более сложная, они контролируются развитием микропрожилков и линз кварца в местах концентрации тектонических трещин различной ориентировки. В приповерхностных частях минерализованных участков нередки тонкие корочки и примазки бирюзы. С глубины 3–5 м преимущественное развитие приобретают прожилки и разнообразные по форме и размерам включения. С глубины 15–20 м широко распространены каолинизированные разности бирюзы в монопрожилках и крупных самородках, сменяющиеся в корневых зонах месторождений мелковкрапленными и мелкопрожилковыми образованиями.

Это грубая схема развития различных морфологических образова-

лий бирюзы по вертикали отмечается практически на всех месторождениях и связана, вероятно, с процессом формирования самих вторичных кварцитов – от масивных пропилитов до трещиноватых и пористых кварцитов кварцевых и серицит-кварцевых, каолинизированных в той или иной степени.

Месторождения кураминского типа – наиболее перспективные объекты с запасами драгоценного сырья в сотни и первые тысячи килограммов, учитывая масштабы древней отработки. Они характеризуются незначительным эрозионным срезом, достаточной глубиной минерализации и высоким качеством сырья. Отрицательными для этого типа месторождений признаками можно считать широкое развитие каолинизированных разностей и небольшие размеры бирюзовых образований. Крупные самородки здесь редки, мощность прожилков бирюзы чаще всего 1–3 мм, в редких случаях 5 мм и более, протяженность прожилков – десятки сантиметров; только мономинеральные прожилки каолинизированной бирюзы – прекрасного, легко облагораживаемого материала – протягиваются на 1–3 м. Размер включений ювелирной бирюзы редко превышает 5 см в поперечнике. В единичных случаях встречаются самородки драгоценной и полудрагоценной бирюзы массой до 4,5 кг.

Месторождение Бирюзакан

Бирюзакан – типичный представитель месторождений бирюзы в магматических (точнее, субвулканических) кислых породах (рис. 11).

Месторождение отрабатывалось в IX–XI вв. на юго-западном фланге до глубины 50 м. Впервые месторождение упоминается Назаровым в работах 1813–1824 гг., краткие сведения даны Степановым и Томилиным (1912 г.), А.Е. Ферсман посетил месторождение в 20-х годах, Б.Н. Наследов писал о Бирюзакане в 1931 г. В 60-х и 70-х годах месторождение разведывалось Нерудной партией Таджикского управления и затем передано Ташкентской экспедиции. Основные минерализованные тела месторождения отработаны.

Месторождение расположено на южном склоне Кураминского хребта на высоте 1400–1450 м. Площадь его не превышает 0,5 км². Оно приурочено к массиву кварцевых порфиров и фельзит-порфиров и локализовано на стыке четырех эффузивных и эффузивно-терригенных толщ нижнего и среднего карбона. Терригенные разности находятся на удалении от месторождения, эффузивные представлены дацитовыми и андезит-дацитовыми порфиритами, среди которых развиты ксенолиты мраморизованных известняков условно позднедевонского – раннекаменноугольного возраста, и кварцевыми порфирами раннего триаса. На контакте с известняками дацитовые порфиры имеют зону закалки, а вблизи контактов с вторичными кварцитами месторождения они осветлены и окварцованы.

Для дацитовых порфиров, окружающих месторождение практически со всех сторон, и их раскристаллизованных разностей типа гранодиорит-порфиров характерна повышенная апатитоносность. Призмочки апатита обычны в основной массе пород и более обильны во вкрапленниках измененного цветного компонента. Апатит также часто ассоциирует с хлоритом. Длина зерен и призмочек апатита достигает 2 мм.

Дацитовые порфиры джамансайской толщи, развитые к северу от Бирюзового разлома, ограничивающего месторождение, по данным В.А. Тарасова (1965 г.), характеризуются повышенным содержанием глинозема за счет алунита. Нередко породы пиритизированы.

Кварцевые порфиры наряду с фельзит-порфирами слагают сложнопостроенное тело в зоне Бирюзового разлома и являются материнскими породами бирюзоносных вторичных кварцитов. Большинство исследователей Карамазара относят образование кварцевых порфиров, как интрузивных аналогов кызылнуринской свиты, к раннему триасу. Контакты кварцевых порфиров с окружающими их дацитовыми порфирами местами прямолинейные тектонические, иногда неровные с заливами, апофизами и фельзитовыми разностями в приконтактовых зонах. Кварцевые порфиры прорваны дайками диабазовых порфиритов и многочисленными кварцевыми прожилками.

Кварцевые порфиры также обогащены апатитом. По периферии месторождения апатит в них представлен единичными зернами в основной массе породы, вблизи бирюзоносных кварцитов месторождения количество апатита в кварцевых порфирах составляет 3–8 %. Апатит наблюдается в виде рассеянных зерен и небольших кучных скоплений в ассоциации с хлоритом, а также присутствует в полевых шпатах и кварце. Длина призмочек апатита 0,05–0,3 мм. Обычно встречаются кристаллы призматической формы и более или менее изометричные зерна. Во вторичных кварцитах минерализованного поля лишь изредка удается установить реликты апатита.

По левому водоразделу Бирюзасая в виде отдельных небольших пятен развиты фельзиты. Это светлоокрашенные массивные породы, тонкоравномернозернистые, местами полосчатые. Полосчатость обусловлена чередованием слабо раскристаллизованной основной массы и прослоев зернистого, нередко шестоватого кварца. Фельзиты расположены вблизи контакта кварцевых порфиров с дацитовыми порфирами и занимают наиболее высокие по гипсометрическим отметкам участки. Метасоматическими процессами фельзиты практически не затронуты, и не исключено, что они могли служить экраном для постмагматических растворов, слагая кровлю массива кварцевых порфиров, в свое время перекрывавшей месторождение. Месторождение расположено между Бирюзовым разломом и руслом Бирюзасая, размывшим фельзиты и кварцевые порфиры и вскрывшим бирюзоносные кварциты.

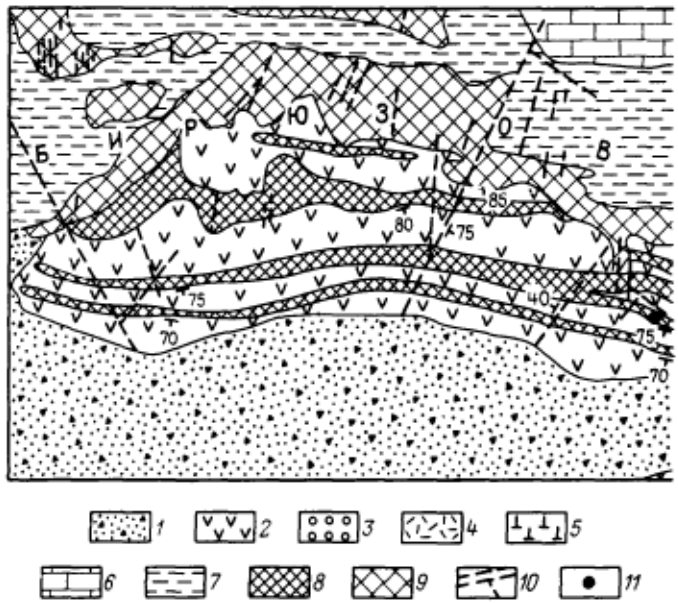


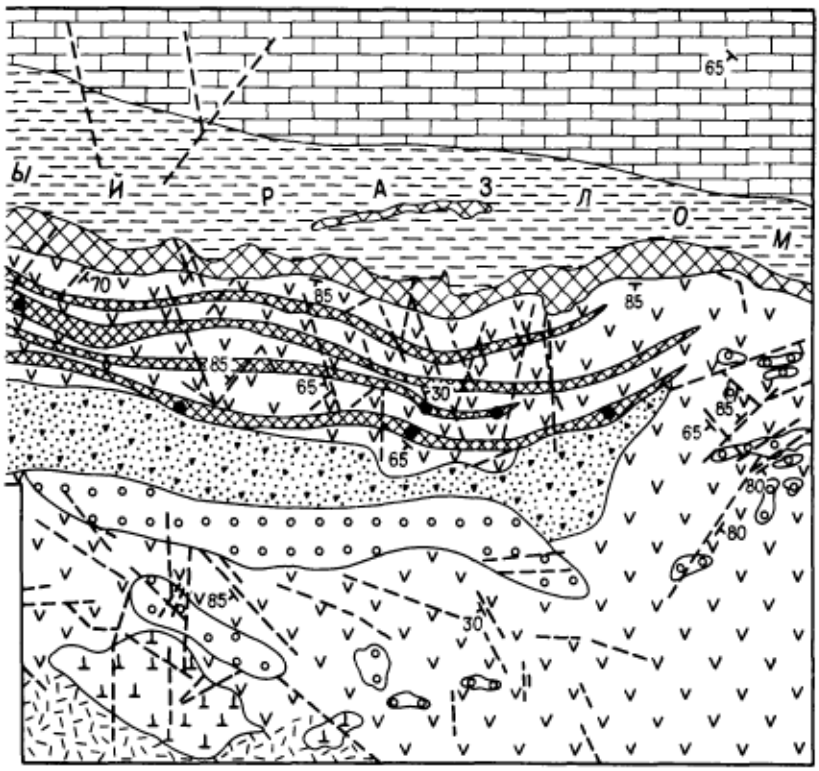
Рис. 11.

Схема геологического строения месторождения Бирюзакан:

1 – делювиально-пролювиальные отложения, отвалы древних и современных выработок; *2* – вторичные кварциты серицит-кварцевой фации; *3* – вторичные кварциты кварцевой фации; *4* – пропилиты; *5* – фельзиты; *6* – мраморизованные известняки; *7* – зона сильного дробления и ожелезнения пород; *8* – бирюзоносные жильные зоны; *9* – коренные выходы ожелезненного жильного кварца; *10* – маломощные зоны милонитизации и тектонические трещины; *11* – бирюзоносные участки, вскрытые выработками

Диабазовые порфириты – наиболее молодые магматические образования района. Они слагают лентовидные, ветвящиеся, коленчатые дайки и в редких случаях штокверкообразные тела. Большинство исследователей Карамазара относят эти интрузии основного состава ко второму этапу послекызылкумской фазы магматизма нижнего триаса, реже датируют их поздним триасом. На площади месторождения вскрыта дайка порфировидного диабаза, секущая бирюзоносные породы. Две другие дайки аналогичного состава установлены на водораздельном гребне, ограничивающем месторождение с северо-востока близ контакта с дацитовыми порфирами. Протяженность даек 10–20 м, мощность 1–2 м. Породы даек свежие и не затронуты метасоматическими процессами и процессами выветривания.

Вторичные кварциты слагают непосредственно площадь месторождения и представлены кварцевой и серицитовой фациями и



пропилитами. Кварциты кварцевой фации (монокварциты) образуют полосу на южном фланге месторождения, небольшие линзовидные тела не северо-восточном его окончании и мелкие разнообразной формы участки среди кварцитов серицитовой фации. Контакты монокварцитов и серицитовых кварцитов во всех случаях отчетливые, что объясняется разнохарактерностью пород. Монокварциты сохраняются в виде реликтов, подвергаясь замещению глинистым и слюдистым компонентом вдоль трещин и в местах наибольшего дробления. Макроскопически это тонко- и мелкозернистые породы светло- и темно-серой окраски. Основной их компонент – зернистый полупрозрачный, иногда сахаровидный кварц. В небольшом количестве присутствуют глинистые и слюдистые минералы. По плоскостям скола нередко наблюдается пирит, образующий тонкие примазки и небольшие кучные скопления. Темно-серую окраску монокварцитам придает пылевидный пирит, рассеянный в массе породы. В шлифах монокварциты характеризуются микрогранобластовой структурой. По крупности зерна они четко разделяются на криптозернистые разности с едва

различимыми индивидами и тонкозернистые с размером зерен в сотые и десятые доли миллиметра. Нередко микротекстура пород пятнистая, обусловленная развитием неравномерно раскристаллизованных участков с примесью глинисто-слюдистого материала. Местами в монокварцитах отмечаются пирофиллит, алунит, пирит и ярозит, в единичных случаях – флюорит. Прямоугольные и квадратные кристаллы, округлые и угловатые зерна и небольшие скопления флюорита тесно ассоциируют с тонкодисперсными глинистыми минералами. Бо́льшая часть зерен флюорита зональная с тонкой анизотропной каймой.

Кварциты серицитовой фации, слагающие бо́льшую часть бирюзоносного поля месторождения, – массивные, местами сланцеватые и брекчированные светлоокрашенные породы. В зонах сильного дробления и милонитизации кварциты теряют монолитность. Густая сеть макро- и микропрожилков кварца сечет бирюзоносные кварциты. В местах развития кварцевых прожилков обычно обильны гидроксиды железа, окрашивающие жильный кварц в ржаво-бурые тона. Наибольшее ожелезнение приурочено к кварцевому "сердечнику" Бирюзового разлома.

Микроскопически кварциты серицитовой фации разделяются на кварциты с микролепидогранобластовой структурой и кварциты с шестоватым кварцем в основной массе.

Кварциты с микролепидогранобластовой структурой состоят из мельчайших зернышек кварца и тончайших чешуек серицита, плотно сросшихся друг с другом. Породы изобилуют мелкими порами и пустотами, чаще округлыми или изометричными, реже имеющими прямолинейные и извилистые очертания. Первичные трещины и пустоты выполнены шестоватым кварцем и мелкими чешуйками мусковита, более поздние заполняются ярозитом и гидроксидами железа. Вторичные поры и открытые пустоты нередко сохраняют те или иные кристаллографические очертания и содержат минеральные остатки на стенках. Эти пустоты образовались в зоне выветривания при выщелачивании рудного минерала, ярозита и каолинита и наиболее широко развиты в самых верхних частях месторождения, т. е. в зоне выветривания. Рудные минералы (пирит и халькопирит) рассеяны в массе кварцита в виде мельчайших кристалликов и кучных скоплений. При развитии ярозита сульфиды, как правило, не сохраняются. Ярозит образует псевдоморфозы по сульфидам и выполняет трещины, слагая густую ветвящуюся сеть прожилков. Окраска его в проходящем свете золотисто-, зеленовато- и коричневато-желтая. С анализатором окраска усиливается, не изменяя оттенков. Наиболее обогащены ярозитом вторичные кварциты в пределах бирюзоносных зон и штокверков.

В массе кварцитов в виде тончайшей пыли обычно присутствует

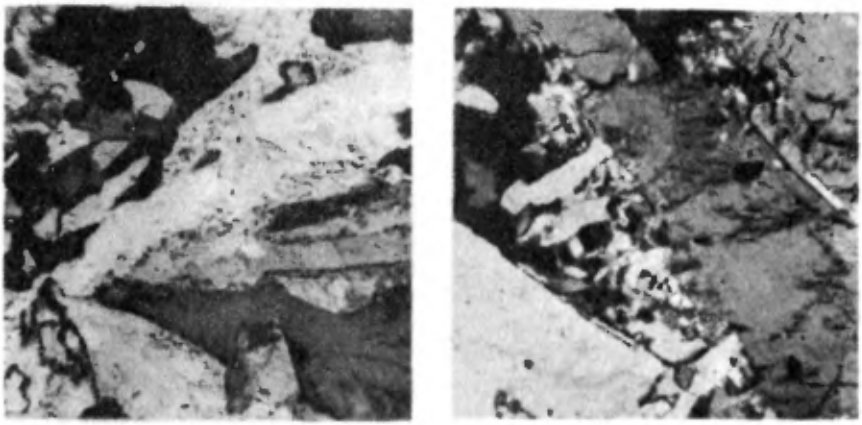


Рис. 12
Бирюзоносный шестоватый кварц. Ув. 50, с анализатором. Бирюзакан

каолинит, тесно ассоциирующий с рудным компонентом. Содержание глинистого минерала в кварцитах заметно увеличивается при дроблении и милонитизации, при этом возрастает и пористость породы.

Кварциты с шестоватым кварцем в основной массе развиты в бирюзоносных зонах и в непосредственной близости от них, а также вблизи "кварцевого сердечника" Бирюзового разлома. Шестоватый кварц в виде микропрожилков, линз и неправильной формы выделений (рис. 12) слагает до 50 % массы породы, что и является характерной особенностью бирюзоносных кварцитов. Кроме того, секущие и ветвящиеся прожилки кварца образуют в кварцитах брекчиевую, сетчатую и петельчатые структуры. В участках развития в массе породы удлиненных кристаллов кварца с разъеденными гранями структура приобретает бостонитовый характер. Промежутки между кристаллликами кварца и их скоплениями выполнены мелкозернистой кварцевой или кварц-серицитовой массой. Границы большинства прожилков кварца четкие, часть прожилков и участки с бостонитовой структурой постепенно переходят в основную массу породы, что свидетельствует о перекристаллизации породы и заметном увеличении содержания кремнезема. В зонах перекристаллизации основной массы кварцита и роста шестоватых кристаллов кварц сильно трещиноват и загрязнен глинистым материалом; в четко секущих прожилках он более чистый.

Каолинит, ярозит и сульфиды, играющие существенную роль в монокварцитах и в кварцитах серицитовой фации, в бирюзоносных кварцитах с шестоватым кварцем отмечаются лишь в редких случаях. Глинистые минералы присутствуют здесь в виде тончайшей пыли, не образуя значительных скоплений. Сульфиды и ярозит обычно присутствуют в виде мелких вкрапленников в реликтовых участках

основной массы породы и лишь в редких случаях наблюдаются в жильном кварце. В то же время на нижних горизонтах месторождения развиты массивные сильно пиритизированные вторичные кварциты и пропилиты, но уже на явном удалении от бирюзоносных кварцево-жильных зон и без признаков поздней перекристаллизации.

Сильно измененные, пропилитизированные кварцевые порфиры встречаются в виде разрозненных участков среди вторичных кварцитов, отчетливо фиксируя начальные стадии переработки материнской породы. Породы сохраняют порфировую структуру за счет реликтовых вкрапленников кварца. Вкрапленники имеют извилистые, корродированные очертания и нередко окружены каймой мелкозернистого кварца. Здесь же наблюдаются таблитчатые образования, сложенные агрегатом серицита, мусковита и глинистого минерала, заместивших фенокристаллы полевого шпата, и, видимо, цветного компонента. Основная масса породы пойкилитовая, состоящая из тесно сросшихся "лапчатых" зерен кварца и полевого шпата. Размер первичных зерен основной массы кварцевого порфира (0,3–0,6 мм) резко отличается по крупности от зерен основной массы вторичных кварцитов. При возрастании степени перекристаллизации грани зерен стираются, породы постепенно замещаются кварц-серицитовой массой, переходя во вторичные кварциты. В пропилитах обычны рудные минералы и каолинит, основная масса апатита в стадию пропилитизации выщелачивается.

Кварцевые жилы и жильные штокверковые зоны – характерные элементы бирюзоносной площади месторождения. Жильный кварц слагает центральную часть зоны Бирюзового разлома, "кварцевый сердечник", прослеживающийся на местности и на снимках на многие километры за пределы месторождения. Жильным кварцем сложены бирюзоносные штокверковые зоны и отдельные жилы. Мощность жильного выполнения по Бирюзовому разлому в центральной и северо-восточной частях месторождения 10–20 м, на юго-западном фланге более 50 м. Бирюзоносные зоны мощностью 1–10 м сложены сериями разноориентированных маломощных (1–20 см) коротких и ветвящихся прожилков. Участки сильного прокварцевания чередуются со слабо окварцованными участками по простиранию и падению зон. Прослеженная глубина развития бирюзоносных кварцево-жильных зон достигает 50 м, простирание северо-восточное (50–70°) с крутым (75–80°) падением на юго-восток. Примерно такие же элементы характеризуют большую часть прожилков в этих зонах. В меньшей степени здесь развиты прожилки с субмеридиональным простиранием (10–30°), падающие на юго-запад (40–85°), а также прожилки северо-западного простирания (300–350°) с падением на юго-восток и северо-восток и субширотные (280–295°) с юго-восточным падением (30–80°).

Рис. 1
Прожилковая и вкрапленная бирюза в углеродистом кварците. Аумина

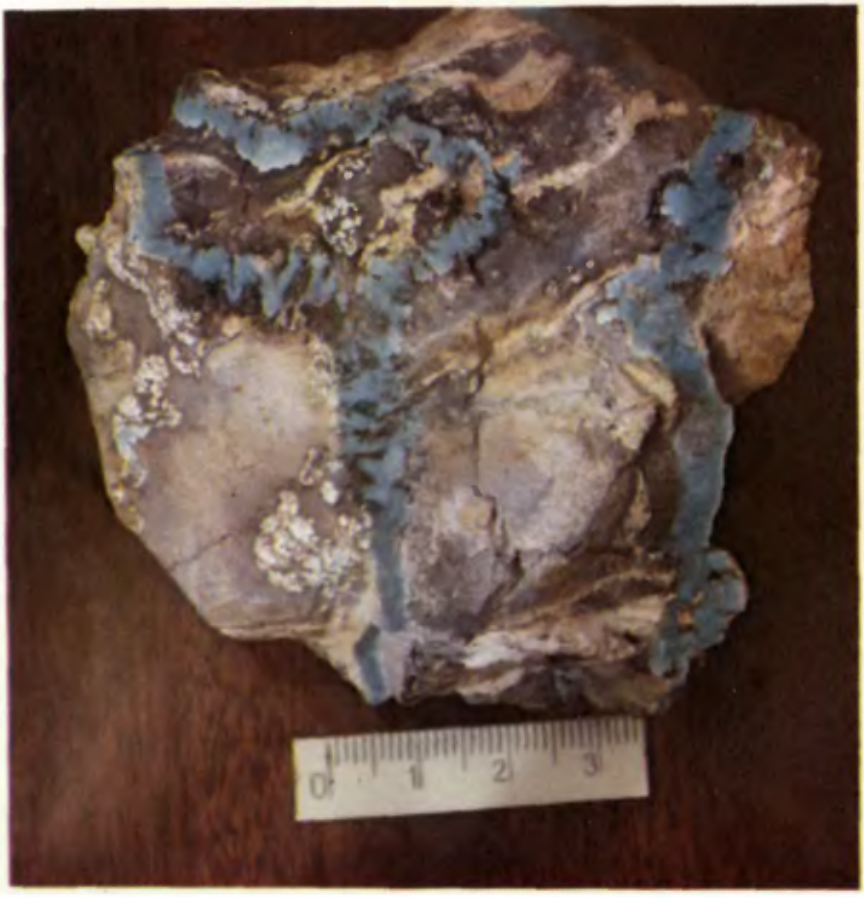
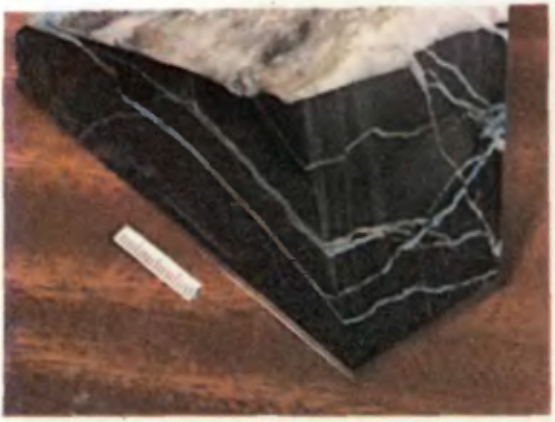


Рис. 2
Прожилковая бирюза и псевдоморфозы по бирюзе в углеродистом сланце. Аксумбе

Рис. 3
Замещение бирюзы вторичными минералами. Джаман-Каскыр

Рис. 4
Прожилки измененной бирюзы в углеродистом кварците. Дальнее



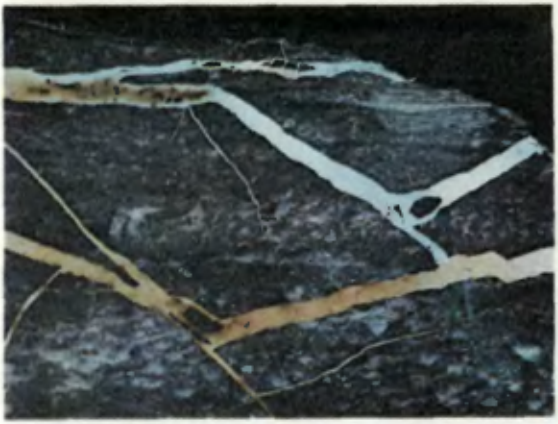


Рис. 5
Прожилки бирюзы и жильного кварца в углеродистом кварците. Ауминза

Рис. 6
Прожилки бирюзы, частично замещенной ярозитом, в углеродистом метасоматите. Ауминза

Рис. 7
Прожилки голубой бирюзы в сильно пиритизированных кварцитах (черное – скопления пирита). Ак-Турпак

Рис. 8
Кабошоны бирюзы с включениями каолинита и ярозита

Рис. 9
Самородок бирюзы. Кальмакыр

Рис. 10
Самородок бирюзы из вторичных кварцитов. Кальмакыр

Рис. 11
Вкрапленная бирюза. Ауминза

Рис. 12
Включения зеленовато-голубой бирюзы в кремнистом сланце. Ирлир II

Рис. 13
Мелко- и тонковкрапленная бирюза со следами давления. Джаман-Каскыр

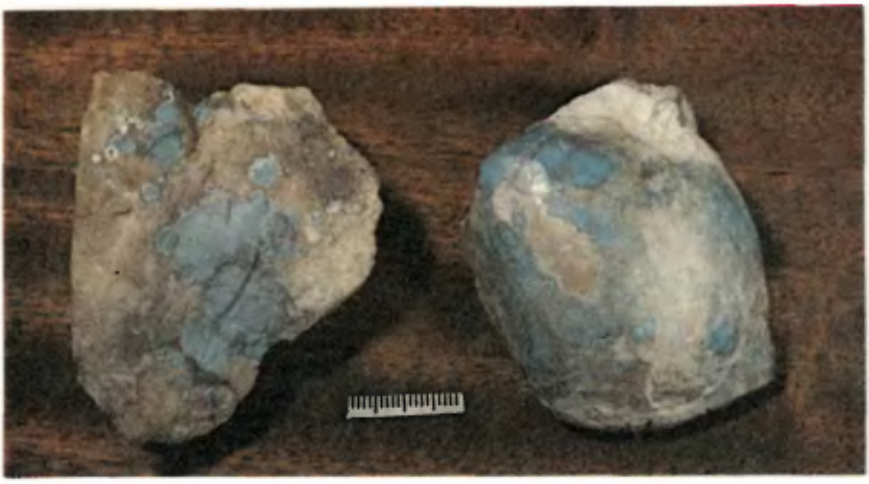
Рис. 14
Пластина сетчатой бирюзы. В серьгах – бирюза с кораллом и хризопразом

Рис. 15
Пластина и кабошоны сетчатой бирюзы. Ауминза

Рис. 16
Брошь и перстень из сетчатой бирюзы (Ауминза), вставки в серьгах – голубая бирюза (Бирюзакан)

Рис. 17
Сетчатая бирюза в углеродистом кварците и жильном кварце. Ауминза

Рис. 18
Включения голубой и зеленой бирюзы в измененных сланцах. Курумсак



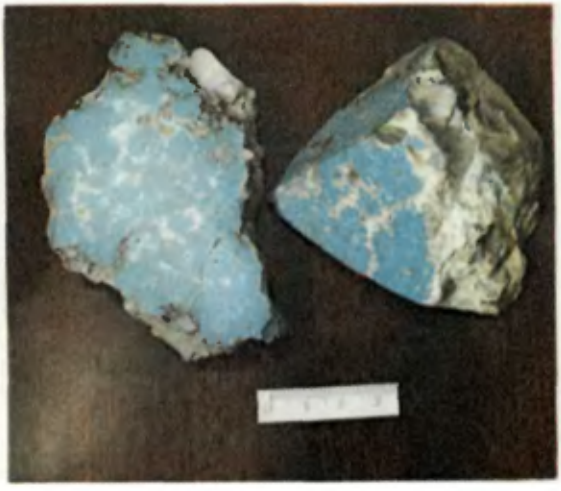


Рис. 19
Включения бирюзы в кремнистых с алунитом породах. Ирлир II

Рис. 20
Голубая бирюза в жильном кварце (слева; Джаман-Каскыр)
и во вторичном кварците (Бирюзакан)

Рис. 21
Браслет со вставками несортовой голтованной бирюзы

Рис. 22
Медальон с миллиметровыми кабошонами облагороженной бирюзы

Рис. 23
Голубая облагороженная бирюза – образец и вставки

Рис. 24
Применение облагороженной бирюзы для украшения бытовых изделий

Рис. 25
Гарнитур с крупными кабошонами облагороженной бирюзы

Рис. 26
Подвеска „Журавушка" с кабошоном облагороженной бирюзы

Рис. 27
Серьги с бирюзой и аметистом (фото из книги „Ювелирное искусство народов России")

Рис. 28
Браслет с крупным голтованным камнем несортовой бирюзы

Рис. 29
Брошь с кабошонами облагороженной бирюзы

Рис. 30
Подвеска с голтованным камнем нестандартной бирюзы с включениями кварца и вмещающих кварцитов. Аякаци I

Рис. 31
Голубая бирюза в ожелезненных кварцитах. Унгурликан

Рис. 32
Пластина сетчатой бирюзы и изделия из нее. Ауминая

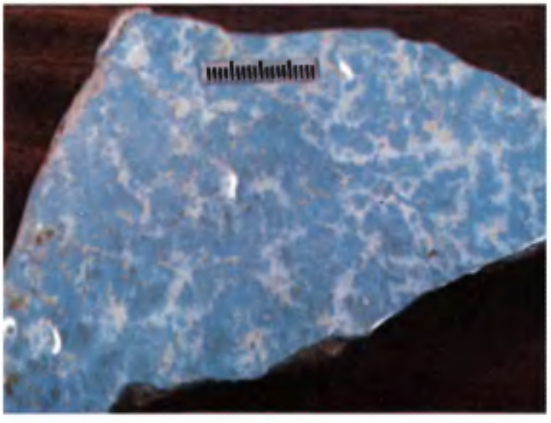


Рис. 33
Перстень с крупным кабошоном облагороженной бирюзы

Рис. 34
Голубая бирюза каолинизированная. Полировка в плоскости прожилка. Кальмакыр

Рис. 35
Бирюза с включениями сланцев, замещенная гидроксидами железа. Приполировка в плоскости прожилка

Рис. 36
Бирюза в жильном кварце, проросшая кристаллами горного хрусталя. Бирюзакан

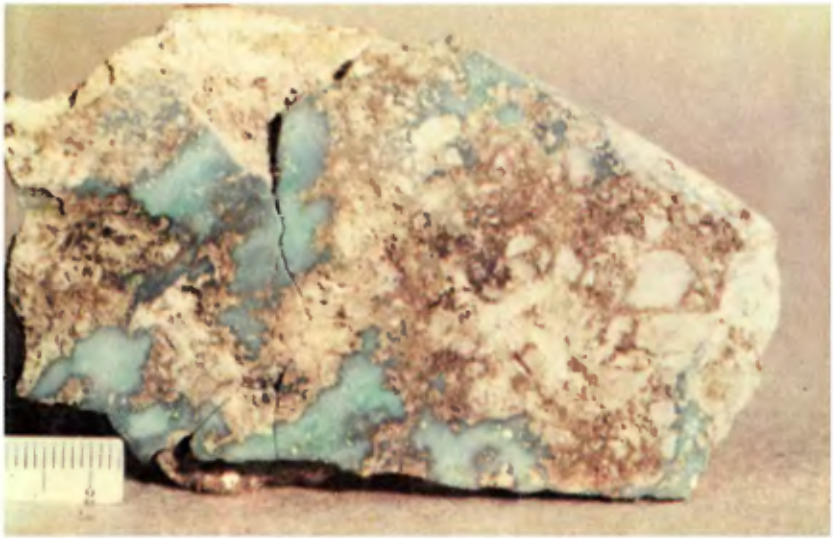
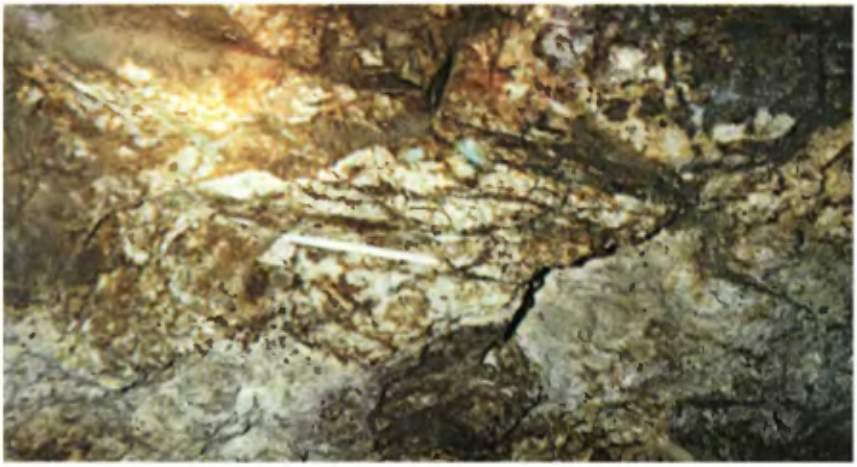


Рис. 37
Голубая бирюза в зоне дробления и ожелезнения во вторичных кварцитах. Бирюзакан

Рис. 38
Общий вид месторождения Унгурликан

Рис. 39
Общий вид площади с обнажениями кварцитов каолинитовой и серицит-кварцевой фаций

Рис. 40
Включения голубой бирюзы во вторичных кварцитах. Унгурликан



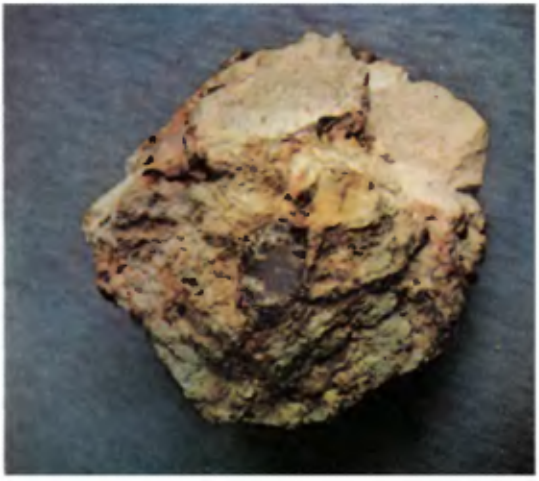


Рис. 41
Включения бирюзы в кварцитах. Унгурликан (стенка штольни)

Рис. 42
Кристалл барита в измененной бирюзе. Аякащи I

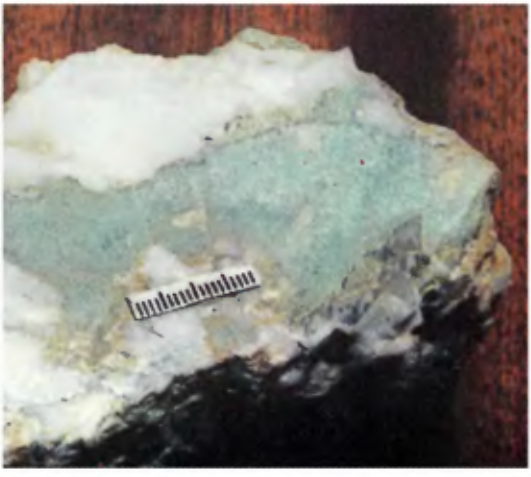


Рис. 43
Зеленая железистая бирюза в дробленном жильном кварце. Джаман-Каскыр

Рис. 44
Зеленая бирюза в жильном кварце. Джаман-Каскыр

Рис. 45
Морфологические разновидности ювелирной бирюзы в углеродистых кварцитах. Ауминза

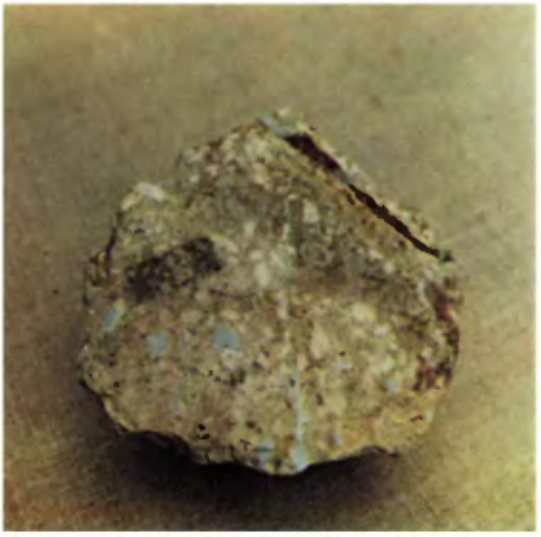


Рис. 46
Замещение бирюзой полевых шпатов в пропилите. Кальмакыр

Рис. 47
Общий вид площади, расположенной южнее месторождения Ак-Турпак

Рис. 48
Мелковкрапленная бирюза с псевдоморфозами вторичных минералов. Аумнинза

Рис. 49
Прожилок голубой бирюзы с корочкой вторичных минералов. Аксумбе

Рис. 50
Замещение бирюзы ярозитом и гидроксидами железа. Аякащи I

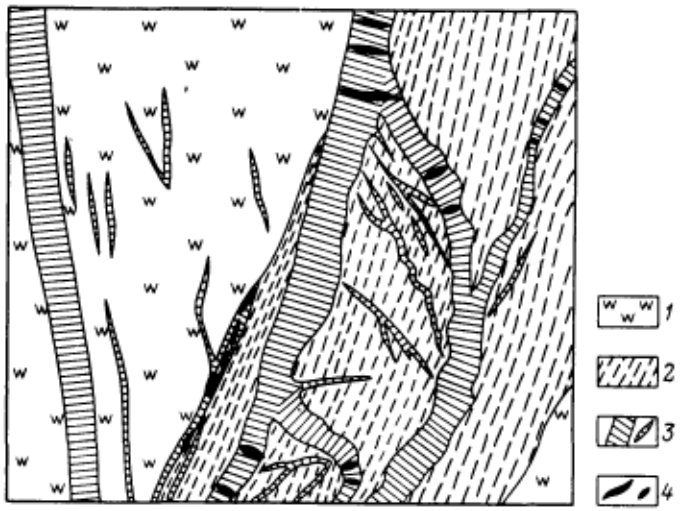


Рис. 13
Морфология прожилков кварца в бирюзоносных зонах месторождения Бирюзакан: *1* – вторичные кварциты, *2* – зона интенсивного дробления, *3* – прожилки кварца, *4* – прожилки и включения бирюзы

При детальных исследованиях достаточно четко выделяются четыре генерации жильного кварца, что указывает на сложность и многостадийность формирования бирюзоносных зон.

Кварц I – массивный крупно- и среднезернистый молочно-белый, добирюзовый – слагает центральную часть разлома и основную массу жил и прожилков месторождения.

Кварц II – бирюзоносный светло-серый, полупрозрачный с макро- и микрокатакластическими и шестоватыми структурами, трещиноватый с остаточными пустотами и пустотами выщелачивания.

Кварц III – горный хрусталь – образует щеточки на стенках пустот и трещин. Хорошо ограненные (вплоть до двуголовых) кристаллики кварца III инкрустируют бирюзу в краевых частях прожилков и линз, нередко встречаются в срединных участках бирюзовых образований.

Кварц IV – наиболее поздний халцедоновидный – встречается редко в виде небольших прожилков и линз.

Бирюза. Главная особенность бирюзовой минерализации Бирюзакана – четкая приуроченность к кварцево-жильным зонам (рис. 13). Бирюза локализуется в мелких трещинах отрыва, секущих кварцевые прожилки в различных направлениях, а также в первичных пустотах, стенки которых инкрустированы горным хрусталем в виде разнообраз-

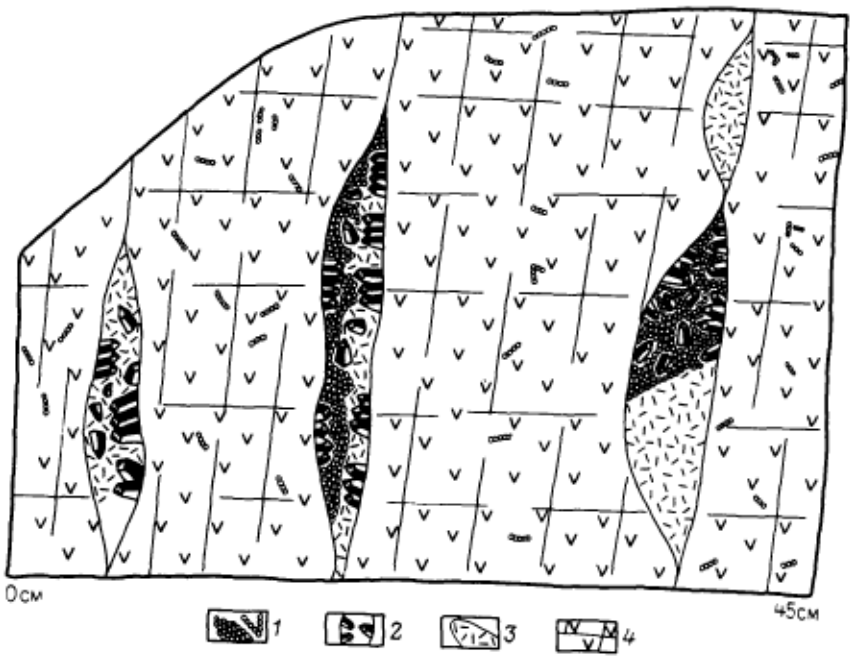


Рис. 14

Линзовидные выделения бирюзы и галлуазита, цементирующие кристаллики горного хрусталя во вторичных кварцитах месторождения Бирюзакан:
1 — линзы, прожилки и примазки бирюзы, *2* — кристаллики горного хрусталя, *3* — линзы галлуазита, *4* — дробленые кварциты серицитовой фации

ной формы и размеров выделений (рис. 14, 36, 37). Отдельные прожилки и включения бирюзы развиты непосредственно во вторичных кварцитах кварц-серицитовой фации с характерными микрошестоватыми структурами (рис. 15, 16). Бирюзоносные участки современными выработками вскрыты на глубине 3 м и более от поверхности; на юго-западном фланге бирюзоносные тела имели выход на поверхность и отрабатывались в древности (до выклинивания бирюзоносных зон).

Максимальное развитие ювелирной бирюзы на месторождении отмечено в интервале 3–40 м от поверхности. В приповерхностной зоне бирюза не развита или полностью выщелочена. До глубины 5–10 м наряду с яркой голубой бирюзой встречаются зеленоватые разности. На более глубоких горизонтах бирюза тесно ассоциирует с каолинитом. Каолинизированная бирюза, вероятно, связана с постмагматической каолинизацией на заключительных этапах; не исключается и влияние застойных вод, содержащих органические кислоты. Процент ожелезненных разностей бирюзы здесь невысок. Гидроксиды развиты

Рис. 15
Жильный кварц с прожилком бирюзы. Ув. 50, с анализатором. Бирюзакан

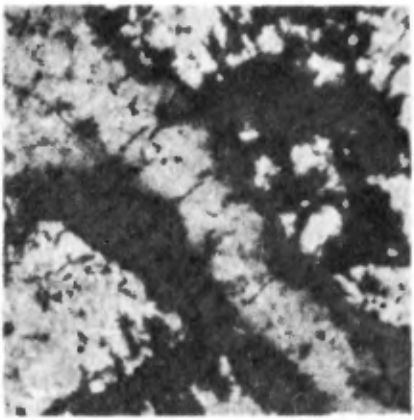


Рис. 16
Прожилок бирюзы с ярозитом и гидроксидами железа в зальбандах во вторичных кварцитах. Ув. 40, с анализатором. Бирюзакан

в виде пленок и тонких корочек по трещинам в кварце и соответственно в зальбандах ювелирной бирюзы; плотные корочки гидроксидов местами полностью скрывают драгоценные разности.

Распределение бирюзоносных жил и участков в жильных зонах крайне неравномерно по падению и простиранию. Размер минерализованных тел не превышает нескольких метров. В одном из них (размером 2,5 × 2,0 × 1 м) получено около 40 кг бирюзы, в том числе 1,5 кг плотной яркоокрашенной голубой бирюзы с мощностью пластин до 3,5 мм. Большая часть бирюзы представлена прожилочками и корочками мощностью менее 1 мм, окрашенными в бледные зеленоватые тона. Более мощные прожилки имеют тонкую зеленоватую оторочку или плотную корку гидроксидов.

Прожилки бирюзы развиваются по пологим трещинам, секущим прожилки кварца от зальбанда к зальбанду, что и определяет их протяженность (5–7 см). Кварцевые прожилки меньшей мощности, как правило, бирюзы не содержат. Пустоты среди шестоватого кварца и непосредственно во вторичных кварцитах выполнены голубой бирюзой в тесной ассоциации с горным хрусталем, галлуазитом и каолинитом. Размер линзовидных скоплений бирюзы колеблется от нескольких миллиметров до 6 см в длину, в единичных случаях встречаются линзы более 30 см длиной. В сильно пиритизированных метасоматических породах нижнего горизонта развиты мелкие включения и тонкие прожилки ярко-голубой стекловатой бирюзы, не развиты здесь и жильные зоны.

Основные минералы-спутники бирюзы – кварц, горный хрусталь, чешуйчатый гематит, пирит, каолинит I – фиксируют гидротермальную стадию минералообразования; вавеллит, ярозит, каолинит II, гидроксиды железа развиты в зоне окисления.

Месторождение Бирюзакан локализовано в висячем борту мощного Бирюзового разлома близ ядра Канташ-Джамансайской антиклинали. Разлом представляет собой зону дробления северо-восточного простирания, заложенную еще в палеозое и активизированную в альпийское время. Мощность разлома 10–60 м, в пределах месторождения – 50–120 м. Падение крутое (80–85°) на юго-восток. Центральная зона выполнена жильным кварцем. Минерализованное поле характеризуется максимальной переработкой вмещающих пород, максимальной трещиноватостью и дроблением их и наибольшим развитием жильного кварца. Распределение жильных зон, отдельных прожилков и бирюзоносных участков определяется развитием трещинной тектоники. Простирание кварцево-жильных зон и отдельных крупных прожилков кварца в целом параллельно Бирюзовому разлому; серии более мелких и разноориентированных нарушений выполняются прожилками кварца и бирюзы той же ориентировки. Кроме жильного выполнения, тектонические нарушения фиксируются зеркалами скольжения, ожелезнением, глинками трения и милонитоми.

Зона выветрелых пород на месторождении практически не развита. В коренных обнажениях и под небольшим слоем наносов вскрываются массивные породы со слабыми следами выветривания.

Месторождение Унгурликан

По промышленной значимости в былые времена Унгурликан (древний Илакский рудник) следовало бы поставить на первое место среди месторождений данного типа.

Месторождение расположено примерно в центральной части Северо-Кураминской бирюзоносной зоны. На его площади насчитывается более 70 древних выработок с разветвленной сетью ходков и камер до глубины 50 м. Площадь месторождения около 0,2 км², высотные отметки 1050–1180 м. Примерно около 100 м составляют превышения от древних выработок или минерализованных выходов в подножье сая до древних выработок близ водораздельного гребня. Рельеф месторождения обычный среднегорный, резко пересеченный с глубокими распадками и крутыми склонами (рис. *38,39*).

Впервые месторождение обследовали Б.Н. Наследов и П.И. Князев в 1928 г. Детальные поисковые работы проводятся с 1973 г., вскрыты минерализованные участки с бирюзой в новых блоках.

На геологической карте (рис. 17) четко видна приуроченность древних выработок, а следовательно, и бирюзовой минерализации к

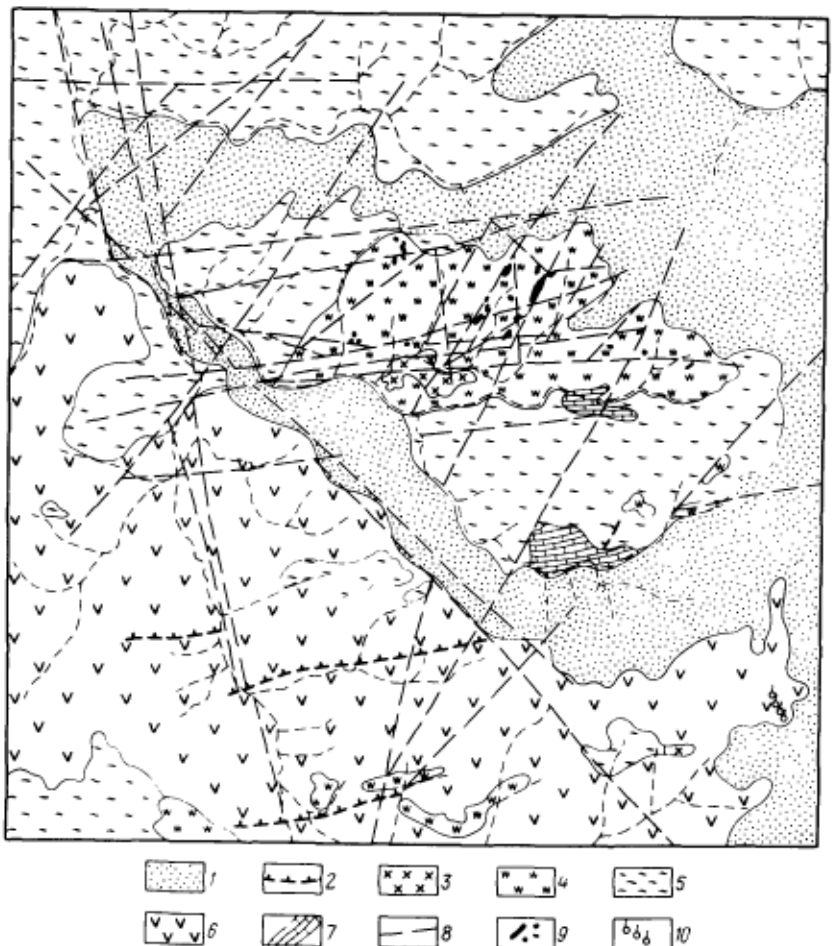


Рис. 17

Схематическая геологическая карта района месторождения Унгурликан (по Т.И. Менчинской, Э.Ш. Кудаеву, В.А. Драмшеву):

1 — четвертичные отложения; *2* — дайки гранит-порфиров, сиенит-порфиров; *3* — гранодиорит-порфиры; *4* — вторичные кварциты серицит-кварцевой фации и пропилиты; *5* — вторичные кварциты каолинитовой фации; *6* — слабоизмененные порфириты с участками пропилитов; *7* — известняки; *8* — тектонические нарушения; *9* — древние выработки на бирюзу; *10* — древние выработки с неустановленной минерализацией

массиву вторичных кварцитов и пропилитов. Прилегающие участки сложены вторичными кварцитами каолинитовой фации. Площадь месторождения достаточно хорошо обнажена с характерными скальными выходами и грядами бирюзоносных кварцитов, свойственных и для других бирюзоносных площадей.

Вторичные кварциты каолинитовой фации в большинстве случаев бесструктурные, реликты первичных пород отсутствуют. Площади, сложенные этой разновидностью кварцитов, нередко описываемых как коры выветривания, сглаженные с мощным чехлом четвертичных отложений и без признаков бирюзовой минерализации.

Небольшое тело гранодиорит-порфиров, практически не затронутых метасоматическими процессами, обнажается среди бирюзоносных кварцитов в ложе небольшого распадка, ограничивающего месторождение с юга. Гранодиорит-порфиры близки бирюзаканским и представляют собой субвулканические аналоги акчинской свиты.

В восточно-юго-восточной части центрального участка месторождения в северо-восточном направлении проходит дайка кварцевых порфиров, также идентичных бирюзаканским. Светлоокрашенные кварцевые порфиры, вероятно, и здесь являющиеся материнскими породами бирюзоносных кварцитов, не дешифрируются на аэрофотоснимках, однако хорошо прослеживаются по поверхности (вскрыты канавой близ устья карьера 7 и в восточной рассечке штольни 2). Хорошо дешифрируются дайки гранит-порфиров и сиенит-порфиров к юго-юго-западу от бирюзоносного массива среди слабо измененных порфиритов. Андезит-дацитовые порфириты, в той или иной степени захваченные метасоматическими процессами и практически неизмененные, слагают реликтовые участки среди каолинитовых кварцитов к югу от месторождения.

Таким образом, площадь месторождения Унгурликан по геологическому строению весьма близка площади месторождения Бирюзакан. Те же андезит-дацитовые порфириты акчинской свиты (C_2ak) с субвулканической фацией гранодиорит-порфиров прорваны дайками или небольшими массивами кварцевых порфиритов и гранит-порфиров, подвергшихся гидротермальной и метасоматической переработке.

Отличительная черта унгурликанской площади – развитие фации каолинитовых кварцитов по периферии и за пределами месторождения, что характерно в целом для северного склона Кураминского хребта, где вторичные кварциты и гидротермально измененные породы слагают широкую и протяженную зону. На южном склоне Кураминского хребта наблюдаются лишь разобщенные массивы осветленных пород с характерной метасоматической переработкой, наиболее полно проявившейся в Бирюзаканском и Табошарском массивах.

По составу, макро- и микроструктуре бирюзоносные кварциты Унгурликана идентичны бирюзаканским. Это массивные на нижних горизонтах месторождения и пористые близ поверхности породы кварц-серицитового и алунит-серицит-кварцевого состава с постепенными переходами в пропилиты с отчетливыми реликтами первичных пород. В бирюзоносных зонах породы брекчированы, раздроблены и перекристаллизованы с образованием разностей с шестоватым квар-

цем. В верхних зонах обычны ярозит, опал и гидроксиды железа – в основном гидрогематит, окрашивающий породы в розоватые и малиновые тона. На глубоких горизонтах развиты сульфиды – пирит, халькопирит, галенит, сфалерит.

В структурном отношении массив вторичных кварцитов и пропилитов, вмещающий месторождение Унгурликан, приурочен к тектоническому блоку с широко развитой системой разрывных нарушений северо-восточного (20–60°) и субширотного (80–110°) простираний. В меньшей степени здесь развиты меридиональные и северо-западные тектонические нарушения. Крупные и протяженные разломы северо-западного направления дешифрируются к западу от месторождения в долине Пистолисая. К нарушениям северо-восточного направления отчетливо приурочены гряды монокварцитов, в подножье которых расположены крупные древние выработки Центральной зоны Унгурликана.

Бирюзоносные зоны трассируются нарушениями широтного простирания с максимальной минерализацией в узлах пересечения разноориентированных нарушений. Широтные разломы прослеживаются на расстояние более 1 км. В пределах 600–700 м в том же направлении установлены древние выработки, которые группируются в четыре участка: Центральный, Западный (Унгурлисай), Северо-Западный и Восточный.

Каждый из участков трассируется широтными разломами и сопровождающими их сериями трещин. В забое карьера 7 вскрыта одна из бирюзоносных зон месторождения, ограниченная крутопадающими зонами дробления северо-восточного направления и пересекающаяся пологими трещинами субширотного направления, контролирующими минерализацию. Такое же строение характерно и для бирюзоносных зон других участков.

В отличие от Бирюзакана на площади месторождения Унгурликан развиты нечетко выраженные кварцево-жильные зоны. Не исключено, что как максимально минерализованные участки они могли быть отработаны в древности, так как в отвалах древних выработок в обломочном материале всюду встречается жильный кварц. В современных штольнях вблизи древних выработок также часто обнаруживаются серии маломощных прожилков кварца. Одиночные кварцевые жилы картируются и с поверхности. Минерализованные участки, вскрываемые в настоящее время, выделяются поздним прокварцеванием вторичных кварцитов в виде серий разноориентированных тонких прожилочков, линз и неправильной формы обособлений полупрозрачного серого и буроватого ожелезненного бирюзоносного кварца. Небольшие выделения кварца сопровождаются мелковкрапленной и мелкожелвачковой бирюзой, что подчеркивает прямую генетическую связь бирюзы с поздним кварцем. Линзовидные прожи-

лочки и скопления желвачковой бирюзы контролируются открытыми трещинами и маломощными зонами дробления. Более крупные кварцевые прожилки, сложенные молочно-белым кварцем, бирюзы не содержат и ориентированы в большинстве случаев в северо-восточном направлении.

Бирюза. На месторождении Унгурликан бирюза нередко плотная с яркой синевато-голубой окраской (рис. *40, 41*). Преобладающая разновидность – желвачковая и мелковкрапленная бирюза до нескольких сантиметров в поперечнике. Встречаются линзы бирюзы мощностью 2–10 мм и протяженностью 3–5 см. Прожилки бирюзы в центральной части месторождения редки. Они характерны для Западного участка, где в бирюзоносной зоне развиты разноориентированные прожилки бирюзы мощностью до 0,5 см с протяженностью до 15 см.

Бирюза здесь, как и на Бирюзакане, тесно ассоциирует с низкотемпературным микрошестоватым кварцем: нередко она непосредственно включена и плотно вросла в кварц или же развивается по трещинам в сильно прокварцованных участках; местами одновременно с кварцем выполняет одну и ту же трещину. Кварцевое обрамление и плотные корочки ярозита и гидроксидов железа как бы предохраняют бирюзу от выветривания. На месторождении часто встречаются образования яркоокрашенной ювелирной бирюзы вблизи поверхности, так как бирюзоносные кварциты в целом слабовыветрелые даже в коренных обнажениях, большему гипергенному изменению они подвержены лишь в зонах сильного дробления без позднего прокварцевания (рис. 18).

На горизонтах штолен в 20 и 40 м от поверхности бирюза имеет "рубашку" из глинистых минералов. Желвачки бирюзы ярко-голубые, в забое, при высыхании на поверхности становятся светло-голубыми или почти белыми, и лишь в центре желвачков сохраняется плотная ювелирная бирюза. "Рубашка" глинистых минералов легко снимается в галтовочных барабанах. Каолинизированные разновидности бирюзы развиты либо в открытых трещинах, либо в зонах милонитизации; они не имеют кварцевой оторочки и изменяются под воздействием рудничных вод.

Минерализованные участки на месторождении Унгурликан вскрыты современными выработками на глубине 0,5–40 м и прослежены бурением до глубины 110 м. Мощность минерализованных участков и кустов составляет 2–5 м, протяженность – 7–28 м.

Бирюзоносные тела разделены массивными неминерализованными кварцитами. В одной из рассечек установлена зона с яркой обильной вторичной медной минерализацией, секущая бирюзоносную зону, что подтверждает предположение о том, что вторичная медная минерализация, обусловленная гипергенными процессами, разобщена с бирюзой

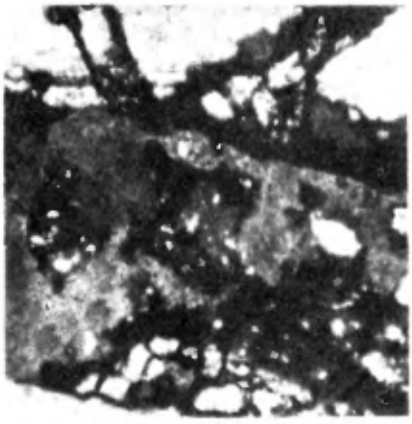


Рис. 18
Катаклазированный бирюзоносный кварцит (светло-серое); трещины выполнены гидроксидами железа (черное) и ярозитом (темно-серое). Ув. 40, без анализатора. Унгурликан

и во времени, и (в большинстве случаев) в пространстве, так же как и рудные полиметаллические тела.

Древние бирюзовые рудники Бирюзакан и Унгурликан – основные представители месторождений бирюзы кураминского типа в Средней Азии. На других объектах (Шаугаз, Яккобаг и Таштепе) геологическое строение и характер минерализации те же, различны лишь масштабы и степень изученности бирюзовой минерализации.

За рубежом аналогами месторождений бирюзы кураминского типа являются Нишапурские месторождения Ирана и часть месторождений южных штатов Северной Америки.

Нишапурские месторождения

Месторождения находятся в северо-восточной части Ирана в пределах горной цепи, протянувшейся с запада на восток между городами Котшаном и Нишапуром. Горная гряда сложена молодыми третичными известняками и песчаниками, переслаивающимися с мощными линзами поваренной соли и гипса. (Интересно, что гипс широко развит в рыхлых отложениях, перекрывающих бирюзоносные площади в Кызылкумах и Казахстане.). По данным К.П. Богдановича (1888 г.), А.Ф. Соседко (1932 г.), Б.Я. Меренкова (1936 г.) и Р. Вебстера (1962 г.), крупные разломы, разбивающие осадочную толщу Нишапурской гряды, служили каналами для внедрения третичных трахитов, фельзитовых порфиров и диабазов.

Тектоническая брекчия с красно-бурым железистым цементом пересекает молодые магматические образования и вмещает бирюзоносные штокверки, определяя таким образом позднетретичный возраст иранской бирюзы.

По петрографическому составу нишапурские бирюзоносные породы близки породам риолит-дацитовой формации Кураминского хребта. Сходство геологического строения этих регионов подтверждается и развитием поздних даек диабазов.

Обильная апатитоносность, густая вкрапленность пирита и халькопирита характеризуют бирюзоносные породы и на Нишапурской площади. Здесь также апатит более свойственен глубоким частям месторождений, в верхних (наиболее измененных метасоматически) зонах апатит выщелочен. Повышенная апатитоносность материнских пород как источника фосфора для бирюзы не вызывает сомнений.

Бирюзовая минерализация на нишапурских месторождениях (как и на кураминских) строго приурочена к крупным протяженным тектоническим зонам типа Бирюзового разлома и отлагается по трещинам преимущественно северо-восточного и северо-западного простираний. Форма минерализованных тел относительно изометричная, строение штокверковое. Бирюзовые штокверки развиты до глубины 100 м и более от поверхности неравномерно, но на небольшом расстоянии друг от друга, следуя вдоль зоны повышенной трещиноватости.

Бирюза. Иранская (или нишапурская) бирюза с древнейших времен считалась эталоном ювелирной бирюзы по плотности и яркости голубой окраски. Подробная минералого-петрографическая характеристика ее в литературных источниках отсутствует, за исключением единичных химических анализов, повторяемых из источника в источник. Образцы, попавшие в наши музеи, к сожалению особой эффектностью не отличаются, так же как и бирюза в изделиях, привозимых из Ирана. Здесь так же имеют место и каолинизированные осветленные ее разности, и зеленоватые ожелезненные. И, конечно, многовековая интенсивная отработка месторождений во всех случаях ограничивает наш диапазон познания бирюзы в оставшихся целиках. Изделия прошлых веков, богато украшенные иранской и бухарской бирюзой, подчеркивают их идентичность и полную схожесть с бирюзой, добываемой в наши дни. Существует, конечно, огромная разница в количестве добываемой бирюзы в начале разработок месторождений в те давние времена и сейчас, когда мы имеем дело по существу с охранными целиками или небольшими пропущенными минерализованными телами. Но даже в них встречаются участки с обильной минерализацией: десятки килограммов бирюзы на участках в 1–3 м протяженностью и в поперечнике. Несколько таких участков даст сто и более килограммов бирюзовой массы и десятки килограммов драгоценной и полудрагоценной бирюзы.

Месторождения США

В юго-западных штатах Северной Америки (Колорадо, Невада, Аризона и Нью-Мексико) расположены многочисленные месторожде-

ния бирюзы, принадлежащие кураминскому и кальмакырскому (по нашей классификации) типам – месторождения в магматических породах риолит-дацитовой формации с убогой рудной минерализацией и месторождения в порфировой формации с промышленной медно-молибденовой и полиметаллической минерализацией. Только в шт. Невада насчитывается более 40 бирюзоносных объектов. Приведенное ниже описание трех месторождений сделано по данным, опубликованным Е.Я. Киевленко и Н.Н. Сенкевичем в 1974 г.

Месторождение Вилла-Гроув. Месторождение расположено в шт. Колорадо на северо-востоке окр. Сегуэйч в 13 км северо-западнее г. Вилла-Гроув. Оно обнаружено в 1913 г. и с тех пор является главным источником бирюзы в шт. Колорадо. Бирюза добывается из открытых горных выработок глубиной до 30 м. Стоимость ежегодно добываемого сырья около 40 тыс. дол. Бирюза считается лучшей в США.

Месторождение представлено серией бирюзоносных разломов и тектонических трещин в выветрелых фельзитовых порфирах (риолитах) палеогенового возраста. Порфиры прорваны дайками апатитсодержащих кварцевых латитов более свежих, чем порфиры. И фельзитовые порфиры, и прорывающие их латиты, близкие к андезитовым порфирам, серицитизированы и каолинизированы. Близ месторождения известны бедные медносульфидные руды, состоящие из халькопирита, медьсодержащего пирита и азурита.

Бирюза образует прожилки и небольшие самородки в раздувах трещин или в пустотах среди вмещающих пород. Здесь же в трещинах встречаются скопления каолинита и реже серицита. Зальбанды прожилков бирюзы обычно сложены каолинитом, а желваки окружены скорлуповатым каолинитом концентрически-зонального строения. Качество бирюзы высокое, преобладают плотные разновидности небесно-голубого цвета. Здесь также встречаются пористые и даже землистые разности голубой и зеленовато-серой окраски, а также прожилки и желваки каолинизированной бирюзы. К сожалению, уделив должное внимание каолину, авторы ничего не сообщают о жильном кварце, хотя и здесь он обычно является концентратором и носителем бирюзы.

Месторождение Ла-Хара (копи Монасса). Месторождение находится в шт. Колорадо в 16 км восточнее г. Монасса. Месторождение открыто в конце XIX в. по древним индейским выработкам, разрабатывается с 1909 г. В 1947 г. здесь было получено более 900 кг бирюзы товарной и бирюзы в породе ("бирюзовая метка") на сумму 30 тыс. дол.

На месторождении выделено шесть обогащенных бирюзой блоков, образующих единую бирюзоносную зону. Размеры минерализованных блоков 50 × 100 м, глубина минерализации 20 м. Вмещающие породы представлены сильно измененными риолитами и трахитами, сохранившими реликты первичных структур и весьма напоминающими бирюзо-

носные пропилиты. Они состоят из каолинита, серицита и реликтов вкрапленников полевых шпатов; встречаются обособления лимонита (может быть, ярозита?) и зернистого кварца. Возраст вмещающих пород миоценовый.

Бирюза образует сеть прожилков мощностью до 1 см и желвачки с каолинитовой, серицитовой и кварцевой корочками. Бирюза плотная небесно-синяя и бледно-голубая. В одной из зон добыто 314 кг ювелирной бирюзы и самородок бирюзы с тончайшими прожилочками лимонита длиной 17,3 см и толщиной 8,3 см, оцененной в 1 000 дол.

Месторождение Бурро-Маунтин. Месторождение расположено в шт. Нью-Мексико в 16 км юго-западнее г. Сильвер-Сити. Район сложен докембрийскими гранитами, прорванными кварцевыми апатитоносными монцонит-порфирами в зоне разломов Южно-Аризонского пояса. Бирюза встречается в тектонических зонах вдоль контакта гранитов и рвущих их порфиров. Крупные бирюзоносные участки расположены вблизи медных рудников Азур и Паркер.

Протяженность бирюзоносной зоны более 200 м, ширина 30–60 м, прослеженная глубина минерализации 18–30 м. Бирюза встречается в прожилках мощностью от 2 до 38 мм. В раздувах трещин среди серицитовой и каолинитовой массы встречались крупные желвачки ювелирной бирюзы. Некоторые желвачки сопровождались скоплениями оливково-зеленого галлуазита.

Многочисленный ряд других бирюзоносных месторождений США по своим геолого-минералогическим особенностям идентичен описанным. Все они разрабатывались ранее и служат источниками драгоценного сырья до сих пор. В шт. Невада в 1940–1946 гг. добыто бирюзы на сумму 124 тыс. дол., затем добыча упала и вновь достигла высокого уровня в 1950–1961 гг.

Кызылкумский тип

Месторождения бирюзы кызылкумского типа локализованы в породах углеродисто-карбонатно-кремнистой формации, возраст которой условно считается раннесилурийским или рифейским, на некоторых площадях – позднекаменноугольным.

В Средней Азии эти месторождения наиболее многочисленны, сюда относятся месторождения Центральных Кызылкумов, хребта Султануиздаг, гор Нуратау и западных отрогов Туркестанского хребта, развиты они в Южном и Западном Казахстане. Площади бирюзоносных полей Кызылкумов и хребта Султануиздаг в ряде случаев измеряются квадратными километрами, а площади бирюзоносных узлов достигают нескольких десятков квадратных километров. Большая часть месторождений глубоко эродирована. Основная масса кварцевых прожил-

ков с бирюзой была обнажена на поверхности и отработана до выклинивания. Глубина развития обильной минерализации 3–5 м. Второй бирюзоносный горизонт, вскрытый выработками и скважинами, расположен на глубине 10–30 м, в единичных случаях бирюза устанавливается на глубине 50–80 м (Косшока).

На месторождениях кызылкумского типа широко развиты железистые и цинксодержащие разновидности бирюзы зеленой и голубовато зеленой окраски, здесь же можно встретить и ярко-голубые стекловатые разности на черном фоне углеродистых кварцитов. Характерная разновидность кызылкумских месторождений – вкрапленная и сетчатая или паутинная бирюза. В массе измененной бирюзы нередки рашлеит, халькосидерит, ярозит, лимонит и гидрогематит, местами почти нацело замещающие бирюзу в различных сочетаниях. Встречаются сильно окремненные и рыхлые мелоподобные разности бирюзы. Последние, как и на кураминских месторождениях, фиксируют глубокие и корневые части месторождений.

В результате древней отработки и широкого развития процессов выветривания близповерхностные зоны таких месторождений, как Центральное, Джаман-Каскыр, Аякащи I, Южный Дербез, практически бесперспективны. Редко встречаемые здесь небольшие тела с ювелирной бирюзой не имеют промышленного значения. Продуктивный горизонт этих месторождений в настоящее время расположен глубже 7 м. Здесь установлены участки, на которых содержание ювелирной бирюзы достигает 20 % общей массы сырья. Значительно шире проявлена более низкосортная бирюза с многочисленными включениями жильного кварца и вмещающих пород, с пятнами и прожилками вторичных минералов. Такая бирюза наиболее пригодна для изготовления нестандартных штучных и массовых изделий (крупных кабошонов, браслетов, подвесок с одним или несколькими камнями и др.), так как каждый камень характеризуется оригинальной окраской и рисунком.

На месторождениях со слаборазвитыми процессами выветривания (Таушан, Ауминза, Ирлир, Султануиздагское и др.) участки с ювелирной бирюзой вскрываются вблизи поверхности. Вмещающие породы массивные, древняя отработка на них менее интенсивна. Месторождение Ауминза и проявление Ирлир II вскрыты современными выработками.

Для кызылкумского типа месторождений бирюзы характерны обильная минерализация, крупные (мощностью в несколько сантиметров и протяженностью в несколько метров) мономинеральные прожилки бирюзы и скопления или самородки массой до 1 кг и более. Нередко встречаются брекчии жильного кварца с бирюзовым цементом и оригинальные образования тонко- и мелковкрапленной бирюзы до крупножелвачковых форм.

По промышленной значимости месторождения кызылкумского типа мало уступают кураминским месторождениям, превосходят их по числу объектов, размерам минерализованных площадей и количеству выделений бирюзы. Запасы ювелирной бирюзы на основных месторождениях с учетом масштабов древней отработки составляли тысячи килограммов. По масштабам минерализации, крупности бирюзовых образований, развитию ярко-зеленых и сетчатых разностей эти месторождения не имеют аналогов.

В составе кызылкумского типа нами выделен таушанский подтип, объединяющий месторождения бирюзы в зоне непосредственного контакта продуктивных углеродистых пород с интрузивными массивами кислого и основного состава. Проявления бирюзы этого подтипа (Таушан, Мальгузарское) известны в горах Кульджуктау и Нуратау – южных палеозойских поднятиях Кызылкумов. Масштабы месторождений средние, изучены они слабо. Характер и степень минерализации не ясны, преобладают плотные голубые разности бирюзы. Вмещающие породы ороговикованы, массивны,слабо затронуты выветриванием даже в поверхностных зонах. Не выражены зоны ожелезнения и каолинизации, слабее проявлены кварцево-жильные зоны. Бирюза устанавливается непосредственно в андалузитовых роговиках Таушанского массива и в тонких кварцевых прожилках. Отчетливо проявлены процессы графитизации, гематитизации и окварцевания бирюзоносных пород в виде маломощных прожилков по системам разноориентированных трещин.

В целом на месторождениях кызылкумского типа бирюзовая минерализация четко контролируется кварцевыми жилами и кварцево-жильными зонами, широко развитыми в Кызылкумах и несколько меньше в других регионах. Непосредственно в углеродистых кварцитах бирюза отмечается значительно реже в виде монопрожилков и вкраплений между кварцевыми жилами или вблизи них. Таким образом, основной концентратор бирюзы, – жильный кварц.

Апатитоносны здесь дайки среднего состава, серии которых являются неотъемлемым элементом всех бирюзоносных площадей. Здесь также следует учитывать повышенную фосфороносность углеродистых кварцитов, вмещающих месторождения.

Геологически наиболее изучены лишь два месторождения Северо-Букантауского бирюзоносного узла – Аякащи I и Джаман-Каскыр. В какой-то мере опоискованы Ауминзинское месторождение, месторождение Северный Дербез, Турбай I и Турбай II, Аякащи II и Аксумбинское месторождение в Южном Казахстане, Тебин-Булаксое месторождение хр. Султануиздаг. В последние годы проводились работы на новом месторождении Долинном в горах Тамдытау. Здесь же ранее проводились работы на Дальнем и Новом участках, а крупные минерализованные площади с интенсивной древней отработкой (Центральное,

Западное и Юго-Западное и др.) ждут своей очереди. Даже в наше время освоение кызылкумских объектов сопряжено с большими трудностями, поэтому, если и не идет голубой рекой бирюза Бухарской области, то небольшой ее ручеек дает бирюзу нашей промышленности уже в течение двух десятилетий.

Месторождение Аякащи I

Месторождение расположено в горах Букантау и входит в состав Северо-Букантаусского бирюзоносного узла, геологическое изучение его было начато с 1965 года, интенсивно разрабатывалось в IX–XI вв. и детально изучалось уже в 70-х годах. По существу, это месторождение явилось основным полигоном для познания кызылкумских объектов. Здесь были получены первые килограммы кызылкумской бирюзы.

Площадь месторождения (около 1 км²) сложена осадочно-метаморфическими породами, условно относимыми к коксайской свите московского яруса среднего карбона (C_2 m *ks*). Свита флишоидного типа представлена пачкой тонкопереслаивающихся песчаников, алевролитов и аргиллитов. Интенсивная перемятость пород, частое переслаивание и гидротермальные изменения затрудняют расчленение первично-осадочных образований. Четко прослеживаются лишь прослои темно-серых и черных углеродистых сланцев и кварцитов, не подверженных гипергенным изменениям и трассирующих общее направление мощной тектонической зоны, контролирующей месторождение.

Схема геологического строения наиболее минерализованного юго-западного фланга месторождения приведена на рис. 19. Строение остальной площади идентично. В северо-восточном направлении уменьшаются количество бирюзоносных кварцевых жил, степень их минерализации и древние выработки. Последние более широко развиты к северу от изученной площади – бирюзоносное после Аякащи Северное.

В результате гидротермально-метасоматических и экзогенных процессов породы месторождения, в первую очередь аргиллиты, превращены в серицит-кварцевые сланцы с реликтами углистого вещества. Наиболее сильно серицитизированы и окварцованы породы центральной и юго-западной частей месторождения, к которым и приурочены основные тела бирюзовой минерализации и где сосредоточено большинство древних и современных выработок. На северо-восточном и юго-западном флангах в слабо измененных участках развиты прослои тонкозернистых песчаников и алевролитов.

Породы по всей площади месторождения тонкорассланцованы и максимально передроблены и перемяты до микроплойчатости в пределах бирюзоносных зон месторождения. Сланцеватость пород совпадает со слоистостью по простиранию слоев, по падению она характеризуется более пологими углами, определяя в целом более

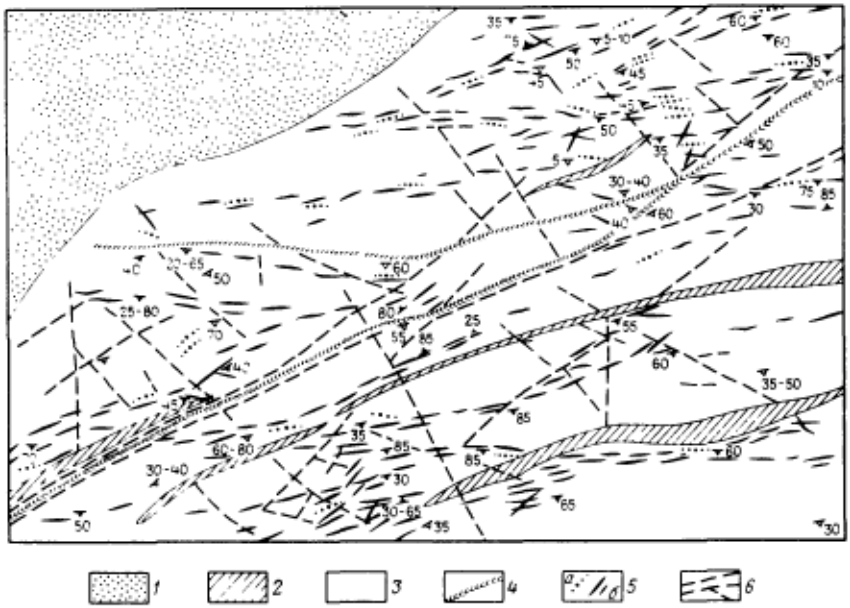


Рис. 19

Схема геологического строения юго-западного фланга месторождения Аякащи I: *1* – четвертичные отложения; *2* – графитизированные углисто-кварцевые сланцы; *3* – углисто-серицит-кварцевые сланцы (аргиллиты осветленные, серицитизированные), песчаники, алевролиты серицитизированные, окварцованные; *4* – дайки лампрофиров; *5* – кварцевые прожилки: бирюзоносные (*а*), небирюзоносные (*б*); *6* – тектонические трещины, зоны дробления

пологое падение серии субпараллельных бирюзоносных тектонических зон. Простирание пород северо-восточное (50–75°, редко 35 и 85°). Падение юго-восточное, углы падения 50–85°. В ряде случаев моноклинальное залегание пород осложнено мелкой складчатостью в виде вытянутых узких складок симметричного и асимметричного строения. Симметричные складки характеризуются крутыми углами падения крыльев, в асимметричных складках углы падения изменяются от 25–30° в одном крыле до 80° в другом.

Значительная часть площади месторождения Аякащи I сложена углеродисто-кварцевыми графитизированными сланцами, образующими реликтовые полосы, участки и пятна среди осветленных, серицитизированных сланцев и песчаников. Это породы темно-серого, почти черного цвета с отчетливо проявленной сланцеватостью. Сланцы постепенно переходят в углеродистые кварциты, при сильном ожелезнении отдельные прослои близки к железистым кварцитам. Всюду установлено осветление углеродистых пород в пределах кварцево-

жильных зон. Наиболее сильное осветление проявлено до глубины 30 м. Глубже вскрыты массивные почти черные сланцы с маломощными прослоями алевролитов и тонкозернистых песчаников, просеченных редкими маломощными прожилками кварца. В результате наложения гипергенных процессов наиболее изменены и осветлены близповерхностные участки незначительной мощности. На глубине 25–30 м и более осветление и явная серицитизация развиваются по отдельным тектоническим трещинам в виде маломощных полос и пятен. Небольшие скопления серицита и мелкочешуйчатого мусковита наблюдаются в зальбандах редких здесь кварцевых жил и прожилков. По микротрещинам и на плоскостях скола в углеродистых сланцах обычны корочки, прожилочки и примазки карбоната. В зонах смятия и трещиноватости развиты пирит, ярозит и гидроксиды железа.

С севера и юга месторождение ограничено грядами графитизированных кварцитов, вытянутых в северо-восточном направлении вдоль разломов. Это массивные, почти черные, нередко тонкослоистые породы. По слоистости и разноориентированным трещинам в кварцитах развиты светло-серый полупрозрачный кварц, корочки и примазки карбоната, гидроксиды железа и пирит. Широко проявлена сеть кварцевых прожилков мощностью от 1 мм до первых десятков сантиметров. Практически не затронутые процессами выветривания углеродистые кварциты сохраняются в виде воздымающихся обнаженных гряд, в то время как площадь месторождения между ними снивелирована, полностью перекрыта рыхлыми отложениями и рассечена рядом глубоких саев и промоин. В бортах сая, разделяющего площади Аякащи I и Северное Аякащи, сохранились участки бесструктурной обычной коры выветривания, хорошо заметные и на местности, и на фото- и аэроснимках. Это еще раз подтверждает, что нормально развитые коры выветривания развиваются обособленно и ложатся на уже сформированные бирюзоносные площади.

Серицит-кварцевые и кварц-серицитовые сланцы – вмещающие породы бирюзоносных зон и отдельных кварцевых прожилков на месторождении. Глубина развития этих сланцев ограничивается глубиной развития кварцевых прожилков, которые контролируются мощными зонами смятия и рассланцевания. В ряде случаев кварцевые прожилки развиты в углеродисто-кварцевых сланцах и кварцитах и не сопровождаются процессами серицитизации и осветления. Это свидетельствует о связи процессов только с определенными структурами и зонами, к которым приурочен и низкотемпературный бирюзоносный кварц.

Углеродисто-серицит-кварцевые сланцы, слагающие практически все бирюзоносное поле, представляют собой как бы промежуточное звено между черными графитизированными сланцами и осветленными

разностями серицит-кварцевого состава. В ряде случаев среди них наблюдаются реликты углистых аргиллитов. Пятнистая окраска пород зависит от степени окварцевания и серицитизации. В зонах смятия, как и повсюду, развиты корочки и примазки позднего карбоната. Заметим, что даже при макроисследованиях в различных породах зон смятия устанавливается до четырех разновидностей карбоната. Это, прежде всего, корочки, тонкие прожилки и примазки молочно-белого микрозернистого карбоната, которые пересекаются тонкими прожилками и обрастают корочками прозрачного макрокристаллического кальцита. Плотный опаловидный карбонат чаще всего приурочен к жильному кварцу. Широко развиты мучнистые примазки позднего карбоната.

В пределах бирюзоносного поля в виде небольших прослоев, мощностью 0,5–10 м, отмечаются песчаники и серицитизированные, окварцованные алевролиты. Эти породы более массивны, менее рассланцованы и заметно реже рассекаются прожилками кварца. В зонах смятия песчаники приобретают тонкосланцеватую текстуру.

В шлифах породы месторождения в большинстве своем характеризуются ярко выраженной тонкополосчатой текстурой. Они состоят из мелко- и тонкозернистых агрегатов кварца и мельчайших чешуек графита, рассеянных в массе породы и переполняющих зерна кварца. Количество кварца и графита варьирует. В пределах гряд кварцитов, ограничивающих месторождение с юга и севера, преобладает графит, что и обусловливает черный цвет пород. В зонах дробления и окварцевания в минерализованном поле наблюдаются все переходы от полосчатых углеродисто-кварцевых пород до типичных монокварцитов, состоящих из тесно сросшихся относительно изометричных зерен кварца с неровными зазубренными ограничениями. Графит здесь присутствует в небольшом количестве в виде тончайших чешуек.

По левому склону сая Турбай у северной границы месторождения прослеживается узкая прямолинейная прерывистая полоса субширотного простирания, сложенная прекрасно выраженной тектонической брекчией. Со сланцами месторождения брекчия имеет четкий тектонический контакт, погружаясь под сланцы в южном направлении. Брекчия представлена массивным плотно сцементированным материалом, состоящим из разнообразных по форме и размерам угловатых обломков сланцев и жильного кварца. Материал несортирован: крупные обломки соседствуют с мелкой щебенкой. Большая часть обломков остроугольная, реже края обломков слегка оплавлены. Цемент брекчии мелко- и тонкозернистый лимонит-кварцевый. Порода местами пористая, по стенкам пустот развиты корочки и щеточки карбоната. Не исключено, что данная зона брекчий – лежачий контакт зоны смятия, вмещающей бирюзоносное поле. Висячий контакт размыт, в результате

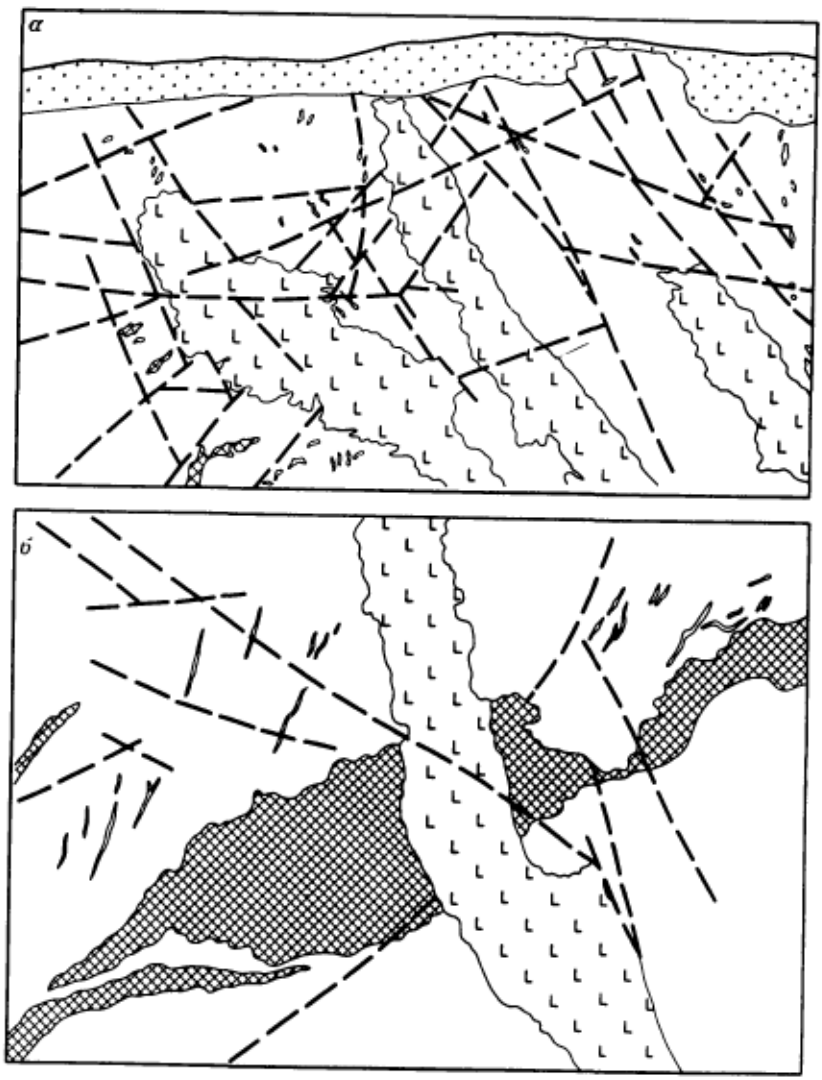


Рис. 20

Схемы дешифрирования фотоснимков стенки траншеи на месторождении Аякащи I:

а — характерное развитие тектонических трещин и даек вблизи бирюзоносных зон; *б* — пересечение кварцевой линзы лампрофировой дайкой

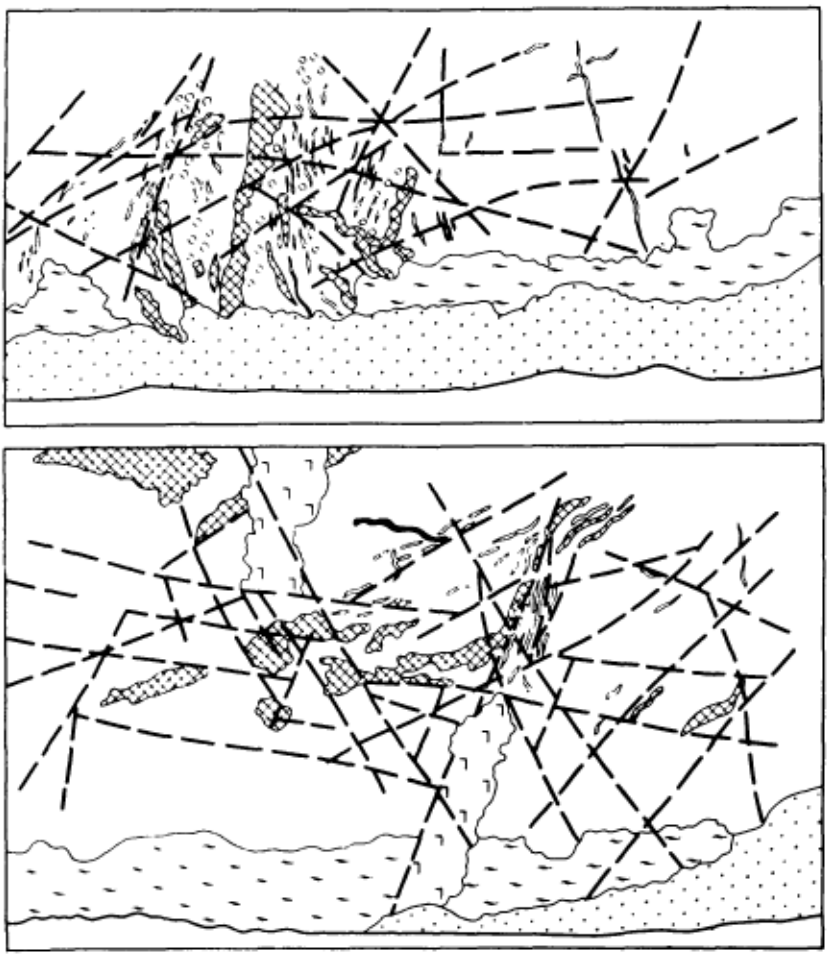


Рис. 21
Схемы дешифрирования фотоснимков стенки траншеи на месторождении Аякаши I. Отчетливо видны взаимоотношения даек, кварцево-жильных зон с бирюзой и коры выветривания

чего и обнажены кварцево-жильные зоны с бирюзой, просекающие зону рассланцевания.

Через все поле месторождения прослеживается дайка лампрофиров с апофизами на обоих флангах. Простирание дайки северо-восточное (70°). Апофизы вытянуты в широтном и субширотном направлениях. Падение дайки во всех случаях юго-восточное крутое (65–75°), апофизы падают на юг более полого (40–60°). Мощность основной

дайки не превышает 80 см на протяжении 1,5 км (лишь в отдельных участках до 1 м). Мощность апофиз 40–50 см, на выклинивании – 3–5 см. Дайка лампрофиров прослеживается примерно в центральной части основной минерализованной зоны, всюду перекрыта наносами и вскрывается горными выработками, в стенках которых резко выделяется светлой окраской (породы сильно выветрелые и представлены глинистым материалом различной плотности). Дайки и ее апофизы прекрасно дешифрируются на обычных фотоснимках стенок выработки (рис. 20, 21). Зальбанды дайки нередко трассируются кварцевыми прожилками, ожелезнены, местами с небольшими зонами закалки. В редких случаях наблюдаются разрыв и смещение дайки тектоническим швом или кварцево-жильной бирюзоносной зоной. До глубины 10 м и более лампрофиры, как и на других месторождениях, превращены в глинистый материал преимущественно монтмориллонитового состава светлой, почти белой окраски.

Кварцевые жилы, прожилки, кварцево-жильные зоны. Кварцевые жилы широко распространены на площади месторождения. Они повсеместно образуют элювиально-делювиальные развалы, обнажаются во врезах саев, вскрываются горными выработками под небольшим слоем рыхлых отложений и достаточно хорошо проявленной коры выветривания (рис. 22). Одиночные, как правило, наиболее крупные жилы редки. Обычно это серии, состоящие из десятков крутопадающих маломощных параллельных прожилков, согласных с простиранием пород и следующих вдоль зон рассланцевания. Меньше встречаются жилы, отчетливо секущие, более пологие и, как правило, не выходящие на поверхность. Кварцево-жильные серии ("кусты") всюду имеют характерное и близкое строение. Примерно в центральной части "куста" расположена одна или две-три наиболее крупные жилы, мощностью 10 см и более. В обе стороны от них развиты тонкие прожилочки, линзы и скопления кварца неправильной формы, сменяющиеся далее едва различимыми микропрожилками. Жилы мощностью 30 – 50 см нередко обнажаются на поверхности и образуют крупноглыбовые развалы, трассируя кварцевые "кусты" вдоль зон дробления. Значительная часть кварцевых прожилков, особенно крупных линз, выклинивается близ поверхности или прослеживается на глубину не более 1,5–3 м. Нередко жильный кварц наблюдается лишь в элювиально-делювиальном развале и отсутствует в коренных породах. Это относится и к кварцевым жилам с бирюзой, что и определяло небольшую глубину древних выработок – ям и закопушек.

Более крупные серии кварцевых жил общей мощностью в несколько метров прослеживаются обычно на глубину 10–15 м, постепенно выклиниваясь. На флангах и в центре месторождения пробурено три профиля скважин, и только четыре скважины практически не вскрыли

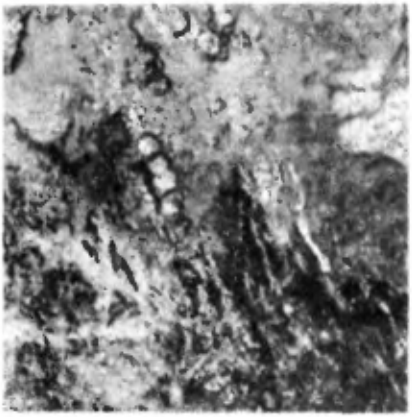


Рис. 22
Типичные мелкопрожилковые бирюзоносные зоны, перекрытые рыхлыми отложениями. Аякащи I

кварцевых прожилков. Остальные скважины пересекли скопления прожилков на глубинах 1–6, 6–12 (реже 6–14), 12–20 и 24–30 м. На первых двух интервалах (до глубины 15 м) кварцевые прожилки встречаются наиболее часто, имеют большую мощность, породы и жильный кварц более раздроблены. Вблизи центральной части месторождения отмечены многочисленные прожилки кварца на глубине 25–30 м, на интервале 6–11 м их число максимально. Вторые максимумы падают на интервалы 15–25 и 25–29 м.

При крутом залегании пород и большинства прожилков их поинтервальный характер распределения дает основание предположить, что они круто пересекают пологие зоны рассланцевания, увязывающиеся по разрезам скважин и уходящие за пределы месторождения.

Кварцево-жильные зоны формировались в процессе складкообразования, многократного чередования трещинообразования, процессов дробления и минерализации. Жильный кварц нередко раздроблен до мелкого щебня, тонких пластин и местами превращен в кварцевую крупу или муку.

Наиболее развита система согласных межпластовых жил, приуроченных к трещинам отслоения, интенсивно развитым з апикальных частях складок и на участках перегибов пластов. Установлена полная сопряженность жил со складчатостью. Характерна и морфология межпластовых жил – это извилистые, часто линзовидные и шлировидные образования с четкими контактами, подчеркнутыми тонкой сланцеватостью, повторяющей их изгибы и неровности жил.

Серии косо- и поперечносекущих прожилков приурочены к более поздним трещинам, представляющим собой трещины скола, секущие пластовые жилы. Как правило, это маломощные зонки дробления, выполненные тонкоперетертым материалом вмещающих пород, поэтому и жильное их выполнение незначительное. Секущие кварцевые

жилы в количественном отношении резко подчинены пластовым жилам, однако минеральная нагрузка более разнообразна именно в секущих жилах. Кроме кварцевых прожилков, здесь развиты прожилки полевошпатового и барит-кварцевого составов. Тонкие трещины нередко выполнены карбонатом. Глинистый материал зонок дробления, как правило, пропитан ржаво-бурыми и красновато-коричневыми гидроксидами железа.

Замеры трещинной тектоники, жильных зон и изучение кварцевых прожилков с достаточной достоверностью позволяют говорить о формировании на площади месторождения Аякащи I и на прилегающих площадях других месторождений пологих, характерных для запрокинутых складок кварцево-жильных зон, сопряженных с направлением кливажа.

В составе кварцево-жильных зон, как и на месторождениях кураминского типа, даже при небольшом навыке достаточно четко устанавливаются следующие разновидности жильного кварца:

1. Молочно-белый крупно- и среднезернистый кварц (около 50 % общего количества кварца). Образует отдельные жилы мощностью 30–100 см и протяженностью в несколько десятков метров. Слагает основную массу прожилков среди бирюзоносного поля, а также жилы и прожилки среди графитизированных кварцитов. Для кварца характерны монолитность, слабая трещиноватость и мономинеральность. В пределах минерализованного поля кварц захвачен процессами дробления, ожелезнен по трещинам, содержит корочки гипса и кальцита.

2. Кварц светло-серый полупрозрачный бирюзоносный. Слагает, как правило, прожилки мощностью 2–5, реже 7–10 см. Кварц сливной с жирным блеском, при детальном осмотре нередко шестоватого сложения, сильно трещиноват, раздроблен, местами рассланцован. На площади месторождения этой разновидностью жильного кварца представлено около 35 % прожилков, и только 5 % из них содержат бирюзу.

Для бирюзоносного кварца характерна кавернозность, развитая в жилах как вблизи поверхности, так и на глубине. Форма, размеры и число каверн сильно варьируют. Пустоты наиболее характерны для призальбандовых частей жил. Стенки пустот обычно покрыты корочками гидроксидов железа, карбоната, поздним кварцем (часто халцедоновидным), который нередко встречается и в самой бирюзе. Также обычны здесь тонкие щеточки и кристаллики горного хрусталя. Форма пустот неправильная, изометричная, линзовидная, щелевидная и прямоугольная. Первые три формы определяют форму заполнения их бирюзой. В других случаях на стенках пустот присутствуют мучнистые

глинистые минералы. Пустоты, как правило, выполняются (или были выполнены) полевыми шпатами.

3. Светло-серый кварц с полевыми шпатами. Количество кварц-полевошпатовых прожилков незначительно. Одиночные маломощные прожилки, не содержащие, как правило, бирюзы, отмечаются в различных частях минерализованного поля. Иногда розовые и кремовые таблитчатые кристаллики полевых шпатов образуют кучные скопления до 1 см в поперечнике. Полевые шпаты тесно ассоциируют с бирюзой в жилах месторождений Аякащи II и Султануиздагском. Поэтому полевошпат-кварцевые прожилки следует считать потенциально бирюзоносными.

При микроисследованиях установлено, что в молочно-белом кварце, прожилки которого густой сетью пронизывают графитизированные кварциты, сильно развиты катаклаз и грануляция зерен. Большая часть индивидов кварца более или менее изометрична, в результате катаклаза угасание их становится волнисто-полосчатым. Крупные индивиды гранулированы в краевых зонах, причем часть более мелких зерен раздроблена полностью до мелкообломочного остроугольного субстрата.

Серый кавернозный кварц характеризуется более сильным катаклазом и дроблением, в ряде случаев строение кварца шестоватое, угасание параллельно-полосчатое. Иногда по трещинам в кварце или между его шестами отмечаются кристаллики альбита. По поперечным трещинам, секущим кристаллы альбита, развивается серицит. Карбонат образует в кварце тонкие прожилочки и линзовидные выполнения.

Бирюза. Бирюза распространена крайне неравномерно. Условно на площади месторождения выделяются три бирюзоносные зоны – Северная, Центральная и Южная, сложенные кулисообразно залегающими кварцево-жильными сериями. Мощность жильных серий не превышает 15 м, по простиранию с небольшими перерывами они прослеживаются до 1 км.

Центральная бирюзоносная зона протягивается через все бирюзоносное поле и контролируется дайкой лампрофира, располагаясь по обе стороны от нее. Ширина зоны около 150 м. Наиболее богатая минерализация развивается от центральной части площади до ее юго-западного окончания, где сосредоточено большинство древних выработок. К северо-востоку минерализация убывает, выветрелая бирюза встречается в виде единичных включений и маломощных прожилков. В целом Центральная зона бирюзоносна на всем протяжении. Глубина минерализации достигает 30 м и строго ограничена интервалами кварцево-жильных зон.

Бирюзоносные участки представляют собой серии различно ориентированных кварцевых прожилков, содержащих обособления, а также мономинеральные прожилки и линзы бирюзы, развивающиеся по более

поздним трещинам, секущим вмещающие породы и прожилки кварца с бирюзой. Строение бирюзоносных участков по всему полю идентично. Различны лишь густота кварцевой сети и, соответственно, степень их минерализации.

Преобладающее число бирюзоносных прожилков простирается согласно со сланцеватостью пород и имеет отчетливо выдержанное падение на юго-юго-восток. Мономинеральные прожилки и линзы бирюзы во вмещающих породах развиваются в пределах или в непосредственной близости от бирюзоносной серии "куста" кварцевых жил. Размеры минерализованных участков определяются мощностью и протяженностью кварцевого куста и составляют несколько метров в поперечнике и несколько десятков метров в длину.

Высыпки жильного кварца на поверхности обычно не содержат бирюзы, которая установлена в выработках на глубине 1–3 м. Ювелирные разновидности в этом интервале встречаются редко. Бирюза здесь обесцвечена, ожелезнена и нередко полностью замещена вторичными минералами, хотя минерализация достаточно интенсивна и в крупных скоплениях. В Южной зоне найден самородок бирюзы массой около 40 кг с участками прекрасной голубой разновидности.

Качественную и количественную оценки минерализации того или иного участка можно дать лишь при вскрытии коренных пород на глубину более 3 м. В среднем продуктивный горизонт с ювелирной бирюзой на месторождении установлен на глубине 5–15 м. Более глубокие горизонты изучены слабо, да и глубина 5–15 м вскрыта и отработана практически на одном из участков Центральной зоны. В целом площадь месторождения достаточно изучена лишь в приповерхностной зоне.

Крупные кварцево-жильные серии, в том числе и бирюзоносные, приурочены к водораздельным частям – положительным формам рельефа. Древние же выработки, как правило, расположены в висячем боку этих зон, ниже по склону, что позволяло вскрыть более глубокий горизонт. Современные выработки закладывались непосредственно на развалах и при небольшой глубине вскрывали минерализованные участки с некондиционной бирюзой, а глубже пересекали зону и уходили из нее, только в дальнейшем рассечками из шурфов вскрывались продуктивные участки.

В прожилках и включениях бирюзы часто в изобилии содержатся прозрачные кристаллики кварца, реже вкрапленники пирита, барита, ярозита, тонкие просечки мелкозернистого кварца и халцедона, карбоната (рис. 42). Чем меньше гипергенные изменения вмещающих пород и жильного кварца, тем лучше качество бирюзы в них. При выветривании прежде всего разлагаются сульфиды и бирюза, а вмещающие породы в большинстве случаев сохраняют первоначальный облик.

Месторождение Аякащи I – яркий представитель месторождений кызылкумского типа – изучено наиболее полно. Его геолого-структурные и литолого-минералогические особенности должны учитываться при освоении других объектов, хотя каждый из них в своем роде уникален по развитию бирюзоносных зон и "кустов", степени их минерализации. Все они объединены единым процессом и идентичностью формирования.

На месторождении Аякащи I сохранились даже реликты древней коры выветривания по правому склону распадка у северного окончания выработки I и траншей 46, 47. Эти светлоокрашенные образования хорошо видны на поверхности и аэрофотоснимках. Они отличаются характерным рельефом поверхности с многочисленными тонкими промоинами. Материнские породы полностью замещены белыми или кремовыми глинистыми образованиями с преобладанием каолина. Признаки бирюзовой минерализации отсутствуют. Таким образом, на примере этого месторождения с уверенностью можно говорить, что древняя кора выветривания не несет бирюзы, а современная – изменяет и уничтожает ее.

Месторождение Джаман-Каскыр

По площади, масштабам минерализации и обилию древних выработок это наиболее крупное месторождение в пределах Северо-Букантауского бирюзоносного узла. Месторождение расположено в юго-западных предгорьях гор Джаман-Каскыртау на слабовсхолмленной и полностью перекрытой рыхлыми отложениями площади (около 3 км^2). Высотные отметки не превышают 430–450 м, площадь месторождения слабо поднимается с юго-запада на северо-восток к подножью гор. Из-за обилия древних выработок (более 100) микрорельеф месторождения "ячеистый", размер древних карьеров от 5 × 5 до 20 × 30 м. Глубина выработок 3–5 м (редко до 12 м). До этой глубины месторождение практически отработано. Глубина выработок четко ограничена глубиной развития кварцевой бирюзоносной жилы или небольшого "куста", выходившего на поверхности.

Мощность рыхлых отложений и выветрелого бесструктурного элювия колеблется от 0,5–1,5 до 2,5–3,0 м, ниже вскрываются слабовыветрелые породы, сохранившие первоначальный состав и структурно-тектонические особенности. Сходные с площадью Аякащи I реликтов хорошо выраженной коры веветривания здесь не устанавливается. Лишь на юго-западном фланге, в пониженных участках, фиксирующих крупные зоны разломов, развита кора выветривания линейного типа с характерной каолинизацией и ожелезнением пород и без признаков бирюзы. Мощность ее 2–3 м, редко более. Породы нацело замещены глинистыми и гидрослюдистыми минералами, сохраняется лишь жильный кварц в виде отдельных линз и прожилков. Ниже в зонах

разломов располагается так называемый структурный элювий с реликтами вмещающих пород и кварцево-жильных зон.

Для горизонта выветрелых пород характерна сильная загипсованность. Тонко- и грубоигольчатый гипс образует линзы, карманы, прослои разной мощности и протяженности, в целом пропитывает глинистый материал. В бесструктурном элювии, как и в нижележащем слое, на всей огромной площади месторождения бирюза отсутствует, за исключением примазок и тонких корочек в сохранившихся кварцевых жилах. Гидроксиды железа, ярозит, реже нонтронит, корочки карбоната развиты на большую глубину по отдельным трещинам и зонам, контролирующим и не контролирующим бирюзовую минерализацию.

Вмещающие породы – осадочно-метаморфические образования коксайской свиты московского яруса среднего карбона – перемяты, нередко сплоены и раздроблены. Преобладают тонкорассланцованные пачки сланцев, состав которых в зависимости от степени метаморфизма изменяется от существенно кварцевых до серицитовых с примесью, нередко значительной, во всех случаях углеродистого вещества. Алевролиты и мелкозернистые песчаники (массивные и рассланцованные) заметно преобладают над сланцами на северо-восточном фланге месторождения, находятся примерно в равных количествах со сланцами в центральной части и уступают сланцам на юго-западном фланге. Мощность алевролит-песчаниковых пачек изменяется от нескольких метров до нескольких десятков метров. Эти породы отчетливо картируются, выделяясь крупностью зерна и массивностью. Основные компоненты алеврит-песчаниковых пород – кварц (до 90 %), серицит и углеродистое вещество. Количество углеродистого вещества не превышает 1 % в сугубо кварцевых прослоях, в серицитовых сланцах составляет 15–20 м, в углеродисто-серицит-кварцевых прослоях иногда повышается до 30 %.

Площадь месторождения представляет собой тектонический блок с широким развитием дизъюнктивной тектоники. Практически всюду здесь развиты: 1) параллельные зоны рассланцевания, дробления и милонитизации северо-восточного направления, с которыми связана основная масса кварцевых жил и прожилков; 2) система широтных и субширотных нарушений с жильным выполнением, несущим бирюзу; 3) система секущих пологолежащих трещин северо-западного простирания с падением на северо-восток; 4) система меридиональных и субмеридиональных трещин практически без жильного выполнения.

Как и на месторождении Аякащи I, характерными элементами бирюзоносной площади Джаман-Каскыр являются дайки и кварцево-жильные зоны.

Дайки представлены спессартит-керсантитами, диоритами и диабазовыми порфиритами. Дайки диабазовых порфиров лучше сохранились по сравнению с дайками лампрофирового состава, превра-

щенными в приповерхностных зонах в рыхлый глинистый материал. Характерный акцессорный минерал лампрофиров – апатит. Серия лампрофировых даек берет начало примерно в центральной части площади и протягивается в западном направлении. Две дайки прослеживаются (с перерывами) с запада на восток на расстояние 200–300 м. Их сопровождают более короткие дайки того же широтного направления и дайки северо-западного простирания. Падение даек южное или юго-западное (60–85°), мощность 0,5 м (редко до нескольких метров).

Дайки четко следуют вдоль тектонических зон в непосредственной близости от кварцево-жильных образований (в том числе бирюзоносных). Взаимоотношение даек с жильным кварцем сложное. Видимо, ранний безрудный кварц додайковый, кварц бирюзоносный нередко следует вдоль зальбандов даек и пересекает их.

Кварцево-жильные зоны распределены по площади неравномерно. Размеры отдельных "кустов" небольшие – несколько метров по простиранию и падению. Группы "кустов" вытягиваются в протяженные (100 м и более) зоны. Прерывисто-параллельные серии кварцево-жильных зон и представляют собственно месторождение. Они контролируются зонами смятия, тектоническими зонами и трещинами, поперечно- и кососекущими сланцеватость пород.

Это сугубо гидротермальные образования с резкими контактами, подвергшиеся дроблению и будинированию, особенно в бирюзоносных участках. За их пределами развиты более спокойные, грубо параллельные серии кварцевых прожилков.

Кварц плотный, сливной белый слагает крупные жилы и будины, выходящие на поверхность и вскрываемые в глубоких саях и современных выработках (рис. 23).

Кварц сероватый крупно-гигантозернистый, участками шестоватый и кавернозный – бирюзоносный кварц.

Кварц светло-серый разнозернистый кавернозный, в том числе с полевыми шпатами, слагает согласные и секущие маломощные прожилки, имеющие незначительное развитие близ жил сливного кварца. Эти три разновидности кварца достаточно хорошо видны и макроскопически, и в шлифах, не отличаясь от подобных разностей на других месторождениях и в других типах. Развитие их явно обусловлено катаклазом и перекристаллизацией с последовательным разукрупнением зерна и образованием пор, пустот в сильно катаклазированных и шестоватых разностях.

Форма кварцевых выделений самая разнообразная: от одиночных протяженных жил до ветвящихся древовидных прожилков, линз и будин, окруженных тонкорассланцованными породами. Мощность прожилков 1–10 см (редко до 30 см), протяженность несколько метров.

Кварцевые жилы, прожилки и линзы контролируют распределение и содержат основную массу бирюзы.

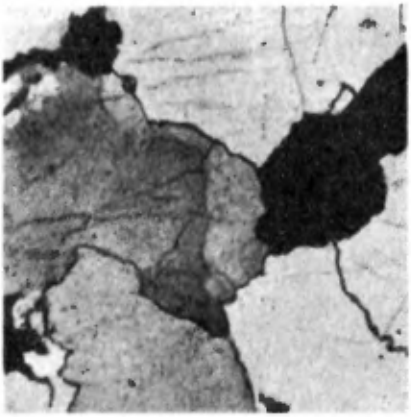


Рис. 23
Сливной белый кварц небирюзоносный. Ув. 50, с анализатором. Джаман-Каскыр

Бирюза. В кварце бирюза образует миллиметровые и сантиметровые прожилки, линзы, неправильной формы скопления, бобовины и горошины. В углеродистых кварцитах отмечаются оолитоподобные вкрапленники от тонко- и мелкозернистых до среднезернистых. Монопрожилки бирюзы мощностью 1–3 см и протяженностью в несколько метров развиты либо в пределах кварцево-жильного "куста", либо в непосредственной близости от него. Это более поздние образования, выполняющие пологие, почти горизонтальные трещины субширотного направления, секущие бирюзоносную зону, кварцевые прожилки в ней и дайки лампрофиров. В отдельных участках бирюза цементирует жильный кварц (рис. 24, 25).

В целом бирюзовая минерализация обильная и разнообразная по окраске. Развиты густоокрашенные зеленые железистые и цинксодержащие разности, яркие зеленовато-голубые, синевато-голубые, чисто голубые (рис. *43*, *44*). Для бирюзы месторождения Джаман-Каскыр, как и для других кызылкумских месторождений, наряду с мономинеральными прожилками и самородками обычны выделения бирюзы с многочисленными включениями жильного кварца, кристалликов горного хрусталя и обломочков вмещающих пород. Чем ближе к поверхности, тем более пятнистой становится окраска бирюзы, в которой развиваются гидроксиды железа, ярозит и другие вторичные минералы. Обычные спутники бирюзы – пирит, халькопирит, барит, горный хрусталь, карбонат, каолинит, галлуазит, нонтронит, гипс. Встречаются здесь и такие редкие минералы, как сванбергит и вудхаузеит. Глубина минерализации основных бирюзоносных "кустов" 10–20 м, в отдельных скважинах бирюза встречена на глубине 50 м. Горными выработками месторождение охарактеризовано с поверхности почти на всей площади, на глубину освещены отдельные зоны в центральной части месторождения и на юго-восточном фланге с подсчетом запасов драгоценного сырья в отдельных блоках.

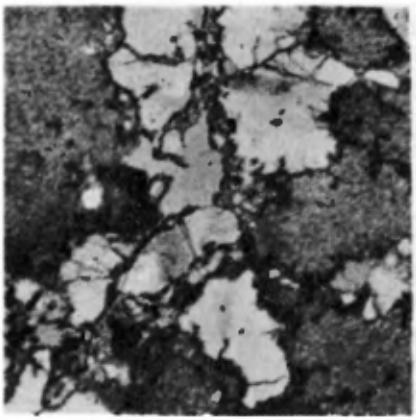


Рис. 24
Голубая бирюза в дробленом кварце с карбонатом. Ув. 40, без анализатора. Джаман-Каскыр

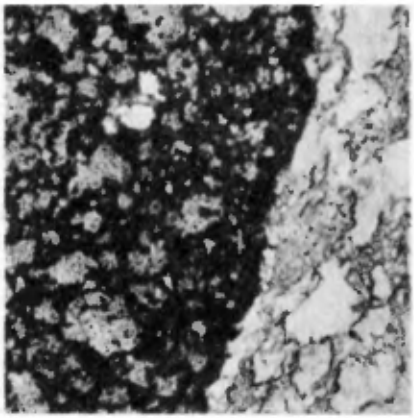


Рис. 25
Светло-голубая каолинизированная бирюза (темно-серое, черное) в срастании с жильным дробленным кварцем (светло-серое). Ув. 50, без анализатора. Джаман-Каскыр

Месторождение Ауминза

Месторождение расположено в Южных Кызылкумах (в горах Ауминзатау), приурочено к юго-восточному крылу Ауминза-Бельтауской антиклинали и находится в непосредственной близости от крупного альпийского субширотного разлома, отделяющего горный массив от выположенной поверхности кайнозойских образований. Краткое описание этого месторождения мы приводим как пример развития бирюзы в скальных породах, не затронутых древней отработкой, с характерным развитием сетчатых или паутинных разновидностей наряду с прожилочками и желвачками голубой бирюзы.

Площадь месторождения сложена породами кызылкумской свиты условно протерозойского возраста, представленной углеродистыми кварцитами и слюдистыми сланцами, участками графитизированными. В составе толщи черных и сизо-черных сланцеватых и плойчатых массивных углеродистых кварцитов и сланцев отмечаются небольшие согласные прослои мраморизованных известняков. На месторождении развиты зоны дробления, которые сопровождают основной разлом с линейными корами выветривания, ярко выраженными в пределах самой тектонической зоны. Прекрасные разрезы коры выветривания восточнее месторождения не несут признаков бирюзовой минерализации, хотя и захватывают иногда (одновременно с вмещающими породами) прожилки кварца. На восточном фланге месторождения в углеро-

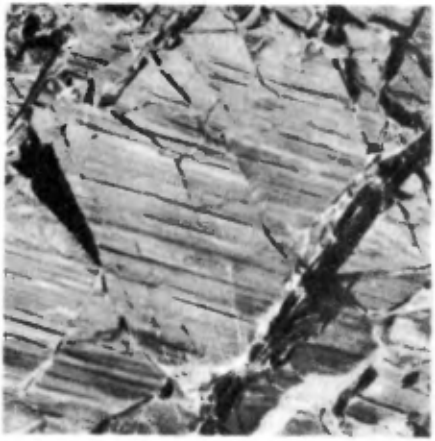


Рис. 26
Секущие зонки дробления и бирюзоносные кварцевые прожилки (белое) в тонкослоистых углеродистых кварцитах. Ауминза

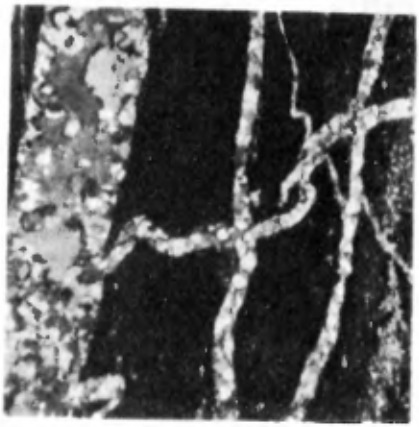


Рис. 27
Углеродистые сланцы с серией микропрожилков кварца. Ув. 50, с анализатором. Ауминза

дистых сланцах вскрыты линзовидные образования алунита и ярко-синие корочки и налеты хризоколлы. Оба минерала развиты в той же тектонической зоне, что и бирюза, но на некотором удалении от бирюзюносного поля.

Штокверковые бирюзоносные зоны развиты у подножья горы Ауминза вдоль зон дробления в углеродистых кварцитах на контакте с породами сланцевой толщи (рис. 26, 27). Развитие бирюзы в пределах бирюзоносных штокверков крайне неравномерное.

Качество бирюзы прямо зависит от близости зоны Ауминзинского разлома. Лучшая бирюза яркой голубой или даже сине-голубой окраски встречается в плотных кварцитах над разломом.

Бирюза. На Ауминзинском месторождении развиты следующие разновидности бирюзы:

1. Оригинальные прожилковые и линзовидные образования сетчатой и оолитоподобной вкрапленной бирюзы различной сохранности, цвета, крупности и рисунка включений. Сетчатая бирюза представлена тесносросшимися округлыми образованиями, разделенными тонкодробленным материалом кварцитов углеродистых, явно графитизированных, и обломочков жильного кварца (рис. 28). Этот материал плотно цементирует вросшую в него бирюзу. В зальбандах бирюза замещается гидроксидами железа, ярозитом, нередко в ассоциации с кальцитом (рис. 29). Непосредственно в массе бирюзы развивается алунит (рис. 30).

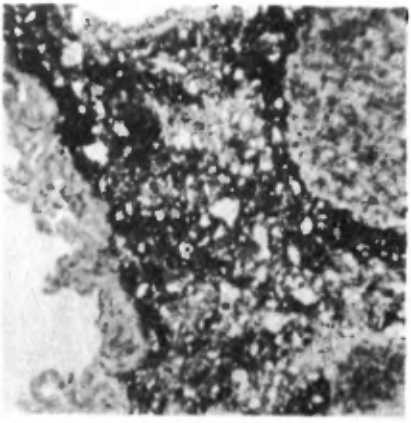


Рис. 28
Микроструктура сетчатой бирюзы. Оолиты бирюзы сцементированы тонкоперетертым материалом углеродистых сланцев и жильного кварца. Ув. 50, с анализатором. Ауминза

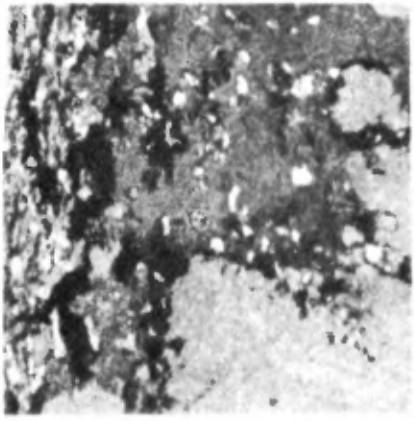


Рис. 29
Бирюза (серое) с ярозитом (темно-серое) и карбонатом (светло-серое) в зальбандах на контакте с графитизированным кварцитом. Ув. 50, с анализатором. Ауминза

2. Редкие небольшие прожилки и линзы яркого яблочно-зеленого цвета с повышенным содержанием ванадия и дефицитом меди.

3. Мономинеральные прожилки сине-голубой, голубовато-зеленой плотной бирюзы в массивных углеродистых кварцитах. Мощность прожилков 0,1–1 см. Это высококачественный и ювелирный и коллекционный материал (рис. *31.45*).

4. Желвачковые и линзовидные скопления бобовин и чечевичек бирюзы залегающих по небольшим трещинам в раздробленных рыхлых углеродистых графитизированных сланцах. Структура этих желвачков скорлуповатая с замещением верхних слоев глинистыми минералами.

Непременными спутниками ауминзинской бирюзы являются графит, кварц, алунит, пирит, ярозит, гипс, кальцит, опал, алунит; нередки малахит, хризоколла.

Месторождения Синайского полуострова

Из зарубежных месторождений по геологическим особенностям месторождения Синайского полуострова близки или однотипны кызылкумским месторождениям, но данные со бирюзоносных площадях региона крайне скудны. Практически неизвестны состав бирюзоносных толщ, их возраст и взаимоотношения с окружающими породами. В юго-западной части Синайского полуострова, где находятся месторождения бирюзы и меди с малахитом, азуритом и хризоколлой,

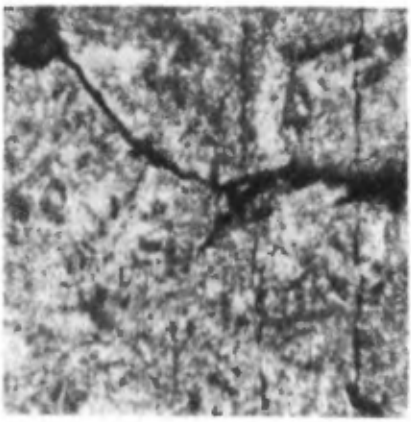


Рис. 30
Оолиты бирюзы (серое) замещены алунитом (белое); черное – графит. Ув. 50, с анализатором. Ауминза

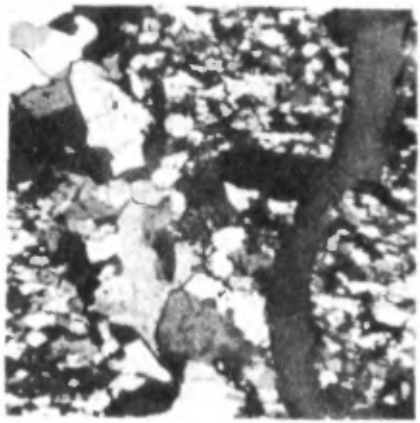


Рис. 31
Секущие прожилки голубой бирюзы и кварца в углеродистом сланцеватом кварците. Ув. 50, с анализатором. Ауминза

по данным Р. Вебстера, развиты палеозойские известняки и песчаники, перекрытые молодыми базальтами. Бирюзоносные участки приурочены к горизонту светло-розовых песчаников условно каменноугольного возраста. Бирюзоносные песчаники описываются как породы, состоящие из крупных зерен кварца, сцементированных бурым глинисто-железистым цементом. Эти образования явно напоминают описанные нами бирюзоносные кварцевые брекчии с железистым цементом в зонах дробления. Р. Вебстер указывает и на наличие на бирюзоносной площади углеродистых прослоев и широкое развитие альпийских сбросов, по которым происходило излияние базальтов, перекрывших бирюзоносные песчаники. Месторождения Синайского полуострова интенсивно отрабатывались в древности, но слабо изучены геологически и практически не освещены в литературе. Нет и данных о добыче бирюзы, отмечается только, что бирюза здесь прожилковая, светло-голубая. Наличие прослоев светло-розовых песчаников приближает, как нам кажется, эти месторождения к бирюзоносным площадям Султануиздага и Каратау, трассируемых прослоями осветленных, опализированных кварцитов.

Кальмакырский тип

Описанные месторождения бирюзы кураминского и кызылкумского типов представляют собой собственно бирюзовые объекты с оригинальной минерализацией, не присущей месторождениям других

полезных ископаемых, и не несущих другой промышленно полезной нагрузки.

Кальмакырский тип объединяет месторождения бирюзы, приуроченные к рудным полям с медно-молибденовой и полиметаллической минерализацией в породах порфировой формации.

Это также достаточно широко распространенный тип бирюзовой минерализации. В Средней Азии к этому типу принадлежат Кальмакырское месторождение и месторождение Ак-Турпак, в Армении – Техутское месторождение. В США кальмакырский тип представлен полиметаллическими и медно-порфировыми месторождениями Кастл-Доум, Глоуб и др. (шт. Аризона). Месторождения кальмакырского типа известны в КНР, недавно открыто крупное месторождение в МНР – Эрдэнтуин-Обо (Эрдэнэт), небольшое проявление бирюзы в рудном поле установлено в НРБ.

Изученность месторождений кальмакырского типа различна. Прежде всего они – рудные объекты, бирюза лишь попутный компонент. Исключением является Техутское месторождение, приуроченное к верхнему горизонту рудного поля с убогой минерализацией без чередования рудных и бирюзовых тел. Здесь сочетаются как бы два самостоятельных горизонта: верхний – бирюзоносный объект, нижний – собственно рудное месторождение. На большинстве месторождений этого типа бирюзоносные зоны и рудная минерализация вскрываются и развиваются на одних и тех же горизонтах и глубинах. Во всех случаях зоны бирюзовой минерализации являются более поздними по отношению к рудной минерализации, контролируются другими системами разломов, косо- или поперечносекущих рудные структуры. Бирюзоносны наиболее молодые альпийские структуры, вмещающие минерализацию, более низкотемпературную, чем основная полезная рудная нагрузка.

Масштабы бирюзовой минерализации на месторождениях кальмакырского типа весьма значительны. В КНР и США они основные поставщики ювелирной бирюзы, крупные бирюзовые объекты – месторождения Техутское и Эрдэнэт. Запасы сырья на этих объектах в общей массе исчисляются десятками тонн. Основной недостаток месторождений этого типа – широкое развитие осветленной каолинизированной бирюзы; доля ювелирных разностей не превышает 10 %.

Бирюзоносные и рудоносные массивы кальмакырского типа характеризуются прежде всего многостадийностью формирования, субщелочным составом и повышенной апатитоносностью вмещающих пород. Интенсивные постмагмагические гидротермальные процессы обусловили образование рудоносных и бирюзоносных вторичных кварцитов и развитие кварцево-жильных зон. Пространственная разобщенность бирюзоносных зон и промышленных рудных блоков позволяет вести селективную отработку, что и делается на месторож-

дениях США и не сделано до сего времени на Кальмакырском месторождении, где бирюза установлена М.И. Моисеевой еще в пятидесятых годах. Промышленная значимость на бирюзу медно-молибденовых месторождений в США известна с сороковых годов; с этого времени бирюза периодически поступает на внутренний рынок, реже на внешний, давая значительные прибыли.

Анализ большого литературного материала по медным и полиметаллическим месторождениям показал, что бирюза отмечается лишь на месторождениях, возраст которых определяется мезо-кайнозоем или (весьма условно) поздним палеозоем. На более древних месторождениях даже с хорошо развитыми мощными корами выветривания бирюза не установлена. Рудная минерализация в описываемом типе месторождений контролируется, как правило, системами трещин и нарушений доальпийского возраста; бирюза практически всюду тяготеет к альпийским системам или структурам, заметно обновленным в альпийское время.

Условия локализации бирюзы в рудных месторождениях те же, что и на собственно бирюзовых объектах. Содержание основных и сопутствующих элементов в составе вмещающих бирюзоносные зоны пород в кальмакырском типе, так же как и минеральный комплекс, более сложные. Строго сохраняются структурный контроль и предшествующие отложению бирюзы метасоматические преобразования пород.

Кальмакырское месторождение

Месторождение входит в состав Алмалыкского рудного узла и расположено на северо-западном окончании Кураминского хребта. Месторождение приурочено к массиву сиенитовых пород, прорванному Кальмакырским штоком гранодиорит-порфиров. Район испытал неоднократные орогенические движения и изобилует разрывными нарушениями различного возраста и порядка. Крупные разломы обусловили блоковое строение и в большинстве случаев контролируют дайковые и жильные поля. Формирование месторождений обусловлено разрывной тектоникой более мелких порядков.

В формировании современной структуры месторождения основную роль сыграли альпийские дизъюнктивные нарушения. В северной части площади проходит Кальмакырский взбросо-сдвиг, в полукилометре от него к северу – Гольдуранский разлом. Оба эти нарушения простираются в широтном направлении и круто падают на юг. Мощность зоны Кальмакырского разлома 7–8 м. Разлом сопровождается серией параллельных и идущих под углом к нему более мелких зон и тектонических трещин. Серии широтных нарушений в центре Кальмакырского карьера слагают Центральный разлом. В южной части проходит Южный разлом, представленный также серией субширотных

нарушений. Эти крупные тектонические зоны в большинстве случаев крутопадающие до вертикальных.

Широко развитые на месторождении нарушения северо-восточного направления отчетливо срезаются широтными разломами. Северо-восточные нарушения сконцентрированы в основном в северной части карьера. Кроме того, здесь нередки непротяженные северо-западные и субмеридиональные нарушения.

С тектоническими зонами северо-восточного направления связано развитие вторичных кварцитов, пропилитов и позднего жильного окварцевания, т. е. вмещающих бирюзу пород. Бирюзоносные зоны образованы сближенными сериями осветленных участков, мощность которых колеблется от нескольких метров до нескольких десятков метров. Разломы хорошо видны в стенках карьера и дешифрируются на фотопанорамах как белые пятна и полосы в отличие от более темных ржаво-бурых участков с рудной минерализацией. При детальных исследованиях в зонах осветления устанавливаются короткие (типа лестничных) секущие трещины широтного и субширотного простирания, с которыми и связана бирюза.

Основные минералы бирюзоносных вторичных кварцитов Кальмакырского поля – серицит и кварц, характерен мусковит;в пропилитах обычны турмалин, хлорит, апатит. Бирюзоносные кальмакырские кварциты более крупнозернистые, чем бирюзоносные образования месторождений Бирюзакана и Унгурликана. Лучшая раскристаллизация пород, развитие мусковита, турмалина, хлорита характерны для более глубоких горизонтов месторождений. На всей минерализованной площади развиты среднекаменноугольные диориты и сиенит-диориты алмалыкского типа и гранодиорит-порфиры условно позднекарбонового – нижнепермского возраста. Алмалыкский массив гранодиорит-порфиров с отчетливой зоной вторичных кварцитов расположен примерно в центре площади измененных пород. Для гранодиорит-порфиров обычен и характерен апатит. Тела гранодиорит-порфиров ориентированы в северо-восточном, северо-западном и субширотном направлениях. Кровлей всех магматических образований рудного поля, перекрывающей в том числе и бирюзоносные зоны, служат карбонатные отложения живетского яруса верхнего девона.

Вторичные кварциты и пропилиты в центральной части контролируются тектоническими контактами Алмалыкского массива гранодиорит-порфиров, широко развиты по северо-восточной стенке карьера, спускаясь до горизонта 645 м. Бирюзоносные зоны, характеризующиеся максимальной переработкой, пиритизацией и развитием жильного кварца, наблюдаются среди вторичных кварцитов, пропилитов, реже среди слабо измененных гранодиорит-порфиров. Местами бирюзоносные зоны прослеживаются глубже горизонта 645 м среди сиенит-диоритов.

Кварцевые прожилки небольшой, как правило, мощности распространены на всей территории месторождения. Наибольшая концентрация прожилков наблюдается в бирюзоносных зонах (особенно на горизонтах от 40 до 70 м), где они образуют небольшие параллельные и разноориентированные серии. К этому же интервалу приурочена и основная масса бирюзы. С глубиной (по мере выклинивания бирюзоносных зон) уменьшается количество жильного кварца и, соответственно, бирюзы.

Б.Н. Наследов в алмалыкском рудном поле выделил семь разновидностей жильного кварца. Кварц белый сплошной, гребенчатый и короткопризматический отнесен Б.Н. Наследовым к минералам III низкотемпературного этапа. С.Т. Баталов, детально изучавший минералогию Кальмакырского месторождения, выделил кварц обыкновенный, горный хрусталь, аметист, халцедон и кварцин. По его мнению, наиболее ранним минералом гидротермального процесса является кварц вторичных кварцитов. На Кальмакырском месторождении, как и на других месторождениях, гребенчатый или шестоватый кварц и горный хрусталь – постоянные спутники бирюзы. Позднее бирюзы сформировались прожилки и линзовидные скопления светло-серого халцедона и опала.

Характер бирюзовой минерализации на Кальмакырском месторождении обычный: корочки и примазки в близповерхностной зоне, где основная минерализация отработана в древности и уничтожена при вскрышных работах; тонкие прожилки и небольшие включения на вскрытых уступах. Качество бирюзы самое разнообразное, встречаются как рыхлые каолиноподобные, так и плотные яркоокрашенные разности.

Бирюзоносные зоны на Кальмакырском карьере обнажены с поверхности до глубины 150 м. Это прекрасный разрез месторождений данного типа, легко доступный для изучения. Здесь отчетливо выражены зоны коры выветривания и сульфидная зона (зона оруденелых метасоматитов). Отчетливо видна разобщенность промышленных рудных блоков и бирюзоносных осветленных зон. Четко прослеживается разобщенность бирюзы со вторичными минералами меди, развитыми в зоне окисления рудных блоков. Лишь в отдельных образцах эти минералы можно наблюдать одновременно – например, корочки и налеты хризоколлы и карбонатов меди по вмещающему кварциту и бирюзе. Гидроксиды железа, обильные в зоне выветривания и вторичного обогащения, практически не развиты или развиты слабо в бирюзоносных осветленных зонах.

Вкрапленная рудная минерализация не контролируется жильным кварцем, тем боле низкотемпературным. Бирюзоносные зоны примерно от центральной части месторождения прослеживаются в восточном направлении, в сторону месторождения Ак-Турпак, где контролируют-

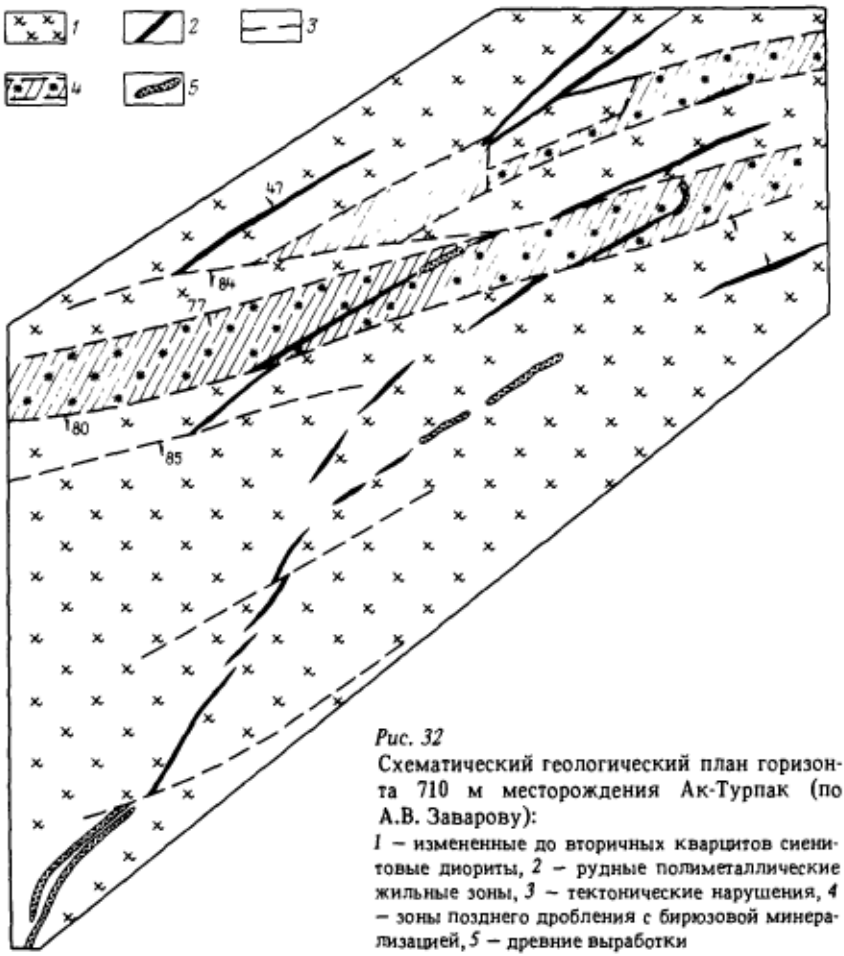


Рис. 32
Схематический геологический план горизонта 710 м месторождения Ак-Турпак (по А.В. Заварову):
1 – измененные до вторичных кварцитов сиенитовые диориты, *2* – рудные полиметаллические жильные зоны, *3* – тектонические нарушения, *4* – зоны позднего дробления с бирюзовой минерализацией, *5* – древние выработки

ся теми же структурами. На рис. 32 четко видно пересечение рудных зон бирюзоносными зонами, ориентированными в разных направлениях. Из рудных компонентов в бирюзоносных зонах обычен (местами обилен) пирит; разлагаясь в верхних горизонтах, он дает начало гидроксидам и замещается ярозитом. Глубже встречается свежий тонко- и мелкокристаллический пирит. Наряду с кубической формой нередко развиты пентагондодекаэдры с округлыми и многогранными сечениями. Вкрапленники пирита обычны в бирюзе, реже в ней отмечаются халькопирит и галенит. Иногда наблюдается одновременное заполнение трещин бирюзой и рудным минералом, в пропилитах встречаются агрегатные скопления бирюзы, рудного компонента и

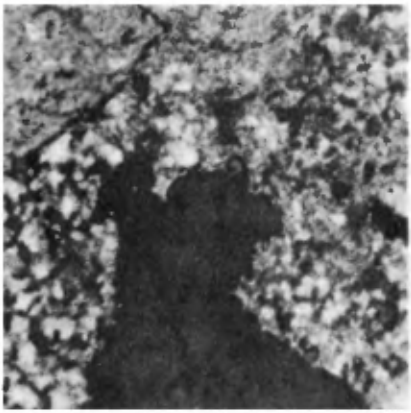


Рис. 33
Бирюза (серое) в пропилите с вкрапленниками рудного минерала и реликтовыми зернами кварца (черное). Ув. 50, с анализатором. Кальмакыр

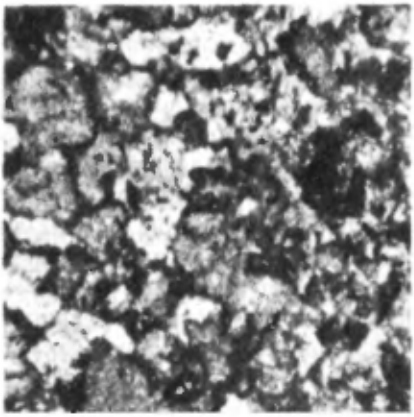


Рис. 34
Бирюза (темно-серое) и рудный минерал (черное) в пропилите. Ув. 50, с анализатором. Кальмакыр

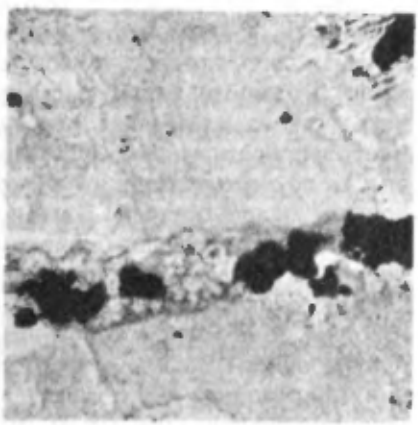


Рис. 35
Прожилок голубой бирюзы (оолиты) и рудного минерала в пропилите. Ув. 50, без анализатора. Кальмакыр

турмалина (рис. *33–35*). Все это говорит о почти одновременном или последовательном образовании минералов, связанных с гидротермальным процессом. Следует отметить наличие в пропилитах двух генераций апатита – акцессорного вкрапленного и гидротермального, развивающегося по поздним микротрещинам в бирюзоносных породах.

На верхних уступах карьера, где бирюзовая минерализация отработана в древности и уничтожена при вскрышных работах, редко встречается голубая и зеленая бирюза в обычной ассоциации с ярозитом и гидроксидами железа. На более глубоких горизонтах развиты ювелирная голубая бирюза и ее каолинизированные разности в тесной

ассоциации с алунитом и глинистыми минералами. Бирюза развивается в маломощных прожилках кварца, во вторичных кварцитах и пропилитах. Мелкие включения бирюзы, иногда явно замещающие вкрапленники полевого шпата, однотипны вкрапленной бирюзе в углеродистых кварцитах (рис. *46*). Вероятно, и здесь эти образования являются более ранними по отношению к бирюзе в кварцевых прожилках. Мощность бирюзоносных прожилков кварца редко превышает 5 см, мощность прожилков бирюзы лишь в единичных случаях достигает 5 мм. Во вскрытой части карьера минерализация достаточно слабая. Тем не менее при тщательной селективной рудоразборке могут быть получены килограммы ювелирного и пригодного для облагораживания сырья. А содержания его могут резко измениться при дальнейшей врезке уступов не на глубину, а в восточном направлении.

Кальмакырское рудное поле объединяет древние бирюзовые рудники: Большой Кальмакыр, Гольдуран и Ергайлык. В настоящее время площадь Большого Кальмакыра вскрыта Кальмакырским карьером, а площадь рудника Ергайлык засыпана отвалами. Это наиболее крупное бирюзоносное поле Кураминского хребта и наиболее эродированная площадь с высотными отметками 700–780 м. Здесь, по различным данным, насчитывалось около 300 древних выработок, большая часть которых пройдена явно на бирюзу. Точно установить площадь развития кальмакырских бирюзоносных зон невозможно, так как часть их отработана карьером, а другая перекрыта отвалами. Наиболее протяженные зоны прослеживаются на расстояние 2 км, вплоть до месторождения Ак-Турпак, которое по существу является прямым продолжением Кальмакырского месторождения (рис. *47*). Протяженность отдельных бирюзоносных зон Кальмакырского поля с учетом Актурпакской площади превышает 2,5 км.

Многочисленность древних выработок на площади позволяет говорить об обильной минерализации, вскрытой глубокой эрозией и приуроченной к верхнему горизонту полиметаллического месторождения. Приведенная выше характеристика бирюзоносных зон относится к более глубоким горизонтам. Вот почему так интересно описываемое ниже Техутское месторождение, верхние горизонты которого сохранились до начала современных работ на бирюзу, следовательно, перспективы его не должны ограничиваться первыми десятками метров от поверхности.

Техутское месторождение

Месторождение открыто В.Б. Сейраняном при детальных поисковых работах на медно-молибденовое и медное оруденение в 1974 г. и с того времени поставляет на внутренний рынок природную бирюзу и

бирюзу, искусственно облагороженную. Описание месторождения сделано по данным В.Б. Сейраняна.

Техутское рудное поле расположено на юго-восточном склоне Алавердской брахиантиклинали, сложенной вулканическими и осадочными породами юры и палеогена. часть площади занимают гранитоиды Шнох-Кохбского массива. В рудном поле вулканогенная толща представлена эффузивами и пирокластолитами андезитового, реже диабазового и дацитового состава. В виде даек, силлов и некков присутствуют субвулканические и жерловые фации эффузивов.

Гранитоидный массив сложен кварцевыми диоритами и гранодиоритами, а также небольшими штокообразными телами мелкозернистых гранитов. Широко развиты дайки пегматитов, гранит- и гранодиорит-порфиров, диабазовых порфиритов, керсантитов и др.

В центральной части рудного поля на контакте гранитоидов и вмещающих вулканитов расположен некк диаметром около 900 м. Изометричная форма некка усложнена крутыми радиальными апофизами. В краевой части некка фиксируются эксплозивные и лавовые брекчии, сложенные обломками диоритов и вулканических пород, сцементированных туфовым и лавовым материалом. Центральная часть тела и его апофизы, дайки сложены порфиритами дацитового и дацит-риолитового состава.

Гранитоиды и вулканиты Техутского поля разбиты серией протяженных разрывов субмеридионального и северо-восточного направлений. Наиболее значительные нарушения расположены к северо-западу и юго-востоку от некка и представлены дугообразными зонами, обрамляющими некк, интенсивно дробленных и перемятых пород со следами скольжения и глинками трения.

Гранитоиды интенсивно гидротермально метаморфизованы. Разноориентированные трещины в них выполнены кварцево-сульфидной массой и образуют полукольцевую рудоносную штокверковую зону, проникающую в эндоконтактовые области некка.

На месторождении четко проявлена зональность, сверху вниз расположены зоны выщелачивания, вторичного сульфидного обогащения и первичных руд (на глубине 30–400 м). Основные минералы рудной зоны – кварц, серицит, ангидрит, пирит, халькопирит, молибден.

Минерализованные бирюзой породы отличаются прежде всего резким осветлением. Независимо от первоначального состава они представлены кварц-каолинитовыми, кварц-серицитовыми, кварц-каолинит-гидрослюдистыми и каолинит-метагаллуазитовыми метасоматитами с небольшим количеством апатита, цеолитов и карбонатов. Скопления бирюзы приурочены к разрывам субширотного, реже северо-восточного и северо-западного направлений и имеют форму

жил и прожилковых зон сложного строения. Встречены также вытянутые линзообразные тела, маломощные неясной морфологии "узлы" брекчирования и т. д. Протяженность бирюзоносных тел десятки, иногда сотни метров, мощность 1–3, реже 6–7 м, глубина распространения минерализации достигает 80 м (реже 110–120 м).

Выделения бирюзы имеют разнообразную форму: прожилки,гнезда, корочки, вкрапленники, горошины, желваки. Округлые образования бирюзы достигают в поперечнике 50 мм. Протяженность прожилков, обычно крутопадающих и согласных с общим простиранием бирюзоносной зоны, изменяется от нескольких десятков сантиметров до нескольких метров, мощностью 1–10, реже 20–40 мм. Нередко на поверхности бирюзы видны штрихи и канавки – следы постбирюзовых подвижек. Наблюдаются также разрывы сплошности отдельных прожилков и зон с амплитудой смещения до нескольких метров. Швы смещающих разрывов местами минерализованы мелкокристаллическим кварцем, пиритом, цеолитами.

Распределение минерала в зонах и участках неравномерное, наиболее высокие концентрации наблюдаются, когда бирюза цементирует раздробленные окварцованные и цеолитизированные породы. Плотная голубая ювелирная бирюза концентрируется в основном на глубинах 20–60 м в слабо сульфидизированных кварц-серицит-каолинитовых метасоматитах и секущих их кварцевых прожилках. На поверхности (иногда до глубины 20–30 м) бирюза легко разрушается, изменяет окраску до зеленой, серо-зеленой, буро-желтой и почти белой. Светлоокрашенные разновидности часто рыхлые, маркие, в них порой трудно диагностировать бирюзу.

Микротвердость бирюзы 183,5–520,9. Наиболее высока микротвердость голубой разновидности – высококачественной ювелирной бирюзы.

Бирюза входит в состав метагаллуазит-цеолит-кварцевой ассоциации, сформированной, по-видимому, в наиболее позднюю фазу гидротермального минералообразования и отделенную от ранней кварц-ангидрит-сульфидной фазы внедрением диабазовых даек.

Нижний возрастной предел формирования бирюзовой минерализации Техутского месторождения – ранний неоком.

Как видим, исследования других авторов, проведенные в другом регионе, дают весьма сходную с нашей характеристику геологических особенностей и характера минерализации бирюзы на однотипных месторождениях.

Месторождение Кастл-Доум

Это месторождение – типичный представитель медно-порфировых вкрапленных руд месторождений США с характерным развитием

бирюзовой минерализации. По данным Н.П. Петерсона, месторождение Кастл-Доум расположено в горно-рудном районе Глоб-Майами (шт. Аризона) на южном склоне горы Порфири-Маунтин. Месторождение разрабатывается с 1943 г., хорошо изучено.

Вмещающие породы месторождения представлены монцонитами, внедрившимися в докембрийские кристаллические сланцы и кварциты и, возможно, в нижнюю часть перекрывающих палеозойских слоев. Медная минерализация связывается с меловыми или палеогеновыми гранитами, расположенными южнее. Рудная и нерудная минерализации приурочены в основном к сериям маломощных теснорасположенных субпараллельных кварцевых жил. Жилы простираются в восточно-северо-восточном направлении и круто падают к югу. Здесь же установлено несколько пологопадающих диабазовых жил, внедрившихся в кварцевые монцониты. Минерализующие растворы изменили кварцевые монцониты на контакте с жилами, превратили их в метасоматиты кварц-серицитового состава и обусловили общую аргиллизацию плагиоклаза в пределах всей зоны минерализации.

Главные гипогенные минералы – пирит, халькопирит и молибденит, в меньшей мере развиты сфалерит и галенит. Предполагается, что сфалерит-галенитовая минерализация относится к более молодой фазе, чем медно-молибденовая. В открытых трещинах развиты барит и флюорит, относящиеся к поздним гипогенным минералам.

В верхней части рудного тела халькопирит и пирит частично замещены халькозином, в небольшом количестве присутствует ковеллин. Много ковеллина вблизи кровли. В зонах выщелачивания и в халькозиновой зоне спорадически встречаются малахит, азурит, куприт, самородная медь и бирюза.

Н.П. Петерсон отмечает развитие на месторождении фосфатных минералов – апатита, бирюзы, вавеллита, метаторнбернита и либетенита. Апатит и бирюза распространены наиболее широко, вавеллит, метаторнбернит и либетенит встречаются лишь в некоторых участках.

Апатит – акцессорный минерал кварцевых монцонитов; гидротермальный апатит не установлен. Свежая порода содержит около 0,5 % апатита. В результате гидротермальных изменений от 40 до 60 % апатита разрушается. В зоне гипергенеза апатит устойчив.

Вавеллит приурочен к небольшим участкам в центральной части рудного тела и локализуется вдоль трещин, пересекающих под прямым углом рудные жилы. Минерал образует инкрустации на стенках пустот и на более ранних минералах. Корки вавеллита состоят из сросшихся полусфер радиального сложения. Вавеллит окрашен в светлые желтоватые и светло-зеленые тона, в зоне выветривания пропитывается гидроксидами железа.

Метаторнбернит почти всегда отлагается на вавеллитовых корках в виде очень тонких прямоугольных ярко-зеленых табличек,

собранных в розетки. Иногда метаторнбернит образует мохоподобные налеты.

Либетенит обнаружен только вдоль трещин, связанных с системой молодых разломов Доум, состоящей из нескольких нормальных сбросов, проходящих в северо-восточном направлении через центральную часть рудного тела. Минерал образует в открытых трещинах корки, сложенные пучками изумрудно-зеленых призм и друзовидными скоплениями игольчатых кристаллов.

Бирюза. Драгоценная твердая разновидность встречается в виде небольших прожилков мощностью до 0,5 см и в конкрециподобных массах до 10 см в поперечнике. Цвет бирюзы колеблется от небесно-голубого до голубовато-зеленого, преобладают голубые разности. Бирюза ассоциирует с глинистыми минералами и серицитом.

На месторождении чаще встречается мягкая мелоподобная бирюза, выполняющая небольшие трещины и образующая скопления на стенках открытых трещин. Цвет этой разновидности светло-голубой, почти белый (во влажном состоянии глубокий голубой). Наблюдаются все переходы между твердой голубой бирюзой и белой мелоподобной разностью. Встречено несколько образцов светло-зеленой ("железистой") бирюзы. Точные сведения о добыче бирюзы отсутствуют, но рудник Кастл-Доум считается основным поставщиком драгоценной бирюзы в США.

В геологическом отношении обширная бирюзоносная провинция юго-запада США, где расположено месторождение Кастл-Доум, характеризуется прежде всего развитием блоковой тектоники. Осадочные и магматические образования верхнего мела–эоцена граничат с блоками докембрийских пород. Широко развиты зоны разрывов и смятия северо-западного простирания и поперечные разломы. Последние контролируют гранитоиды порфировой формации, с которой связаны сульфидные месторождения меди, свинца, цинка, серебра и других металлов. Большинство рудных месторождений, в зонах вторичного сульфидного обогащения которых иногда встречается бирюза, расположены в пределах Ларамийского поперечного порфирового пояса. Формирование этой провинции закончилось к концу олигоцена – началу миоцена. На всех месторождениях США скопления бирюзы всюду контролируются тектоническими зонами среди сильно измененных риолитов, трахитов и монцонит-порфиров. Породы в зонах превращены в кварциты и рыхлые серицит-каолиновые образования с реликтовыми порфировыми структурами. Дайки и штоки бирюзоносных риолит-порфиров в ряде случаев интенсивно пиритизированы и прорываются кварцевыми,, кварц-молибденитовыми и кварц-полиметаллическими жилами.

Наличие в этой провинции многочисленных рудных месторождений, месторождений золота и барита связано с интенсивной постмагма-

тической, гидротермальной деятельностью третичного времени с широким проявлением процессов пропилитизации, аргиллизации, серицитизации и окварцевания. На месторождениях США, как и на рудных месторождениях СССР, зоны окисления медных медно-порфировых и полиметаллических месторождений лишь в редких случаях содержат бирюзу, для них обычны хризоколла, азурит и малахит. Бирюза развивается в отдельных блоках или участках вблизи рудных тел или на значительном удалении от них. Судя по 90-метровому древнему карьеру, расположенному в окрестностях горы Бирюзовой (шт. Нью-Мексико), протяженность бирюзоносных зон более 200 м при ширине 30–60 м, глубина минерализации 18–40, иногда 100 м.

На медно-молибденовом месторождении Итака-Пик (шт. Аризона, США) в жилах, содержащих массивный каолин или обломки сильно аргиллизированных боковых пород, встречаются известково-бирюзовые нодули. Реже бирюза отмечается в открытых полостях кварц-пиритовых прожилков. В единичном образце бирюзы наблюдались реликты халькозина. Бирюза может содержать также куприт. Бирюза, алунит, каолин установлены здесь и в зоне окисления, и в зоне вторичного сульфидного обогащения. Алунит встречается в виде отдельных нодулей в жилах, сложенных каолином, бирюзой и сульфидами. Форма выделений алунита сходна с формой выделений бирюзы.

Бирюза и еще несколько неопределенных фосфатов – единственные минералы меди в надрудной выщелоченной зоне среди кварцевых монцонит-порфиров и кварцевых порфиров. Сульфаты меди, гипс, отчасти азурит и малахит обнаружены над рудами в кристаллических сланцах. Карбонаты – азурит и малахит – обычно развиваются по куприту.

Месторождение Эрдэнтуин-Обо

Месторождение Эрдентуин-Обо (Эрдэнэт) – представитель кураминского типа месторождений бирюзы в МНР. Это крупное медно-молибденовое месторождение вкрапленных руд. К сожалению, сведения о бирюзовой минерализации предельно кратки, но подробная характеристика вмещающих пород, постмагматических процессов и рудной минерализации позволяет установить общность в геолого-структурном отношении месторождения Эрденет с Кальмакырским месторождением в Средней Азии и месторождением Кастл-Доум в США. Месторождение детально разведано, входит в состав крупного Эрдэнтуинского рудного узла в Северной Монголии. На месторождении отмечаются старые (может быть, древние) старательские выработки.

Месторождение приурочено к сложнопостроенному трехфазному интрузивному массиву пермского возраста, имеет удлиненную форму и ориентировано в северо-западном направлении согласно тектоничес-

кой зоне. Краевые части массива сложены диоритами, сиенит-диоритами и монцонитами первой интрузивной фазы. На рудоносной площади преобладают граносиениты, нормальные и субщелочные граниты, реже встречаются кварцевые монцониты и гранодиориты второй фазы, слагающие апикальные выступы. В центральной части массива находится несколько штокообразных тел гранит-, граносиенит- и гранодиорит-порфиров и плагиогранит-порфиров, относящихся к заключительной фазе. Широко развиты дайки среднего и кислого состава, связанные с заключительной фазой становления массива. Возможно, к этой же фазе относятся эруптивные брекчии. Из более молодых интрузивных образований развиты позднетриасовые – раннеюрские дайки андезит в, трахиандезитов, сиенитовых и диоритовых порфиритов, а также фельзиты, фельзит-порфиры жерловой фации.

Основная структура района месторождения – Эрдэнтуинская антиклиналь с системой северо-западных, субмеридиональных и субширотных нарушений.

Крупные зоны разломов, протягивающиеся на десятки километров, контролируют размещение малых интрузивных тел и даек. Субширотные разломы, наблюдаемые на отдельных участках месторождения в виде узких зон интенсивной трещиноватости пород, вмещают дайки сиенит-диоритовых порфиритов. Многочисленные мелкие разломы северо-восточного простирания вмещают дайки дацитовых порфиров.

Рудная минерализация характерна почти для всех пород интрузивного комплекса и для всей зоны интенсивной трещиноватости. Наибольшее обогащение рудным материалом отмечено на участках интенсивного изменения гранодиорит-порфиров и гранодиоритов, переходящих местами в метасоматиты.

На месторождении хорошо выражена вторичная вертикальная зональность. Подзоны окисленных руд и выщелачивания мощностью 30–60 м развиты слабо, встречаются эпизодически. Основное промышленное значение имеет зона вторичного сульфидного обогащения, залегающая на глубине 200–400 м и постепенно переходящая в зону более бедных первичных руд. Наиболее высокие содержания меди характерны для интенсивно окварцованных и серицитизированных руд. Участки мономинеральных кварцитов практически безрудны.

Руды месторождения Эрдэнтуин-Обо имеют следующий минеральный состав:

1. Зона первичных руд: главные минералы – пирит, халькопирит, молибденит; второстепенные – магнетит, гематит, лепидокрокит, сфалерит, тетраэдрит.

2. Зона вторичного сульфидного обогащения: главные минералы – халькозин, ковеллин; второстепенные – борнит.

3. Подзона окисленных руд и выщелачивания: главные минералы – лимонит, малахит, азурит; второстепенные – бирюза, хризоколла, тенорит, куприт, самородная медь, молибденовые охры.

Бирюза. На месторождении Эрдэнтуин-Обо бирюза встречается эпизодически и служит предметом попутной добычи. Места локализации бирюзы совпадают с зонами сильного дробления пород и интенсивного выщелачивания первичных рудных минералов. Бирюза наблюдается в виде вкрапленников и прожилков, образует преимущественно плотные скопления и окрашена в ярко-голубые и бледно-зеленые тона. При замещении ее глинистыми минералами бирюза обычно становится рыхлой, слабоокрашенной и непригодной для ювелирной обработки.

В предрудный этап формирования месторождения происходила альбитизация рудовмещающих гранитоидов и образование высокотемпературных кварц-турмалиновых жил. Широко проявлен процесс окварцевания, с которым связано образование монокварцевой разновидности вторичных кварцитов и кварцевых безрудных прожилков. Интенсивность процесса окварцевания нарастает от периферии к центру месторождения. Процесс многостадийного рудообразования сопровождался интенсивной серицитизацией и окварцеванием вмещающих пород. Гидротермальная деятельность на месторождении завершилась образованием халцедоновых, флюорит-ангидритовых, ангидрит-кальцитовых и ангидрит-гипс-кальцитовых прожилков, иногда содержащих вкрапленники сульфидов, и слабой карбонатизацией на заключительном этапе. Возраст минерализации в целом на месторождении связывается с заключительным этапом формирования пермского интрузивного комплекса. Не исключается принадлежность минерализации к более молодым мезозойским образованиям, на что указывает положение эруптивных брекчий в общей схеме вулкано-плутонических процессов Эрдэнтуинского рудного узла и брекчий, представляющих жерловую фацию триасовых вулканических образований.

Глава V

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ГЕНЕЗИС БИРЮЗЫ

Условия формирования месторождений

Месторождения бирюзы формируются, по нашему мнению, следующим образом:

1. Образование наиболее молодых субвулканических интрузий или серий даек, обогащенных апатитом. Возраст их в Иране, США, на Кавказе определяется как мел-палеогеновый или неогеновый; в Средней Азии бирюзоносные магматические образования условно датируются поздним карбоном или ранней пермью, возраст дайковых комплексов чаще всего определяется как раннетриасовый.

2. Постмагматический метаморфизм приводит к образованию углеродистых метасоматитов в одних случаях и вторичных кварцитов и пропилитов – в других. При формировании кварцитов происходит разложение апатита и переход фосфора в раствор. Бирюзоносные кварциты практически не содержат апатита, который сохраняется в пропилитах и в неизмененных породах.

3. Гидротермальный этап приводит к широкому развитию кварцевых, кварц-баритовых, кварц-полевошпатовых и кальцитовых жил – неотъемлемых элементов всех бирюзоносных площадей и участков. В исключительных случаях жильный кварц заменяется общим прокварцеванием пород и образованием тончайших прожилков, не всегда различимых в общей массе прокварцованной породы. В это же время, вероятнее всего, происходит обогащение метасоматитов медью и другими элементами, определяющими специфику бирюзоносных пород, и формирование бирюзоносных растворов или коллоидов.

Чем интенсивнее проявлены процессы метасоматического и гидротермального преобразования, тем обильнее бирюзовая минерализация.

4. Образование бирюзы различных морфологических форм связано с заключительными фазами гидротермально-метасоматического процесса. Наиболее ранней, вероятно, являются вкрапленная бирюза в пропилитах и углеродистых кварцитах, позднее образуются прожилки и включения в жильном кварце, а завершается отложение бирюзы формированием мономинеральных прожилков, секущих и жильный

кварц, и вмещающие кварциты. Это, как правило, более крупные, протяженные, почти горизонтальные прожилки сильно измененной бирюзы. Напомним, что и в кварцитах, и в жильном кварците отложению бирюзы всюду предшествовали тонкое дробление и перекристаллизация с образованием характерных шестоватых структур в обоих случаях и формированием пор и пустот, выполняемых бирюзой.

5. После завершения формирования бирюзовых месторождений практически при полной стабилизации тектонической обстановки развивается кора выветривания со всем комплексом специфических вторичных минералов, замещающих бирюзу, обусловливающая частичное или полное уничтожение ювелирной бирюзы и образование измененных разностей.

Минералообразование было длительным и неоднократным, на что указывает наличие сложных систем тектонических трещин и дробление пород, развитие последовательных жильных серий с последующим их дроблением и присутствие различных генераций бирюзы. После бирюзы и по бирюзе развивались лишь тончайшие прожилки тонкозернистого кварца, кальцита, халцедона и весь комплекс вторичных минералов. До сего времени ни одним из исследователей, какой бы точки зрения он ни придерживался на генезис бирюзы, не отмечено развитие бирюзы по какому-либо гипергенному минералу. Следовательно, бирюзоносные поля сформировались явно до начала развития коры выветривания, которой предшествовали прежде всего разложение сульфидов и образование активных кислотных растворов.

Ниже мы приводим фактический материал, послуживший основанием для изложенной выше схемы образования месторождений бирюзы.

Метаморфизм. В результате длительного и неоднократного процесса дробления и минералообразования кварцевые и сиенитовые порфиры, гранодиорит-порфиры, андезитовые, дацитовые порфириты и их туфы, сланцы, песчаники и мраморизованные известняки на бирюзоносных площадях превращены во вторичные кварциты и пропилиты по магматическим образованиям и метасоматиты углеродистые алунит-серицит-каолин-кварцевого состава по осадочным породам. В пропилитах и слабоизмененных боковых породах четко устанавливаются реликты их первичного состава. Непосредственно в бирюзоносных зонах и участках породы полностью перекристаллизованы и практически однотипны во всех проявлениях и регионах.

Осадочно-метаморфические толщи Кызылкумов, Ферганы и Южного Казахстана, вмещающие бирюзоносные поля, характеризуются независимо от возраста достаточно низкой степенью метаморфизма, не превышающей ступени зеленокаменных сланцев. Вблизи интрузивных массивов это обычные узловатые сланцы и роговики и лишь на Таушанском поле в Южных Кызылкумах наблюдаются роговики с андалузитом.

Средней и низкотемпературной степенью метаморфизма характеризуются бирюзоносные вторичные кварциты Кураминского хребта, как и метасоматиты с бирюзой в Армении. Бирюзоносные зоны во всех случаях располагаются среди указанных метасоматитов. Вероятнее всего, немалая роль здесь принадлежит динамометаморфизму, поскольку отложение бирюзы происходило только в пределах тектонических зон с предшествующим катаклазом, брекчированием, перекристаллизацией вмещающих пород и жильного кварца и последующим развитием здесь же кор выветривания, что естественно для ослабленных зон.

Термобарометрическими исследованиями, проведенными Н.И. Андрусенко, установлено, что жильный кварц бирюзоносных полей отлагался в различные температурные интервалы – от высокотемпературного до низкотемпературного. При этом по мере увеличения интенсивности катаклаза структура кварца изменялась от крупнокристаллического небирюзоносного до макро- и микрошестоватого с четкими катакластическими структурами бирюзоносной разности метасоматического и жильного кварца.

С жильным кварцем связана основная масса ювелирной бирюзы большинства месторождений. Бирюза в кварце образует плотно впаянные включения различных форм и размеров, а также прожилки по разноориентированным трещинам. Кроме того, бирюза выполняет роль цемента в наиболее дробленных участках кварцевых жил и, в свою очередь, дробится до крошки при поздних тектонических подвижках.

Оригинальные желвачковые, вкрапленные и сетчатые образования бирюзы развиваются в сильно катаклазированных, макро- и микробрекчированных породах с кварцевым цементом. Почки или включения бирюзы, разрастаясь, как бы расталкивают тонкодробленное "крошево" вмещающих метасоматитов. Размеры вкрапленников бирюзы варьируют от долей миллиметра до нескольких сантиметров в поперечнике, густота и насыщенность самые разнообразные. Оолитоподобные включения бирюзы могут выполнять и трещины, в результате формируются короткие прожилки и удлиненные линзы.

При тесном срастании оолитов бирюзы реликты вмещающей породы образуют рисунок в виде сетки или паутины по бирюзе. Вкрапленная бирюза является, вероятно, наиболее ранней генерацией, так как наблюдалось развитие бирюзы по апатиту, полевым шпатам и по вкрапленникам цветных минералов в шлифах и образцах пропилитизированных пород. Отмечалось также пересечение макропрожилков бирюзы двух генераций. Две генерации бирюзы описаны В.Б. Сейраняном и С.Ш. Саркисяном на Техутском месторождении.

Минеральный парагенезис. Все месторождения бирюзы, сформированные в магматических породах или в осадочно-метаморфических толщах, приуроченные к рудным полям или удаленные от них, всюду

характеризуются практически единым минеральным комплексом с небольшими отклонениями в количественных соотношениях.

Ниже мы приводим минеральный состав* бирюзоносных метасоматитов (по Т.И. Менчинской и В.П. Борискину) и обычных вторичных кварцитов (по А.С. Уклонскому) на месторождениях алунита в Кураминском хребте.

Вторичные кварциты алунитовых месторождений	Вторичные кварциты месторождений бирюзы
Минералы фосфора	
Апатит (рел.), сванбергит, вудхаузеит	*Апатит*, сванбергит, вудхаузеит
Минералы серы	
Пирит	**Пирит**, марказит
Минералы алюминия	
Корунд, диаспор, цуниит, **каолинит, пирофиллит, алунит**	Корунд (рел.), **каолинит**, *монтмориллонит*, галлуазит, алунит
Минералы кремния	
Кварц, альбит, халцедон, эпидот, серпентин, мусковит, роговая обманка (рел.), **серицит, андалузит**, биотит, кианит, хлорит, ортоклаз	**Кварц**, гидромусковит, *халцедон*, роговая обманка (рел.), *ортоклаз*, серицит, *альбит*, биотит (рел.), *эпидот*, *хлорит*, мусковит
Минералы железа	
Гематит, магнетит, лимонит, ярозит	Гематит, **ярозит**, натроярозит (ред.), карфосидерит (ред.)
Минералы бора	
Дюмортьерит, турмалин	*Турмалин*
Минералы кальция	
Кальцит	*Кальцит*
Минералы бария	
Барит	*Барит*
Минералы фтора	
Флюорит	*Флюорит*

* Главные минералы выделены жирным шрифтом, обычным шрифтом даны второстепенные минералы, курсивом – минералы-примеси; рел. – реликтовые, ред. – редкие минералы.

Вторичные кварциты алунитовых месторождений	Вторичные кварциты месторождений бирюзы
Минералы ртути	
Киноварь (ред.)	Киноварь (ред.)
Минералы свинца	
Галенит	*Галенит*
Минералы цинка	
Сфалерит	*Сфалерит*
Минералы меди	
Халькопирит, блеклая руда малахит (ред.)	Халькопирит, хризоколла, блеклая руда, халькантит (ред.), малахит (ред.), халькозин (ред.), азурит (ред.), борнит (ред.)
Минералы молибдена	
Молибденит	*Молибденит*
Минералы титана	
Лейкосен, анатаз, рутил, сфен, брукит, золото (ред.)	*Рутил,* золото (ред.), *брукит, графит, анатаз,* гранат, *сфен*

Типичными минералами бирюзоносных зон и постоянными спутниками бирюзы являются: жильный кварц средне- и низкотемпературный (III–IV), калиевые полевые шпаты, кальцит, барит, галлуазит и каолинит I, алунит, графит, гематит, пирит, молибденит, халькопирит. Тесную ассоциацию бирюзы, взаимопрорастание с указанными минералами можно наблюдать на различных объектах и глубинах.

Своеобразен комплекс вторичных минералов, развивающихся в верхних горизонтах месторождений и замещающих бирюзу: ярозит (I, II), каолинит II, вавеллит, рашлеит, халькосидерит, вудхаузеит, гидроксиды железа и ряд трудно диагносцируемых фосфатных минералов. Карбонаты меди, обычные для зон окисления меднопорфировых месторождений, редки. Для бирюзоносных зон более свойственна хризоколла яркой сине- и зеленовато-голубой окраски, образующая корочки, сферолиты и сложной формы натеки во вмещающих породах и непосредственно по бирюзе. Представляется, что именно эти образования хризоколлы дают основание ряду геологов говорить о натечных формах бирюзы. Нередко проявления хризоколлы фиксируются как проявления бирюзы (например, на месторождениях Мискан и Чокадам-

булакское). Принимаемая за бирюзу хризоколла в коре выветривания слабее подвержена процессу вторичного изменения, чаще по сравнению с бирюзой сохраняет яркость окраски. В роли бирюзы в коре выветривания также часто выступают рашлеит и халькосидерит, составляющие с бирюзой единый ряд, но не имеющие ее ювелирных качеств и являющиеся лишь прямыми поисковыми признаками.

На всех месторождениях отчетливо выделяются следующие минеральные ассоциации, предшествующие, сопровождающие и разрушающие бирюзу:

1. Добирюзовая: кварц, эпидот, графит, калиевый полевой шпат, апатит, флюорит, рутил, анатаз, циркон и др.

2. Предбирюзовая: кварц, серицит, пирит-халькопиритовая ассоциация, местами со сфалеритом, молибденитом, гематитом, золотом.

3. Продуктивная: алунит, галлуазит, каолинит I, барит, карбонат, кварц, бирюза.

4. Постбирюзовая (гипергенная): каолинит II, ярозит (I, II), хризоколла, малахит, азурит, гипс, карбонаты, гидроксиды железа и др.

Жильный кварц I, входящий в добирюзовую ассоциацию, характеризуется серым и молочно-белым цветом, массивной текстурой, аллотриоморфнозернистой структурой. Содержит редкую вкрапленность пирита, халькопирита, реже сфалерита, молибденита, местами находится в срастании с табличками полевого шпата кремовато-розового цвета, образующими иногда скопления до нескольких сантиметров величиной. К добирюзовой ассоциации следует также относить гранулированный кварц и кварц среднезернистый, не затронутый процессами катаклаза.

Кварц II предбирюзовый, молочно-белый сливной, под микроскопом с признаками собирательной перекристаллизации; сопряжен с серицитизацией пород, входит в состав вторичных кварцитов и образует мелкопрожилковые жильные серии.

Кварц III бирюзоносный, крупнозернистый серый, светло-серый, местами полупрозрачный, под микроскопом удлиненношестоватой структуры с отчетливыми следами перекристаллизации. Ассоциирует с темно-серым и коричневатым баритом и разнообразноокрашенным алунитом. Отличается интенсивной кавернозностью с варьирующим размером пустот выщелачивания, количество которых резко увеличивается в призальбандовых частях жил. Многие из пустот имеют форму негативных слепков выщелоченных минералов (пирита, полевого шпата). Стенки пустот покрыты корками гидроксидов железа, мучнистым карбонатом, глинистыми минералами. Сами жеоды выполнены бирюзой или инкрустированы друзовидным кварцем IV.

Кварц IV представлен прозрачными кристалликами горного хрусталя или поздней халцедоновидной разновидностью, находится в

тесном срастании с бирюзой, развит в зальбандах и внутри прожилков и линз бирюзы.

Пирит – основной рудный минерал бирюзовых месторождений. Он развит в жильном кварце различных генераций и обилен во вмещающих породах. В зоне гипергенеза пирит дает начало ярозиту и гидроксидам железа, предшествует отложению бирюзы, нередко образует мелкие вкрапления в самой бирюзе. На меднопорфировых месторождениях с бирюзоносными зонами кроме тонкой вкрапленности пирита в бирюзе наблюдаются просечки пирита и халькопирита.

Для выявления типоморфных особенностей бирюзоносного кварца Н.И. Андрусенко провел изучение газово-жидких включений во всех его генерациях методами гомогенизации и декрипитации, что позволило оценить температурные условия минералообразования на трех месторождениях бирюзы в Средней Азии – Аякащи I, Кальмакырское и Бирюзакан. Изучался также химический состав минералообразующих растворов методом водных вытяжек из кварцев трех различных генераций, что позволило выявить эволюцию их химизма от ранних порций к поздним (табл. 3).

Термометрическими исследованиями выявлены разнообразные включения в кварцах, слагающих жильные тела в бирюзоносных полях, отражающие условия их образования. В кварце I, II, III присутствуют включения, гомогенизирующиеся в интервале температур 420–350 °С – в газовую фазу, что свидетельствует о начале кристаллизации таких жил из газообразных растворов, которые конденсировались, судя по агрегатным превращениям, во включения (кристаллические явления) в интервале 390–320 °С. Дальнейшее образование ранних кварцев, как и кристаллизация бирюзоносного пористого кварца и друзовидного горного хрусталя, происходило только в гидротермальном режиме в условиях скачкообразно снижавшихся интервалов температур: 360–290, 320–140 и 190–80 °С. Последний интервал температур характеризует условия выделения прозрачного друзовидного кварца IV, синхронного кристаллизации самой бирюзы.

Непосредственно в бирюзе Н.И. Андрусенко обнаружены единичные включения коллоидных растворов в виде сдвоенных, сферических и розеточных губчатых включений, иногда с фигурами синерезиса. При просмотре тончайших пластинок и шлифов бирюзы в иммерсии (×2000) Б.А. Дороговиным установлены мельчайшие газово-жидкие включения размером 0,0006–0,0012 мм с наполнением 0,97–0,88, показавшие два температурных ряда гомогенизации в жидкую фазу: 1) 135, 154, 186, 195 °С; 2) 120–90 °С. Эти данные свидетельствуют о возможности выделения бирюзы из истинно коллоидных гидротермальных растворов в интервале температур 195–90 °С, совпадающем с температурным интервалом гомогенизации газово-жидких включений в друзовидном кварце IV.

Таблица 3. Результаты гомогенизации включений в кварце из различных жильных тел на месторождениях бирюзы в Средней Азии

Генерация кварца	Температура гомогенизации, °С			Температурный интервал °С	Наличие углекислоты ("+"– много, "–" – мало)
	в газовую фазу	с критическим явлением	в жидкую фазу		
		Аякащи I			
Кварц I серый, массивный, аллотриоморфнозернистый	420–390	385–360	320–290	420–290	+
Кварц I с табличками полевого шпата	415–410	310–360	380–290	415–290	+
Кварц I	415–380	340	320–290	415–290	+
Кварц II молочно-белый, сливной, перекристаллизованный с мозаичными бластокристаллами	360–350	350–345	320–250	360–250	+
Кварц II	–	360–350	320–190	360–190	+
Кварц III серый полупрозрачный шестоватый	–	340	320–170	340–170	–
Кварц III	–	–	320–150	320–150	–
То же	420–410	–	310–140	420–140	–
Кварц III с гидроксидами железа и карбонатом	–	–	320–290	–	+
		Бирюзакан			
Кварц друзовидный	–	–	170–90	170–90	–
		Кальмакыр			
Кварц IV (включен в бирюзу с пиритом)	–	–	170–90	170–90	–

Декрепитационным анализом выявлены отличия в декрептохарактеристиках бирюзы и кварцев различных генераций (рис. 36–39).

Анализами водных вытяжек установлено, что химический состав минералообразующих растворов, участвовавших в формировании месторождений бирюзы, был сложным. Состав ранних порций растворов фторидно-сульфатно-калий-кальций-барий-натровый. Со временем он изменился в сторону повышения содержания бария, бикарбоната и углекислоты. Последняя часто фиксируется визуально во включениях в жидком состоянии. Наличие углекислоты в минералообразующих растворах подтверждают также результаты исследований полированных пластин кварцев толщиной 1–0,5 мм методом инфракрасной спектроскопии на приборе EP1-C_2 фирмы "Хитаги" в области 4000–2000 $см^{-1}$. Полученные спектры различаются по интенсивности диффузионных полос поглощения в области 3400 $см^{-1}$, условно отвечающей

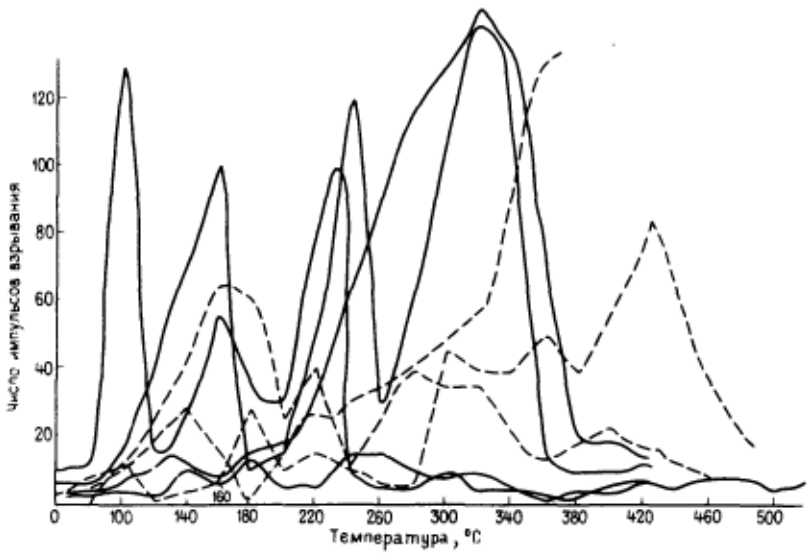


Рис. 36

Графики декрипитации образцов бирюзы из различных месторождений Средней Азии.

Начальные температуры взрывания включений – 80–160°С. Максимумы взрывания включений (160–330°С) соответствуют основному термическому эффекту на кривой нагревания бирюзы

присутствию воды в газово-жидких включениях, и в области 2350 см$^{-1}$, что соответствует наличию углекислоты.

В изотопной лаборатории ЦНИГРИ Н. Заири был исследован изотопный состав серы, извлеченной из пирита, тесно ассоциирующего с бирюзой, и из тех образцов бирюзы, химические анализы которых показали содержание в ней серы не менее 8–10 %.

Результаты 7 анализов бирюзы и 5 анализов пирита показали однотипное преобладание тяжелого изотопа ^{34}S. Это может служить

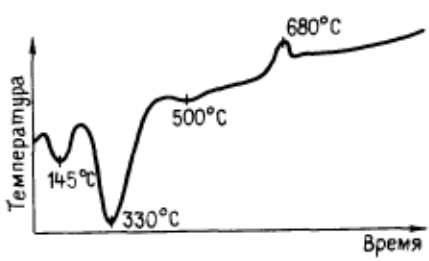


Рис. 37

Кривая нагревания бирюзы

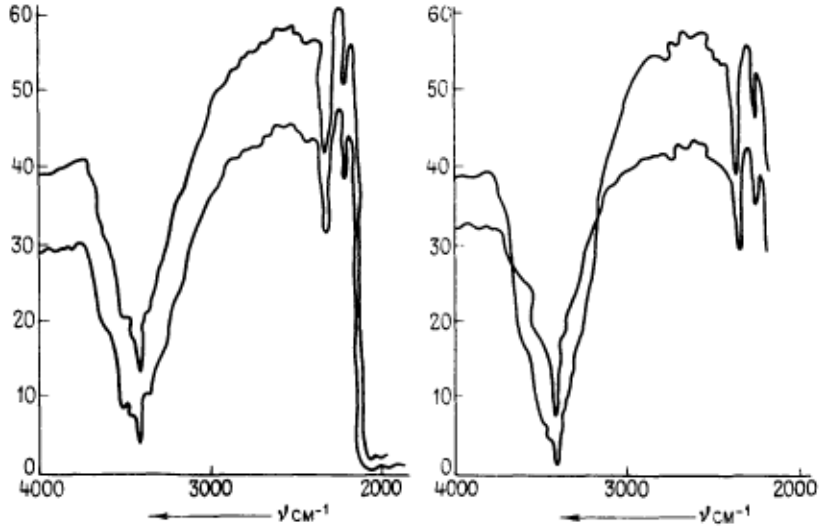


Рис. 38
Спектры ИКС образцов добирюзового кварца (в области 2 350 см$^{-1}$ поглощение отсутствует)

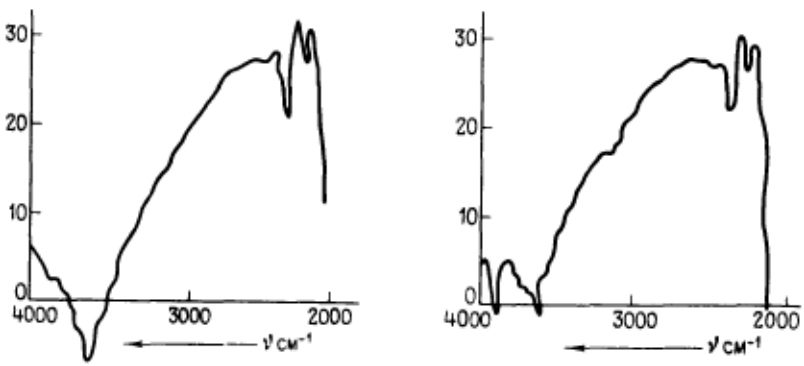


Рис. 39.
Спектры ИКС образцов кварца из бирюзоносной ассоциации (слабое поглощение в области 2 350 см$^{-1}$)

дополнительным показателем ювенильной природы бирюзоносных растворов или какой-то определенной их дозы.

Детальные аналитические исследования Н.И. Андрусенко полностью подтверждают наши геолого-минералогические наблюдения и

свидетельствуют о гидротермальных низкотемпературных условиях минералообразования на месторождениях бирюзы в Средней Азии, где широко развиты предшествующие явления постмагматического метасоматоза и перекристаллизации вмещающих пород и жильного кварца.

По результатам изотопного анализа состава серы из бирюзы и пирита, всюду сопутствующего ей, можно предположить, что бирюзоносные растворы связаны с ювенильным источником питания. Основная масса бирюзы образовалась на конечных стадиях гидротермального процесса при температурах 190–90 °С из углекисло-водных (истинно коллоидных?) щелочных растворов.

Кора выветривания

Кора выветривания – обязательный элемент почти всех бирюзоносных площадей – служит камнем преткновения при определении генезиса бирюзы. Многие геологи (М.И. Моисеева, С.Т. Бадалов, В.П. Петров, Е.Я. Киевленко, Н.Н. Сенкевич, В.Х. Клявин и др.) считают, что именно процессы корообразования "породили" бирюзу, несмотря на разнообразие бирюзоносных пород в различных регионах, зависимость развития бирюзы от интенсивности метасоматических, тектонических и гидротермальных процессов, геологических, минералогических и аналитических данных. Этой же точки зрения придерживались А.Г. Бетехтин, Э.С. Дана, Б.Я. Меренков, Ф.В. Чухров.

Автор и сторонники гидротермального генезиса считают, что с развитием коры выветривания начинается разложение бирюзы и практически уничтожение ее месторождений. Настоящая глубина развития минерализации – это прежде всего результат эрозионного среза той или иной поверхности. Фактическая глубина минерализации давно уже не ограничивается десятками метров, как это считалось ранее, а составляет 100–150 м (редко более) от поверхности; разность гипсометрических отметок минерализованных выходов местами достигает 800 м.

Отчетливое изменение структуры бирюзы в условиях коры выветривания отмечалось также Л.А. Попугаевой, Е.Е. Лисициной, Л.В. Никольской, а также Ю.П. Солодовой, Л.Я. Денисовой и другими сотрудниками МГРИ, исследовавшими бирюзу под электронным микроскопом.

Сторонниками гидротермального генезиса бирюзы, вслед за А.Е. Ферсманом, который еще в 1925 г. высказал эту гипотезу, стали исследователи Средней Азии и Кавказа: А.Ф. Соседко, Н.П. Петров, Т.И. Мястковский, Н.Л. Николаев, С.В. Лопатин, Ю.К. Смолин, Г.В. Гвахария и Ю.И. Назаров, В.Б. Сейранян и С.Ш. Саркисян.

Дополнительный фактический материал о генезисе бирюзы мы излагаем ниже, а здесь остановимся на особенностях бирюзоносных и небирюзоносных кор выветривания, в оценке которых нет разных мнений. Кора выветривания – один из горизонтов месторождений бирюзы, детальное изучение которого необходимо в каждом конкретном случае. Это пополняет наши данные об особенностях бирюзы и ориентирует направление поисков и оценки перспектив более глубоких горизонтов.

И.П. Герасимов и А.В. Сидоренко отмечают, что в Кызылкумах наиболее широко развита позднеплиоценовая пологоволнистая поверхность выравнивания, смятая в пологие складки с характерным развитием дислокаций. Они установили прямую связь поверхностей выравнивания с образованием кор выветривания, в том числе и линейных, что подтверждает относительную молодость коры выветривания.

В многочисленных специальных работах по корам выветривания Кызылкумов до сих пор дискуссионен вопрос о их возрасте, вопросы минералообразования в корах разработаны весьма детально, и практически нет никаких сведений о развитии бирюзы в том или ином горизонте или разрезе коры выветривания. Лишь при описании Тасказганского графит-никелевого месторождения К.М. Кромская описывает бирюзу как один из довольно редких, но характерных для данного месторождения минералов зоны окисления гидротермально измененных графитизированных габбро. Автором при детальном обследовании Тасказганского месторождения установлено развитие в зоне окисления хризоколлы и сильно измененных ярозитизированных, алунитизированных "бирюзоподобных" образований.

Р.П. Бадалова при изучении золоторудных месторождений отмечает незначительное развитие бирюзы в группе гипергенных минералов золоторудной стадии в ассоциации с крокоитом, халькантитом брошантитом, вульфенитом и другими минералами, не описывая их взаимоотношений. Золоторудное поле и Южно-Тамдытаусский бирюзоносный узел Кызылкумов продолжают друг друга, и в пограничной зоне они как бы перекрываются. Здесь и происходит наложение бирюзоносных зон на золоторудные формации.

И.В. Швей и И.Н. Недошеин возраст кызылкумской коры выветривания определяют как домеловой, считая, что кора выветривания формировалась практически по всем литологическим разновидностям палеозойских пород, но наиболее отчетливо она проявлена в породах алюмосиликатного состава (различным сланцам и изверженным магматическим образованиям). Карбонатные породы выветриваются слабее, и часто на поверхности обнажаются практически невыветрелые доломиты и известняки. Кварциты и микрокварциты, по-видимому, инертная среда для агентов выветривания, поскольку на всей террито-

рии Кызылкумов в целом они не несут заметных следов выветривания.

По данным этих авторов, мощность площадной коры выветривания колеблется от нескольких сантиметров в кварцитовых разностях до 30 м в филлитах и филлитовидных сланцах. Протяженность линейных кор выветривания по падению достигает в ряде случаев глубины 100 м, редко более.

Вертикальный разрез коры выветривания указанными авторами представляется следующим: 1 – зона полуторных гидроксидов железа (мощность 2–5 м в площадных, до 15 м в линейных корах); 2 – каолинитовая зона, постепенно сменяющая первую зону, в большинстве случаев с сохранившимися признаками первичных структур и текстур (мощность зоны в линейных структурах 60–70 м); 3 – зона начального разложения (зона гидрослюд), характеризуется развитием гидрохлорита в зеленокаменных породах, гидросерицита в филлитовидных сланцах. Слюдистые минералы встречаются в ассоциации с округлыми стяжениями опала, халцедона, арагонита, тонкими прожилками белого кальцита. Глубина развития этой зоны 80–100 м. Далее она переходит в зону дезинтеграции мощностью в десятки сантиметров. Проявления бирюзы в зеленокаменных породах и филлитовидных сланцах с описанной выше корой выветривания пока не обнаружены.

Площади развития углеродисто-карбонатно-кремнистой бирюзоносной формации, а следовательно, и бирюзоносные площади Кызылкумов находятся явно в обратной зависимости с площадями развития кор выветривания. Максимальные площади бирюзоносные поля занимают на севере Кызылкумов в горах Букантау, минимальные – на юге в горах Ауминзатау и Кульджуктау. Развитие же кор выветривания резко уменьшается в обратном направлении – с юга на север. Процессы выветривания минимально развиты в воздымающемся до настоящего времени хр. Султануиздаг, где наиболее четко проявлены узкие протяженные бирюзоносные зоны с высококачественной бирюзой.

Локализация бирюзы в поздних зонах рассланцевания, брекчирования, милонитизации, естественно, определяет ее пространственную связь с линейными корами выветривания. При этом в минерализованных зонах и полях наиболее выветрелы, как правило, дайки и песчано-сланцевые образования. Кварцево-жильные бирюзоносные зоны и вмещающие их углеродистые кварциты и сланцы сохраняют первоначальную структуру и состав вблизи поверхности, заметное выветривание этих пород развивается лишь до глубины 0,5–1,5 м.

Если сравнивать минеральный состав бирюзоносных зон и их структурные особенности с описанными выше зонами коры выветривания, то выветривание в бирюзоносных зонах можно в какой-то мере сопоставить лишь с зоной начального разложения пород – зоной

гидрослюд. Чем выше степень выветривания пород, тем полнее развит комплекс вторичных минералов, замещающих бирюзу и ухудшающих ее ювелирные качества. Всюду устанавливаются постепенные переходы от плотной яркоокрашенной ювелирной бирюзы в жильном кварце или в кварцитах, не затронутых выветриванием, до полных псевдоморфоз по бирюзе и последующем выщелачивании ее и образовании характерных пустот в наиболее выветрелых участках.

Характерный пример – разрез через проявление Косшока в горах Ауминзатау. На восточной границе разреза расположена мощная зона рассланцевания с хорошо развитой линейной корой выветривания, близ зальбандов которой наблюдаются крупные линзы и желваки бирюзы, полностью замещенные вторичными минералами (рис. *48*). Отчетливы изменения бирюзы и по мере приближения к поверхности. Если внизу разреза, в практически не затронутых выветриванием кварцитах развиты прожилки плотной голубой и голубовато-зеленой бирюзы, то около поверхности в тех же прожилках верхняя их часть сложена зеленой, буровато-зеленой бирюзой, халькосидеритом и ярозитом. Разрез этот прекрасно проявлен в борту одноименной горы.

Фактический материал свидетельствует о том, что в Кызылкумах, в Кураминском хребте и в хр. Каратау в Южном Казахстане ювелирная бирюза сохраняется лишь в местах, не затронутых или слабо затронутых выветриванием, что подтверждается и экспериментальными данными.

Ярозит, каолин I и каолин II (связанные с каолинитовой фазой вторичных кварцитов и более поздний), алунит, вавеллит, гидроксиды железа отчетливо замещают бирюзу в различных сочетаниях и образуют по ней агрегаты вторичных минералов (рис. *49, 50*). Гипс, хризоколла, малахит, азурит, нередко урановые слюдки встречаются в виде корочек и налетов по бирюзе, существенно не изменяя ее состава и свойств.

Обилие измененной, сильно каолинизированной бирюзы в корневых частях месторождений, на глубине двух-трех десятков метров от поверхности в углеродистых кварцитах, вероятнее всего, связано с воздействием на бирюзу органических кислот. Это легко проверить. Если плотную зеленую бирюзу подержать в щавелевой кислоте, то сначала в верхнем слое она становится голубого цвета, а при нагревании в этой кислоте в течении часа бирюза превращается в мелоподобную разность, легко царапающуюся ножом. Таким образом, мелоподобная бирюза при нагревании в парафине уплотняется и приобретает голубую окраску; при воздействии органической кислоты плотные разности бирюзы переходят в мелоподобные.

Наибольшему выветриванию в Кызылкумах подверглись наиболее эродированные площади таких месторождений, как Центральное,

Западное, Джаман-Каскыр, Аякащи I–II, Южный Дербез и площади проявлений Каратау, Косшока, Бельтау, характеризующиеся преимущественным развитием измененных разностей бирюзы. Бóльшую сохранность пород и лучшее качество бирюзы имеют месторождения Султануиздагского поля, Северный Дербез, Восточное, Дальнее, Ауминза, Таушанское и ряд проявлений. Во втором случае практически на поверхность выведены корневые части месторождений с затухающими зонами дробления и выклинивающимися кварцево-жильными зонами с бирюзой в массивных углеродистых кварцитах.

В Кураминском хребте, формирование которого завершилось в конце неогена – начале антропогена, коры выветривания практически не развиты. Наличие их отмечается некоторыми исследователями в пределах алунитоносных и бирюзоносных кварцитов.

Р.В. Мусин, детально изучавший данный регион, считает, что экзогенные процессы наложены на вторичные кварциты, образовавшиеся в результате сольфатарных явлений, что подтверждается и нашими работами. Образование высокотемпературных минералов глинозема Р.В. Мусин связывает с поздними интрузиями, прорывающими алунитовые кварциты.

М.И. Моисеева придерживается экзогенной точки зрения на образование алунитоносных метасоматитов, с этими же процессами она связывает образование бирюзы.

Детальное изучение разрезов на кураминских месторождениях позволило установить вертикальную зональность в развитии бирюзы и выделить (сверху вниз) зону окисления, зону ярозита и зону пиритизированных метасоматитов.

Зона окисления. Мощность зоны обычно составляет несколько метров (максимально 5–10 м). Зона окисления соответствует верхней зоне коры выветривания и представлена наиболее осветленными, каолинизированными и ожелезненными породами с макро- и микропустотами. Наиболее характерны для зоны окисления обилие гидроксидов железа, развитие тонкодисперсного ярозита, опала, халцедона, а также каолинита (в шлифах наблюдается в виде черных непрозрачных скоплений и пятен). Нередко каолинит покрывает стенки и выполняет пустоты выщелачивания, замещает ярозит и бирюзу. Зона окисления бесперспективна на бирюзу ювелирную, так как даже при обильной минерализации бирюза ожелезнена, обесцвечена, нередко полностью замещена ярозитом и гидроксидами железа. Здесь развиты рашлеит, халькосидерит, не исключается присутствие лишь небольшого количества ювелирной бирюзы в реликтовых, наиболее прокварцованных и наименее выветрелых участках.

Ожелезненные, ярозитизированные разности бирюзы широко развиты в зоне окисления на всех месторождениях Кураминского

хребта. На Кальмакыре бирюза замещается гидроксидами железа, ярозитом и медной зеленью, окрашена в желто-бурые и грязно-зеленые тона. На месторождении Унгурликан в верхней зоне обычна ассоциация бирюзы с опалом. В шлифах среди тонко- и мелкозернистого алунит-кварц-серицитового метасоматита, дробленного и ожелезненного с землистым, натечным и кристаллическим ярозитом, нодули бирюзы развиты среди плотных масс гетита. Крупные выделения бирюзы с захваченными кусочками ожелезненного кварцита и линзами опала внутри развиты в менее ожелезненных участках. В виде мелких линз здесь же встречается алунит. К линзам алунита нередко приурочены кристаллики ярозита, возможно, заместившие пирит. В другом шлифе опал разделяет нодули бирюзы, выполняет микротрещины в бирюзе и образует самостоятельные микропрожилки в кварците.

На проявлениях бирюзы Шаугаз и Яккобаг в верхней зоне более характерен халцедон, развивающийся в участках брекчирования жильного кварца и алунит-каолин-серицитового метасоматита. Местами халцедон вместе с рудным минералом цементирует обломки кварца. Здесь же развиваются гидроксиды железа, медная зелень, в открытых трещинах – тонкоигольчатые сферолиты малахита.

На проявлении Яккобаг в одном из шлифов бирюзоносный метасоматит представлен мелко- и тонкозернистой породой алунит-каолинит-серицитового состава с обильными пустотами выщелачивания, характерными для ярозита I, гидроксидами железа и землистым ярозитом II. Кварц в основной массе практически отсутствует и представлен обломками, редкими кристалликами и небольшими линзами. Мелкозернистые и мелкошестоватые кристаллики кварца развиты в зальбандах бирюзового прожилка. Кварц и бирюзу пересекают прожилки тонкозернистого ярозита, более широко развитого в краевых зонах бирюзы. В свою очередь, ярозитовый агрегат, как и бирюза, по краям обрастает мелкопластинчатым халцедоном. Мелкие бирюза-халцедоновые агрегаты слагают линзы среди ярозита. В целом порядок выделения описанных минералов довольно четкий: кварц – бирюза – ярозит I – халцедон – ярозит II.

В другом шлифе того же проявления состав кварцита каолинит-серицит-кварцевый. Каолинит-серицитовые агрегаты представляют собой реликтовые участки среди более позднего кварца роговикового типа и кварца жильного шестоватого. Здесь же участками наблюдается четкое брекчирование. Обломки кварцита и кварца сцементированы опал-халцедоновым цементом с почками криптозернистой бирюзы. Ярозит замещен гидроксидами железа и выщелочен. В породе наблюдаются реликты полевых шпатов и цветных минералов, мусковитизированных и хлоритизированных, и вкрапленники окисленного рудного минерала.

Зона ярозита. По данным В.П. Борискина, зона ярозита – верхняя подзона зоны выщелачивания, которая имеет следующее строение: а) подзона сульфидов железа и щелочей (ярозита), небирюзоносная; б) подзона сульфатов и фосфатов железа, стронция, кальция, меди, в которой развиваются бирюза, халькосидерит, вудхаузеит, алунит, натроярозит; в) подзона фосфатов, алюминия и меди, где формируется основная масса бирюзы.

Наши наблюдения подтверждают подобное положение зоны ярозита. Тесная парагенетическая связь бирюзы с ярозитом устанавливается всюду. Ярозитизированные метасоматиты, как правило, не содержат гидроксидов железа, столь характерных для зоны окисления. По плоскостям трещин в породах наблюдаются микрозернистые корочки различных оттенков желтого цвета и обильные желто- и темно-коричневые вкрапленники, обычно принимаемые геологами за лимонит по пириту. В выветрелых разностях метасоматитов обильны пустоты с четкими кристаллографическими очертаниями (до 2 мм в поперечнике), а также скопления более крупных округлых и неправильной формы пустот, нередко с реликтами ярозита на стенках или наполовину выполненные ярозитом. Ярозит развивается в зальбандах прожилков и почек бирюзы. Зернистые и тонкодисперсные агрегаты ярозита замещают бирюзу и образуются во всех случаях позже. По микропорам и микротрещинам в бирюзе формируются включения ярозита с хорошей кристаллографической огранкой. В зависимости от степени ярозитизации отдельных участков бирюзоносной зоны или непосредственно бирюзы качество ее соответственно ухудшается с постепенным переходом в буровато-коричневые массы. Нередко наблюдается ассоциация бирюзы, ярозита и рудного компонента. Иногда нодули тонкозернистой бирюзы расположены в темно-бурой массе гидроксидов железа и ярозита вместе с округлыми развальцованными обломками кварцитов.

Бирюзоносные метасоматиты в зоне ярозита со слабыми признаками выветривания представлены тонко- и мелкозернистыми разностями без макро- и микропор. Ярозит в таких случаях – единственный вторичный минерал, замещающий бирюзу, если не учитывать присутствие редких минералов – натроярозита, вудхаузеита, сванбергита. Каолинит в зоне ярозита не развит. Местами наблюдается замещение бирюзы алунитом, вероятно, связанное с постмагматическим образованием алунитовых метасоматитов, вмещающих бирюзу.

В одном из шлифов проявления Шаугаз наблюдался тонкопластинчатый алунит, образующий прожилки и линзовидные скопления среди кварц-серицитового метасоматита и развивающийся в зальбандах ветвящегося прожилка бирюзы, а вблизи микротрещин – непосредственно в бирюзе. Позже алунита выделялся ярозит, образующий крае-

вые зоны алунитизированной бирюзы и выполняющий трещины, наполовину заполненные бирюзой.

В зоне ярозита установлен планерит, развивающийся по бирюзе и весьма сходный с ней. Минерал характеризуется четкой сферолитовой структурой, яркой голубой окраской и высокими цветами интерференции в шлифах.

Таким образом, зона ярозита – основная бирюзоносная зона в вертикальном разрезе кураминских метасоматитов. Здесь концентрируется бо́льшая часть бирюзы, в том числе и ювелирной. В этой зоне отсутствуют поздняя каолинизация, сильное ожелезнение и нет открытых пустот и пор. Это зона наибольшей метасоматической переработки пород, совпадающая в ряде случаев с нижними горизонтами наложенной коры выветривания.

Зона пиритизированных метасоматитов. Эта зона представлена массивными вторичными кварцитами и пропилитами без признаков экзогенного изменения с обильной вкрапленностью пирита и других сульфидов. Зона пиритизированных метасоматитов – зона развития ювелирной бирюзы и тонкой природной смеси бирюзы с галлуазитом или каолинитом. Иногда здесь можно наблюдать тонкие прожилки бирюзы, отороченные пластинчатым галлуазитом. Прожилки плотной и каолинизированной бирюзы развиваются по сети разноориентированных трещин, секущих пиритизированные метасоматиты.

Пирит, как правило, покрывает стенки трещин, выполняемые впоследствии бирюзой, и образует различной густоты тонкую вкрапленность в метасоматитах и в самой бирюзе. Наблюдаются трещины, одновременно выполненные гребенчатым кварцем, пиритом и бирюзой. Отмечаются и тонкие просечки пирита с халькопиритом по бирюзе. Основная масса прожилков бирюзы пересекает прожилки пирита.

В шлифах бирюза характеризуется плотным тонко- и мелкозернистым сложением, поляризует в серых тонах. В качестве замещающего бирюзу минерала здесь развит лишь крупночешуйчатый и тонковолокнистый алунит. При макро- и микронаблюдениях в бирюзе отмечаются кристаллики сульфидов и кварца, реже мусковита, приуроченные чаще всего к краевым зонам бирюзоносных образований и к микротрещинам в них. Бирюза образует почки, нодули, линзовидные прожилки без резких контактов с взаимопрониканием в краях кварц-серицитовой основной массы и бирюзы. Нередко бирюза с трудом различима в массе метасоматита в проходящем свете и только с анализатором выделяется микрозернистой структурой и темно-серым цветом. В большинстве случаев бирюза приурочена к участкам наибольшего прокварцевания. При тесном срастании обоих минералов кварц как бы образует оторочку вокруг бирюзы. Мелкие нодули бирюзы в редких случаях развиваются по мусковитизированным и хлоритизированным

вкрапленникам цветных минералов и по вкрапленникам полевого шпата в пропилитах.

В одном из шлифов бирюзоносного метасоматита Кальмакырского месторождения наблюдалась очень интересная ассоциация бирюзы, рудного минерала и турмалина. Тонкоигольчатый турмалин образует пучки и "солнца", местами выполняет промежутки между почками бирюзы и обрастает вкрапленники рудного минерала, иногда врастая в них. Напомним, что турмалин – обычный спутник бирюзы в различных типах ее месторождений.

В редких случаях наблюдается замещение бирюзой апатита с сохранением кристаллографических очертаний его зерен. Апатит часто присутствует в оруденелых пропилитах в виде отдельных зерен и небольших прожилковидных скоплений.

Кварцево-жильные зоны, столь характерные для верхних горизонтов бирюзовых месторождений, в зоне пиритизированных или оруденелых метасоматитов практически не развиты. Кварц здесь развивается в виде мелких линз и скоплений, трудно различимых в основной серицит-кварцевой массе. Нередко включения и прожилки бирюзы развиваются в порах и трещинах в самих метасоматитах.

Описанные выше зоны вертикального разреза коры выветривания и метасоматитов, естественно, не имеют строгих границ и размеров. Как в плане, так и на глубину они сменяют друг друга в зависимости от интенсивности прошедших метасоматических и экзогенных процессов.

Пиритизированные метасоматиты отмечаются примерно с глубины 30 м и более. Участки ярозитизированных метасоматитов вдоль мощных зон нарушения могут быть встречены на глубине до 100 м. Обе эти зоны, как правило, не фиксируются с поверхности, поскольку перекрыты зоной окисления, с которой прежде всего и сталкиваются исследователи.

В.Н. Разумова, подробно рассматривая вопрос о корах выветривания, отмечает, что к этим образованиям нередко относятся глинистые продукты гидротермального происхождения. Она описывает гидротермальную глинизацию как процесс, протекающий в условиях малых глубин с образованием глинистых и охристых продуктов под воздействием растворов, возникающих при смешении кислотных дериватов эндогенных эманаций с подземными водами. Такие процессы происходят на глубинах около 1 км от дневной поверхности при 200 °С и ниже.

Эти положения о гидротермальной глинизации (а не корах выветривания) подтверждаются в пределах бирюзоносных площадей и зон.

В.П. Петров в статье "Современные проблемы учения о коре выветривания" подчеркивает отличительные особенности кор выветривания и гидротермальных аргиллизитов. Приводим основные выво-

ды: "Для гидротермальных аргиллизитов необычайно характерна ассоциация глинистых минералов с сернистыми, особенно с алунитом и самородной серой. Так же как и линейные коры выветривания, гидротермальная глинизация весьма характерно проявляется вдоль трещин. Однако для таких зон гидротермального изменения в отличие от кор выветривания типично преобладание вертикальной протяженности над горизонтальной, частое выклинивание, переход в неизмененные породы как книзу, так и кверху. Гидротермальные аргиллизиты на глубине сменяются пропилитами с новообразованными высокотемпературными минералами – цеолитом, адуляром, хлоритом, плагиоклазом, пиритом и сульфидами. Выше располагается характерная зона гейзеритов, преимущественно опаловых пород с кристобалитом и тридимитом. Для кор выветривания глиноземистых пород не характерна ассоциация с породами типа вторичных кварцитов. Зоны гидротермальной глинизации приурочены преимущественно к молодым вулканическим областям. Это обусловлено локальным проявлением процесса в самых верхних частях вулканических построек. Размыв вулканической надстройки обычно приводит к уничтожению гидротермальных глинистых пород. Наоборот, кора выветривания развивается на любых породах вне всякой связи с вулканизмом, магматизмом и гидротермальной деятельностью. Самый главный признак, позволяющий отличить гидротермальную глинизацию от коры выветривания, – переход в последнем случае в свежие материнские породы. Породы гидротермальной глинизации переходят на глубине не в свежие, а в измененные (пропилитизированные, цеолитизированные и хлоритизированные) разности".

Буквально все эти положения четко подтверждают нашу позицию о постмагматической гидротермальной глинизации на месторождениях бирюзы. Это и области молодого вулканизма, и развитие вторичных кварцитов, и переход их в пропилиты, опализация с кристобалитом и тридимитом в верхних зонах, и высокотемпературный комплекс минералов на глубине и т. д. Отсюда и относительно незначительная глубина развития минерализации и низкотемпературный интервал ее образования.

Кора выветривания на месторождениях бирюзы – лишь очень незначительный интервал нацело измененных пород с почти полностью выщелоченной бирюзой. На большинстве площадей под плащом современных наносов обнажаются породы, практически всюду сохранившие свой состав и структуру. Исключение составляют дайки лампрофиров, нацело замещенные глинистыми минералами, но имеющие четкие контакты и легко выделяющиеся на фоне вмещающих пород.

Проведя детальные исследования на Кальмакырском карьере (до 200 м от поверхности) и карьере Сары-Чеку, расположенном в той же

геолого-структурной зоне и характеризующемся идентичной геологической обстановкой с мощной зоной окисления и развитием вторичных минералов меди, мы установили следующее. Кальмакырское рудное поле содержит многочисленные крутопадающие бирюзоносные зоны, на месторождении Сары-Чеку они полностью отсутствуют. При идентичности неизмененных и слабо измененных пород на обоих месторождениях на площади Сары-Чеку отсутствуют типичные вторичные кварциты и зоны позднего жильного прокварцевания. Не развит здесь и ярозит при той же пиритизированности. Широко развиты эпидот и хлорит. В эпидотизированных и хлоритизированных разностях в заметных количествах присутствует апатит. Основная масса пропилитизированных пород тонкозернистая, кварцевая, роговикового типа, без характерных брекчиевых и шестоватых структур.

Массив Сары-Чеку – наглядный пример того, что для образования бирюзы недостаточно апатитоносных пород, медно-порфировой минерализации и хорошо развитой коры выветривания. Только более поздние гидротермальные процессы по узколокальным зонам приводят к перекристаллизации пород, перераспределению химических элементов и образованию бирюзы.

Генезис бирюзы

Изложив фактические данные об условиях формирования месторождений бирюзы и наложенных на них корах выветривания, мы переходим к подробному освещению генезиса бирюзы, который, к сожалению, остается до сих пор спорным. Это привело к излишним затратам средств в начале изучения и освоения бирюзовых объектов, что не исключено и в будущем.

А.Е. Ферсман, а позднее А.Ф. Соседко, изучавшие в двадцатые-тридцатые годы месторождения бирюзы в Средней Азии и Иране, установили связь бирюзы с апатитоносными кварцевыми порфирами и развитыми в них гидротермальными процессами.

Известный минералог Э.С. Дана, изучавший бирюзу как минерал и ошибочно определивший одонтолит как результат пропитки ископаемых костей животных бирюзой, а не вивианитом, отнес бирюзу к гипергенным минералам. Эти точки зрения и разделили в дальнейшем исследователей. Интересно, что гидротермального генезиса придерживаются, как правило, геологи, изучающие месторождения бирюзы. Гипергенную точку зрения отстаивают в основном минералоги, для которых на протяжении многих лет одонтолит служил не последним доказательством образования бирюзы в поверхностных условиях.

Первые исследователи бирюзы в Кызылкумах А.Ф. Соседко, Н.П. Петров, Т.И. Мястковский, отметив региональный характер минерализации, объясняли образование бирюзы следующим образом.

Н.П. Петров считает, что месторождения бирюзы обязаны своим происхождением процессам окремнения глинистых сланцев и известняков на заключительных фазах контактового метаморфизма. Непосредственно в контактовых роговиках развита бирюза Таушанского месторождения на юге Кызылкумов, в кровле невскрытых интрузивов расположен ряд месторождений бирюзы в горах Букантау, на севере Кызылкумов, в зоне экзоконтакта Актаусского гранитоидного массива расположены бирюзоносные зоны хребта Султануиздаг.

А.Ф. Соседко связывает образование кызылкумской бирюзы с гидротермальными кварцевыми жилами, пересекающими древние фосфоритоносные горизонты каратауского типа. Все дальнейшие исследования подтвердили связь бирюзы с кварцевыми жилами среди пород с повышенным содержанием фосфора, но не в фосфоритоносных горизонтах.

Описывая Нишапурские месторождения бирюзы в Иране, А.Ф. Соседко отмечает, что детальными петрографическими исследованиями вмещающих пород, проведенными еще в конце прошлого века К.П. Богдановичем, установлено, что бирюзоносные породы совсем лишены обычного для них акцессорного апатита. Этими данными, считает А.Ф. Соседко, легко объясняется происхождение месторождения. Термальная деятельность (горячие источники близ месторождения существуют и поныне) пошла по мощной, вмещающей месторождения, брекчиевой зоне; получив фосфор, медь, алюминий из окружающих пород, содержащих апатит и меденосный пирит, термальные воды вынесли их в верхнюю зону и накопили в виде бирюзы, каолина и гидроксидов железа. Вынос апатита из бирюзоносных метасоматитов и повышенное его содержание в неизмененных боковых кварцевых порфирах отчетливо наблюдается на месторождении Бирюзакан и на других участках, что подтверждает данные А.Ф. Соседко.

Т.И. Мястковский также связывает образование бирюзы в кварцевых жилах с гидротермальным процессом, а в сланцах – с постмагматическим метаморфизмом. По его мнению, месторождения бирюзы образовались при неоднократном повторении гидротермальных процессов и дроблении пород. Схематично месторождения формировались в две фазы. Первая фаза – образование кварцевых жил по зонам трещиноватости и разломам. Во вторую фазу в результате незначительных тектонических движений и гидротермальных процессов на контакте глинистых и кремнистых сланцев образовались полностью серицитизированные глинистые сланцы с алунитом и бирюзой. Такие породы мы называем серицит-алунит-кварцевыми сланцами и кварцитами.

Н.Л. Николаев, под руководством которого в 1967 г. составлена первая сводка и выпущен атлас "Драгоценные камни Узбекистана", описывая отдельные месторождения и отмечая четкую приуроченность

бирюзы к кварцевым жилам, также относит ее к гидротермальным образованиям.

С.В. Лопатин, работавший одновременно с Н.Л. Николаевым, рассматривая вопрос генезиса и условия образования бирюзы, отмечает, что наблюдения и материалы, собранные на всех обследованных месторождениях Узбекистана, подтверждают гидротермальное происхождение бирюзы.

Ю.К. Смолин, изучая месторождения бирюзы в Кызылкумах, подчеркивает, что бирюзовая минерализация повсеместно связана с кварцем, гидротермально измененными околорудными породами (окварцеванными, серицитизированными, пиритизированными и алунитизированными) и с разрывными тектоническими структурами. Судя по результатам декрепитационного анализа и гомогенизации газово-жидких включений бирюзы, температура ее образования довольно высокая, характерная для гидротермальных условий.

Г.В. Гвахария и Ю.И. Назаров, обнаружившие бирюзу в Маднеульской группе медно-сульфидных месторождений Грузии, описывают бирюзоносные тела, приуроченные к горизонту вторичных кварцитов и залегающие под мощным покровом вулканических пород. Согласно Ю.И. Назарову, минерализованные тела образовались преимущественно в результате гидротермального метасоматоза вулканических пород в условиях низких температур и давлений. Здесь широко развиты процессы силицификации, серицитизации и альбитизации при интенсивном привносе кремнекислоты и выносе щелочных земель и глинозема. Наряду с миграцией указанных элементов из акцессорных апатитов выносился фосфор. Таким образом, описанные условия образования бирюзы в Грузии идентичны таковым на месторождениях Средней Азии.

В.Б. Сейранян и С.Ш. Саркисян, изучавшие бирюзу Техутского месторождения в Армении, также отмечают, что бирюзовая минерализация повсеместно обнаруживает пространственную и, видимо, парагенетическую связь с проявлением низкотемпературного гидротермального процесса, воздействовавшего на кварц-полевошпатовые грейзеновые метасоматиты вдоль поперечных тектонических структур. По их мнению, бирюза входит в состав метагаллуазит-цеолит-кварцевой ассоциации, по-видимому, сформированной в наиболее позднюю фазу гидротермального минералообразования и отделенную от ранней кварц-ангидрит-сульфидной внедрением диабазовых даек. Нижний возрастной предел формирования бирюзовой минерализации принимается как ранний неоком.

Л.А. Попугаева, проведя минералогические, петрографические, термические, химические и рентгеноструктурные анализы бирюзы, пришла к выводу, что совершенство структур бирюзы уменьшается по мере ее выветривания.

Что же выдвигается в качестве аргументов в пользу гипергенного образования бирюзы различными авторами и каким фактическим материалом это обосновано?

1. Месторождения бирюзы установлены преимущественно в районах аридного климата с реликтами древних кор выветривания. На начальных этапах изучения бирюзы это было основным тезисом.

Вряд ли к регионам с аридным климатом можно отнести Саксонию, Болгарию, Монголию, Тибет и Полярный Урал, где в последние годы обнаружена бирюза. И о реликтах древних кор выветривания говорить трудно, так как практически все бирюзоносные районы сформированы или обновлены в альпийскую фазу складчатости. Возраст бирюзоносных пород в Средней Азии не ниже перми или позднего карбона, возраст же ближе всего стоящих к бирюзе даек определяется триасовым, вмещающие месторождения мел-палеогеновые субвулканические апатитоносные массивы подверглись выветриванию уже в антропогене. Кроме того, неизвестно, какова была "аридность" бирюзоносных районов в те далекие эпохи, когда происходило отложение бирюзы.

2. Бирюзовая минерализация развита в корах выветривания горных пород, содержащих сульфиды с медью и фосфор (кислые эффузивные и интрузивные породы порфировой формации с апатитом и постмагматической сульфидной минерализацией; кремнисто-углистые сланцы с фосфоритом и медьсодержащим пиритом, в том числе находящимся в кварцевых жилах и прожилках). Бирюзоносны, как правило, коры выветривания линейного типа, формирующиеся вдоль зон разрывных тектонических нарушений, нередко с признаками эндогенной минерализации.

Этот тезис также не может рассматриваться однозначно, так как вмещающие породы и эндогенная минерализация свидетельствует о более вероятном наложении кор выветривания на сформированные месторождения, что доказывается взаимоотношением эндогенных и гипергенных минералов.

3. В зоне окисления сульфидов отмечена высокая подвижность меди и фосфора, образующих бирюзу в низах этой зоны и на верхних горизонтах цементации. В верхних частях зоны окисления бирюза неустойчива и замещается более поздними гипергенными минералами; в свежих породах ниже коры выветривания бирюза практически отсутствует, за исключением редких случаев отложения бирюзы из холодных растворов (натечные формы в пустотах, примазки и псевдоморфозы бирюзы по органическим остаткам и т. д.).

Первая позиция этого пункта вполне соответствует нашим представлениям о наложенной коре выветривания и о характере зоны окисления, описанной выше. Одонтолит никакого отношения к бирюзе

не имеет, это мы уже отметили. Бирюза не образует натечных форм и не образуется в настоящее время, эти положения явно ошибочны. Остается одно – недостаточно глубокое от поверхности развитие бирюзы и не столь обильное ее развитие в свежих сульфидоносных породах. Но эти положения так же четко обоснованы самой природой. Виной тому значительный эрозионный срез и наличие практически неизученных тектонических структур минерализованных участков. Когда геологи говорят о выклинивании бирюзы в неизмененных породах, то почему-то чаще всего забывают сказать о выклинивании и бирюзоносной зоны, несущей бирюзу. Кроме того, мы не раз отмечали строгий контроль развития бирюзы трещинной тектоникой; бирюзоносны чаще всего пологие, почти горизонтальные "лестничные" трещины, которые явно не идут на глубину. Серии кварцево-жильных зон (типа кызылкумских) приурочены к мощным пологолежащим надвиговым зонам и, естественно, имеют ограниченную мощностью этой зоны глубину развития. Более крутопадающие бирюзоносные зоны Кураминского хребта характеризуются и большей глубиной развития бирюзы, но выклиниваются они всюду совместно (и зона, и бирюза). Не следует искать бирюзу в неведомых глубинах, лишь потому что она гидротермальная, а следует внимательно посмотреть, не ушла ли она в стенку скважины или другой вертикальной или горизонтальной выработки.

М.И. Моисеева, М.П. Баскаков, Н.Г. Сухова и другие геологи в книге "Минералы Узбекистана" пишут: "Бирюза выделилась из коллоидных поверхностных растворов. В отдельных участках месторождения Кальмакыр образование бирюзы можно наблюдать в настоящее время. Вдоль открытых трещин сочится студнеобразное вещество, которое при высыхании твердеет и дает все переходы от студня до обычной бирюзы, имеющей твердость 6. Характерно наличие тонких природных смесей бирюзы с галлуазитом, ярозитом, алунитом и халцедоном, подчеркивающих гипергенную природу бирюзы". К сожалению, нам за 20 лет изучения месторождений бирюзы в Средней Азии не удалось наблюдать столь уникального явления – образования бирюзы в настоящий момент. На стенках современных выработок по трещинам иногда выделяется студенистая масса, из которой кристаллизуются ярко-синие кристаллики халькантита, покрывающие породу, и бирюзу в том числе. Нередко геологи принимают за бирюзу хризоколлу и квасцы, развитые здесь в тонких примазках и корочках и, наоборот, корочки бирюзы фиксируются как "медная зелень".

С.Т. Бадалов в статье о минералого-геохимических индикаторах бирюзы пишет: "Только сонахождение меди, фосфора и алюминия в определенных количественных соотношениях в первичных наиболее растворимых формах или высвободившихся из минералов вмещающих пород в результате различных экзогенных (био- и химогенных) процессов может привести к возникновению бирюзы".

В качестве минералогических факторов С.Т. Бадалов выдвигает следующие: а) наличие во вмещающих породах минералов меди, фосфора и алюминия, отмечая характерную тонкую вкрапленность пирита с примесью меди, реже халькопирита в гидротермально измененных зонах нарушений вулканогенных и осадочно-метаморфических пород; б) типичный для бирюзы парагенезис минералов, характерный для экзогенных образований, – опал, гипс, каолинит, галлуазит, аллофан, гетит, гидрогетит, эллит, либетенит, а также вторичные – кварц, серицит, барит, алунит, кальцит, иногда золото и пирит. Вулканогенным породам свойственно обеление с образованием скоплений гидроксидов железа, в которых возникает бирюза.

Все это так, но почему группа постмагматических минералов, в том числе и золото, указаны как вторичные минералы, а бирюза возникает в гидроксидах железа, а не в кварце, где она постоянно присутствует среди обеленных вулканических пород?

Далее С.Т. Бадалов пишет: "Геохимические (факторы): а) наличие меди, фосфора и алюминия во вмещающих породах в наиболее благоприятных для растворения в экзогенных условиях формах нахождения; для алюминия – это продукты кор выветривания, для фосфора в осадочных породах – наличие органогенных отложений (костные остатки животных), для меди – нахождение вкрапленности сульфидных минералов".

Костных остатков в бирюзоносных кварцитах нам также не удалось встретить, а взаимоотношений с бирюзой всех выделенных минералов и характерных структурно-текстурных особенностей бирюзоносных пород ни М.И. Моисеева, ни С.Т. Бадалов не приводят.

В.П. Борискин, проводивший детальные минералогические и геохимические исследования на месторождениях Кызылкумов и Кураминского хребта, придерживаясь экзогенной точки зрения, подробно излагает взаимоотношения различных минералов с бирюзой, подтверждая данные автора о том, что все вторичные минералы образуются позже бирюзы, по бирюзе; бирюза является наиболее ранней по отношению к ним. В.П. Борискин специально выделяет цинксодержащую бирюзу, характерную для Букантауской группы месторождений, где цинк – постоянная примесь в бирюзе. Кроме того, типоморфными элементами-примесями в цинксодержащей бирюзе являются свинец, ванадий, мышьяк, молибден, хром и другие. К сожалению, развернутого вывода о генезисе бирюзы у В.П. Борискина нет. Он пишет: "Происхождение цинксодержащей бирюзы предположительно связано с окислением пирита в коре выветривания, развивающейся по слюдисто-углеродисто-кварцевым сланцам и алевролитам".

Е.Я. Киевленко и Н.Н. Сенкевич, обобщив материалы по геологии драгоценных камней и проанализировав некоторые данные о бирюзе, поместили ее в экзогенную группу, определив как минерал, образо-

вавшийся "в линейных корах выветривания горных пород с сульфидной минерализацией". Приведя высказывания исследователей о генезисе бирюзы, эти авторы считают, что более обосновано представление об экзогенном ее происхождении: "Об этом свидетельствуют парагенетические минеральные ассоциации, характерные для зон химического выветривания сульфидных месторождений, а также отсутствие скоплений бирюзы в свежих горных породах, содержащих первичные неокисленные сульфиды".

В.П. Петров, проведя детальный разбор проблем о коре выветривания, отметил, что для кор выветривания глиноземистых пород не характерна ассоциация с породами типа вторичных кварцитов, однако при характеристике генезиса бирюзы почему-то обходит вопрос о том, что бирюза всюду связана с жильными зонами среди вторичных кварцитов и пропилитов. В рассказе о посещении месторождения Восточное в горах Тамдытау В.П. Петров пишет: "Осталась еще одна выработка на вершине холма. Мы поднялись туда – и ничего нового. С восточного склона этот холм круто, почти обрывом спускается к пескам пустыни, высота склона 300 – 400 м. Верх склона сложен очень твердой черной кремнистой породой. Это черный кремень, или лучше его назвать черной яшмой-лидитом. Кремень окрашен очень тонко распыленным углистым веществом. Ветер и песок пустыни отполировали обрыв до блеска. Местами в черном кремне видны белые кварцевые жилки с медной рудой, местами слои несколько изогнуты и опять встречаются кристаллы рудного минерала.

Кажется,я начинаю понимать, почему здесь появляется бирюза: в этом кремнистом слое есть и фосфор, и медные соединения. Нужно только, чтобы все это попало в область выветривания и тогда создадутся необходимые условия для образования бирюзы. Продолжаю идти и останавливаюсь как вкопанный. На ярко-черной блестящей скале проходит длинная, через всю скалу, тонкая, всего 1–2 мм, небесно-голубая жилка прекрасной бирюзы. Несколько часов мы пытались отбить хотя бы несколько небольших образцов. Все наши предположения были подтверждены, не осталось никакого сомнения в приуроченности здесь бирюзы к низам коры выветривания".

Нам добавить к этому нечего. Если только то, что эти "лидиты" являются неоднократно описанными и анализированными углеродистыми бирюзоносными и рудоносными кварцитами, слагающими гряды и прослои в зонах нарушения и не несущими ни малейших признаков выветривания (рис. *40*).

Зарубежные исследователи в большинстве случаев придерживаются экзогенной точки зрения на образование бирюзы. В основном каких-либо детальных геолого-структурных или минералого-геохимических работ на месторождениях бирюзы ни в Иране, ни в Америке не

Рис. 40
Общий вид месторождения Восточное (черное – гряды углеродистых кварцитов, светлое – отвалы древних и современных выработок вдоль бирюзоносных зон)

производилось (или эти работы не дошли до нас). В статьях, как правило, описываются ценность и красота камня, легенды и отдельные минеральные ассоциации, сопутствующие бирюзе. Г.К. Хадсон пишет: "Происхождение бирюзы до сих пор не установлено". А. Рассел, описывая рашлеит из Корнуэлла, отмечает, что на руднике Монтебрас бирюза ассоциирует с касситеритом, очень редко с вольфрамитом и часто с вавеллитом, который он считает гидротермальным минералом в кварцевой жильной породе.

Н.П. Петерсон пишет, что на месторождении Кастл-Доум бирюза, как правило, ассоциирует с бейделлиитом, галлуазитом и серицитом, а доказательств, подтверждающих образование бирюзы из глинистых минералов, до сих пор не обнаружено. Твердая голубая бирюза переходит в мягкую мелоподобную разность, но показатель преломления обеих разновидностей близок к 1,662, что намного выше, чем показатель преломления любого из присутствующих глинистых минералов. Хотя бирюза наиболее обильна в верхней части зоны вторичного сульфидного обогащения, она обычно встречается в глубоких трещинах, где халькопирит замещается халькозином в очень незначительной степени (или совсем не испытывает замещения). На месторождении Итака-Парк встречаются обломки плотных голубых самородков бирюзы, сцементированные халькопиритом. Н.П. Петерсон считает

бирюзу "супергенным" минералом и отмечает, что от 40 до 60 % апатита разрушается в результате гидротермального изменения.

В заключение отметим, что все исследователи независимо от их взглядов на генезис подчеркивают связь бирюзы с жильным кварцем и с сильно измененными (окварцованными, серицитизированными, каолинизированными и пиритизированными) породами в тектонических зонах. В настоящее время ни у кого не вызывает сомнения, что бирюза не развита предпочтительно в зоне окисления, а распространена преимущественно в зоне вторичного сульфидного обогащения и достаточно широко развита в зоне неокисленных сульфидных руд и неизмененных первичных пород, достигая глубин 100 м и более и выклиниваясь одновременно с жильными сериями, несущими минерализацию.

Для всех типов месторождений бирюзы (советских и зарубежных) обязательно наличие в бирюзоносных толщах или массивах карбонатных прослоев и участков. Сингенетичные прослои мраморизованных углеродистых известняков фиксируются на бирюзоносных площадях в осадочно-метаморфических толщах. Блоки карбонатных пород кровли обычны близ месторождений в магматических массивах. Напрашивается вывод о возможном влиянии карбонатных пород на геохимическую обстановку при отложении бирюзы. Бирюза и жильный кварц, как правило, содержат включения углекислоты.

Бирюзоносные площади приурочены к структурно-формационным комплексам периода развития геосинклинали и перехода ее в консолидированную складчатую область. Эти комплексы представлены осадочно-вулканическими, преимущественно риолит-дацитовыми образованиями и гипабиссальными интрузиями щелочного и субщелочного состава, а также дайковым комплексом среднего и основного состава. Последние, по данным А.С. Уклонского, в Кураминском хребте являются корнями наиболее молодого вуканического комплекса, уничтоженного эрозией.

В металлогеническом отношении бирюзоносные площади приурочены или располагаются вблизи поясов развития гидротермальной минерализации: полиметаллической, медно-молибденовой, золоторудной, алунитовой, баритовой и дистен-пирофиллитовой.

Возраст вмещающих бирюзоносные площади пород в Скалистых горах Америки, в Нишапурской горной цепи Ирана и на Кавказе мел-палеогеновый. В Средней Азии бирюза развита в нижнепалеозойских осадочно-метаморфических толщах и верхнепалеозойских магматических образованиях (возраст которых в обоих случаях определен условно). Если это так, то мы имеем дело с двумя этапами бирюзовой минерализации: мел-палеогеновым и пермо-триасовым. Однако повсеместная приуроченность бирюзоносных зон и площадей к молодым

или омоложенным в альпийское время структурам, в частности прямой контроль рудоносных метасоматитов типа вторичных кварцитов, пропилитов и бирюзы альпийскими разломами (например, Широтным или Северным разломом в Кураминском хребте, Тебин-Булакским разломом в хр. Султануиздаг и др.), явно указывает на более молодой, вероятно палеогеновый, возраст драгоценной минерализации во всех регионах. В пользу этого говорят и данные И.В. Мушкина. Рассматривая эндогенные рудные комплексы Западного Узбекистана, И.В. Мушкин выделяет альпийский эпиплатформенный этап активизации неогенового возраста, в период которого образовалась медно-фосфорная рудная формация с целестин-баритовой минерализацией, ассоциирующая с породами углеродисто-карбонатно-кремнистой формации. Комплекс рудных минералов и барит-целестиновая минерализация характерны для бирюзоносных площадей, а углеродисто-карбонатно-кремнистая формация – единственная продуктивная на бирюзу формация в Кызылкумах, в Южном Казахстане и на Синайском полуострове. Если учесть и идентичность строения бирюзоносных зон и структур, а также самой минерализации по морфологическим формам образования, характерным гипергенным изменениям и комплексу минералов-спутников на всех месторождениях в самых разнообразных регионах мира, можно однозначно говорить о молодости, оригинальности и уникальности бирюзы и ее месторождений.

Глава VI

ОСОБЕННОСТИ ПОИСКОВ И ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БИРЮЗЫ

Геологические критерии

Размещение месторождений бирюзы на той или иной площади определяют структурно-тектонические, литологические и магматические факторы, а также гидротермально-метасоматические процессы, которые обусловили формирование бирюзоносных метасоматитов, развитие кварцево-жильных зон и установление геохимической обстановки, способствующей образованию и циркуляции бирюзоносных растворов.

Структурно-тектонический контроль. Все месторождения бирюзы, известные в настоящее время, расположены в областях, сформированных в альпийскую эпоху складчатости: Скалистые горы, Саксонские Альпы, Нишапурская горная цепь, Кавказ, Кураминский хребет, Кызылкумские поднятия и др.

Месторождения и проявления бирюзы приурочены к осевым частям крупных антиклинальных поднятий или к их крыльям, осложненным более мелкой складчатостью. Бирюзоносные площади ограничены или находятся в непосредственной близости от крупных альпийских разломов и представляют собой четко выраженные тектонические блоки. Месторождения бирюзы контролируются сериями более мелких нарушений и зон трещиноватости, сопровождающих эти разломы.

К.К. Пятков считает, что в Кызылкумском бирюзоносном районе с длительной историей геологического развития в альпийское время происходило образование крупных брахиструктур, унаследовавших общее направление складок палеозойского фундамента и сформировавших современный рельеф.

Б.Б. Ситников по характеру проявлений новейшей тектоники относит Кызылкумы к западной периклинальной части платформенной области Южного Тянь-Шаня, считая, что альпийский тектогенез здесь

происходил в две стадии: собственно альпийскую (поздний палеоген) и новейшую (олигоцен–антропоген).

Современные горные массивы Кызылкумов (Букантау, Тамдытау, Ауминза–Бельтау, Кульджуктау и Султануиздаг), в пределах которых расположены бирюзоносные зоны и узлы, представляют собой альпийские антиклинальные поднятия со сложным геологическим строением и широко развитой разрывной тектоникой. Во всех этих массивах наиболее четко проявлены четыре системы разломов: северо-западная, субмеридиональная, северо-восточная и субширотная. Большинство крупных разломов характеризуются длительной историей формирования. Разломы были заложены в герцинское время, подновлялись и активизировались в альпийскую фазу. Такие разломы представляют собой, как правило, крупные взбросы, по которым палеозойские породы подняты и нередко надвинуты на мезозойские отложения.

Альпийские разломы в Кызылкумах характеризуются широтным и субширотным (с отклонением к северо-востоку) простиранием. Простирание главных разломов и определяет направление сопровождающих их бирюзоносных зон.

В хребтах Султануиздаг (Каракалпакия) и Каратау (Южный Казахстан) бирюзоносные зоны прослеживаются в северо-западном до меридионального (хр. Султануиздаг) направлении в соответствии с простиранием пород и основных альпийских структур. Альпийский Тебинбулакский взброс ограничивает Султануиздагское и Тебинбулакское месторождения бирюзы. Вблизи Северо-Каратауского альпийского надвига расположено месторождение Аксумбе. Протяженность крупных нарушений достигает нескольких десятков километров. Амплитуда смещения по разломам колеблется от метров до десятков метров. Протяженность бирюзоносных зон составляет несколько километров при ширине от метров до десятков и сотен метров (при развитии серии сближенных нарушений). Разломы представлены зонами дробления, трещиноватости и гидротермального изменения, проявленного окварцеванием, серицитизацией, каолинизацией и алунитизацией.

Большинство зон дробления сопровождается дайками лампрофиров, плагиоклазовых порфиров и сиенит-диоритов, в ряде случаев несущих обильную вкрапленность апатита.

Кварцево-жильные зоны с бирюзой приурочены к наиболее нарушенным и тонкорассланцованным участкам (рис. 41).

Тектонические напряжения проявлялись и после формирования кварцево-жильных зон. Жильный кварц повсеместно раздроблен до мелкообломочного материала, и только в более мощных жилах он сохраняется в крупных блоках. Бирюза отлагалась в более спокойной обстановке, дробленый кварц нередко цементируется бирюзой; подвижки по бирюзе и ее дробление отмечаются редко.

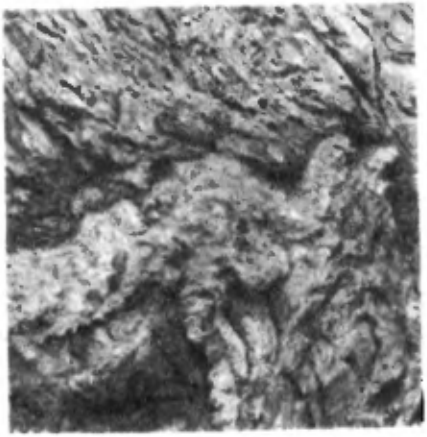


Рис. 41
Пологолежащая бирюзоносная зона дробления (светло-серое) с подводящими вертикальными каналами (белое). Аксумбе

Тектоническое строение Кураминского хребта – результат последовательного проявления трех крупных эпох орогении: каледонской, герцинской и альпийской. В результате альпийского орогенического цикла произошли общее поднятие района и формирование современного рельефа, завершившегося в конце неогена – начале антропогена. Главная складчатая структура – альпийское горст-антиклинальное поднятие (Кураминский хребет), на склонах которого расположены Северо-Кураминская бирюзоносная зона и Южно-Кураминский бирюзоносный узел.

Как и в Кызылкумах, в формировании структуры района, распределении мелких интрузий, даек, участков гидротермально измененных пород, рудных месторождений и месторождений бирюзы основная роль принадлежит разрывной тектонике. Здесь также характерны альпийские надвиги, по которым фиксируются взбросовые перемещения с амплитудами до 500 метров.

По северной границе Кураминского хребта проходит крупный Шаугазский (Северный) надвиг, вблизи которого расположена Северо-Кураминская бирюзоносная зона. Надвиг и зона прослеживаются в субширотном и северо-восточном направлении (в соответствии с простиранием хребта) на протяжении около 50 км. Надвиг сопровождается серией широтных разломов (Кальмакырский, Гольдуран и др.), которые и контролируют размещение массивов вторичных кварцитов, гидротермально измененных пород, рудных месторождений, месторождений алунита и бирюзы.

Месторождение Бирюзакан, расположенное на южном склоне Кураминского хребта, контролируется Бирюзовым разломом, прослеживающимся почти на 60 км в субширотном направлении.

Таким образом, месторождения бирюзы всех типов расположены в

тектонических блоках. Узлы пересечения древних разрывов северо-восточного или северо-западного направления молодыми широтными нарушениями среди метасоматически измененных пород и определяют положение бирюзоносных площадей в том или ином блоке.

Литологический контроль. При всем разнообразии осадочно-метаморфических толщ бирюзоносных районов установлена строгая приуроченность месторождений бирюзы кызылкумского типа к породам углеродисто-карбонатно-кремнистой формации.

Эта продуктивная формация представлена чередованием кремнистых, карбонатных, песчано-сланцевых прослоев с тонкими прослоями серицитизированных сланцев и кварцитов. Состав, структуры и текстуры бирюзоносных пород всюду идентичны, возраст вмещающих толщ – от рифея до девона включительно. Все разности пород бирюзоносной формации обогащены углеродистым, нередко графитизированным веществом. Природа последнего не ясна. Академик В.И. Попов и другие исследователи считают, что углеродистые породы образовались при метаморфизме органического вещества растительного происхождения и относят эти образования к углеродисто-силицитовой формации. Автору представляются более реальными данные А.С. Уклонского и В.Ф. Савельева, которые связывают углеродистые образования с процессами нефтеобразования этого региона. К этому же выводу пришел В.П. Борискин, изучавший геохимические особенности бирюзоносных пород. Гряды углеродистых сланцев и кварцитов в бирюзоносных породах четко следуют вдоль тектонических зон или подчеркивают складчатость в зонах сильного смятия.

Углеродистые образования бирюзоносные и небирюзоносные не слагают мощных пачек. В той или иной степени "обуглерожены" и карбонатные прослои: известняки и мраморы окрашены в темно-серые и черные тона, массивны и макроскопически с трудом отличимы от кварцитов и других углеродистых кремнистых образований. Кварциты, кремнистые сланцы и карбонатные породы, как правило, имеют постепенные переходы, обусловленные их одновременными перекристаллизацией и поздним окварцеванием. Чем ближе расположены породы к бирюзоносной кварцево-жильной зоне, тем выше степень их окварцевания. То есть бирюзоносные кварциты возникают при перекристаллизации, обуглероживании и окварцевании кремнистых, карбонатных и песчано-сланцевых пород.

Обогащение карбонатно-кремнистых пород углеродистым материалом в тектонических зонах приводит к обогащению их и характерными для бирюзоносных зон элементами – медью, фосфором, никелем, кобальтом, ванадием, молибденом, железом и др.

Площади развития пород углеродисто-карбонатно-кремнистой формации ограничивают прежде всего перспективные на бирюзу

площади, определяя пространственную и парагенетическую связь бирюзы с этими породами в Кызылкумах, Туркестанском хребте и хребте Каратау в Южном Казахстане.

Площади развития месторождений бирюзы кураминского и кальмакырского типов определяются развитием характерного комплекса кислых и щелочных, субщелочных пород, объединяемых в риолит-дацитовую формацию. Эта бирюзоносная формация также характеризуется пестрым составом первичных пород, наличием субвулканических тел и малых интрузий, а также массивов вторичных кварцитов и гидротермально измененных пород. Породы данной бирюзоносной формации установлены в толщах, возраст которых условно определяется как позднекаменноугольный–раннетриасовый (в СССР) и мел–палеогеновый (в США и Иране). В Кураминском хребте позднее бирюзоносных пород образован лишь дайковый комплекс, который в большинстве случаев датируют ранним и поздним триасом.

Вторичные кварциты и гидротермально измененные бирюзоносные породы развиваются по андезитовым и дацитовым порфиритам, их туфам, эруптивным брекчиям, кварцевым, фельзитовым и сиенитовым порфирам, гранодиорит-порфирам и характеризуются близким химическим составом и повышенным содержанием гематита, апатита и циркона. Породам риолит-дацитовой формации, как и углеродисто-карбонатно-кремнистой, свойственно повышенное содержание фосфора, меди, цинка, ванадия, висмута, молибдена. По данным Г.Е. Завьялова, наиболее обогащены апатитом (фосфором) субвулканические тела сиенитовых порфиров и сиенитовых диоритов условно позднепермского возраста. Бирюзоносные метасоматиты Северо-Кураминской зоны расположены в непосредственной близости или в пределах апатитоносных массивов. Заметно обогащены апатитом и кварцевые порфиры, вмещающие месторождение Бирюзакан.

Многочисленные месторождения бирюзы в Северной Америке находятся среди гранит-порфиров, риолитов и монцонитов палеогенового возраста, главным акцессорным минералом которых является апатит. В мощной брекчиевой зоне среди апатитоносных порфиров и трахитов того же возраста расположены Нишапурские месторождения бирюзы в Иране.

Проявление бирюзы в Маднеульской группе месторождений Грузии приурочено к телам с медно-сульфидной минерализацией, залегающим среди туфов, туфобрекчий и альбитофиров позднесеноманского и раннекампанского возраста. Среднеюрские и более молодые магматические образования вмещают бирюзоносное поле Техутского месторождения в Армении.

Все эти данные свидетельствуют о приуроченности месторождений

бирюзы кураминского и кальмакырского типов в СССР и за рубежом к молодым субвулканическим комплексам.

Следовательно, первоначальный состав пород с повышенным содержанием фосфора, связанного с углеродистым веществом в осадочно-метаморфических толщах и с апатитом в магматических комплексах, предопределяет места локализации бирюзы. Собственно фосфоритоносные толщи (древние и молодые), вопреки мнению В.Х. Клявина и других исследователей, практически не играют роли в формировании месторождений бирюзы. По данным Ю.К. Смолина, изучавшего фосфоритоносные горизонты Кызылкумов и месторождения бирюзы, и по результатам наших тематических исследований, бирюза удалена от собственно фосфоритоносных горизонтов и развивается лишь в тектонических структурах, характеризующихся повышенными концентрациями эпигенетического фосфора.

Магматический контроль. Многочисленная группа месторождений бирюзы кальмакырского и кураминского типов располагается среди субвулканических образований кислого и субщелочного состава, и наличие магматического контроля здесь не вызывает сомнений. Вероятнее всего, этот фактор следует считать первостепенным, поставив на второе и третье места тектонические и литологические особенности бирюзоносных комплексов.

Месторождения кызылкумского типа удалены от магматических комплексов. Однако они формируются либо в зонах экзоконтакта гранитоидных массивов, либо в ороговикованных породах кровли (Таушан, Тебин-Булакское и др.). В обоих случаях в пределах бирюзоносных площадей развиты апатитоносные дайки диорит-порфиров и лампрофиров, контролирующие зоны рассланцевания и бирюзоносные кварцево-жильные зоны. Возраст даек точно не установлен; как правило, они относятся к наиболее молодым магматическим образованиям района.

На кызылкумских месторождениях бирюзы внедрение даек типа лампрофиров явно предшествовало образованию бирюзы. Нередко в зальбандах даек отмечаются прожилки кварца с бирюзой. На месторождении Джаман-Каскыр одна из даек лампрофира четко рассекается серией субпараллельных маломощных прожилков бирюзы.

Дайки основного и среднего состава известны и на бирюзоносных площадях Кураминского хребта, хребта Каратау и на Техутском месторождении. Характерны они и для зарубежных месторождений. Эти дайки формировались после образования вторичных кварцитов и гидротермально измененных пород как бирюзоносных, так и небирюзоносных. Дайки этого этапа обычно не затронуты метасоматическими процессами.

Кроме пространственной связи бирюзоносных полей с дайками основного и среднего состава, всюду наблюдается явное обогащение пород комплексом элементов группы железа, не свойственным для даек и характерным для бирюзоносных метасоматитов и собственно бирюзы. Следовательно, бирюза связана с постмагматическими процессами наиболее молодых магматических, в том числе и дайковых, комплексов, что и обусловило однотипность формирования и минералого-геохимических особенностей месторождений бирюзы в разнообразных и разновозрастных породах.

Гидротермальные процессы, завершающие магматическую деятельность того или иного региона, привели к образованию кварцево-жильных бирюзоносных полей и зон.

Кварцево-жильные зоны, поля, штокверки. Это неотъемлемые элементы бирюзоносных площадей в любых районах.

В Кызылкумах общая площадь развития кварцевых жил в палеозойских массивах составляет около 700 км², около 300 км² среди них занимают бирюзоносные площади. Полезная нагрузка в кварцевых жилах устанавливается лишь при развитии их среди продуктивных углеродисто-карбонатно-кремнистой и риолит-дацитовой формаций. При выходе за пределы продуктивной толщи кварцевые жилы бирюзы не содержат.

Бирюзоносные площади всегда совпадают с площадями развития кварцевых жил. Жильный кварц максимально развит в горах Букантау, где общая площадь распространения кварцевых жил составляет около 260 км². Большая часть жил сосредоточена в пределах бирюзоносных узлов (Северо-Букантауского, Южно-Букантауского) и на площади Ирлирской бирюзоносной зоны.

В Тамдытауском горном массиве Центральных Кызылкумов кварцево-жильные зоны занимают площадь около 250 км², концентрируясь в восьми близкорасположенных полях. Узлы скопления кварцевых жил приурочены к месторождениям бирюзы, входящим в Южно-Тамдытауский бирюзоносный узел площадью около 140 км², расположенный в Центральном кварцево-жильном поле гор Тамдытау.

Ауминза-Бельтауское поднятие представлено разрозненными выходами палеозойских пород среди отложений мезо-кайнозоя. Кварцево-жильные образования здесь в основном развиты около зоны альпийского Ауминзинского разлома и вытянуты в виде полосы шириной 1–4 км в широтном направлении. В пределах этой полосы и локализованы Ауминзинское месторождение и ряд проявлений бирюзы. Кроме того, небольшие поля кварцевых жил развиты в горах Коспактау, наибольшая концентрация жил установлена вблизи горы Косшока. Здесь расположено и одноименное проявление бирюзы.

В горах Кульджуктау – южном палеозойском массиве Кызылку-

мов – площадь развития кварцево-жильных образований составляет всего 12 км². Наибольшая концентрация жил отмечена у Таушанского гранитоидного массива, в экзоконтакте которого расположены месторождение Таушан и несколько разобщенных кварцево-жильных полей площадью 0,5–2 км². Большая часть кварцево-жильных полей вытянута в субширотном направлении в соответствии с простиранием углеродистых пачек.

В хребте Султануиздаг кварцевые жилы распространены на площади около 100 км², сконцентрированы в пяти полях. Бирюзоносно лишь одно кварцево-жильное поле протяженностью 22 км и шириной до 3,5 км. К югу от этого жильного поля, включающего месторождения Тебин-Булак и Султануиздагское, расположен Актауский гранитоидный массив. Кварцевые жилы с бирюзой концентрируются в западной части поля и четко приурочены к поздним зонам милонитизации с тонкими прослоями углеродистых метасоматитов.

В Кураминском хребте жильный кварц также широко развит, однако он не образует таких крупных полей, как в Кызылкумах. Здесь жильный кварц на значительном протяжении выполняет центральные части крупных разломов, таких, как Бирюзовый, Чокадамбулакский и др. Мощные жилы кварца дешифрируются на аэроснимках и фотосхемах, подчеркивая линии разломов.

Кварцевые жилы преимущественно развиты в рудных узлах и зонах. Для бирюзоносных площадей и участков характерны кварцево-жильные зоны штокверкового типа и мелкопрожилковое, линзовидное прокварцевание, с трудом устанавливаемое макроскопически в осветленных выветрелых и ожелезненных метасоматитах. Крупные жилы в Кураминском хребте, как и в Кызылкумах, сложены массивным крупнозернистым небирюзоносным кварцем. Зальбанды жил и более мелкие прожилки выполнены кварцем с катакластическими и шестоватыми структурами, характерными и для бирюзоносного кварца Кызылкумов.

Бирюзоносные площади Южного Казахстана в продуктивной углеродисто-карбонатной толще фиксируются кварцево-жильными полями, подобными кызылкумским. На площадях Кавказа развитие жильного кварца аналогично жильному окварцеванию Кураминского хребта.

Кварцево-жильные поля во всех массивах метаморфических пород Кызылкумов формировались в идентичных условиях. Все они контролируются крупными зонами смятия и рассланцевания независимо от расположения: зона экзоконтакта гранитоидных массивов, или на удалении от них, или над интрузивами, не вскрытыми эрозией и устанавливаемыми при буровых или геофизических исследованиях.

Участки развития кварцевых жил характеризуются максимальным

изменением вмещающих пород до кварцитов, роговиков и сланцеватых метасоматитов слюдисто-кварцевого, слюдисто-алунит-кварцевого и кварц-полевошпатового состава. Большая часть кварцевых жил согласна с простиранием пород, подчеркивает макро- и микроскладчатость. В то же время по падению жилы, как правило, кососекущие, так как их залегание контролируется не слоистостью, а сланцеватостью пород. Значительная часть кварцевых жил отчетливо следует вдоль тектонических трещин, секущих породы в различных направлениях и под различными углами (от вертикальных до горизонтальных). Во всех случаях контакты жил и прожилков резкие, часто подчеркнуты ожелезнением, тонким рассланцеванием и зеркалами скольжения по зальбандам. Широко развиты кварцевые кусты с наиболее крупной жилой в центре, кварцевые штокверки и кварцевые брекчии с захватом вмещающих пород и более поздним дроблением жильного кварца до кварцевой сыпучки. Нередко кварц сцементирован бирюзой и железисто-карбонатным материалом.

Формирование кварцево-жильных полей в Кызылкумах было длительным и многостадийным с неоднократным приоткрыванием трещин и поступлением растворов, связанных с гидротермальной деятельностью. Ограниченно развитый метаморфогенный жильный кварц слагает тонкие прослои и небольшие линзы сахаровидного сложения. Прослои метаморфогенного кварца характеризуются постепенными и строго согласными (в мельчайших деталях) контактами с вмещающим их слоем.

Исследователи Мурунтауского жильного поля в Кызылкумах выделяют шесть генераций жильного кварца. Ю.Ф. Баскаков для Ауминза-Бельтауского поднятия описывает четыре генерации жильного гидротермального кварца.

В Алмалыкском районе Кураминского хребта Б.Н. Наследов выделил семь разновидностей жильного кварца, из которых наиболее низкотемпературными являются гребенчатый и короткопризматический кварц – минералы третьего этапа минерализации, ассоциирующими с анкеритом и баритом.

На основании детального изучения бирюзоносных и небирюзоносных жильных полей, а также проведенных Н.И. Андрусенко термобарометрических исследований отчетливо установлены четыре генерации добирюзового кварца и три морфологические разновидности бирюзоносного низкотемпературного кварца.

Метасоматиты. На всех месторождениях и проявлениях бирюзы любого региона бирюза локализуется в жильном кварце среди метасоматических образований и непосредственно в метасоматитах. Производными для бирюзоносных метасоматитов в Кызылкумах были углеродисто-карбонатно-кремнистые породы (песчаники, алевролиты,

известняки, глинистые и кремнистые сланцы), которые вследствие неоднократного чередования процессов дробления и минералообразования в тектонических зонах превращены в кварциты и кристаллические сланцы серицит-кварцевого, алунит-серицит-кварцевого состава с тем или иным количеством углеродистого, нередко графитизированного материала. В Кураминском хребте метасоматиты с бирюзой формировались по эффузивным и субвулканическим породам кислого и субщелочного состава – дациговым, кварцевым и сиенитовым порфирам, гранодиорит-порфирам. В глубокоизмененных участках метасоматические образования представляют собой вторичные кварциты алунитовой, каолиновой, кварцевой и серицитовой фаций. В местах развития более низких ступеней постмагматической переработки породы пропилитизированы.

Описанные геологические критерии только в комплексе определяют перспективные на бирюзу площади, которые могут быть выделены на геологических картах и фотосхемах при камеральных работах. Поиски и оконтуривание бирюзоносных участков в пределах выделенных площадей возможны при специализированных работах с учетом всех поисковых признаков.

Поисковые признаки

Геологические критерии, условия формирования месторождений бирюзы определяют характерный комплекс поисковых признаков.

Находки бирюзы в коренных обнажениях, в элювиально-делювиальных развалах и в аллювии являются прямым поисковым признаком и надежно фиксируют проявления бирюзы. Бирюза может быть встречена в виде мелкой крошки, включений, тонких прожилков и тонких корочек в обломках жильного кварца и вмещающих пород. Учитывая сильную выветрелость пород в условиях поверхности, не следует ориентироваться сразу же на находки ювелирной бирюзы. Верхние участки бирюзоносных зон характеризуются в той или иной мере измененными, замещенными вторичными минералами или выветрелыми разновидностями бирюзы. Характерны также полые пустоты выщелачивания в бирюзоносном кварце, с присыпками или реликтами глинистых минералов, заместивших бирюзу и выветривающихся нацело. Нередко эти пустоты относят к пустотам выщелачивания полевых шпатов, которые внешне очень сходны, при этом пропускаются бирюзоносные жилы.

Второй прямой и надежный поисковый признак, обусловленный не геологическими особенностями формирования месторождений, а древней горно-рудной деятельностью, это древние выработки. Поверхность большинства крупных месторождений бирюзы изобилует оплыв-

шими, иногда хорошо сохранившимися древними выработками. Выработки отчетливо дешифрируются на аэрофотоснимках и крупномасштабных фотосхемах в виде точечных и мелких темных пятен с характерной светлой оторочкой, фиксирующей отвалы с жильным кварцем. Отмечаются и выработки с размытыми отвалами, без характерной оторочки. Как правило, в минерализованных полях древние выработки сконцентрированы в небольшие группы с хорошо выраженным кружевным рисунком или вытянуты в виде цепочек вдоль бирюзоносных зон.

Выработки располагаются на склонах гребневых поднятий и в водораздельных частях; на выположенных, всхолмленных площадях с густой сетью высохших водотоков и промоин. Участки древней отработки в Кызылкумах установлены на высотах от 310 до 750 м, в Кураминском хребте – на высотах 700–1400 м; высота горы Али-Мирза в Иране, на южном склоне которой расположена основная бирюзоносная площадь, достигает 2000 м.

При полевых исследованиях древние выработки выявляются по отрицательным формам микрорельефа, они окружены отвалами, состоящими из дробленного материала вмещающих пород и жильного кварца. При тщательном осмотре древних отвалов практически всегда можно обнаружить пленки, примазки, желвачки и прожилочки измененной бирюзы или ее минералов-спутников. В мелкой крошке и сколах встречается яркоокрашенная неизмененная бирюза. По-видимому, бирюза изменяется в коре выветривания под влиянием сильнодействующих реагентов, а на поверхности она сохраняется (как веками сохраняется в ювелирных изделиях). Вероятно, одного влияния солнца и поверхностной воды недостаточно для преобразования плотной ювелирной бирюзы, это лишь дополнительные реагенты для выветривания и выщелачивания бирюзы, захваченной процессами гипергенного изменения.

В палеозойских поднятиях Кызылкумов преимущественно развиты древние выработки на бирюзу, и лишь в небольшом количестве здесь установлены древние выработки на медь, в отвалах которых в изобилии присутствуют примазки вторичных медных минералов и не содержится обломков низкотемпературного бирюзоносного кварца, а следовательно, и бирюзы. В хребте Султануиздаг широко развиты древние выработки на различное минеральное сырье. Древние выработки на бирюзу сконцентрированы на Тебинбулакском и Джамансайском бирюзоносных полях и отсутствуют за их пределами.

В Кураминском хребте при широком развитии древней горной деятельности на золото, серебро, медь и другие полезные ископаемые выявить древние выработки на бирюзу достаточно трудно. Из-за сильной пересеченности местности и крутизны склонов древние

выработки на аэрофотоснимках даже при большом навыке дешифрируются с трудом или вообще не дешифрируются. В большинстве случаев они представляют собой либо крупные одиночные цирки, либо небольшие траншеи и резко снивелированные группы мелких выработок.

В поле бирюзоносных и алунитоносных метасоматитов древние выработки практически неотличимы на местности от выработок на золото или медь из-за однотипности вмещающих пород. Только по крошке бирюзы в отвалах можно при поисковых работах установить "бирюзовые" выработки.

В хр. Каратау (Южный Казахстан) древние выработки выражены нечетко, местами снивелированы до ровных площадок, не дешифрируемых на аэрофотоснимках, и не несут признаков бирюзовой минерализации с поверхности. Вероятно, часть выработок проходили здесь на золото, часть (вдоль зон брекчирования и сильного ожелезнения) – на железо. На месторождении Аксумбе древние выработки расположены на различной глубине на трех уровнях. Основная выработка в виде траншеи хорошо проявлена с поверхности, в ее отвалах встречены многочисленные обломки с бирюзой, на снимках выработка дешифрируется с трудом. По обломочкам бирюзы установлены полностью снивелированные немногочисленные выработки и на Курумсакском проявлении (хр. Каратау).

Бирюзоносные поля и отдельные зоны с многочисленными древними выработками отработаны на 50 (иногда на 80) процентов еще в ранние века нашей эры, но при этом не потеряли практического значения до наших дней.

Как в известных, так и в новых бирюзоносных районах для поисков бирюзы на площадях, не затронутых древней отработкой, мы рекомендуем комплекс косвенных поисковых признаков, которые достаточно четко характеризуют бирюзоносные участки, слабо вскрытые эрозией или полностью перекрытые молодыми рыхлыми отложениями.

Тектонические блоки. Тектонические блоки, ограниченные молодыми или омоложенными в альпийское время разломами северо-западного, северо-восточного и широтного простирания, не всегда отраженные на геологических картах, но почти всегда отчетливо дешифрирующиеся на аэрофотосхемах и снимках. Эти блоки характеризуются сложной системой трещиноватости, развитием кварцево-жильных полей, осветленных гидротермальноизмененных пород и вторичных кварцитов типа кураминских и алунит-серицит-кварцевых углеродистых метасоматитов кызылкумского типа.

Как правило, это блоки массивных, слабо затронутых выветриванием пород, линейные коры выветривания, естественные в участках наибольшего дробления, наложены на бирюзоносные зоны и сами по

себе не могут служить поисковым признаком, так как не имеют каких-либо специфических черт на бирюзоносных и на небирюзоносных площадях. Возможно, что развитие в корах выветривания заведомо бирюзоносных участков таких минералов как ярозит и нонтронит, натроярозит и вудхаузеит подчеркивает особенности этих кор выветривания, но данные минералы устанавливаются не при поисковых работах, а при более детальных исследованиях при изучении вертикальной зональности бирюзоносных метасоматитов.

Жильный кварц. Объектом детальных поисков должны служить жильные поля и кварцево-жильные зоны в выделенных тектонических блоках. Прожилки кварца образуют на поверхности высыпки мелкообломочного и мелкоглыбового материала или узкие гряды и отдельные глыбовые выходы в коренном залегании.

Кварцевые жилы в Средней Азии и Казахстане на бирюзоносных площадях в большинстве случаев безрудны. По морфологическим особенностям они идентичны в различных частях минерализованного поля и за его пределами. Это обычно короткие маломощные образования, нередко линзо- и клиновидные с частыми раздувами и пережимами. Они образуют кусты или серии разноориентированных прожилков с заметной выдержанностью большинства прожилков в направлении, согласном с вмещающей зоной дробления и рассланцевания. В центре куста или серии нередко встречаются более крупные (мощностью в десятки сантиметров) жилы. Мощность основной массы прожилков составляет 1–7 см, редко 10–20 см. Мощные и протяженные небирюзоносные кварцевые жилы выполняют центральные части крупных разломов и более характерны для безрудных или золотоносных участков.

Выделенные на бирюзоносных площадях разновидности добирюзового и бирюзоносного кварца четко различимы при детальных поисковых работах:

1. Кварц сахаровидный мелкозернистый, метаморфогенный. На бирюзоносных участках практически не встречается, выделяется макроскопически; это светло-серый массивный равномерно-зернистый кварц со стеклянным блеском и с не различимой на глаз крупностью зерна. В шлифах он состоит из тесно сросшихся изометричных зерен с ровными и слабоизвилистыми ограничениями. Структура роговиковая или близкая к ней. Размер зерен основной массы колеблется от сотых до десятых долей миллиметра. Нередко отмечаются отдельные зерна (или участки) с размером зерен от 0,5 до 2 мм, реже до 3 мм. В некоторых шлифах текстура кварца слабосланцеватая с заметным уплощением и вытянутостью зерен в одном направлении. Массивный мелкозернистый кварц местами слагает и отчетливо секущие кварцевые жилы небольшой протяженности, также не связанные с бирюзовой минерализацией.

2. Гранулированный кварц. Встречается во всех палеозойских массивах в Кызылкумах, но развит ограниченно, как и сахаровидный кварц I. Чаще он отмечается среди кварцево-жильных образований хр. Султануиздаг. Кварц практически безрудный и небирюзоносный, характеризуется массивной равномернозернистой структурой с крупностью зерна от 0,5 до 2 мм. Окраска светлая, гранулы полупрозрачны. В шлифах гранулированный кварц представлен тесно сросшимися округлыми зернами-гранулами. Местами гранулы разделены милонитизированной буроватой массой. Макро- и микроскопически эта разновидность жильного кварца четко отличается от других, образует самостоятельные жилы и жилы с карбонатом за пределами бирюзоносных участков.

3. Среднезернистый кварц. Эта разновидность небирюзоносного кварца широко распространена в палеозойских массивах. Местами в жилах среднезернистого кварца отмечаются участки кварца гранулированного. Среднезернистый кварц также характеризуется массивной текстурой, сероватой окраской, местами он полупрозрачен. В шлифах кварц состоит из тесносросшихся зерен размером до 3 мм; в некоторых шлифах кварц представлен однородными зернами размером 2–3 мм или небольшими участками мелких округлых зерен. Как правило, зерна уже не имеют ровных ограничений, края их извилисты, местами зазубрены. Погасание зерен ровное, без заметного катаклаза.

4. Кварц крупнозернистый и гигантозернистый. Данная разновидность с характерной молочно-белой окраской слагает основную массу безрудных и небирюзоносных жил, наиболее мощных и широко распространенных. Кварц массивный, размер зерен достигает нескольких сантиметров. Часто кристаллы уплощенные, кварц приобретает ложную спайность, напоминая листоватые кристаллы клевеландита. При раскалывании в образцах крупнозернистого кварца часто образуются плоские сколы и ограничения. В шлифах этот кварц однообразен. Всюду в поле зрения шлифа чаще всего наблюдается одно зерно, уходящее из поля зрения при объективе ×3,5, или видна граница двух (реже трех) зерен, также уходящих за пределы поля зрения. Погасание прямое, без следов катаклаза. Границы срастания зерен прямолинейные или слабоволнистые. Зерна кварца покрыты тончайшей сетью микротрещин, местами с незначительным ожелезнением. Нередко в кварце заметны микровключения углистого вещества.

Именно эту разновидность кварца ряд исследователей относит к метаморфогенному кварцу, в основном потому, что в большинстве случаев он образует согласные жилы и линзы на значительном удалении от интрузивных массивов. По нашим данным, большая часть жил крупнозернистого кварца отчетливо приурочена к тектоническим трещинам и зонам наибольшего смятия и рассланцевания в экзоконтак-

тах гранитоидных массивов, выходящих или не выходящих на поверхность+ жилы согласны со сланцеватостью пород, нередко с параллельной слоистостью всегда косо секут вмещающие породы по падению, имея с ними четкие границы.

Развитие и наложение на кварцево-жильные зоны более поздних тектонических напряжений приводят к образованию катакластических разностей жильного кварца бирюзоносного и небирюзоносного. Степень катаклаза может быть различной как в разных жилах, так и на отдельных участках или образцах той же жилы.

5. Катаклазированный крупнозернистый кварц. Эта разновидность отличается от некатаклазированного молочно-белого кварца и макроскопически, и микроскопически и характеризуется сероватым оттенком и жирным блеском. Местами кварц полупрозрачен, нередко обогащен углистым веществом, часто содержит крупные пустоты выщелачивания, выполненные гидроксидами железа и карбонатами, реликтами полевых шпатов и барита. Изредка отмечаются мелкие открытые пустоты с тонкими щеточками и игольчатыми кристалликами горного хрусталя. Катаклазированный крупнозернистый кварц широко развит и достаточно четко диагностируется. При детальном изучении образцов в крупно- и гигантозернистой массе устанавливаются более мелкозернистые участки. Характерна сеть тонких разноориентированных притертых трещинок, подчеркнутых пленками гидроксидов железа.

В шлифах в большинстве случаев кварц сохраняет крупность и целостность зерна, но характеризуется резко неравномерным, мозаичным, волнистым и перистым угасанием. Часть зерен явно раздавлена. Вдоль поздних трещин и на стыках зерен нередки мелко- и тонкозернистые образования – следствие дробления и перекристаллизации. При дальнейшем развитии катаклаза в долгоживущих тектонических зонах отмечаются катаклазированные, местами перетертые до милонитов и кварцевых брекчий разновидности жильного кварца.

6. Сильно катаклазированный разнозернистый кварц. Данная разность жильного кварца, также широко распространенная, в ряде случаев макроскопически трудно отличима от обычного крупнозернистого кварца. При достаточном опыте можно отметить неравномерность зерна, большую трещиноватость и полупрозрачность. Иногда встречаются тончайшие яркоокрашенные иголочки желтовато-зеленого турмалина, а также участки, обогащенные углистым веществом. В наиболее катаклазированных местах можно встретить бирюзу и сопутствующие ей минералы.

7. Шестоватый кварц. Эту разновидность жильного кварца автор считает одной из конечных разностей катаклаза и перекристаллизации. Кварц отличается характерной структурой, тесно сросшиеся

удлиненно-призматические кристаллы присущи не отдельным жилам, а определенным участкам в них. Местами шесты кварца достигают нескольких сантиметров в длину при ширине от долей сантиметра до нескольких сантиметров, изредка наблюдаются кристаллы с хорошо оформленными головками. Макро- и микроскопически участки шестоватого кварца связаны постепенными переходами с катаклазированным кварцем. Шестоватый кварц в жильных полях развит ограниченно, но широко распространен в бирюзоносных зонах, слагая бирюзоносные прожилки и небольшие штокверки. Таким образом, присутствие шестоватого кварца – характерный поисковый признак.

В шлифах бирюзоносный кварц практически не имеет аналогов. Он катаклазирован, брекчирован, милонитизирован, нередко встречаются реликты вмещающих метасоматитов. Для бирюзоносного кварца весьма характерно наличие коротких трещин, мелких пустот остаточного типа и пустот выщелачивания. Большинство трещин и первичных пустот, образуемых в процессе перекристаллизации, выполнено бирюзой и комплексом замещающих ее минералов. Часть пустот обрастает тонкими щеточками горного хрусталя. Пустоты выщелачивания в кварце наиболее обильны в приповерхностных зонах месторождений, где образуются за счет выщелачивания не только бирюзы, но и сопутствующих бирюзе минералов – барита, пирита и полевых шпатов.

Прожилки бирюзоносного кварца с баритом и полевыми шпатами нередки на бирюзоносных площадях Кызылкумов и в других регионах. Это, как правило, поперечно- и кососекущие прожилки. Здесь же развиты серии тончайших прожилков карбоната, пересекающие в различных направлениях вмещающие породы, прожилки кварца, а иногда и бирюзу; это наиболее поздние жильные образования. Прожилки карбоната образуют густую сеть в графитизированных сланцах и кварцитах на нижних горизонтах месторождений бирюзы, т.е. с глубиной они постепенно сменяют прожилки кварца на выклинивании кварцево-жильных и тектонических зон в целом. В этом случае они фиксируют корневые части месторождений и служат отрицательным поисковым признаком.

Дайки. На месторождениях бирюзы различных промышленно-генетических типов обычны дайки основного и среднего состава. В кураминском типе развиты дайки диабазов и диабазовых порфиритов, лампрофиров. Протяженность даек несколько десятков метров, мощность обычно не превышает 1,5 м. Одиночные дайки редки, обычно дайки образуют серии и пояса.

К северо-западу от месторождения Бирюзакан в северо-восточном направлении более чем на 50 км протягивается дайковый пояс, условно раннетриасового возраста. Ширина дайкового пояса от 1 км на северо-востоке до 5 км на юго-западе. Дайки известны и на северном склоне Кураминского хребта.

В осадочно-метаморфических толщах Кызылкумов и в Туркестанском хребте дайки лампрофиров и диоритовых порфиритов развиты непосредственно в пределах бирюзоносных полей. Это целые серии коротких маломощных кулисообразно залегающих даек. Реже встречаются одиночные дайки с апофизами протяженностью более 1 км. Характерна сильная выветрелость даек у поверхности. В результате выветривания лампрофиры превращены в каолиновый и монтмориллонитовый агрегат с редкими реликтами цветных компонентов и полевых шпатов. Из-за сильной выветрелости дайки редко устанавливаются в развалах и коренных обнажениях, и не дешифрируются на аэрофотоснимках. В горных выработках они хорошо видны и выделяются на фотоснимках светлым тоном и однородным сложением. Обломки дайковых пород находят и в отвалах древних выработок.

Контакты даек с вмещающими породами четкие, подчеркнутые призальбандовыми зонами окварцевания и ожелезнения.

Дайки диабазовых порфиритов имеют лучшую сохранность, мелко- и тонкозернистое сложение и темную зеленовато-серую окраску.

Углеродистые метасоматиты. Углеродистые метасоматиты Кызылкумов, входящие в состав углеродисто-карбонатно-кремнистой бирюзоносной формации, образовались при метаморфизме кремнистых, терригенных прослоев и линз карбонатного состава. Среди них выделяются бирюзоносные и небирюзоносные разновидности, что и следует учитывать при поисках.

Кремнистые породы – основной составляющий элемент углеродистой формации, не несущий полезной нагрузки. Это массивные тонко- и микрозернистые породы розовато-серой, серой и черной окраски с неясно выраженной сланцеватостью. Окраска нередко пятнистая из-за неравномерного распределения углеродистого материала. Как правило, кремнистые прослои пронизаны сетью маломощных разноориентированных прожилков молочно-белого средне- и мелкозернистого кварца, иногда кварца с полевым шпатом.

В шлифах кремнистые породы представлены слабо анизотропной криптокристаллической массой или четко раскристаллизованным халцедоновым агрегатом, состоящим из тесно сросшихся мельчайших зерен, волокон и сферолитов. Для кремнистых пород характерны рассланцевание, обуглероживание и развитие микропрожилков кварца. Все эти процессы изменения пород тесно взаимосвязаны и проявлены на разных участках по-разному. Наблюдаются разновидности от слабо рассланцованных и обуглероженных с единичными микропрожилками кварца до сильно обуглероженных графитизированных с тонкорассланцованной, микроплойчатой текстурой и густой сетью микропрожилков. Углеродистые частицы чаще всего расположены по сланцеватости, местами сплошь переполняют породу, а в местах

развития кварцевых прожилков нередко образуют скопления в их зальбандах. В прожилках кварца отмечаются редкие чешуйки графита, располагающиеся между зернами и проникающие внутрь зерен.

В процессе окварцевания разноориентированные трещины выполняются мелко- и тонкозернистым кварцем. Нередки пересечения одних систем кварцевых прожилков другими. В более крупных прожилках образуются (в первую очередь на стенках трещин) поперечнорастущие с хорошо ограненными головками кристаллики, далее трещина заполняется мелко- и среднезернистой массой кварца. Отмечаются участки дальнейшей перекристаллизации породы с образованием мелкозернистых агрегатов и шестоватых кристаллов кварца, с реликтами углеродисто-кремнистого материала. Границы прожилков и линз кварц с вмещающей кремнистой массой четкие; лишь границы очень мелких прожилков постепенные. По мере увеличения количества линз и прожилков кварца породы переходят в кремнисто-кварцевые образования.

Обычный акцессорный минерал этих пород – пирит, образующий мелкую вкрапленность и небольшие кучные скопления. Пирит ассоциирует с углистым веществом и поздним кварцем (редко с апатитом), эпигенетичными по отношению к вмещающей кремнистой породе.

Для кремнистых пород наряду с окварцеванием характерен также процесс карбонатизации, следующий за процессом окварцевания. Карбонат выполняет трещинки, секущие линзы и замещает тонкие прожилки кварца. Местами он слагает небольшие участки, среди которых развиваются колломорфные образования и мелко- и среднекристаллические агрегаты. Чаще всего карбонат выполняет трещины и пустоты, реже наблюдается в виде крупных бесформенных скоплений. Иногда ромбовидные кристаллы карбоната рассеяны в кремнистой вмещающей массе.

Кремнисто-кварцевые и кремнисто-карбонатные породы макроскопически и в шлифах массивны и практически не затронуты выветриванием. Отмечаются лишь гидроксиды железа, образовавшиеся за счет разложения пирита, и пустоты, сформировавшиеся при выщелачивании карбоната.

Кварциты с роговиковой структурой (роговики) развиты в составе продуктивной формации, но за пределами бирюзоносных полей. Это обычные массивные породы, состоящие из тесно сросшихся изометричных или несколько неправильной формы зерен кварца. Строение и состав их идентичны в различных массивах. В роговиках отмечаются единичные прожилки шестоватого кварца и реликтовые полосы углеродисто-кремнистого состава. Из второстепенных минералов всюду развит пирит и в виде редких мелких пластиночек биотит. Вблизи проявления бирюзы Каратау II в ороговикованной

породе отмечен апатит в виде угловатых, округлых и неправильной формы бесцветных зерен. Здесь же встречаются пустоты тех же форм и размеров, что и зерна апатита.

Кварциты углеродистые тонкополосчатые известны на всех бирюзоносных площадях Кызылкумов, то также вне бирюзоносных зон. Тонкополосчатые кварциты образуют удлиненные линзовидные тела, часто расположенные цепочкой. Мощность этих тел редко превышает 20 см. Породы массивные или сланцеватые с хорошо выраженной полосчатой текстурой, обусловленной чередованием кварцевых и углеродистых прослоев. Породы окрашены в серо-черные и черные тона. Для кварцевых прослоев характерна различная крупность зерна. Углеродистое вещество пропитывает породу в виде тонкочешуйчатой массы или образует различной густоты и мощности полосы. Основная часть углеродистого вещества приурочена к более мелкозернистым прослоям кварца, более крупнозернистые слои содержат отдельные чешуйки графита или практически свободны от них. Заметная концентрация углеродистого вещества наблюдается в зальбандах открытых трещин.

Для тонкополосчатых кварцитов характерно развитие кварцевых преимущественно секущих прожилков нередко с пустотами выщелачивания и мелкими кристаллами горного хрусталя, ванадиевыми охрами и гидроксидами железа. В качестве акцессорных отмечаются зерна граната, ярозита, кубики пирита, примазки малахита.

Кварциты разнозернистые – основная вмещающая порода бирюзоносных полей, образованная, вероятно, в результате перекристаллизации при динамометаморфизме. Это полностью перекристаллизованные породы углеродисто-кварцевого состава с характерными микроструктурами: брекчиевой, милонитовой, волнистосланцеватой. Часть зерен кварца раздавлена и вытянута. По микротрещинам развиты шестоватые кристаллики кварца. Крупность зерна основной массы кварцитов колеблется от долей миллиметра до нескольких миллиметров. Размеры участков с различной крупностью зерна, их взаимоотношения самые разнообразные. Местами зерна кварца достигают 6 мм в поперечнике и переполнены углистым веществом, чешуйками серицита и мелкими зернышками кварца.

Углеродистое вещество (графит) от тонко- до крупночешуйчатого распределено крайне неравномерно, чаще концентрируется в мелкозернистых участках, образует полосы, линзы, неправильной формы пятна, выполняет промежутки между участками с различной крупностью зерна и наполняет зернышки кварца. По сланцеватости пород в местах наибольшего дробления развиты серицит, мусковит, хлорит, единичные кристаллики пирита и гидроксиды железа. В редких шлифах отмечается незначительная карбонатизация кварци-

тов. Вне бирюзоносных зон среди разнозернистых кварцитов присутствуют хризоколла и малахит. В бирюзоносных зонах кварциты пронизаны сетью тонких прожилков кварца с каолинитом, алунитом, бирюзой и гидроксидами железа. Несмотря на неоднократное дробление, породы монолитны, макроскопически не всегда отличимы от небирюзоносных метасоматитов, но благодаря характерным катакластическим микроструктурам в шлифах легко можно отличить бирюзоносный метасоматит от небирюзоносного.

Кварциты с зубчатой гранобластовой структурой развиты во всех бирюзоносных полях Кызылкумов, но выделены могут быть только микроскопически. Они представляют собой промежуточную разновидность между бирюзоносными разнозернистыми кварцитами и кварцитами шестоватой структуры.

Текстура кварцитов гранобластовой структуры сланцеватая, плоскопараллельная. Состав существенно кварцевый, в отдельных шлифах заметна примесь углеродистого вещества, которое концентрируется в виде тонких параллельных и извилистых полос, подчеркивающих сланцеватость пород. Эти кварциты, как и все предыдущие разности, массивны, состоят из тесно сросшихся зерен кварца, ориентированных обычно в одном направлении. Зерна удлиненные с зазубренными очертаниями. Местами кварцит состоит из зерен почти одного размера, в большинстве случаев они образованы различными сочетаниями зерен с зубчатыми ограничениями, мелкими изометричными или неправильной формы зернами. В других участках развиты пластинчатые и шестоватые зерна кварца, образующие линзовидные скопления и микропрожилки. Второстепенные и акцессорные минералы в кварцитах зубчатой гранобластовой структуры практически отсутствуют.

Кварциты с шестоватым кварцем развиты повсеместно на бирюзоносных площадях Кызылкумов и практически отсутствуют за их пределами. Эта разновидность метасоматитов также четко выделяется микроскопически из-за оригинальной микроструктуры. Шестоватые кварциты содержат основную массу прожилков и включений бирюзы. Отдельные микропрожилки шестоватого кварца отмечаются в разнозернистых бирюзоносных кварцитах, здесь же шестоватый кварц развивается не только в микропрожилках, но и в основной массе породы. Количество его разнообразное – от отдельных зерен до сплошной массы удлиненных зерен разного размера. Шестоватые кварциты представляют собой максимально перекристаллизованную породу, завершающую процесс метаморфизма, но не регионального, а в определенных тектонических зонах и блоках. Явная уплощенность, сдавленность и вытянутость зерен кварца в одном направлении отмечается в большинстве шлифов. Иногда наблюдаются отчетливые переходы от разнозернистого кварца к шестоватому.

Шестоватые кварциты также содержат то или иное количество углеродистого вещества. При перекристаллизации основной массы породы происходит его перегруппировка. Местами углеродистый материал развит в виде тонкой вкрапленности, в других случаях он явно концентрируется вдоль трещин и пор. В ассоциации с мусковитом и серицитом углеродистые частицы образуют кучные линзовидные скопления и полосы, чаще волнистые, реже прямолинейные.

При объективе ×20 в кварцитах видны обильные пустоты выщелачивания разнообразных размеров. Форма микропустот чаще призматическая и овальная, напоминающая минеральные образования. Более крупные пустоты характеризуются неправильными формами. Нередко в кварцитах отмечается густая вкрапленность пирита. Большинство его зерен округлые, овальные и шестиугольные, иногда с прямоугольными гранями. Пирит свежий, практически не затронутый выветриванием. Из акцессорных минералов в шестоватых кварцитах встречены лишь единичные зерна циркона.

Углеродисто-серицит-кварцевые сланцы слагают большую часть бирюзоносных площадей гор Букантау, Тамдытау, Ауминзатау; развиты они и в пределах бирюзоносных зон хр. Султануиздаг и редки в горах Кульджуктау и Бельтау. Это тонкорассланцованные и микроплойчатые породы того же кварцевого состава, с углеродисто-серицитовыми прослоями черного, серовато-черного и пепельно-серого цвета. Нередко сланцы гематитизированы и пронизаны многочисленными согласными, реже секущими прожилками кварца невыдержанной мощности. Кварц в прожилках серый и серовато-белый мелко- и тонкозернистый полупрозрачный, интенсивно дробленный и выщелоченный. В углеродисто-серицит-кварцевых сланцах образуются желваки, бобовины, гнезда и тонкие прожилки бирюзы. По поздним трещинам, секущим сланцы, кварцевые и бирюзовые прожилки, развиваются лимонитовые охры и кальцит.

По микротрещинам развиты чешуйки мусковита и серицит, тесно ассоциирующие с поперечно растущими и разноориентированными призмочками кварца. Серицит-кварцевые сланцы более всего подвержены процессам выветривания.

Среди сланцевых пачек выделены следующие прослои: а) сланцеватые песчаники обуглероженные и серицитизированные, в которых присутствуют апатит, турмалин, пирит, единичные мелкие зерна эпидота, связанные с процессами мусковитизации и биотитизации пород на участках их наибольшего дробления и смятия; б) графитизированные сланцы, состоящие из тонких углеродистых частиц, более крупных чешуек и скоплений графита, мелкозернистого кварца, халцедона и кремнистых образований; здесь же отмечаются тонкие просечки кварцевого и кварц-карбонатного составов. Графитизированное углеро-

дистое вещество образует плотную, слабопросвечивающую массу. В местах явного катаклаза развит серицит, встречаются чешуйки мусковита, линзы и прожилки ярозита и опала.

Описанные углеродистые кварциты и сланцы в бирюзоносных зонах раздроблены, брекчированы и превращены в макро- и микробрекчии с углеродистым, гематитовым и железисто-карбонатным цементом и при определенном навыке служат достаточно надежным поисковым признаком.

Вторичные кварциты. Вторичные кварциты, по Н.И. Наковнику, являются вмещающими породами ряда рудных и нерудных месторождений, в том числе месторождений золота, полиметаллов, каолина, алунита и бирюзы. Приуроченность бирюзы к вторичным кварцитам нами впервые была отмечена в 1971 г. при изучении месторождения Бирюзакан, где это проявлено с наибольшей отчетливостью. Если в Кызылкумах, в Исфаринском районе и Южном Казахстане все месторождения и проявления бирюзы приурочены к описанным выше углеродистым метасоматическим образованиям, то все основные месторождения и проявления Кураминского хребта расположены в массивах вторичных кварцитов и пропилитов, а бирюза четко связана с определенными фациями среди них, которые мы и предлагаем использовать в числе основных поисковых признаков бирюзы кураминского типа месторождений.

Вторичные кварциты и пропилиты широко развиты по северному склону Кураминского хребта и в виде отдельных пятен отмечаются на южном склоне и вблизи его осевой линии. Во всех случаях эти образования контролируются зонами разломов, прослеживаются в широтном направлении в западной и центральной частях и в северо-восточном – в восточной части, грубо повторяя линию простирания Кураминского хребта.

Это один из древнейших районов горнорудной деятельности Средней Азии – Карамазар. Исследователи Карамазара отмечают здесь развитие вторичных кварцитов загликского, камчатского и журавлихинского типов. Образование их связывается с эффузивной, интрузивной и гидротермальной деятельностью, проявленной на заключительных этапах магматизма этого региона.

На полиметаллических месторождениях Акташ и Кальмакыр вторичные кварциты формируются в контактовых зонах штоков гранодиорит-порфиров, в других случаях процессы пропилитизации и образования вторичных кварцитов развиваются по диоритовым сиенитам, андезитовым, дацитовым и кварцевым порфирам, и, несомненно, в ряде мест массивы вторичных кварцитов ограничиваются тектоническими линиями, четко следуя вдоль них. Во всех отмеченных случаях по структурным особенностям и минеральному составу

метасоматические образования близки или идентичны, несмотря на разнохарактерность первичных пород и полезных ископаемых, присущих тому или иному комплексу.

Метасоматические образования риолит-дацитовой бирюзоносной формации представляют собой сильно осветленные массивные породы с мелко- и тонкозернистой структурой во вторичных кварцитах и порфировой – в пропилитизированных разностях. На золоторудных, алунитовых и медно-молибденовых месторождениях развиты монокварцевая, серицитовая или серицит-кварцевая, алунитовая и каолинитовая фации вторичных кварцитов и пропилиты. Для последних, наряду с окварцеванием и серицитизацией, характерны процессы мусковитизации, карбонатизации, каолинизации, реже эпидотизации. Таким образом, описываемые метасоматиты полностью соответствуют низкотемпературным фациям вторичных кварцитов и пропилитам Н.И. Наковника.

Бирюзоносные площади и зоны Кураминского хребта расположены среди кварцевой и серицит-кварцевой фаций вторичных кварцитов и пропилитов. По мнению большинства исследователей, наиболее низкотемпературные фации кварцитов – алунитовая и каолинитовая, завершающие процесс метасоматического и гидротермального изменения пород, не характерны для бирюзоносных площадей. Хотя и алунит, и каолинит – постоянные спутники бирюзы, они не образуют сколько-нибудь значительных площадных скоплений на бирюзоносных полях.

Как и в Кызылкумах, процессу образования бирюзоносных и небирюзоносных вторичных кварцитов предшествовали процессы интенсивного трещинообразования и дробления пород, способствующие проникновению газогидротерм.

Среди крупных площадей метасоматических образований Кураминского хребта бирюзоносные кварциты слагают небольшие участки и зоны. Они характеризуются специфическими микроструктурами и специфической минерализацией, что объясняется, вероятно, их дальнейшей гидротермальной переработкой и перекристаллизацией. Наиболее распространенными и характерными минералами бирюзоносных метасоматитов являются пирит, гематит и ярозит. В шлифах ярозит имеет четкие кристаллографические формы, образует псевдоморфозы по пириту или же выполняет трещины в виде макро- и микропрожилков. Тесно ассоциируя с бирюзой, ярозит во всех случаях развивается позже, замещая ее в краевых зонах и по трещинам. В процессе дальнейших гипергенных изменений ярозит замещается гидроксидами железа. Максимально ярозит развит в бирюзоносных зонах Кальмакыра и Ак-Турпака в ассоциации с бирюзой и рудными минералами.

Неизмененный чешуйчатый гематит с характерным металлическим

блеском отмечается практически всюду в массивах вторичных кварцитов и в кварцевых жилах, но тесной ассоциации с бирюзой не обнаруживает, это явно более ранний минерал. При выветривании в породах развивается гидрогематит. Нередко гематит и ярозит наблюдаются одновременно и наряду с пиритом обусловливают широкое развитие гидроксидов железа в верхних горизонтах бирюзоносных и рудных зон. Количество гидроксидов в рудных участках несравнимо больше, чем в бирюзоносных зонах. Это хорошо видно в стенках карьеров и других выработок, что следует учитывать при поисках, более детально обследуя осветленные, а не ожелезненные зоны.

Макроскопически, при отсутствии навыка, трудно отделить бирюзоносные метасоматиты от небирюзоносных из-за идентичности их состава и значительной выветрелости в верхней зоне. При детальных исследованиях выделяются следующие разновидности бирюзоносных метасоматитов.

Вторичные кварциты серицит-кварцевой фации с шестоватым кварцем представляют собой прокварцованную и перекристаллизованную серицитовую фацию обычных вторичных кварцитов. Эта фация развита на всех бирюзоносных участках Кураминского хребта и наряду с жильным кварцем слагает бирюзоносные зоны. Интересно, что при резком макроскопическом отличии углеродистых бирюзоносных кварцитов кызылкумского типа от кураминских вторичных кварцитов в шлифах эти образования близки или идентичны по составу и структурным особенностям, если исключить присутствие углеродистого материала.

Основные компоненты данных кварцитов – кварц и серицит, второстепенные, но обязательные – ярозит, гидроксиды железа, глинистые минералы, пирит. Кварц наряду с серицитом слагает основную массу породы, а также тонкие прожилки, линзы и неправильной формы обособления. Границы прожилков в большинстве случаев достаточно четкие. Кварц в линзах и обособлениях, разрастаясь, постепенно замещает тонкозернистую кварц-серицитовую массу. В зальбандах более крупнозернистых обособлений развивается шестоватый кварц. В прожилках шесты кварца формируются от зальбандов к центру, располагаются чаще всего беспорядочно.

Вторичные кварциты серицитовой фации распространены более широко, наряду с пропилитами в основном слагают массивы измененных пород и являются вмещающими материнскими породами для бирюзоносных кварцитов. Кварциты характеризуются крипто-, тонко- и мелкозернистой лепидобластовой структурой. Нередко раздроблены до милонитов и перекристаллизованы. По сравнению с бирюзоносными существенно кварцевыми метасоматитами серицитовые кварциты в большей степени каолинизированы, ярозитизированы и ожелезнены. Ярозит здесь нередко образует кучные скопления и прожилки.

На основных бирюзоносных площадях (Бирюзакан, Унгурликан и др.) серицитовые кварциты идентичны при небольшом колебании состава, степени выветрелости и дробления. На участках Яккобаг и Кальмакыр в кварцитах наряду с серицитом развивается мелкочешуйчатый мусковит, зерна кварца чаще всего округлые, и порода напоминает роговик. В кварцитах с гранобластовой структурой отмечаются маломощные прожилки и включения бирюзы. Эти кварциты слагают более глубокие (40 м и глубже) горизонты месторождений вблизи или в пределах рудных зон.

Оруденелые серицит-кварцевые метасоматиты наиболее характерны для бирюзоносных зон полиметаллических месторождений (Кальмакыр, Ак-Турпак), реже отмечаются в районе месторождения Унгурликан и в Табошарском массиве вторичных кварцитов. Отличительные особенности рудоносных метасоматитов – обильная вкрапленность пирита, реже халькопирита, чешуйки молибденита, участки роговиковой, гранобластовой структуры и заметная мусковитизация. Интересны здесь тесные взаимоотношения бирюзы с пиритом и другими рудными минералами. Наблюдаются просечки сульфидов, чаще всего пирита по бирюзе. Обычна и широко развита тонкая, нередко обильная вкрапленность пирита в бирюзе; весьма характерна сильная каолинизация бирюзы в оруденелых кварцитах. Встречаются прожилки, сложенные бирюзой и каолинитом, с четкими границами, по которым хорошо видно более позднее образование каолинита при повторном приоткрывании трещины.

Пропилиты. Эти породы развиты во всех бирюзоносных и рудоносных массивах в Кураминском хребте, в Армении, Иране, США и Монголии. Пропилиты представляют собой в той или иной степени серицитизированные, окварцованные, реже хлоритизированные и карбонатизированные разности пород, сохраняющие первичную, чаще всего порфировую, структуру. В бирюзоносных массивах наиболее развита серицит-альбитовая фация пропилитов, эпидот и хлорит отмечаются реже. Оба эти минерала широко развиты в небирюзоносном массиве вторичных кварцитов Сары-Чеку. Для пропилитов более характерен мусковит, крупные чешуйки которого замещают цветной компонент. Пропилитизации подверглись самые разнообразные породы: дацитовые и андезитовые порфириты, гранодиорит-порфиры, кварцевые, сиенитовые и диоритовые порфиры. Пропилитизированные андезитовые порфириты отмечены на площадях проявлений Яккобаг и Шаугаз и на флангах месторождения Бирюзакан.

Пропилиты во всех случаях характеризуются присутствием перекристаллизованной серицит-кварцевой основной массой. Вкрапленники первичной породы или замещены полностью, но сохраняют кристаллографические очертания, или хорошо сохранились и представлены калиевым полевым шпатом, альбитизированным плагиокла-

зом, округлыми или резко неправильной формы зернами кварца и табличками темноцветных минералов.

Для наиболее измененных разностей, приближающихся к кварцитам, характерен ярозит. Он образует вкрапленники, кучные скопления и микропрожилки. Местами ярозит развивается по вкрапленникам полевых шпатов и мусковитизированных темноцветных минералов.

В пропилитах нередко присутствует апатит в виде неправильной формы и призматических мелких зерен в основной массе породы. Апатит развивается по мусковитизированным вкрапленникам цветного компонента и одновременно с кварцем отлагается в поздних трещинах. Нередко в пропилитах можно наблюдать мелкие призмы апатита, наполовину замещенные кварцем и глинистым минералом. В пропилитах, как и в кварцитах, обычны микро- и макропрожилки шестоватого кварца. Практически всюду породы каолинизированы, но в незначительной степени.

Геохимические признаки. Геохимические особенности бирюзоносных пород также служат достаточно надежным поисковым признаком. Несмотря на резкое отличие вмещающих бирюзоносные зоны пород на различных месторождениях, бирюзоносные метасоматиты (вторичные кварциты, пропилиты, углеродистые кварциты и сланцы) характеризуются практически идентичным и достаточно специфичным составом. Отклонения в содержании рудных компонентов наблюдаются лишь в кальмакырском типе бирюзоносных зон.

Бирюзоносным площадям не свойственны такие элементы, как кадмий, торий, тантал, гафний, талий, индий. Вольфрам, ниобий, литий, бор, иттрий, иттербий, скандий, серебро, германий, галлий присутствуют в бирюзоносных породах в устойчиво кларковых содержаниях вне зависимости от степени изменения пород, их бирюзоносности и рудоносности за редким исключением. Заметно понижены содержания титана и марганца в бирюзоносных метасоматитах. Содержание вольфрама, германия, висмута обычно не превышает 0,0001 %, сурьмы 0,01 %. Почти всюду присутствуют олово (0,0001–0,0002 %, редко 0,0005–0,0007 %) и ниобий (0,001–0,002 %). На участках, где бирюзоносные зоны совмещены с золоторудным полем, отмечается обогащение мышьяком (до сотых долей процента).

В породах углеродисто-карбонатно-кремнистой формации, обогащенных тонкодисперсным углеродистым веществом, установлено повышенное содержание (в %): Cu $2{,}5\cdot10^{-2}$, V $2\cdot10^{-2}$, Mo $1\cdot10^{-3}$, P $2\cdot10^{-1}$. В пологолежащих зонах разломов среди пород данной формации содержание меди возрастает до 0,2 %, ванадия до 0,8 %, молибдена до 0,09 % и фосфора до 1 %. Эти геохимические особенности характеризуют бирюзоносные участки, где мобилизация и перераспределение элементов происходили при циркуляции по тектоническим зонам гидротермальных растворов.

Таблица 4. **Среднее содержание (в %) элементов-примесей в бирюзоносных спектрального анализа**

Месторождение (массив)	Порода	Число проб	Ti	Mg	Cr	V
Бирюзакан	Бирюзоносные вторичные кварциты серицитовой фации	19	0,3	0,01	0,004	0,01
Кальмакыр	То же	5	0,24	0,009	0,002	0,003
Ак-Турпак	"	1	–	0,01	0,0015	0,01
Шаугаз	"	1	0,01	0,01	0,0015	0,005
Унгурликан	"	5	0,25	0,028	0,007	0,012
Бирюзакан	Слабоминерализованные вторичные кварциты	6	0,24	0,012	0,0024	0,016
	Зоны дробления по этим же породам	6	0,3	0,01	0,003	0,025
Яккобаг	Слабо минерализованные вторичные кварциты	5	0,3	0,005	0,0025	0,009

По данным Е.Л. Спиридонова и Ю.Ф. Баскакова, слюдисто-алунитовые метасоматиты, развитые среди углеродисто-кварцевых сланцев, заметно обогащены As (0,01–0,5 %), Mo (0,001–0,02 %), Ba (0,1–3 %), V (0,1–1 %), Zn (0,01–0,03 %), Co (0,001–0,01 %),Cu (0,01–0,5 %). С этими метасоматитами гидротермального генезиса, которые прослеживаются на глубину до 150 м, Ю.Ф. Баскаков связывает формирование медных и бирюзовых месторождений.

Основные элементы, характеризующие породы непосредственно бирюзоносных зон и жильный кварц, – хром, ванадий, никель, кобальт, медь, цинк, свинец, молибден, фосфор. Содержание их находится в прямой зависимости от степени бирюзоносности и гидротермального изменения пород.

В таблицах 4–6 приведены средние содержания элементов в бирюзоносных породах ряда месторождений и проявлений (данные полуколичественного спектрального анализа). При осреднении полученных данных несколько стираются особенности поведения ряда элементов, установленные по отдельным замерам и профилям, поэтому ниже мы приводим более подробную характеристику поведения каждого элемента.

породах кураминской группы месторождений по данным полуколичественного

Ni	Co	Cu	Ag	Zn	Pb	Sn	Mo	Sr
0,001	0,0002	0,016	0,00003	0,016	0,005	0,0002	0,0007	0,005
0,0005	0,0007	0,1	–	0,009	–	–	0,0006	0,0015
0,0007	0,0005	0,047	–	0,003	0,002	–	0,0005	0,012
0,001	0,0005	0,01	–	0,004	0,0001	–	–	0,01
0,0008	0,0004	0,08	0,00003	0,005	0,006	0,0006	0,001	0,006
–	–	0,04	–	0,005	0,001	–	–	–
0,002	–	0,032	–	0,001	0,0006	–	–	–
0,0008	0,00007	0,009	–	0,004	0,015	0,0005	0,002	0,007

Титан. Среднее содержание титана в песчано-сланцевых породах составляет 0,45 %, в кислых магматических породах – 0,23 %, в породах среднего состава – 0,8 %.

Бирюзоносные породы кызылкумских месторождений и вмещающие их сланцы значительно обеднены титаном, как и дайковые образования, особенно апатитоносные. Близкое к среднему содержание титана установлено лишь в слабоизмененных породах Ауминзинского месторождения, во всех других случаях отмечается заметный вынос титана, особенно в зонах разломов и в зонах окварцевания. В последних, как и в жильном кварце, титан содержится в количестве сотых и тысячных долей процента. Содержание титана в бирюзоносных породах Кураминского хребта, на месторождениях Бирюзакан, Унгурликан и Кальмакыр близко к среднему содержанию в кислых породах и заметно ниже, чем в породах среднего состава. На площади месторождения Ак-Турпак в одной из проб серицитовых кварцитов титан не обнаружен, а на проявлении Шаугаз в тех же кварцитах содержание титана составляет 0,01 %.

Марганец. Среднее содержание марганца в песчано-сланцевых и кислых магматических породах составляет 0,06 %. Для бирюзоносных

Таблица 5. **Среднее содержание (в %) элементов-примесей в углеродистых ного спектрального анализа**

Месторождение (массив)	Порода	Число проб	Ti	Mg	Cr	V	Ni	Co
Тамдытау	Бирюзоносные углеродистые сланцы и кварциты	3	0,07	0,015	0,015	0,04	0,002	0,0004
Ауминзатау	То же	3	0,06	0,35	0,008	0,04	0,007	0,001
Султануиздаг	"	2	0,3	0,003	0,03	0,006	0,0005	0,001
Букантау	"	5	0,16	0,01	0,008	0,025	0,01	0,0007
Букантау	Те же породы слабо минерализованные	5	0,23	0,01	0,01	0,02	0,004	0,0006
Ауминзатау	Те же	1	0,4	0,017	0,005	0,017	0,006	0,009
Тамдытау	Небирюзоносные углеродистые сланцы и кварциты	5	0,16	0,006	0,011	0,01	0,0015	0,00005
Султануиздаг	То же	6	0,15	0,013	0,014	0,03	0,0015	0,0006
Ауминзатау	"	1	0,03	0,02	0,0025	0,002	0,0001	0,0005
Султануиздаг	Диоритовый порфирит с апатитом	1	0,004	0,07	0,015	0,02	0,025	0,0002
Тамдытау	Диоритовый порфирит	1	0,5	0,08	0,007	0,02	0,0008	0,0012

полей марганец не характерен. В большинстве случаев содержание марганца в породах бирюзоносных формаций не превышает 0,01 %. Таким образом, бирюзоносные породы минерализованных зон марганцем обеднены. Только в бирюзоносных углеродистых кварцитах Ауминзатау установлено 0,35 % марганца, такое же незначительное обогащение марганцем отмечается здесь в некоторых зонах дробления.

Хром. В бирюзоносных зонах среди осадочно-метаморфических толщ хром содержится в тысячных и первых сотых долях процента,

сланцах и кварцитах Кызылкумских месторождений по данным полуколичествен-

Cu	Ag	Zn	Pb	Sn	Mo	Y	Ni	P	Sr
0,01	0,00004	0,01	0,001	0,0002	0,003	0,003	0,0003		
0,04	0,006	0,02	0,0006	0,0002	0,0015	0,0015	0,003		
0,01	0,000006	0,01	0,01	0,0001	0,001	0,0003	–	–	0,015
0,01	–	0,015	0,001	–	–	–	–	–	–
0,007	–	0,01	0,008	–	–	–	–	–	–
0,026	–	0,012	0,0008	–	0,0009	–	–	–	–
0,026	–	0,005	0,0009	–	0,0001	0,002	–	–	–
0,012	0,00001	0,06	0,0025	0,00015	0,0008	0,0005	0,0004	–	–
0,015	–	0,003	–	–	0,00005	0,0006	0,0003	–	–
0,0015	0,00015	0,2	0,0008	0,0001	0,002	0,0045	0,0003	Более 1	–
0,0015	–	0,01	0,0008	0,0003	0,00005	0,001	0,0008	0,1	0,004

что близко к среднему содержанию хрома в неизмененных осадочных породах ($1-1,5\times10^{-2}$). Местами в бирюзоносных участках содержание хрома возрастает в два раза. В бирюзоносных кварцитах Северо-Кураминской площади содержание хрома близко к среднему для этих пород, в 2,5 раза больше хрома в бирюзоносных кварцитах Унгурликана, и несколько повышенное его содержание отмечается в бирюзоносных кварцитах Бирюзакана (0,004 %, среднее содержание в кислых породах 0,0025 %).

Заметно обогащены хромом дайки лампрофиров на месторожде-

Таблица 6. **Среднее содержание (в %) элементов-примесей в жильном кварце**

Порода, месторождение (массив)	Число проб	Ti	Mg	Cr	V	Ni
Кварц бирюзоносный						
Тамдытау	8	0,008	0,008	0,003	0,0001	0,0014
Ауминзатау	3	0,02	0,021	0,003	0,0003	0,0006
Букантау	4	0,033	0,023	0,002	0,0045	0,028
Султануиздаг	3	0,02	0,02	0,001	0,0005	0,0013
Бирюзакан	20	0,13	0,02	0,005	0,0025	0,0002
Кварц небирюзоносный						
Тамдытау	5	0,004	0,015	0,002	0,0004	0,0007
Ауминзатау	1	0,007	0,007	0,007	0,0001	0,0002
Букантау	4	0,05	0,025	0,003	0,0002	0,0004
Султануиздаг	9	0,006	0,18	0,002	0,0001	0,0004

ниях Аякащи I и Джаман-Каскыр. Как и всюду, дайки здесь тесно связаны с бирюзоносными зонами. Количество хрома в них достигает сотых долей процента, превышая в 5 раз среднее содержание хрома в породах среднего состава.

Хром (тысячные доли процента) присутствует во всех разновидностях бирюзоносного и небирюзоносного кварца.

Ванадий. Содержание ванадия в кислых породах в среднем составляет $4 \cdot 10^{-3}$ %, в сланцах $3 \cdot 10^{-2}$, в песчаниках $2 \cdot 10^{-3}$ %. В бирюзоносных зонах ванадий крайне подвижен. Он очень часто фиксирует зоны дробления, кварцевые жилы и метасоматические изменения пород. Наиболее резкие колебания в содержании ванадия отмечаются над бирюзоносными участками и вблизи даек лампрофиров, здесь содержание ванадия достигает десятых долей процента. В целом содержание ванадия в бирюзоносных породах близко или несколько выше средних содержаний его в неизмененных толщах. В бирюзоносных зонах Бирюзакана в верхнем горизонте установлено 0,009–0,005 % V, у подошвы карьера (на глубине 20–30 м) 0,002–0,07 % V, в бирюзоносных зонах месторождения Ак-Турпак – 0,014 % V. Заметное обогащение бирюзоносных пород ванадием подтверждается развитием его ореолов (сотые доли процента), фиксируемых на бирюзоносных площадях при общем металлометрическом опробовании.

В небирюзоносном кварце ванадий установлен в количестве десятитысячных долей процента, в бирюзоносном кварце – до 0,0025 и 0,0045 %.

Никель. Никель присутствует во всех бирюзоносных породах. Содержание никеля, как и содержание меди и хрома, находится в

бирюзоносных полей по данным полуколичественного спектрального анализа

Co	Cu	Ag	Zn	Pb	Sn	Mo	Y	Nb
0,0003	0,03	0,00007	0,014	0,0004	0,00006	0,0003	0,0003	0,00015
0,00007	0,005	0,00003	0,006	0,0002	0,00015	0,00025	0,0003	0,00006
0,0008	0,005	–	0,003	0,0004	–	–	–	–
0,0003	0,005	–	0,0035	0,0005	–	–	–	–
0,0002	0,06	0,00006	0,0045	0,001	0,0001	0,00036	0,0004	–
0,00004	0,002	0,00006	0,04	0,0003	0,0001	0,00005	0,0004	0,0006
0,00006	0,002	0,00006	0,001	0,0002	0,0001	0,0005	0,0003	0,0003
0,00007	0,002	0,000003	0,009	0,0008	0,00015	0,00008	0,0003	0,0002
0,0002	0,0015	–	0,001	–	–	–	0,0003	0,0003

прямой зависимости от степени изменения пород. В жильном кварце установлено 0,0002–0,0004 % Ni, в бирюзоносном кварце Северо-Букантауской площади – до 0,028 % Ni. Тысячные доли процента никеля отмечены в бирюзоносном кварце хр. Султануиздаг и в южной части массива Тамдытау. Сотые доли процента никеля установлены в апатитсодержащем диоритовом порфирите. В ряде случаев отмечено в зонах дробления до 0,05 % Ni, что в 10 раз больше по сравнению с вмещающими породами.

Бирюзоносные породы Кызылкумов и Кураминского хребта в целом содержат никель в меньших количествах по сравнению с кларковыми: 0,003–0,006 % (относительно 0,0095 %) в углеродистых кварцитах и 0,0003–0,0007 (относительно 0,0008) в гранитоидах и эффузивах. Только в бирюзоносных кварцитах Букантау отмечено 0,01 % Ni. Такое же содержание никеля отмечено в кварцитах карьера № 3 в Бирюзакане. Таким образом, местами в бирюзоносных участках породы обогащены никелем при заметном уменьшении его содержания на прилегающей площади. Возможно, перегруппировка никеля в метасоматитах связана с образованием бирюзы.

Кобальт. Кобальт на бирюзоносных площадях всюду устанавливается в количествах ниже средних его содержаний в неизмененных породах (0,002 %). В углеродистых сланцах и кварцитах бирюзоносных полей в Кызылкумах содержание кобальта в неминерализованных участках не превышает 0,0002 %, в бирюзоносных участках его количество составляет 0,0007–0,001 %. В слабо минерализованных породах Ауминзатау в одной пробе содержание кобальта достигло 0,009 %.

В породах Кураминской группы содержание кобальта близко

среднему содержанию в кислых породах (0,0002–0,0007 %). В жильном кварце установлено 0,00007–0,0008 % Co. Над бирюзоносными участками, как правило, содержание кобальта резко изменяется от пробы к пробе (десятитысячные доли процента), в единичных пробах содержание Co повышается до 0,006 %.

Медь. Медь – один из основных элементов бирюзоносных формаций и бирюзоносных зон. Содержание меди тесно связано с бирюзоносностью и гидротермально-метасоматическими изменениями пород. Количество меди (по любому профилю) изменяется от пробы к пробе и зависит от малейшего изменения в составе пород. В бирюзоносных породах в целом меди почти в 10 раз больше, чем в неизмененных: 0,005–0,007 % в сланцевых толщах, 0,002 % в гранитоидах. В бирюзоносных породах содержание меди составляет сотые и даже десятые доли процента. В бирюзоносном кварце количество меди возрастает в 10–20 раз по сравнению с небирюзоносным (тысячные доли процента).В то же время в пределах самих минерализованных полей наблюдается четкий вынос меди в минерализованных участках (по сравнению с боковыми породами) при условии, если в пробы не попадает сама бирюза. В противном случае все бирюзоносные участки характеризуются высокими содержаниями меди.

В метасоматитах штольни 4 месторождения Бирюзакан установлено 0,035–0,057 % меди, на том же горизонте в бирюзоносных породах карьера содержание меди снижается до 0,002 %. На верхнем уступе карьера 3 в слабо окварцованных эффузивах меди 0,15 %, в сильно окварцованных участках – до 0,21 %.

На площади месторождения Аякащи I медь почти везде содержится в количестве 0,005–0,1 %. В сильно окварцованных бирюзоносных участках содержание меди редко поднимается выше 0,003 %. В дайках лампрофиров, секущих бирюзоносные породы, меди до 0,05 %. В неминерализованных породах Ауминзатау содержание меди колеблется в пределах 0,04–0,26 %.

На Кальмакырском месторождении, по данным химических анализов, содержание меди четко увеличивается с глубиной при заметном обеднении в бирюзоносных зонах.

По данным площадных металлометрических работ, на бирюзоносных полях фиксируются многочисленные разрозненные ореолы меди с содержанием 0,01 % и выше. Бирюзоносные зоны и в данном случае характеризуются отрицательными аномалиями, узкими, вытянутыми в широтном направлении.

Приведенные данные свидетельствуют о возможном применении купрумметрии на прогнозных бирюзоносных площадях с целью выделения в их пределах закрытых бирюзоносных зон и участков.

Вероятно, породы обогащались медью в процессе их постмагмати-

ческой метасоматической переработки и на гидротермальном этапе. В процессе образования бирюзы медь перераспределялась, поступала в растворы. Дальнейшее перераспределение меди происходило уже при гипергенезе, когда бирюза разлагалась и образовывались вторичные минералы меди – малахит, азурит, хризоколла и др. Заметим, что количество вторичных медных минералов в бирюзоносных зонах весьма невелико, значительно больше их число на удалении от зон, в рудоносных метасоматитах.

Цинк. Цинк – характерный элемент бирюзоносных полей в Кызылкумах – развит и в жильном кварце. Менее свойственен цинк магматическим бирюзоносным породам Кураминского хребта, в котором (при среднем содержании цинка для кислых пород 0,006 %) бирюзоносные породы содержат не более 0,001 % Zn. В породах Кальмакыра и Бирюзакана установлено 0,009–0,016 % Zn. В безрудных зонах дробления содержание цинка минимальное.

В углеродистых бирюзоносных метасоматитах цинк содержится в сотых долях процента, в 2–3 раза превышая среднее содержание его для сланцевых пород (0,008 %). В дайке лампрофиров на месторождении Аякащи I содержание цинка достигает 0,09 %, а в центральной части бирюзоносной зоны – 0,5 %. На данном месторождении цинком обогащена и сама бирюза.

В апатитоносном дайковом диоритовом порфирите бирюзоносного поля хр. Султануиздаг установлено 0,2 % Zn. Повышенное содержание цинка в бирюзоносных породах Кызылкумов способствует развитию здесь зеленоватой цинксодержащей кызылкумской бирюзы. Содержание цинка в породах прямо зависит от степени их метасоматических изменений, бирюзоносности, обилия кварцевых жил и даек. Цинк накапливается в сфалерите, углеродистом материале, пирите и бирюзе.

Свинец. В бирюзоносных породах всех типов месторождений встречается галенит в виде незначительной вкрапленности. В пределах минерализованных полей количество свинца ниже (десятые, реже тысячные доли процента) в некоторых случаях близко среднему содержанию в неизмененных породах (0,002 %) и лишь в отдельных участках несколько превышает его. Так, в двух пробах бирюзоносных углеродистых кварцитов хр. Султануиздаг содержится 0,01 % свинца, в слабо минерализованных вторичных кварцитах Яккобага 0,015 %.

На Кальмакырском месторождении содержание свинца возрастает с глубиной, в оруденелых граносиенитах и в бирюзоносных зонах. В последних нередко свинца содержится в 5–10 раз больше, чем в окружающих небирюзоносных кварцитах. По данным площадных металлометрических работ, на бирюзоносных площадях Северо-Кураминского узла отмечаются ореолы свинца (0,001 % и выше), но

связаны они явно с рудной минерализацией, захватывающей и бирюзоносные зоны.

Молибден. Молибден наряду с фосфором и медью – наиболее характерный элемент бирюзоносных площадей. Как правило, широкие металлометрические ореолы молибдена (тысячные доли процента) фиксируют бирюзоносные площади и в Кызылкумах, и в Кураминском хребте. Молибден тесно связан с ванадием, никелем, цинком, медью в углеродистых свитах. Обогащены молибденом вторичные кварциты и гидротермально измененные породы Кураминского хребта. При средних содержаниях молибдена 0,0002 % в сланцах и 0,0001 % в гранитоидах бирюзоносные и слабо минерализованные породы Кураминского хребта содержат от 0,0005 до 0,002 % молибдена.

В бирюзоносных породах кызылкумских массивов обычное содержание молибдена 0,001–0,003 %. В ряде проб на месторождениях Аякащи I, Аякащи II в бирюзоносных зонах установлены сотые и даже десятые доли процента молибдена. В бирюзоносных зонах Кальмакырского месторождения молибден повсюду содержится в десятых и сотых долях процента. В жильном кварце этого месторождения и месторождения Ауминза установлено до 0,02 % Мо. По данным В.П. Борискина, пиритизированные породы по сравнению с вмещающими толщами обогащены молибденом на месторождении Бирюзакан в 2 раза, на месторождении Аякащи I – в 17 раз, на Унгурликане – в 40 раз, на месторождении Джаман-Каскыр – в 200 раз. Сочетания положительных концентраций молибдена с отрицательными ореолами меди нередко фиксируют бирюзоносные участки.

Фосфор. Фосфор также является основным элементом бирюзоносных площадей, при этом он характеризуется крайней неравномерностью распределения и концентрации в породах и в большинстве случаев не устанавливается спектральным анализом. Поэтому на обычных металлометрических картах отсутствуют ореолы фосфора. Содержание фосфора отчетливо связано с апатитоносностью и бирюзоносностью пород. Резко обогащена фосфором наиболее протяженная дайка диоритового порфирита бирюзоносного поля хр. Султануиздаг, даже спектральным анализом в ней определено более 1 % фосфора. По данным химических анализов, во вторичных кварцитах Кальмакыра содержание P_2O_5 составляет 0,4–0,9 %, в бирюзоносных участках – 0,3 %.

Основные носители фосфора и в Кызылкумах, и в Кураминском хребте, и в хр. Каратау в Южном Казахстане – апатит и бирюза. Апатитом обогащены дайки среднего состава всех бирюзоносных районов и массивы субщелочных пород как в СССР, так и за рубежом. Диоритовый порфирит вблизи проявления Коспактау буквально переполнен крупными (до 0,3 мм) призматическими кристаллами и неправильной

формы зернами апатита, как и спессартит из дайки вблизи Курумсакского проявления. В Кураминском хребте на бирюзоносных площадях апатитоносны наиболее молодые субвулканические и дайковые тела кварцевых и сиенитовых порфиров, гранодиорит-порфиров. Таким образом, резко повышенные содержания в породах фосфора фиксируют фосфатное оруденение и апатитоносность. Отрицательные аномалии среди апатитоносных пород на участках их постмагматического изменения являются практически прямым признаком бирюзоносности при прочих равных условиях, так как при развитии метасоматических и гидротермальных процессов апатит распадается и переходит в раствор, концентрируясь затем в основном в бирюзе.

Ю.К. Смолин выделил в палеозойских отложениях Кызылкумов два морфогенетических типа фосфатного оруденения – желвачковый и дисперсный. Оруденение первого типа представлено отдельными желвачковыми образованиями, содержащими до 32 % фосфорного ангидрита в сланцевых толщах. Дисперсный фосфор связан с карбонатно-кремнистыми породами, в которых его содержание не превышает 2 % даже в гипергенно обогащенных участках. Наиболее обогащены фосфорным ангидридом породы углеродисто-кремнистой формации. Здесь содержание фосфорного ангидрида составляет в среднем 3,5 %, в обуглероженных сланцах – 2,2 %, в алевролитах – 1,5 %, в карбонатных прослоях – 0,5 %.

В.И. Зонов и Ю.К. Смолин отмечают обогащенность кызылкумских тектонических зон фосфором, особенно зон межформационных срывов (до 3 %). Повышенная фосфоритоносность зон дробления среди пород углеродисто-карбонатно-кремнистой формации и обусловливает прежде всего связь бирюзы с этими зонами.

Бирюза не установлена на проявлениях и месторождениях фосфорпитов. На бирюзоносных площадях Центральных, Южных и Западных Кызылкумов форсфоритоносные горизонты не встречены.

Кроме основных девяти элементов, характерных для бирюзоносных площадей, следует обратить внимание на стронций, барий и цирконий, концентрирующиеся в барите, сванбергите и цирконе и нередко сопутствующие бирюзе.

Стронций. Стронций, которым в достаточной степени насыщены неизмененные породы, в гранитоидах содержится в количестве 0,03 %, в сланцевых толщах – 0,45 %, явно обеднены стронцием бирюзоносные формации. В последних стронций концентрируется в сванбергите, ассоциирующем с бирюзой. В большинстве проб из Кызылкумов спектральным анализом стронций не установлен, исключение составляют кварцит хр. Султануиздаг и диоритовые порфириты из дайки на месторождении Центральное в горах Тамдытау. На месторождении Аякащи I выделен участок, обогащенный стронцием. Здесь же в повышенных содержаниях отмечены молибден и барий. В бирюзонос-

ных кварцитах Кураминского хребта и на месторождениях Ак-Турпак и Шаугаз стронций содержится в тысячных долях процента.

Таким образом, явные отрицательные аномалии стронция характеризуют бирюзоносные площади, а бирюзоносные зоны в пределах этих площадей фиксируются еще более низким содержанием стронция, совпадающим с отрицательными аномалиями меди, свинца, ванадия и фосфора.

Барий. Среднее содержание бария в сланцевых толщах и в кислых разностях пород составляет 0,08 %. В бирюзоносных породах барий отсутствует (Кальмакырское месторождение) или его содержание значительно ниже среднего. Барий четко концентрируется в барите. Кварц-баритовые жилы, наряду с жилами карбоната, завершают гидротермальный процесс. Барит нередко сопутствует бирюзе и встречается как в бирюзоносном кварце, так и непосредственно в бирюзе. На месторождении Аякащи I барий установлен в отдельных пробах (десятые доли процента), в одной пробе его содержание достигает 1 %.

Цирконий. Среднее содержание циркония во вмещающих бирюзоносные зоны кварцитах превышает его среднее содержание для сланцев и кислых разностей пород в два-три раза, в бирюзоносных участках оно снижается до тысячных долей процента (среднее содержание 0,02 %). Только в зонах дробления Таушанского месторождения отмечено 0,07–0,09 % Zr.

По данным химического опробования, на Кальмакырском месторождении бирюзоносные породы резко обогащены алюминием, медью, фосфором, оксидами железа. Интересно взаимоотношение закисного и окисного железа. В большинстве проб, взятых на различных горизонтах, закисное железо преобладает над окисным, и только вблизи поверхности резко возрастает количество окисного железа (8–10–17 %).

На более глубоких бирюзоносных горизонтах закисное железо содержится в количестве от 4 до 9–11 % при содержании в тех же пробах Fe_2O_3 не более 1–3 %.

Количество P_2O_5 на верхнем горизонте месторождения колеблется от 0,4 до 2 %; на уступе 4 (примерно в 50 м от поверхности) в бирюзоносных зонах в большинстве проб содержание P_2O_5 менее 0,3 %. На нижележащем уступе количество фосфора снова возрастает до 0,9 %.

Количество глинозема в породах Кальмакырского месторождения в большинстве проб составляет 15–19, реже 20 %. В бирюзоносных участках количество глинозема заметно уменьшается.

Таким образом, наиболее характерные и обязательные поисковые элементы на бирюзу – фосфор, медь, молибден, ванадий, цинк, свинец–

образуют контрастные, вытянутые положительные или отрицательные ореолы. Более широкие площадные ореолы образует в бирюзоносных породах молибден. Медь, как правило, рассеяна по площади в виде небольших положительных или отрицательных ореолов.

Поиски и оценка месторождений

Специфика бирюзоносных формаций, разобщенность кураминского и кызылкумского типов месторождений с рудными узлами и прямая связь с последними месторождений кальмакырского типа опредeляют необходимость проведения поисков на бирюзу специализированными партиями и отрядами, знакомыми с особенностями минерализации, методикой опробования, обогащения и хранения драгоценного сырья. До постановки тематических и производственных специализированных работ на бирюзу в хорошо изученных геологически районах Кураминском, Кызылкумском и Султануиздагском при проведении детальных поисков на рудные и нерудные полезные ископаемае вплоть до 60-х годов не были изучены древние рудники на бирюзу. В настоящее время Средняя Азия – одна из интереснейших бирюзоносных провинций с многочисленными месторождениями и проявлениями бирюзы.

Поиски. Поиски на бирюзу ограничиваются пока регионами с характерными чертами альпийских складчатых структур – Средняя Азия, Кавказ, Казахстан, Алтай. Отдельные находки бирюзы возможны и в других местах. Пример тому – бирюза, выявленная А.А. Беляевым на Полярном Урале.

Перед постановкой поисковых работ на бирюзу в районах, где не ограничены перспективные площади, а это сделано только в Кураминском хребте, в Кызылкумах и хр. Каратау в Южном Казахстане, необходимо прежде всего выделить массивы апатитоносных магматических пород порфировой формации, участки развития в них вторичных кварцитов и площади развития углеродисто-карбонатно-кремнистых образований. И те и другие достаточно четко устанавливаются при камеральном изучении геологических карт и дешифрировании аэрофотоснимков и фотосхем. Дешифрирование следует принять как основной метод предварительного выявления потенциально бирюзоносных площадей. Углеродисто-карбонатно-кремнистые образования (наиболее темный фототон) достаточно однозначно дешифрируются на снимках и среднемасштабных схемах. Так же достаточно легко дешифрируются поля развития кварцевых жил среди бирюзоносных и небирюзоносных формаций. Жилы образуют точечные, линейные и небольшие пятнистые образования почти белого тона на темном фоне

вмещающих пород. Дешифрируются небольшие скопления кварцевых жил, поля и отдельные жилы в коренных выходах и по высыпкам. Последние чаще всего наблюдаются на вершинах холмов и гребней.

На снимках и фотосхемах также дешифрируются тектонические блоки, зоны и участки максимальной трещиноватости, ограничивающие площади возможного развития бирюзы. В ряде случаев на снимках хорошо видны группы древних выработок и отдельные крупные траншеи и цирки.

Дешифрирование риолит-дацитовой бирюзоносной формации, вмещающей месторождения кураминского и кальмакырского типов, – процесс более сложный, так как светлый тон пород бирюзоносной формации не отличается от фототона массивов карбонатных и кислых эффузивных пород, и поэтому почти в каждом случае здесь требуется полевая проверка отдешифрированных контуров. Более или менее надежно дешифрируются осветленные породы вдоль тектонических зон и массивы вторичных кварцитов в узлах пересечения тектонических нарушений. Последние должны быть детально опоискованы, как и участки крупных разломов, трассируемых кварцевыми жилами.

При полевых исследованиях выделенные участки с прямыми и косвенными признаками бирюзоносности оконтуривают по коренным выходам или делювиально-элювиальным развалам.

В пределах развития кварцево-жильных полей выделяются зоны с развитием в них низкотемпературного кварца и комплекса сопутствующих и замещающих бирюзу минералов.

Среди массивов вторичных кварцитов и пропилитов производятся детальные поиски поздних зон дробления и окварцевания среди серицит-кварцевой и пропилитовой фаций метасоматитов с характерными катакластическими и шестоватыми структурами.

В руслах и долинах небольших водотоков, размывающих месторождения бирюзы, при тщательном осмотре мелкообломочной фракции могут быть выявлены обломочки бирюзы или жильного кварца с бирюзой.

При проведении поисковых и разведочных работ в рудных полях с полиметаллической, медной и медно-молибденовой минерализацией необходимо тщательно обследовать зоны осветления и кварцево-жильные зоны. При этом следует четко отличать комплекс вторичных минералов меди, характерных для этих месторождений, от сходных с ними корочек и примазок голубоватой и зеленоватой бирюзы, которые часто документируются как "медная зелень".

Развитие древних бирюзовых рудников в Средней Азии предопределяет поисковые работы в пределах уже известных полей с целью вскрытия минерализованных зон и отдельных тел, не выходящих на поверхность и не отработанных поэтому в древности. Основная цель

поисковых работ – четкое выделение бирюзоносных структур и зон при детальном геолого-структурном картировании, а не нанесение на карту разрозненных точек минерализации на той или иной площади.

Поиски на древних рудниках, естественно, осложнены обилием выработок и отработанностью наиболее минерализованных и легкодоступных участков. Однако поиски в известных структурах более надежны и продуктивны, чем на новых площадях, перекрытых молодыми отложениями или небирюзоносными пачками. Погребенные тела с бирюзой могут быть вскрыты горно-буровыми работами на рудных месторождениях, как, например, на Техутском месторождении в Армении, Маднеульском в Грузии или на узле Эрдэнэт в МНР, а также при изучении флангов известных месторождений бирюзы и при обнаружении на поверхности выходов явных бирюзоносных фаций метасоматитов и жильного кварца. В последнем случае такие участки, как правило, затронуты древними выработками. В настоящее время древние выработки пока не установлены лишь на месторождении Ауминза, проявлении Косшока в Кызылкумах и на Техутском месторождении в Армении. Большая часть месторождения Ауминза расположена в скальных породах с маломощными бирюзоносными зонами и минерализованными трещинами. Здесь преимущественно развита вкрапленная и сетчатая бирюза, которую обычно древние рудокопы оставляли в целиках, предпочитая бирюзу в кварцевых жилах, где ее больше и легче добыть. Минерализованная зона проявления Косшока не выходит на поверхность, ее перекрывают и рыхлые отложения, и коренные породы; зона вскрыта при прокладке дороги к буровым скважинам.

Закрытые участки бирюзоносных площадей при поисках должны быть покрыты металлометрической съемкой с целью выявления ореолов элементов, сопутствующих бирюзе, а также радиометрической и эманационной съемкой для более точного оконтуривания бирюзоносных структур по их тектоническим и металлогеническим особенностям.

Поиски бирюзы на новых закрытых площадях без дешифрирования аэрофотоматериалов, применения металлометрии и геофизики практически бесперспективны.

Опробование. Единственный метод опробования, применимый и применяемый на месторождениях бирюзы, – валовый метод. Методика опробования впервые охарактеризована в "Методическом руководстве по производству геологоразведочных работ на месторождениях бирюзы" (1968 г.). Основные положения Руководства правомерны до сего времени, но их следует интерпретировать в соответствии с установленными в последнее время стадиями геологоразведочных работ.

На стадии общих поисков, проведение которых рекомендуется на

выделенных прогнозных площадях, валовое опробование не предусматривается. Поиски рекомендуется проводить в масштабе 1:25 000– 1:10 000. Их основная цель – выделение продуктивных бирюзоносных формаций и структур.

Детальные поиски на площадях с развитием прямых и косвенных признаков бирюзовой минерализации, проводимые в масштабах 1:10 000– 1:5000, позволяют вскрыть и проследить бирюзоносные структуры и определить контуры развития продуктивных пород. При вскрытии минерализованных участков рекомендуется отбор единичных проб (0,5– 1 м^3).

Поисково-оценочные работы проводятся на известных месторождениях и прилегающих к ним площадях в масштабах 1:500– 1:2000 в зависимости от размеров территории. Основная задача опробования на этой стадии – установление минерализации, ее интенсивности и возможного наличия ювелирных разностей. Пробы отбираются во всех выработках, вскрывших бирюзоносные зоны, со дна канав и траншей, углебленных в коренные породы не менее чем на 1– 3 м. При проходке шурфов пробы отбираются по мере углубки через 1 м (или через 0,5 м).

На первом этапе изучения, когда объемы горных выработок невелики, отсутствие кондиционного сырья в пробах не свидетельствует о бесперспективности объекта. Оценочными критериями могут служить частота встречаемых бирюзоносных прожилков кварца и мономинеральных прожилков бирюзы, развитие вкрапленных разностей, обилие включений измененной бирюзы, присутствие минералов-спутников и т. д.

При производстве предварительной и детальной разведок опробуются все минерализованные интервалы, вскрываемые выработками по простиранию или вкрест простирания. Основная цель опробования на данном этапе – определение среднего содержания бирюзы по отдельным участкам, блокам и месторождению в целом для установления процента выхода ювелирных разностей, их сортности в каждом отдельном случае и подсчета запасов по категории C_2. При этом производится изучение распределения сортовой бирюзы в плане и по вертикали. Пробы по выработкам отбираются по интервалам проходки, не допускаются отбор проб по пустым интервалам и объединение материала нескольких интервалов в одну пробу, что ведет к неизбежным потерям драгоценного сырья и искажает истинную картину.

При вскрытии минерализованных участков врезами или небольшими карьерами пробы отбираются в виде "задирок" мощностью 0,5– 1 м (по мере углубления выработки). Площадь задирок зависит от размеров выработки и мощности вскрытого минерализованного тела. Объемы проб при разведочных работах не должны превышать 6 м^3, так как увеличение объема пробы приводит к неполной выборке сырья и

увеличению его потерь. Только равномерность опробования по интервалам, равные или близкие размеры валовых проб обеспечивают достоверные данные.

При валовом опробовании попутно добывается некоторое количество драгоценного сырья. Это необходимо планировать как попутную добычу из расчета запроектированного объема опробования и среднего содержания, определенного на первых стадиях работ.

При производстве добычных работ, которые могут производиться на отдельных участках месторождения одновременно с его разведкой, добываемая бирюза также оформляется в виде проб, регистрируемых в журнале добычи. Это необходимо для обеспечения полноты выборки бирюзы и сопоставления результатов опробования отдельных участков. При добычных работах объемы проб могут достигать 10 м^3 (при вскрытии бирюзоносных зон по всему полотну карьера), но не более.

Отработку карьера и выборку бирюзы производят "ленточным" способом. Мощность отрабатываемой ленты также не должна превышать 0,5–1 м глубины. Обуривание вмещающих пород и отработка непосредственно бирюзоносной зоны производятся секционным способом с опережением или отставанием с целью исключения перемешивания бирюзоносных и пустых пород и облегчения выборки бирюзы (вернее "бирюзовой руды").

Отбор проб на всех стадиях опоискования и разведки месторождения, как показал опыт древних и современных работ, необходимо производить "вручную", т.е. с помощью клиньев, зубил и отбойных молотков из целика, и лишь в отдельных случаях с применением небольших зарядов взрывчатых веществ. Применение промывки и грохочения при обработке проб резко повышает процент выхода и, соответственно, содержания бирюзы которое, как и у всех драгоценных камней, зависит не столько от качества анализа, сколько от трудолюбия и честности пробщиков.

Оценка месторождений и проявлений. По составу вмещающих пород прежде всего определяют тип месторождений, размеры промышленных зон и фаций бирюзоносных метасоматитов, степень и характер эрозионного среза. Выходы пиритизированных метасоматитов, малая мощность зон осветления, кварцево-жильных зон, развитие сети тонких кальцитовых прожилков характеризуют корневые части месторождений. Значительное развитие зоны ярозита с обильным жильным или штокверковым окварцеванием повышает перспективы площади, участка.

В целом месторождения бирюзы, как и месторождения ряда других драгоценных камней, вписываются в общепринятую классификацию месторождений полезных ископаемых, разработанную еще В.М. Крейтером в 1940 г. В то же время они резко отличаются от руд-

ных месторождений тем, что камнесамоцветное сырье добывается попутно и по отдельным проектам, одновременно с разведкой месторождений, не требуя крупных капитальных вложений и строительства горнодобывающих и обогатительных предприятий. Отработка месторождений драгоценного сырья начинается на стадии разведочных работ и может производиться задолго до окончания промышленной оценки объекта, что обусловлено спецификой минерализации и оценочных критериев.

Месторождения бирюзы или бирюзоносные поля представляют собой крупные объекты с интенсивной древней отработкой верхнего горизонта (в большинстве случаев с древнейших времен). Месторождения без древней отработки редки, наиболее перспективны и установлены лишь в последнее десятилетие. Площади месторождения (минерализованного поля) колеблются от десятых долей квадратного километра до нескольких квадратных километров. Месторождение обычно представлено сериями бирюзоносных тел и участков, приуроченных к единой структурной единице.

Глубина развития бирюзовой минерализации в пределах известных месторождений составляет 30–50 м, реже до 200 м от поверхности и прямо зависит от глубины эрозионного среза той или иной площади. Разница в гипсометрических отметках выходов бирюзоносных тел на поверхность в Кызылкумах достигает 450 м, в Краминском хребте она составляет около 800 м. Причем на наиболее эродированной площади Кальмакырского месторождения наибольшая глубина развития бирюзы достигает 150 м. Отметим, что при пологолежащих бирюзоносных структурах (например, в Кызылкумах), определение глубины минерализации по вертикали, а не по падению дает искаженные результаты.

Бирюзоносный узел объединяет ряд месторождений и проявлений бирюзы, концентрирующихся на значительной площади того или иного региона и связанных единством геолого-структурных и металлогенических особенностей. Площади бирюзоносных узлов имеют самую разнообразную конфигурацию и измеряются десятками квадратных километров. При значительной вытянутости по простиранию вдоль бирюзоносной структуры месторождения и проявления бирюзы объединяются в бирюзоносные зоны.

Бирюзоносные зоны – всегда тектонические зоны, связанные с крупными альпийскими или обновленными в альпийское время разломами, контролирующими массивы и участки метасоматитов типа вторичных кварцитов, пропилитов и углеродистых серицит-кварцевых кварцитов и сланцев. Протяженность бирюзоносных зон колеблется от десятков метров до нескольких километров, мощность их составляет десятки и сотни метров. На месторождениях и в пределах крупных

узлов и зон непосредственно бирюзоносными являются кварцево-жильные зоны и серии зон мощностью несколько метров и протяженностью в десятки метров (до нескольких километров).

Бирюзоносное тело – часть бирюзоносной зоны, обогащенная бирюзой. Морфологически такие участки разнообразны – кусты, столбы, линзовидные и неправильной формы тела, штокверки. В пределах бирюзоносной зоны бирюзоносные тела располагаются крайне неравномерно, чередуясь с неминерализованными участками по простиранию и падению зоны. Размеры бирюзоносных тел по простиранию составляют десятки метров при поперечном сечении от 1 до 3 м (редко более); эти же параметры сохраняются и по падению зон.

Запасы сырья на крупных месторождениях определяются в десятки тонн. Более многочисленны объекты средних размеров с запасами бирюзы-сырца 1–2 т и мелкие, содержащие десятки и сотни килограммов общей массы бирюзы. Не следует забывать, что большинство известных месторождений отработано в древности, а часть месторождений просто не изучалась или изучена недостаточно, так что оценка запасов ориентировочная. Ориентировочные данные мы имеем сейчас и по содержанию драгоценного (сортового) сырья в пробах: от 10 до 483 г/м^3 на Техутском месторождении; от 0,1 до 241 г/м^3 на месторождении Унгурликан; от *n* до 100*n* г/м^3 на месторождении Аякащи I. В.Х. Клявин отметил содержание кондиционной бирюзы в одной из кварцевых жил месторождения Аякащи I – 3578 г/м^3 (!). При имеющихся недостатках в отборе проб, неполной выборке бирюзы-сырца и определении выхода сортовых разностей истинное содержание представляется значительно бо́льшим и в ряде случаев (а не в единичных пробах) может достигать 500–1000 г/м^3.

Месторождения бирюзы по классификации В.М. Крейтера следует относить к V группе, в которую входят месторождения, представленные гнездами и трубообразными телами небольшого масштаба. Это сравнительно редко встречающиеся месторождения, очень сложные для разведки и промышленного освоения. Только небольшая часть запасов этих месторождений может быть оформлена по категории C_1, основной подсчет запасов ведется по категории C_2.

С помощью буровых и горных работ можно лишь приблизительно оконтурить зону возможного нахождения гнезд и минерализованных участков. В процессе горных работ и подземного бурения встречаемые минерализованные участки отрабатываются. Этап детальной разведки месторождений сливается с эксплуатацией. При этом, как отмечал В.М.Крейгер в 1940 г., природные условия заставляют начинать и производить разработку месторождений этого типа на очень низком уровне знаний. Оценка месторождений бирюзы, как и рудных месторождений, зависит от этапов разведанности месторождения и может

осуществляться несколько раз в зависимости от изменения данных, получаемых в процессе изучения месторождения.

При условии положительных экономических факторов (месторождения бирюзы расположены в хорошо освоенных и легкодоступных регионах, добыча и отработка драгоценного сырья практически не требует капитальных затрат и высокого технического оснащения) основными критериями оценки месторождений бирюзы следует считать запасы сортовой бирюзы и коллекционного материала с учетом в качестве "попутного" компонента бирюзы, пригодной для облагораживания.

Сортовая бирюза, определяемая ОСТ-75, представлена голубыми, бледно-голубыми, зелеными и зеленовато-голубыми плотными разностями. Ярко-голубая бирюза в каждом конкретном случае представляет собой небольшой (5–10) процент общей массы и не может служить основным критерием оценки – это характерная особенность месторождений.

Е.Я. Киевленко в группировке месторождений цветных камней для геологоразведочных целей отнес месторождения бирюзы ко второй группе, объединяющей большинство ювелирных и многие ювелирно-поделочные камни. Продуктивные тела в месторождениях этой группы представлены жилами и жильными зонами, а также залежами, трубо-, линзо- и плитообразной формы. Промышленное значение обычно имеют обогащенные вкрапленниками и прожилками участки – минерализованные столбы или шлиры. Как и на месторождениях первой группы, цветные камни составляют незначительную часть объема продуктивных тел. Нам представляется, что по структурно-морфологическим типам минеральных тел месторождения бирюзы ближе соответствуют месторождениям I группы по классификации Е.Я. Киевленко, так как они образованы жильными зонами, минерализованными зонами дробления и штокверками с неравномерной и резко неравномерной минерализацией. Для месторождений бирюзы, как и для месторождений изумруда и рубина, характерно резкое изменение качества сырья не только в пределах одного тела, зоны, участка, а в одном и том же прожилке, образце. В крупном или очень мелком включении мы можем наблюдать все переходы от ярко-голубой или зеленой бирюзы до обесцвеченных или ожелезненных разностей.

Кроме месторождений на прогнозных картах выделяют проявления бирюзы, оцениваемые как перспективные, бесперспективные и с неустановленными перспективами. Площади проявлений характеризуются наличием либо одиночных древних выработок, либо небольших их групп, и, как правило, имеют небольшие площадные размеры. Исключение представляют перспективные проявления Яккобаг и Курумсакское, площади которых по размерам соответству-

ют минерализованным площадям месторождений, но характеризуются слабой минерализацией с поверхности, небольшими объемами древней отработки и весьма слабой изученностью.

Бесперспективные проявления – это отдельные точки минерализации с ограниченным развитием продуктивных пород.

Кондиции на ювелирное сырье пересматривались неоднократно. В настоящее время все большее количество бирюзы не только голубой, но и зеленой используется промышленностью и все меньших размеров кабошоны изготавливаются на поточных линиях. Бирюза с включениями пятнистой окраски начинает применяться в крупных вставках, в индивидуальной оправе, в промышленности все больше используют измененные и каолинизированные разности бирюзы, тем или иным методом облагороженные. Не используется еще крошка бирюзы для изготовления сцементированных камней, но кусочки бирюзы в 3–4 мм, считавшиеся ранее крошкой, в настоящее время идут для изготовления кабошонов; можно делать и более мелкие кабошоны, незаменимые в "осыпных" изделиях.

Рост возможностей нашей промышленности в более полном использовании драгоценной и полудрагоценной бирюзы расширяет перспективы месторождений, поэтому необходимо учитывать все проявления, отработка которых может вестись при организации работ на близрасположенных месторождениях.

Степень изученности месторождений не позволяет дать их промышленную классификацию по запасам, так как полностью разведанные месторождения того или иного типа отсутствуют. Разработка месторождений бирюзы по-прежнему будет производиться специализированными геологическими партиями попутно при поисково-оценочных и разведочных работах и по отдельным проектам на эксплуатацию блоков с подсчитанными запасами по категории C_2. Повышение категорийности запасов ведет к излишним затратам средств и дополнительным потерям сырья.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сотни, тысячи лет осваивались человеком месторождения бирюзы в Иране, Северной Америке, Китае и Средней Азии. Многочисленность и масштабы древних разработок этого камня до сих пор поражают воображение исследователей. Привлекательность бирюзы, ее яркая и контрастная окраска по сравнению с вмещающими породами являются гарантией того, что ни одна находка этого минерала на поверхности не осталась без внимания. И даже измененные на поверхности ее образования известны человеку давно. Этим можно объяснить тот факт, что, несмотря на значительный объем геологических исследований, XX в. не дал ни одного нового бирюзоносного района до последних лет. Только весьма значительные объемы горных выработок и буровых работ помогли вскрыть Техут в Армении и Эрдэнэт в Монголии. По-прежнему основными источниками бирюзы служат древние месторождения, но уже на более глубоких горизонтах.

Разработка подобных объектов в Иране и Северной Америке весьма рентабельна и позволяет получать относительно стабильное количество сырья на протяжении длительного времени.

В 1965–1974 гг. в Иране добывалось от 6 до 50 т бирюзы в год, экспорт обработанной бирюзы колебался от 72 кг до 1 т и более, ежегодный доход от ее продажи достигал 6 млн. дол.

Добыча бирюзы на медных рудниках шт. Аризона только в 1975 г. обеспечила 10 млн. дол. прибыли. Как в США, так и в Иране одновременно в эксплуатации находятся не один-два, а десятки объектов при занятости сотен и тысяч людей. При этом всюду организован строжайший учет сырья при добыче, обогащении и обработке. Таким образом, и в наши дни бирюза продолжает поступать на мировой рынок и служит человеку как прекрасный самоцвет, позволяющий создавать самые разнообразные по стоимости и эстетической ценности изделия. Наш рынок в настоящее время практически обеспечивается бирюзой Армении и Средней Азии. Бирюзоносная провинция Средней Азии близка провинциям Ирана и США. Перспективы ее благоприятны, несмотря на то, что результаты первого десятилетия геологического изучения бирюзоносных районов были не столь эффективны, как хотелось бы. Одна из причин недостаточной результативности – отсутствие опыта работ на подобных сложнейших объектах и, в частности, выполнение значительных объемов оценочных работ в приповерхностной непродуктивной зоне окисления и выщелачивания бирюзы.

Издержки подобного рода неизбежны на ранних стадиях изучения месторождений. Тем более что за эти годы было получено определенное количество драгоценного сырья, поступившего на внешний и внутренний рынки; разработаны методы облагораживания несортовых разностей бирюзы и их использование; разработаны геологические критерии и поисковые признаки, без которых невозможно выделение бирюзоносных формаций, перспективных площадей и объектов и дальнейшие работы в целом.

Из выделенных в Средней Азии пяти бирюзоносных районов в двух районах – Кураминском и Кызылкумском – сосредоточено большинство месторождений и проявлений бирюзы. На этой территории расположены и наиболее древние крупные рудники: Бирюзакан, Унгурликан, Гольдуран, Ак-Турпак, Аякащи, Джаман-Каскыр и др. Несмотря на тщательность отработки месторождений в древности, здесь сохранились неотработанные тела и участки не выходящие на поверхность, наличие которых нами предполагалось.

В Кызылкумском бирюзоносном районе сосредоточено более 40 месторождений и проявлений бирюзы с различной промышленной ценностью. Бирюзоносные площади занимают десятки квадратных километров. Основная масса бирюзы в настоящее время поступает с кызылкумских месторождений.

Вследствие глубокого эрозионного среза поверхности Кызылкумов обнажена масса кварцевых жил с бирюзой, что обеспечило легкость ее находок и добычи и исключило необходимость вскрытия глубоких горизонтов. Лишь единичные древние выработки достигают глубины 15 м, фиксируя, видимо, наиболее богатые и протяженные тела. Бо́льшая часть жил кварца с бирюзой выклинивается в 3–5 м от поверхности, что и определяло глубину древних выработок. Отдельные бирюзоносные жилы, прослеживающиеся на глубину 30–50 м и более буровыми скважинами, не отрабатывались ранее и не осваиваются сейчас.

Кураминский район характеризуется концентрацией бирюзы на небольших площадях и меньшим эрозионным срезом поверхности в целом. Здесь месторождения уже в прошлом осваивались до глубины 50–100 м. Однако и здесь установлены неотработанные бирюзоносные тела на ряде горизонтов Кальмакырского карьера (древний рудник Гольдуран), неотработанная бирюзоносная зона мощностью до 10 м сохранилась на месторождении Ак-Турпак, пропущены бирюзоносные зоны центральной и северо-восточной части месторождения Бирюзакан и ряд минерализованных участков Унгурликана, отработанных уже в наше время.

Султануиздагский бирюзоносный район по сравнению с двумя первыми менее перспективен и менее изучен. Однако высокое

качество бирюзы в целом и четкие протяженные бирюзоносные зоны обусловливают необходимость их детальной оценки на перспективных участках Тебин-Булакского и Джамансайского бирюзоносных полей.

Бирюзоносность Самаркандского района детально не изучалась. В Нура-Тау и Мальгузарских горах по следам древних выработок установлено четыре проявления бирюзы кызылкумского типа в осадочно-метаморфических углеродисто-карбонатно-кремнистых отложениях с ограниченным развитием кварцевых жил.

Исфаринский район славился в древности бирюзой высокого качества. Единственное известное в настоящее время Исфаринское месторождение (Самаркандек) по масштабам минерализации не представляет практического интереса. Перспективы Исфаринского района на выявление лучших объектов сомнительны из-за ограниченного развития бирюзоносных формаций.

Кавказ как область развития альпийских структур, сходных по геологическому строению с прилегающими бирюзоносными районами Ирана и Афганистана, представляет определенный интерес для поисков бирюзы.

На обширной территории Казахстана известны проявления бирюзы среди вулканогенно-осадочных углеродисто-карбонатно-кремнистых образований, подобных кызылкумским, а также среди пород риолит-дацитовой формации, аналогичных породам Кураминского хребта Средней Азии, т.е. здесь проявлены оба промышленных типа бирюзовых месторождений.

Глубина развития бирюзы (десятки и сотни метров от поверхности) определяется не образованием ее в коре выветривания, а прежде всего эрозионным срезом месторождений и глубиной формирования в их пределах поствулканических образований и тектонических зон альпийского возраста.

Рентабельность отработки месторождений бирюзы всегда зависит от тщательности выборки и сохранности драгоценного сырья, от методов обогащения и облагораживания полудрагоценных разностей и от полноты использования камня при минимальных потерях (от забоя до ювелирного изделия).

Результаты работ последних лет на бирюзу в Средней Азии, Казахстане и на Кавказе позволяют нам считать, что бирюза в нашей стране не станет "камнем прошлого" и в наступающем XXI веке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Банк Г.* В мире самоцветов. М., Мир, 1979.

2. *Балицкий В.С., Лисицына Е.Е.* Синтетические аналоги и имитация природных драгоценных камней. М., Недра, 1981.

3. *Киевленко Е.Я., Сенкевич Н.Н., Гаврилов А.П.* Геология месторождений драгоценных камней. М., Недра, 1982.

4. *Корнилов Н.М., Солодова Ю.П.* Ювелирные камни. М., Недра, 1982.

5. *Менчинская Т.И., Кудаев Э.Ш., Драмшев В.А.* Бирюзоносность Кызылкумов. – В кн.: Драгоценные и цветные камни. М., Наука, 1980, с. 254–264.

6. *Менчинская Т.И.* Бирюза. М., Недра, 1981.

7. *Петров В.П.* Рассказы о драгоценных камнях. М., Наука, 1985.

8. *Смит Г.* Драгоценные камни. М., Мир, 1980.

9. *Эдуэлл Д.* Искусственные драгоценные камни. М., Мир, 1981.

10. *Шуман В.* Мир камня. М., Мир, 1986.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 5

Глава I

БИРЮЗА В ИСТОРИИ ЦИВИЛИЗАЦИИ 8

Легенды и мифы о бирюзе 8
Распространенность, древняя обработка и геологическая изученность 14

Глава II

МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БИРЮЗЫ 29

Состав, примеси, окраска 29
Оптические и физические свойства, микроструктура 39

Глава III

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ЮВЕЛИРНЫЕ РАЗНОВИДНОСТИ БИРЮЗЫ 43

Морфология бирюзы 43
Ювелирные разновидности бирюзы, сходные минералы 47
Имитация, облагораживание и синтез бирюзы 52

Глава IV

ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БИРЮЗЫ 56

Кураминский тип 57
Кызылкумский тип 76
Кальмакырский тип 97

Глава V

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ГЕНЕЗИС БИРЮЗЫ 112

Условия формирования месторождений 112
Кора выветривания 122
Генезис бирюзы 132

Глава VI

ОСОБЕННОСТИ ПОИСКОВ И ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БИРЮЗЫ 142

Геологические критерии 142
Поисковые признаки 151
Поиски и оценка месторождений 179

Заключение 188

Список литературы 194