

Т.И.МЕНЧИНСКАЯ

БИРЮЗА



Т.И. МЕНЧИНСКАЯ
БИРЮЗА

3644



Москва «Недра»
1981



Менчинская Т. И. Бирюза. М., Недра, 1981. 159 с.

Рассматриваются минералогические и химические свойства бирюзы и вмещающих ее пород. Описаны бирюзоносные формации, промышленные типы месторождений, дана характеристика основных бирюзоносных районов СССР. Кратко рассмотрены зарубежные месторождения бирюзы, более подробно — вопросы генезиса и условия формирования месторождений.

Для геологов, занимающихся поисками и изучением месторождений бирюзы и других полезных ископаемых, связанных с бирюзоносными формациями (медь, полиметаллы и др.). Может представлять интерес для коллекционеров и любителей камня.

Табл. 6, ил. 53, список лит. — 103 назв.

Рецензент д-р геол.-минер. наук А. И. Гинзбург (ВИМС).

ВВЕДЕНИЕ:

Книга посвящена бирюзе — одному из немногих драгоценных камней, используемых человеком с глубокой древности, пользующемуся большой популярностью и не подверженному капризам моды. Во всех работах о самоцветах упоминается о бирюзе — прекрасном, сравнительно недорогом и легко обрабатываемом камне.

Рассказы и легенды о бирюзе мы встречаем у Аль-Бируни, А. Е. Фермана, М. Е. Массона, К. Цейтнера [Zeitner С., 1975] и др. Прекрасные изделия из бирюзы древнейших мастеров Египта, Северной Америки и Китая известны всему миру. На Руси украшали бирюзой одежду, оружие, предметы культа, широко использовали ее в художественных и ювелирных изделиях; до настоящего времени бирюза сохранила чистоту и яркость окраски среди нередко уже поблекших жемчуга и аметиста. Во многих древних захоронениях, вскрываемых на территории Средней Азии, были встречены ювелирные изделия с бирюзой. Непременно присутствует бирюза в гробницах египетских фараонов. Древнеиндийские племена Северной Америки считали бирюзу волшебным камнем и использовали ее при религиозных обрядах. Персы глубоко почитали этот камень, полагая, что он приносит счастье и охраняет от зла. На территории Тибета бирюзу считали не камнем, а живым существом, божеством. В сокровищницах фараонов или коронованных особ Европы — всюду голубой драгоценный камень занимал достойное место. Он является официальным парадным камнем штатов Аризона и Нью-Мексико и скоро, может быть, станет парадным самоцветом Невады. В настоящее время он известен всему миру не только как камень Ирана. Неизвестно, будет ли бирюза так же популярна и в будущем, но она занимала такое место в истории цивилизации, какого не завоевал ни один драгоценный камень.

К. Цейтнер пишет: «Мода на драгоценные камни приходила и уходила, мифология и легенды о камнях менялись со временем и расстоянием, но бирюза всегда считалась камнем здоровья, счастья и доброй удачи» [Zeitner С., 1975].

Название камня происходит от персидского слова «фируза» («firuzen»), имеющего несколько транскрипций: арабская форма «firyzen», русская — «бирюза» и американская — «pigoza», что означает победоносный; благоденствующий, приносящий счастье. По латыни она называется «турчус» или «турчикус». Современное название «turquoise» по Р. Вебстеру трактуется американскими исследователями как камень, впервые привезенный в Америку с Востока (из Персии) через Турцию [Webster R., 1975].

Однако, несмотря на популярность, литературных трудов о бирюзе весьма немного. Геологические сведения о месторождениях бирюзы Ирана и Синайского полуострова стали известны лишь в конце прошлого столетия [Богданович, 1888]. Данные о находках бирюзы в США, Индии, Средней Азии опубликованы в нашем веке [Массон М. Е., 1934; Вебер В. Н., 1913; Соседко А. Ф., 1932; Blair G., 1967; Webster R., 1971; и др.].

история

добавить в параграфы

Первая минералого-петрографическая характеристика бирюзы приведена в книге Э. С. Дана [1937]. В СССР серьезно изучать месторождения бирюзы стали с 60-х годов одновременно с геологоразведочными работами на ювелирные, поделочные и декоративно-облицовочные камни. В работах автора, Ю. К. Смолина, Л. А. Попугаевой, В. П. Борискина и др. освещались геологические, геохимические и минералогические особенности месторождений бирюзы в Средней Азии. Г. В. Гвахария и Н. И. Назаров [1962], В. Б. Сейранян и С. Ш. Саркисян [1976] описали проявления бирюзы в Грузии и Армении. По зарубежным месторождениям данные сведены в работе Е. Я. Киевленко и др. [1974].

В настоящей книге изложены геолого-структурная позиция и условия формирования месторождений бирюзы в Средней Азии, изучением которых автор занимается более 10 лет. Приведены минералого-геохимические особенности бирюзы различных месторождений СССР и зарубежных стран. Описаны бирюзоносные районы и промышленные типы, их геологические критерии и поисковые признаки.

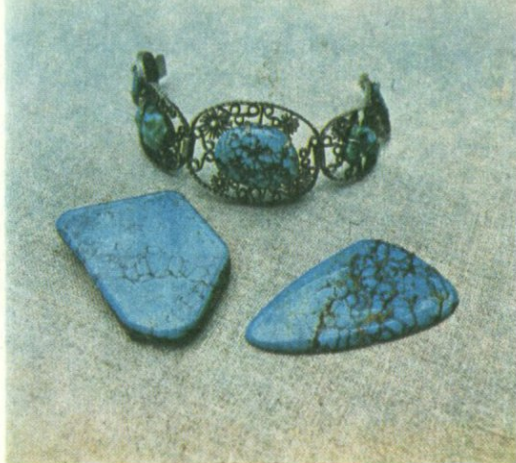
А. Е. Ферсман [1925] относил бирюзу к драгоценным камням III класса, А. И. Цюрупа и некоторые другие исследователи считают бирюзу полудрагоценным камнем, а в классификации Е. Я. Киевленко и др. [1974] она помещена в IV класс драгоценных камней. Это объясняется тем, что качество и свойства камня не всегда одинаковы, а следовательно, различна и его стоимость. Автор выделяет бирюзу драгоценную, полудрагоценную, пригодную для облагораживания, и коллекционную. Эти разновидности, или категории, сырья имеются на всех месторождениях и составляют общие запасы, определяющие промышленную ценность того или иного объекта.

Драгоценная бирюза составляет небольшой (5—8, редко 10—20) процент среди указанных выше разновидностей. Это плотная, нередко стекловатая, просвечивающая в краях бирюза яркой сине-голубой, голубой и зеленовато-голубой окраски без признаков вторичного изменения. Драгоценная бирюза характеризуется чистой химическим составом (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, редко более, в поперечнике и маломощных (2—5 мм) прожилков среди массивных, практически не затронутых выветриванием метасоматитов и жильного кварца. Сохраняется также в виде участков разнообразной формы и размеров среди более крупных выделений бирюзы, захваченной процессами выветривания. Максимальные размеры драгоценной бирюзы, встреченные в настоящее время на месторождениях Средней Азии, составляют до 5 см в желвачках (самородках) и до 2 см в прожилках. Драгоценная бирюза используется в основном в золотых и серебряных изделиях в виде кабошонов и камней неправильной формы. Она прекрасно сочетается с алмазами, жемчугом и другими драгоценными камнями. Крошка и тонкие пластинки бирюзы пригодны для инкрустации по дереву и металлу, а также для изготовления цементированных камней.

Полудрагоценная бирюза распространена более значительно, чем драгоценная, и составляет собственно основные запасы на месторождениях. Для нее характерна широкая цветовая гамма в голубых, зеленых и желтовато-зеленых тонах. Твердость 3—5, плотность

* Плотность измеряется в граммах на кубический сантиметр.

Рис 1.
Пластинки и браслет из
сетчатой (паутиной)
бирюзы. Месторождение
Ауминза

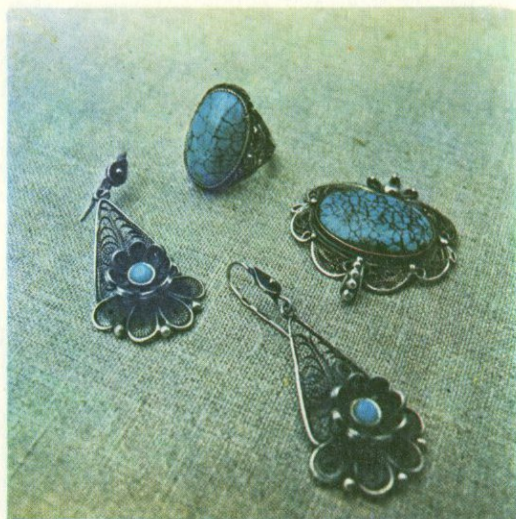


2,65—2,8. Полудрагоценная бирюза, по данным автора, является результатом «старения» драгоценной бирюзы в процессе вторичного изменения. Представляется, что химический состав и свойства бирюзы начинают изменяться на заключительных этапах постмагматического процесса, наиболее широко это проявлено в экзогенную стадию. Полудрагоценная бирюза, как и драгоценная, образует горошины, желвачки размером от долей миллиметра до нескольких сантиметров в поперечнике, прожилки мощностью до нескольких сантиметров и протяженностью до 1—9 м, гнездобразные скопления сечением в 10—20 см. На месторождении Бирюзакан обнаружена крупная линза бирюзы массой 4,5 кг, часть из которой сложена бирюзой первого сорта. На месторождениях Аякаши I в Кызылкумах и Аксумбе в Южном Казахстане встречались образования измененной, несортной бирюзы массой до 1 кг и более.

По данным Р. Вебстера, в шт. Невада, где разрабатывается около 38 месторождений, был найден самородок бирюзы массой 80 кг [Webster R., 1975].

Крупные выделения полудрагоценной бирюзы служат для резных изделий. В основном она используется для вставок в ювелирные украшения в золотой и серебряной оправе. Наиболее интересны (наименьший расход сырья) камни, полученные при обработке в голзовочных барабанах; они характеризуются своеобразной формой и размерами и требуют индивидуальной оправы.

Бирюза, пригодная для облагораживания. В поверхностных зонах месторождений, участках сильного выветривания и выщелачивания бирюза обесцвечивается, теряет плотность и превращается в рыхлые каолиноподобные массы или в плотные, окрашенные гидроокислом железа в желто-бурые тона агрегаты. Местами бирюза полностью замещена ярозитом, халькосидеритом и другими вторичными минералами. На глубине 20—70 м от поверхности на ряде месторождений бирюза находится в тонкой смеси с каолинитом и алунином. Ярkokрашенная в выработках, при высыхании она обесцвечивается и пред-



Р и с. 2.
Брошь, перстень из сетчатой бирюзы месторождения Ауминза. Кабошоны в серьгах из ярко-голубой бирюзы. Местоорождение Бирюзакан

ставляет собой слабоокрашенные мелоподобные разности, нередко описываемые геологами как «медистый галлуазит», «самплеит» и т. п.

Большая часть измененной бирюзы может быть восстановлена или облагорожена, после чего по красоте окраски и своим качествам она не уступает природной ювелирной бирюзе.

Бирюза коллекционная — образцы вмещающих 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 и за рубежом. В иностранной литературе для коллекционной бирюзы чаще употребляется термин «бирюзовая матка».

Оригинальным и неповторимым по красоте материалом является паутинная или сетчатая бирюза, образующаяся среди углеродистых сланцев и кварцитов. Она представляет собой тесно сросшиеся агрегаты округлых, овальных индивидов бирюзы, разделенных углеродистым материалом, или же это прожилки бирюзы с тончайшей сетью трещин, выполненных графитом. В зависимости от степени вторичного изменения она представлена драгоценными и полудрагоценными разностями, которые используются в ювелирных изделиях и как прекрасный коллекционный материал (рисунки 1, 2).

Месторождения бирюзы (бирюзоносные поля) группируются в крупные бирюзоносные узлы, характеризующиеся единой схемой геологического формирования, развитием бирюзоносных метасоматитов и бирюзоносных кварцевых жил.

Бирюзоносный узел (бирюзоносная площадь) — участки территории того или иного региона, в пределах которого расположен ряд месторождений и проявлений бирюзы, связанные идентичными геолого-структурными и металлогеническими особенностями. Площади бирюзоносных узлов измеряются десятками квадратных километров.

Бирюзоносное поле соответствует площади месторождения. Размеры месторождения (поля) в плане колеблются от десятых долей квадратного километра до нескольких квадратных километров. Оно объединяет

в каждом конкретном случае серии бирюзоносных зон и бирюзоносных тел различного масштаба и промышленной значимости.

Бирюзоносная зона — тектоническая зона максимального дробления и метасоматической переработки пород, прокварцевания с участками бирюзовой минерализации. Протяженность бирюзоносных зон колеблется от десятков метров до нескольких километров, мощность их обычно составляет первые метры. При развитии серии сближенных зон общая мощность, включая прослой небирюзоносных пород, достигает первых сотен метров.

Бирюзоносное тело — часть бирюзоносной зоны с бирюзовой минерализацией различных морфологических форм: куст, столб, линзовидное тело штокверкового строения. В пределах бирюзоносной зоны минерализованные тела располагаются кулисообразно как по простиранию, так и по падению зоны и разделяются неминерализованными породами. Размеры бирюзоносных тел по простиранию составляют первые десятки метров, при поперечном сечении от 1 до 2—3 м, редко более; эти же параметры сохраняются и по падению зон.

Глубина развития бирюзовой минерализации от поверхности, в пределах известных зон и полей, колеблется от 30—50 до 100—200 м. Разница в гипсометрических отметках выходов бирюзы на поверхность в Кызылкумах достигает 450 м, в Кураминском хребте она составляет около 800 м.

СОСТАВ, ПРИМЕСИ, ОКРАСКА

Бирюза — минерал из группы основных водных фосфатов меди. Ее химическая формула, по Э. С. Дана: $\text{CuO} \cdot 3 \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{P}_2\text{O}_5 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$. 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: $\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$. Химические анализы природной бирюзы из различных месторождений мира (табл. 1) весьма близки между собой; в них отмечено значительное количество в бирюзе окисного железа и несколько меньшее — закисного. Железо частично замещает алюминий, а иногда и медь, содержание его 1—9%. При содержании железа 10—20% бирюза переходит в минерал рашлент, при 30—40% — в халькосидерит. Закисное железо (0,2—5,32%) установлено чаще всего в плотной голубой, реже зеленой бирюзе.

В других случаях медь в бирюзе частично замещается цинком, при этом образуется минерал фаустит, который был впервые найден в 1953 г. в шт. Невада. Цинк (0,21—2%), как правило, присутствует в бирюзе из месторождений Средней Азии. Третья существенная примесь в бирюзе — кремнезем. Его содержится от 0,16 до 5%. Кремнезем характерен для бирюзы из месторождений штатов Невада, Калифорния и Нью-Мексико и практически всюду присутствует в бирюзе из Средней Азии. Наличие кремнезема, по-видимому, обусловлено тесной связью бирюзы с горным хрусталем. Микрострастания этих минералов обычны и неразделимы. Гидроокислы железа отмечаются в бирюзе как макроскопически, так и микроскопически в виде тончайших примазок и сплошной тонкодисперсной пропитки. Цинк, вероятно, связан с развизивающимся трудно диагностируемым фауститом.

В отдельных образцах бирюзы химическим анализом установлены незначительные содержания окислов магния, марганца, мышьяка, серы и органических веществ. Физические свойства и ювелирное качество бирюзы зависят от чистоты ее химического состава (см. табл. 1). Лишь плотные голубые, синевато-голубые разности имеют состав, близкий к теоретическому. При замещении гидроокислами железа и кремнеземом основных составляющих бирюзы (меди, фосфора и алюминия) плотность ее изменяется и в окраске появляются зеленые тона.

Следует отметить весьма незначительные колебания в содержании воды, т. е. дегидратации в рыхлых разностях бирюзы не происходит, наоборот, минимальное содержание воды (16%) отмечено в ярко-голубой бирюзе месторождения Аякаши I, а максимальное (21,60%) в зеленовато-голубой рыхлой бирюзе Бирюзакана. Изменение яркоокрашенных в забое образцов при высыхании и восстановление окраски при последующем смачивании обусловлено прежде всего их пористостью и не связано с наличием кристаллизационной воды.

В табл. 2 приведены данные спектрального анализа разновидностей бирюзы месторождений Средней Азии и Техутского месторождения в Армении. Состав основных элементов и элементов-примесей практически идентичен во всех образцах. Их содержание колеблется в зависимости от месторождений и физических свойств бирюзы. Если меди содержится 5—7%, то, как правило, бирюза плотная, голубая разных оттенков или зеленая, если 1% и меньше, то это каолинизированные разновидности, если в отдельных образцах медь отсутствует, то это, вероятнее всего, не бирюза, а сходные с ней минералы. Так, оригинальные образования яркого желто-зеленого цвета из месторождения Ауминзы, относимые к бирюзе, по данным спектрального анализа содержат 0,005% меди, 0,005% железа, 5% ванадия и, видимо, принадлежат к группе ванадиевых минералов, а не к бирюзе: в данном случае требуется более детальное исследование.

Практически всюду в бирюзе содержатся примеси стронция, хрома, никеля, титана, реже кобальта. Обычны марганец, цинк, ванадий, кремнезем, кальций, магний, молибден и свинец. В трех пробах зеленых разновидностей минерала из Ауминзы и Косшока присутствует серебро. Наиболее существенны примеси цинка (до 1—3%), ванадия (0,1—0,5%), кремния (0,05—5%) и кальция. Содержание кальция в бирюзе из Косшока 10%, нередко 1—5%. Заметим, что известковистые разновидности бирюзы отмечаются и в месторождениях США.

Физические свойства бирюзы (цвет, твердость и плотность) и ее химический состав изменяются в результате «старения» бирюзы, т. е. замещения ее (вплоть до полных псевдоморфоз) своеобразным комплексом вторичных минералов, таких как хризокolla, планерит, вавеллит, варисцит, алунит, каолинит, ярозит, вудхаузит и др., представляющих собой не одновременную ассоциацию минералов, а последовательную серию. Близко или одновременно к бирюзе могли образоваться горный хрусталь, пирит, галлуазит, алунит, всюду сопутствующие ей.

В. Н. Вебер, Э. С. Дана и другие исследователи указывают на существование изоморфного ряда, в одних случаях: бирюза — алюмохалькосидерит — рашлеит — халькосидерит; в других — бирюза — фаустит. Все это и обуславливает необычайно широкую гамму окраски этого минерала, различную его твердость и плотность. Уверенно можно говорить, что в роли зеленой бирюзы нередко выступают фаустит, варисцит, рашлеит, желто-зеленые тона принадлежат халькосидериту, ярко-голубые разновидности бирюзы макроскопически не отличимы от планерита и хризоколлы.

Цвет собственно бирюзы изменяется от яркого синевато-голубого и небесно-голубого до бледно-голубого и практически белого. Большинство исследователей голубую окраску объясняют наличием меди, присутствие железа придает бирюзе зеленоватый и буроватый оттенок. Примеси галлуазита, каолинита, алунита обесцвечивают бирюзу.

В шлифах в отраженном свете бирюза окрашена в бледно-голубые, зеленоватые и зеленовато-желтые тона, в зависимости от содержания гидроокислов железа. При скрещенных николях плотные ювелирные разновидности представляют собой серый микрокристаллический агрегат со слабо поляризующими участками криптокристаллического сложения. Сильно выветрелая бирюза, обогащенная окисью железа и кремнеземом, почти изотропна или же характеризуется пестротой структуры с беспорядочно расположенными анизотропными прожилковидными и петельчатыми участками радиально-лучистого, сферолитового и мелкоагрегатного строения.

Химический состав (в %) бирюзы из

Месторождение (характеристика бирюзы)	Плотность, г/см ³	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								
Шт. Невада	—	4,54	—	—	—	—	—	—
Шт. Калифорния	—	8,57	—	—	—	—	—	—
Шт. Нью-Мексико	2,86	7,80	—	—	—	—	—	—
	—	6,30	—	—	0,13	—	—	—
	2,805	7,52	—	—	0,38	—	—	—
		6,56	—	—	—	—	—	—
Корнуэлл (рашлеит)	—	7,87	—	—	—	—	—	—
Шт. Невада, округ Лин- кольн	2,91	9,78	—	—	—	—	—	—
Шт. Вирджиния	2,84	9,00	—	—	—	—	—	—
Лос-Цериллос	2,76	7,70	0,72	—	—	—	—	—
Шт. Невада, округ Ко- лумбия	—	7,40	5,32	—	—	—	—	—
Корнуэлл (халькосиде- рит)	—	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 вы- ветрелая)	—	5,27	—	—	—	—	—	—
» (голубовато- зеленая плот- ная)	—	3,52	—	—	—	—	—	—
Бирюзакан (зеленовато- голубая рых- лая)	—	6,01	—	—	0,56	—	0,25	—
» (бледно-голу- бая рыхлая)	—	6,98	—	—	—	—	—	—
» (бледно-голу- бая рыхлая)	—	4,75	—	—	—	—	—	—
» (зеленовато- голубая)	—	8,02	—	—	0,53	—	—	—

Таблица 1

различных месторождений мира

	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	As ₂ O ₅	SiO ₂	SO ₃	H ₂ O	Орг. вещ.	Na ₂ O	K ₂ O
	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	—	—	—

Месторождение (характеристика бирюзы)	Плот- ность	CuO	FeO	MgO	CaO	MnO	ZnO	SrO
Бирюзакан (буровато-зеленая)	—	9,35	—	—	—	—	—	—
Аякаши I (бледно-голубая рыхлая)	—	6,50	—	0,18	0,10	—	0,86	—
» (темная зеленовато-серая плотная)	—	5,20	—	0,18	0,35	—	0,68	—
Аякаши II (ярко-голубая плотная)	—	3,40	—	0,16	0,35	—	1,49	—
Бесапан (голубая)	—	6,86	0,51	0,75	0,46	—	—	—
» (зеленая)	—	6,61	0,51	0,42	0,60	—	—	—
Джаман-Каскыр (зеленовато-голубая)	—	5,04	—	—	—	—	2,00	—
» (зеленовато-голубая плотная)	—	4,48	—	0,18	0,14	—	1,45	—
» (травяно-зеленая плотная)	—	5,58	—	0,16	0,35	—	0,99	—
Ауминза (голубая бирюза с примесью галлуазита)	—	5,72	2,0	—	—	—	—	—
Унгурликан (синевато-голубая плотная)	—	7,57	—	—	—	—	0,24	—
» (синевато-голубоватая)	—	9,38	—	—	—	—	—	—
» (бледно-голубая рыхлая)	—	8,24	—	—	—	—	0,41	—
Унгурликан (зеленовато-голубая рыхлая)	—	7,56	—	—	—	—	0,21	—
Кальмакыр. (плотная)	—	9,57	1,53	—	—	—	—	—
» (мягкая)	—	7,91	—	—	—	—	—	—
Каркаралинское (зеленоватая)	2,887	7,67	—	—	—	—	—	—

Al_2O_3	Fe_2O_3	P_2O_5	As_2O_5	SiO_2	SO_3	H_2O	Орг. вещ.	Na_2O	K_2O
34,00	4,17	29,58	—	3,27	—	19,70	—	—	—
33,28	5,25	30,80	—	2,62	—	19,30	—	0,26	0,04
29,66	9,58	25,83	—	9,43	—	18,40	—	—	—
34,85	5,33	30,16	—	3,99	—	19,40	—	—	—
35,52	1,83	29,25	—	4,70	0,48	19,43	—	—	—
35,79	1,75	29,58	—	4,08	0,41	19,68	—	—	—
34,67	3,50	33,75	—	1,76	—	18,92	—	—	—
35,36	3,36	30,80	—	3,18	—	20,0	—	0,33	0,88
34,64	3,86	30,83	—	2,68	—	19,90	—	—	—
37,03	0,60	30,37	—	—	5,70	18,28	—	—	—
33,65	2,62	35,0	—	1,0	—	19,28	—	—	—
35,55	2,90	32,89	—	—	—	18,88	—	—	—
33,65	3,26	32,75	—	1,06	—	19,48	—	—	—
33,12	4,12	33,50	—	2,08	—	19,36	—	—	—
35,34	—	30,65	—	1,36	0,2	20,97	—	—	—
32,95	4,70	33,45	—	1,32	—	18,47	—	—	—
35,79	3,52	34,42	—	—	—	18,60	—	—	—

**Содержание (в %) элементов-примесей в бирюзе из месторождений
анализа (З. Д. Макрояни, МГРИ) и**

Разновидность бирюзы	Cu	P	Al	Fe	Ba	Sr	Cr
<i>Кураминская Месторождение</i>							
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
<i>Ак-Турпак</i>							
Светло-голубая с каолинитом	1	»	30	0,1	—	—	0,01
Облагороженная ярко-голубая	1	»	30	0,1	—	—	0,01
	1	»	30	0,5	—	—	0,01
<i>Унгурликан</i>							
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
<i>Техутское</i>							
Голубовато-зеленая стекловатая	5	»	30	30	—	—	0,05
Темно-голубая	5	»	30	20	—	—	0,05
<i>Кызылкумская Исфаринское</i>							
Ярко-голубая ювелирная	7	7	7	0,4— —0,6	0,007— —0,009	—	0,004— —0,006
<i>Джаман-</i>							
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

Средней Азии, Армении по данным полуколичественного спектрального количественного (Давыдова Т. В., Ин-т хим. физики)

Ni	Ti	Mn	Zn	V	Si	Ca	Mg	Pb
г р у п п а								
<i>Бирюзакан</i>								
—	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
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
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
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
г р у п п а								
<i>(Самаркандек)</i>								
—	0,007— —0,009	0,0007— —0,0009	—	0,001— —0,003	1—3	0,1—0,3	—	—
<i>Каскыр</i>								
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	—	—

Разновидность бирюзы	Cu	P	Al	Fe	Ba	Sr	Cr
Плотная зеленова-то-голубая ювелирная	—	—	—	—	0,007— —0,009	0,7—0,9	0,04—0,06
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
Зеленова-то-голубая плотная	5	7	7	30	—	—	0,02
Серовато-зеленая	1	7	7	30	—	—	0,05
<i>Аяка</i>							
Плотная голубова-то-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	He 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
<i>Кос</i>							
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
<i>Ауми</i>							
Яркая светло-зеленая	0,5	»	30	5	—	—	0,005
Грязно-зеленая с примесью углистого вещества	5	»	30	30	—	—	0,007
Фешташково-зеленая	0,005	»	30	0,005	—	—	0,01

Ni	Ti	Mn	Zn	V	Si	Ca	Mg	Pb
Сл.	0,001— —0,003	0,0004— —0,0006	1—3	0,001— —0,003	4—6	1—3	—	—
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

щи I

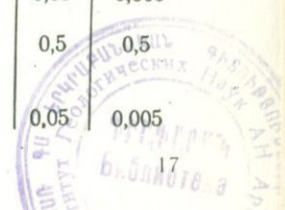
0,004— —0,006	0,01—0,03	0,001— —0,003	1—3	0,001— —0,003	7	1—3	—	—
0,001— —0,003	0,001— —0,009	0,0007— —0,0009	0,7— —0,9	0,001— —0,003	6—7	0,7—0,9	—	—
0,001— —0,003	0,004— —0,006	0,0007— —0,0009	0,7— —0,9	0,001— —0,003	7	0,07—0,09	—	—
0,007— —0,009	0,04—0,06	0,0004— —0,0006	0,7— —0,9	0,001— —0,003	7	0,01—0,03	—	—
0,01	0,05	0,001	0,01	0,01	0,5	5	0,1	0,01
0,01	0,05	0,001	0,01	0,01	0,05	1	0,05	0,05
0,01	0,05	—	0,01	0,01	0,05	1	0,05	0,05

шока

—	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	2	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

кзз

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



Разновидность бирюзы	Cu	P	Al	Fe	Ba	Sr	Cr
							<i>Аксу</i>
Зеленовато-голубая	1	»	30	5	—	—	0,01
Сетчатая голубовато-зеленая	1	»	30	20	—	—	0,01

Примечание. В бирюзе некоторых месторождений содержится (в %): 0,01 (Косшока) до 0,005 (Косшока, Ауминза); Zr от 0,01—0,03 до 0,007—0,001—0,003 (Ак-Турпак, Джаман-Каскыр, Аякаши I).

ОПТИЧЕСКИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Сингония бирюзы триклинная. Сложение микрокристаллическое; хорошо оформленные кристаллы редки и встречались только на месторождении Линч в шт. Виргиния (США). Минерал двуосный, оптически положительный, обладает сильной дисперсией. Показатели преломления определены Шаллером на мелких кристаллах и равны n_p 1,61; n_m 1,62; n_g 1,65. Определенный на рефрактометре показатель преломления массивных разновидностей бирюзы, используемых в ювелирном производстве, составляет 1,62.

Диагностическими для бирюзы являются линии поглощения длиной 4300 и 4200Å*, расположенные в фиолетовой части спектра и проявленные не очень четко. Под действием ультрафиолетовых лучей бирюза люминесцирует и окраска ее изменяется в зависимости от длины волн от тусклой зеленовато-желтой до яркой голубой.

В. Б. Сейранян и С. Ш. Саркисян [1976] указывают, что бирюза Техутского месторождения в катодных лучах проявляет яркое белоголубое свечение, а в ультрафиолетовых светится светло-канареечным цветом.

Твердость лучших образцов бирюзы по шкале Мооса 5—6, в каолинизированных разновидностях до 3—4. Плотность 2,7—2,9 г/см³, в наиболее измененных образцах 2,6 г/см³.

В сильно каолинизированных образцах месторождения Ак-Турпак, по данным Е. Е. Лисициной, плотность 1,82, твердость, определенная на приборе ПМТ-3 с нагрузкой 50 мг, составляет 230—270 кгс/мм²**, тогда как в тех же, но парафинированных образцах она возрастает до 600 кгс/мм².

Плотные ювелирные разновидности бирюзы характеризуются восковым блеском, после полировки она приобретает сильный стеклянный блеск.

*1Å = 10⁻¹⁰ м = 0,1 нм.

**1 кгс/мм² = 9,80665 МПа.

Ni	Ti	Mn	Zn	V	Si	Ca	Mg	Pb
<i>мбе</i>								
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

Mo от 0,1 (Ауминза) до 0,005 (Аксумбе, Ак-Турпак, Техутское и др.); Ag от 0,009 (Джаман-Каскыр); Co от 0,005 (Ак-Турпак, Унгушликан, Ауминза) до

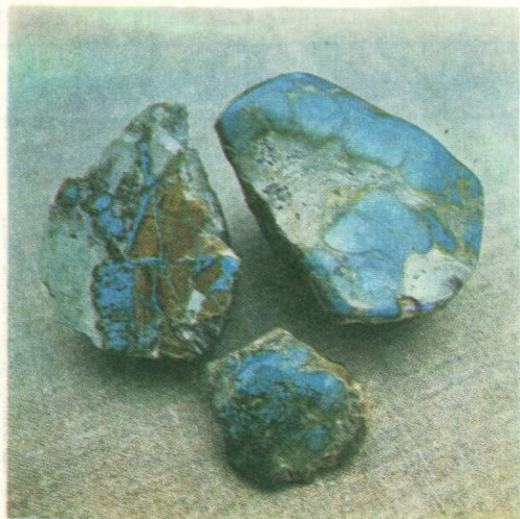
Бирюза непрозрачна, в тонких сколах слабо просвечивает, хрупкая, излом раковистый.

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 .

При нагревании в температурном интервале 290—350°C бирюза теряет максимальное количество воды и постепенно изменяет окраску от голубой через голубовато-серую, зеленую, серовато-зеленую, темно-серую до шоколадно-коричневой. При температуре выше 740°C кристаллическая структура бирюзы разрушается и образуются новые соединения [Моисеева М. И., 1951]. По данным автора, при наличии в бирюзе примесей каолинита и галлуазита температурные интервалы на дифференциальных кривых несколько сдвигаются в большую сторону. По данным Н. М. Мусаева, Ц. Ф. Поцхишвили (КИМС), кривые нагревания голубой бирюзы Техутского месторождения характеризуются двумя отчетливыми пиками: эндотермическим при 330—340°C и экзотермическим при 740—770°C. В термограммах зеленой бирюзы наблюдаются слабые эндотермические пики в пределах 100—150°C и экзотермические при 900—950°C, которые авторы также связывают с примесью вторичных минералов, в первую очередь галлуазита и каолинита [Сейранян В. Б., Саркисян С. Ш., 1976].

МОРФОЛОГИЯ, МАКРО- И МИКРОСТРУКТУРЫ

На всех месторождениях мира и в каждом проявлении Средней Азии можно наблюдать самые разнообразные формы выделений бирюзы: от корочек и примазок до крупных неправильных и линзообразных включений и уникальных самородков массой в несколько килограмм (рис. 3, 4). Следует иметь в виду, что лишь отдельные участки указанных выше образований сложены собственно бирюзой, основная масса их представлена агрегатом бирюзы и сопутствующих и замещающих ее минералов, т. е., как правило, это полиминеральные образования.



Р и с. 3.
Морфологические разнообразности бирюзы в осветленных кварцитах с участками желтоватого кремнистого материала. Проявление Ирлир II

Поэтому в каждом конкретном случае всегда с долей условности мы говорим о прожилках и других выделениях бирюзы. Из опыта исследований на месторождениях Средней Азии следует, что очень часто корочки, примазки, особенно натечные образования в виде цветной капусты и сталактитов, описываемые как бирюза и дающие основание относить ее к гипергенным минералам, не являются бирюзой. Подобные формы в бирюзе возможны лишь при ее выщелачивании, т. е. как вторичные образования, и весьма характерны для хризоколлы и планерита, развивающихся по бирюзе.

Автором описаны морфологические особенности образований бирюзы и выделены прожилковая, желвачковая, вкрапленная и узорчатая бирюза, линзовидные и неправильные включения бирюзы [Менчинская Т. И., 1973]. Многообразие морфологических форм бирюзы обусловлено ее физическими свойствами как метакolloидного минерала, способного образовывать стяжения изометричной формы, и свойствами вмещающих пород, представляющих собой макро- и микробрекчии или тонко перетертый и впоследствии прокварцованный материал, среди которого и формируется бирюза. В жильном кварце бирюза прежде всего выполняет остаточные пустоты и макро- и микротрещины, которые и определяют формы и размеры выделений бирюзы. Весьма характерно для бирюзы не свободное выполнение пустот и трещин, а как бы насильственное (под давлением) внедрение. Это особенно хорошо проявлено в таких разновидностях как вкрапленная, паутинная (или сетчатая) и узорчатая бирюза, которые характерны для Кызылкумских месторождений, локализующихся в углеродистых метасоматитах.

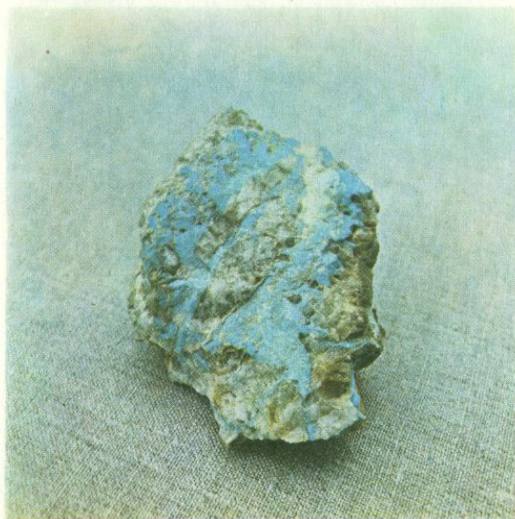
При макронаблюдениях и детальных микроскопических исследованиях в указанных разновидностях всюду наблюдаются реликты вмещающих пород. Почки (нодулы) бирюзы от самых мельчайших микроскопических до крупных макрообразований, разрастаясь в массе дробленного кварцита или сланца, как бы раздвигают и замещают их, проникая по мельчайшим трещинам и порам. При этом образуются самые разнообразные

Рис. 4.
Прожилки, включения
светло-голубой бирюзы
в пиритизированных ме-
тасоматитах. Месторож-
дение Ак-Турпак



рисунки бирюзы с реликтовыми полосами и участками, иногда с тонкоплойчатой структурой. Нередко в жильном кварце и в кварцитах бирюза выполняет роль цемента, скрепляя мелкодробленный материал и образуя так называемую «брекчиевую бирюзу». Реже наблюдается обратный процесс, т. е. при более позднем дроблении первоначально монолитные прожилки и включения бирюзы разрушаются до мелких угловатых обломков и цементируются поздним кварцем. Даже при выполнении открытых пустот и трещин бирюза, как правило, переполнена кристалликами и обломками горного хрусталя, жильного кварца (рис. 5). Все это свидетельствует о том, что бирюза отлагается в тектонически активных зонах, где возникновение крупных мономинеральных образований затруднено. Макровключения в бирюзе, как правило, ухудшают ее ювелирные качества и лишь в редких случаях создают оригинальный и неповторимый по красоте рисунок. Обилие глинистых минералов в бирюзе помимо обесцвечивания увеличивает пористость и снижает ее полируемость.

У исследователей и у ювелиров нередко вызывает удивление то, что отдельные образцы и изделия из бирюзы в древних захоронениях или в отвалах древних выработок тысячелетиями сохраняют свою первозданность, не подвергаются никаким изменениям, а некоторые кабошоны буквально на глазах (в течение нескольких месяцев или нескольких лет) блекнут или из голубых становятся зелеными. Просмотрев более 200 шлифов с бирюзой, мы с полным основанием можем говорить о том, что изменяющаяся в современных изделиях бирюза была захвачена процессом разложения, который не всегда может быть установлен на глаз. Нередко под микроскопом в прекрасных голубых образованиях бирюзы обнаруживают сеть микротрещин и тончайшие пленочки гидроокислов, микровключения ярозита, пирита, глинистых минералов. Плотные яркоокрашенные образцы бирюзы с химическим составом, близким к теоретическому, имеют массивное однородное микросложение (рисунки 6, 7). Во всех других случаях бирюза в шлифах характеризуется



Р и с. 5.
Бирюза в жильном кварце, проросшая кристалликами горного хрусталя. Месторождение Бириюзакан

неравномерностью и разнообразием структуры. С начальной стадией разложения связано возникновение сети микротрещин, образующих ложнопочковидные формы и структуру полигональных почв (рис. 8). На одном и том же шлифе в бирюзе можно наблюдать разнообразной формы участки микро- и криптокристаллического, радиальнолучистого и сферолитового строения со взаимопереходами и достаточно резкими ограничениями. Представляется, что отмечаемая рядом авторов сферолитовая структура бирюзы обусловлена развитием планерита, халцедона и хризоколла, перистые и листоватые структуры принадлежат вавеллиту, алунисту и глинистым минералам.

Развитие тонких природных смесей, наличие многочисленных минералов, сходных с бирюзой, обилие подделок под бирюзу — все это затрудняет диагностирование камня.

Далее дана характеристика минералов с близкими к бирюзе физическими свойствами и используемых, наряду с бирюзой, ювелирной промышленности.

Халькосидерит — железистый аналог бирюзы — $\text{CuO} \cdot 3\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{P}_2\text{O}_5 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, окрашенный в светлые желто-зеленые тона. Сингония триклинная. Оптически отрицательный минерал. Твердость 4,5. Плотность $3,1 \text{ г/см}^3$. Образует скопления сноповидных кристаллов и корочки.

Р и с. 6.
Микроструктура ювелирной бирюзы. С анализатором

Р и с. 7.
Характерное микроизменение во внешней зоне бирюзовых образований в процессе замещения ее вторичными минералами. Месторождение Ак-Турпак. С анализатором

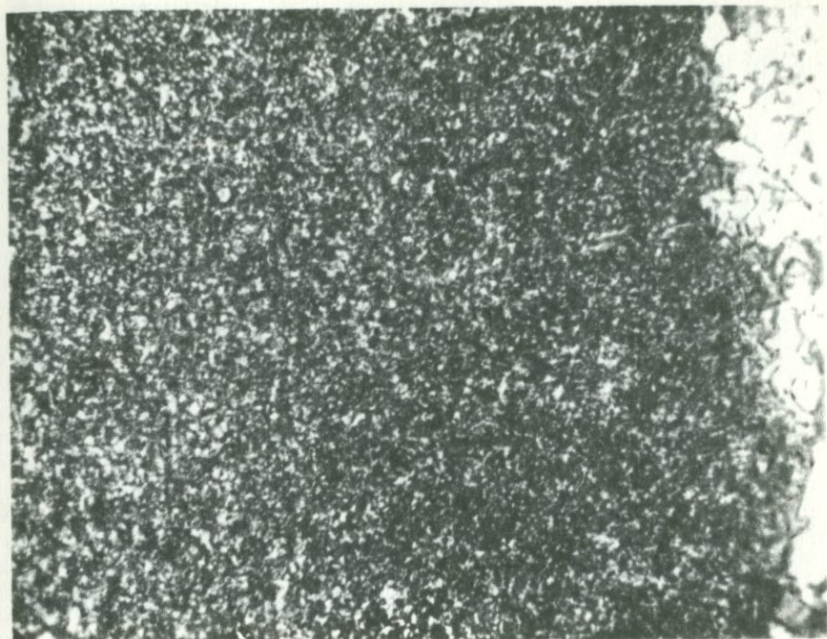


Рис. 6

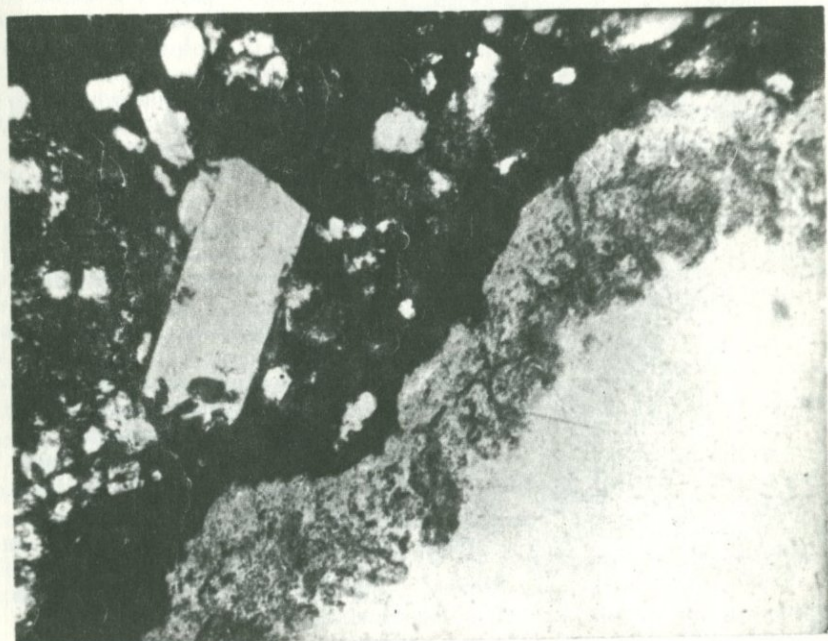


Рис. 7

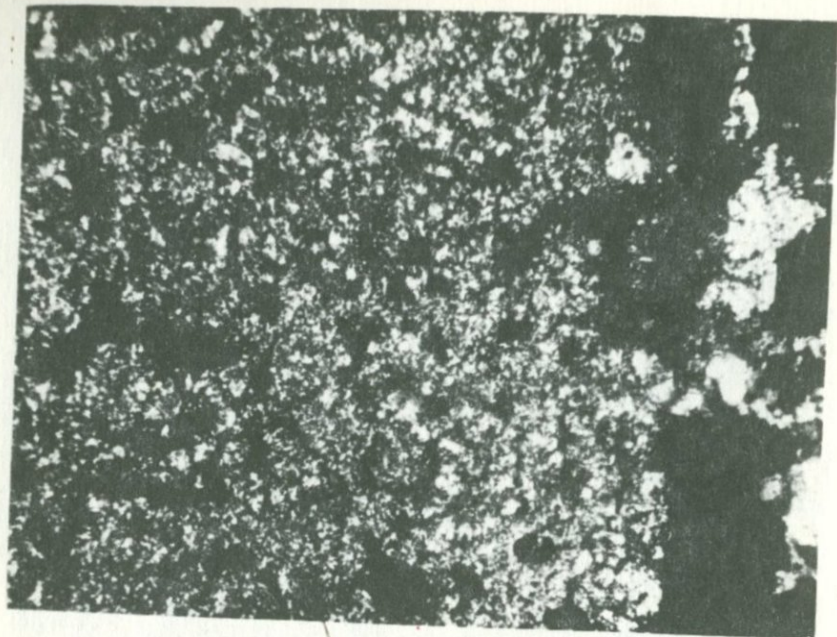


Рис. 8.
Микроструктура бирюзы, слабо затронутой выветриванием. С анализатором Черное — вкрапленники сульфидов

Алюмохалькосидерит — минерал, промежуточный между халькосидеритом и бирюзой — $\text{CuAl}_2\text{Fe}_4(\text{OH})_8(\text{PO}_4)_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Цвет густой зеленый, травяной до синевато-зеленого. Излом неровный до раковистого. Твердость 4,5. Плотность 3 г/см^3 . Образует небольшие шарообразные агрегаты и корочки.

Рашлейчит (рашлеит) — по составу также промежуточный минерал между бирюзой и халькосидеритом. Богат железом (до 20%), в окраске преобладают зеленые тона. Макроскопически не отличим от зеленых разновидностей бирюзы.

Фостит (фаустит) — цинковый аналог бирюзы яблочно-зеленой окраски — $\text{ZnAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. 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. Излом ровный слабораковистый. Хрупок. Плотность $2,92 \text{ г/см}^3$. Твердость 5,5. Строение микрозернистое, показатель преломления 1,61. Рентгенограммы бирюзы и фаустита близки.

Вардит — водный фосфат алюминия — $\text{NaAl}_3[(\text{OH})_4(\text{PO}_4)_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ или $\text{Na}_4\text{CaAl}_{12}(\text{PO}_4)_8(\text{OH})_{18} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Редкий минерал, несколько сходный с бирюзой, встречается в виде голубовато-зеленых конкреций в пустотах желваков варисцита в шт. Юта (США). Твердость 5. Плотность $2,81 \text{ г/см}^3$. Показатель преломления 1,590—1599. Встречен автором на Кальмакырском месторождении в бирюзоносных метасоматитах.

Варисцит — водный фосфат алюминия — $\text{Al}(\text{PO}_4) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Обычно содержит некоторое количество железа, по физическим свойствам

близок бирюзе. Медь в состав минерала не входит. Окраска зеленая, темно-зеленая, голубая и желтая. Блеск стеклянный. Образует корочки, желвачки, редко кристаллы октаэдрического облика. Твердость 4—5. Плотность 2,4—2,5 г/см³. Спайность отсутствует. Показатель преломления до 1,57. Варисцит найден в Саксонии, в местности, называемой ранее Варисциа, что и дало название минералу. Найденный в Австралии минерал, обладающий свойствами варисцита, назван «австралийской бирюзой», или «австралийским нефритом». Наиболее распространенные разновидности варисцита развиваются в виде глазков, что не характерно для бирюзы. Варисцит — драгоценный камень Америки, ценится высоко. Высококачественный варисцит такая же редкость, как и хорошая бирюза, если не более редкий.

Л а з у л и т моноклинный Р. Вебстер упоминает в числе минералов, похожих на бирюзу. Минерал по химическому составу близок бирюзе, представляет собой водный фосфат алюминия, содержит примеси железа и магния. Образует изоморфный ряд от светло-голубого лазулита — $(\text{Mg, Fe})\text{Al}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2$ до темного скорцалита — $(\text{Fe, Mg})\text{Al}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2$. Твердость 5,5. Плотность 3,1 г/см³, чем и отличается от бирюзы. Показатель преломления 1,61—1,64. Минерал иногда называют «голубым шпатом». В отличие от тонкокристаллической бирюзы он представлен тонкозернистым агрегатом. Известен в Швейцарии, Бразилии, в США (в штатах Нью-Мексико и Калифорния). Небольшие месторождения лазулита имеются в Канаде. На месторождениях Средней Азии отмечаются синеватые корочки и прожилки, напоминающие описываемый минерал.

Х р и з о к о л л а — минерал, который нередко принимают за бирюзу. Это водный силикат меди с сильно меняющимся составом и переменными константами. Окраска синяя, голубая и голубовато-зеленая. Твердость 2—4. Плотность 2—2,4 г/см³. Показатель преломления 1,50. Широко развита в зоне окисления месторождений полиметаллов и меди, образует корочки и тонкие прожилки, весьма характерны сферолиты, нередко развивающиеся по бирюзе.

О д о н т о л и т — внешне очень похож на бирюзу, нередко называют его «костяной бирюзой», «бирюзовым зубом», «западной бирюзой». Обосновывая гипергенный генезис бирюзы, некоторые авторы [Дана Э. С., 1937] ссылаются на одонтолит, считая, что это кости и зубы животных, пропитанные бирюзой. Одонтолит не минерал и действительно представляет собой кости вымерших животных, но пропитанных не бирюзой, а водным фосфатом железа в в и в а н и т о м $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, иногда называемым «голубой железной землей». Некоторые одонтолиты пропитаны медными минералами, тогда цвет их зеленый. Показатель преломления одонтолита 1,57—1,63. Твердость 5. Плотность выше 3 г/см³. Вскипает от соляной кислоты. В шлифах видна первичная органическая структура минерала.

С т е л л а р и т — уникальная комбинация азурита, силикатов меди, бирюзы, малахита, халькозина, самородного серебра и сульфидов железа [Webster R., 1975]. Найден в юго-западной части США, обладает оригинальной окраской (два оттенка голубого цвета на черном и серебристом фоне), прекрасно полируется и может быть использован в ювелирных изделиях из серебра и золота.

ИМИТАЦИЯ, ОБЛАГОРАЖИВАНИЕ, СИНТЕЗ

Обилие подделок под бирюзу объясняется тем, что бирюза всегда пользовалась огромным спросом, а также дефицитностью природного сырья. Ювелирные разности бирюзы составляют на каждом месторождении не более 5—10%. В общем количестве реализуемой на мировом рынке бирюзы более 60% бирюзы облагороженной, окрашенной, уплотненной и синтетической. Кроме указанных минералов, близких по физическим свойствам бирюзе, по данным Р. Вебстера [Webster R., 1975], на рынок поступают следующие минералы.

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

Окрашенный кварц — материал, значительно дешевле, чем бирюза, предлагается американскими поставщиками драгоценных камней. Кроме того, встречается имитация бирюзы, представленная халцедоном, окрашенным в соответствующий цвет. Эти камни прозрачнее бирюзы. Плотность их 2,63 г/см³. 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. Стекланные бусы голубого цвета были найдены в усыпальнице Тутанхамона (1350 до н. э.), они были окрашены кобальтом. Современные стекланные бусы также 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 окислов металлов.

Пластик — самая дешевая имитация бирюзы. Из него отливают кабошоны, иногда с характерным рисунком паутины. Но окраска пластиковых изделий слишком совершенная. Они легче, мягче, не пористые и без воскового блеска.

«Венская бирюза» — смесь тонкой массы малахита с гидроксидом алюминия и фосфорной кислотой. После нагревания более чем до 100°C эта смесь уплотняется под давлением. Формула этого материала отличается от бирюзы. Твердость спрессованной бирюзы около 5. Плотность 2,4, при насыщении водой увеличивается до 2,6 г/см³. Показатель преломления 1,45. При нагревании эта подделка чернеет или сплавляется в черное стекло, а не растрескивается как бирюза.

«Синтетическая бирюза» (неолит) — распространена с 1957 г. Камень приятного голубого цвета, иногда с извилистыми прожилками «основной массы». Это смесь байерита и фосфата меди, а основная масса — аморфное соединение железа. Байерит — побочный продукт алюминиевого производства, по составу аналогичен гидраргиллиту. Твердость около 4. Показатель преломления 1,55. Плотность 2,4 г/см³. Практически неолит идентичен венской бирюзе. В 1953 г. в Америке была создана искусственная бирюза, состоящая из мелких зерен голубого и белого материала, сцементированных алкидной смолой. Твердость этой бирюзы около 2,5. Плотность 1,85 г/см³. В отдельных образцах твердость достигает 3,5, а плотность 2,39 г/см³.

Восстановленная, или облагороженная бирюза — низкокачественная бирюза, свойства которой улучшены или восстанов-

лены при помощи добавления смол, силиката натрия, масла или парафина. При хорошей обработке эта бирюза визуально неотличима от высокосортных природных образцов и чаще продается по той же цене, иногда несколько дешевле. Такую бирюзу не следует смешивать с «восстановленной» бирюзой, изготовленной из смеси пудры, слоновой кости, медистого красителя и цемента. Плотность облагороженной (парафинированной) мелоподобной бирюзы возрастает с 1,8 до 2,45 г/см³, твердость изменяется от 2 до 5. Показатель преломления достигает 1,61, т. е. физические свойства облагороженной бирюзы близки к натуральным образцам так же, как химический состав и структура камня. При этом резко улучшается декоративность камня. Цвет значительной части пористой бирюзы из штатов Аризона и Невада (США) восстановлен парафинированием. Качество пропитанной воском пористой американской бирюзы улучшается путем дополнительной цементации ее каким-либо пластиком. Обычно для этой цели используется алкидная смола, с помощью которой укрепляется известковистая бирюза из шт. Аризона. Твердость этих образцов около 3.

В последнее время известковистую бирюзу начали цементировать гидрозоле кремнезема, плотность которого 1,21 г/см³. Бирюза, сцементированная кремнеземом, обычно более натурального, хотя и более бледного цвета, чем сцементированная пластиками.

Облагораживание мелоподобных и восстановление окраски сильно ожелезненных разностей бирюзы, составляющих основную массу добываемого сырья, резко повышают рентабельность месторождений.

Методы облагораживания низкосортной бирюзы совершенствуются за рубежом и в СССР (во Всесоюзном научно-исследовательском институте синтеза минерального сырья — ВНИИСИМС).

С и н т е з. Синтетическая бирюза впервые получена в 1927 г. в Германии. В 1972 г. во Франции были проданы первые синтезированные камни. Синтетический материал однороден, прекрасного бирюзово-голубого цвета, ближе всего подходит к лучшим образцам иранской бирюзы. Кабошоны из искусственной бирюзы практически не отличимы даже при точных исследованиях. Плотность искусственной бирюзы 2,63—2,74, в среднем составляет 2,7 г/см³. Показатель преломления 1,6, т. е. физические свойства ее идентичны природной бирюзе. Отлична лишь микроструктура, представленная агрегатом угловатых обломков, сцементированных беловатой массой.

В последнее время во ВНИИСИМСе искусственно получена как однородная голубая бирюза, так и сетчатая (паутинная), имитирующая лучшие образцы аризонской и ауминзинской бирюзы.

Синтетическая бирюза — хороший материал для изготовления серийных ювелирных изделий.

РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ, ДРЕВНЯЯ ОТРАБОТКА, ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ

Бирюза распространена на земном шаре относительно широко. Основные месторождения ее сосредоточены в Иране, США, на Синайском полуострове и в Китае. Известны месторождения и проявления бирюзы в Афганистане, Австралии, Чили, Перу, Эфиопии, Танзании, Судане, ФРГ, Польше и в Великобритании. В последнее время установлены находки бирюзы в Монголии.

В нашей стране выделяется бирюзоносная провинция Средней Азии, осваиваются месторождения бирюзы в Казахстане, на Кавказе и отмечены единичные находки ее на Алтае.

Во всех случаях бирюза локализована в древних горнорудных районах, в которых она отработывалась на протяжении семи или даже 10 тыс. лет. Поразительно, что эти же районы продолжают оставаться поставщиками бирюзы и в настоящее время. Практически все известные и разрабатываемые сейчас месторождения в той или иной степени отработывались в древности.

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

Сведения о зарубежных месторождениях бирюзы содержатся в работах Е. Р. Харрингтона [Harrington E., 1940], Р. Перла [Pearl R., 1945], Н. Петерсона [Peterson N., 1967], Г. Блаира [Blair G., 1967], Р. Вебстера [Webster R., 1962, 1970, 1971, 1973, 1975], К. Цейтнера [Zeitner C., 1975] и др. В отечественной литературе геологические материалы по месторождениям драгоценных камней, в том числе и бирюзы, наиболее полно обобщены в книге Е. Я. Киевленко, Н. Н. Сенкевича, А. П. Гаврилова [1974].

Автор приводит краткую характеристику основных бирюзоносных районов мира и более подробно описывает бирюзоносную провинцию Средней Азии, возрожденную и осваиваемую в настоящее время.

Синайский полуостров. Это один из древнейших бирюзоносных районов, месторождения которого, по мнению А. Е. Ферсмана, были открыты египтянами за 3—4 тыс. лет до н. э. «Здесь в красных нубийских песчаниках, в области, богатой медными рудами, найдена первая бирюза, здесь впервые в изделиях Египта в его голубых скарабеях-жуках начался культ этого камня, за которым посылались тысячи пленных рабов в безводные пустыни Синая» [Ферман А. Е., 1974].

К. Цейтнер считает, что синайские копи еще более древние. Доказательством служит тот факт, что на руке египетской мумии, погребенной 6 тыс. лет до н. э., обнаружено четыре золотых браслета с бирюзой из синайских рудников. В этих браслетах старая, но сохранившая голу-

бой цвет бирюза оправлена в изящную оправу и обрамлена полыми бусинами из золота [Zeitner С., 1975].

Месторождения расположены в юго-западной части полуострова, на площади около 1000 км². Здесь с глубокой древности разрабатывалось шесть рудников, но лишь два или три из них были бирюзовыми, из других добывались медь, хризоколла и азурит [Webster R., 1962]. Наиболее известны на Синайском полуострове рудники Вади Магаре, или Велли оф Кейвз (долина пещер), и Джебел Хамд. Добыча на них производилась периодически, временами прекращалась на несколько столетий.

Бирюза развита в трещиноватых железистых песчаниках, условно относимых к карбону и перекрытых молодыми базальтами. Каньонообразные долины — вади, в которых расположены рудники, образованы крупными сбросами. Время развития наиболее значительных нарушений датируется концом миоцена, приблизительно 15 млн. лет назад. Эти нарушения контролируют внедрение базальтов и долеритов на всей площади развития верхнекаменноугольных песчаников [Webster R., 1975]. Бирюзоносные песчаники описываются как плотные светлоокрашенные породы, нередко раздробленные, т. е. вполне вероятно, что это обычные бирюзоносные кварциты с характерным добирюзовым дроблением пород.

Бирюза выполняет трещины в виде прожилков мощностью до 13 мм. Цвет ее считается довольно устойчивым, несколько зеленее, чем у иранской бирюзы. Плотность около 2,8.

В настоящее время бирюзовые рудники Синайского полуострова находятся на территории, оккупированной Израилем. Периодически на них производится добыча бирюзы.

Иран. На северо-востоке Ирана расположены копи, поставляющие лучшую в мире бирюзу на протяжении многих веков. Это Нишапурские месторождения, или персидские рудники Хоросана. Расположены они в 50—60 км северо-восточнее г. Нишапура в сильно пересеченной местности, горы которой с незапамятных времен искали бирюзы ирешетили пещерами и туннелями. Главные Нишапурские копи находятся у сел. Мааден, на южном склоне горы Али-Мирза. Эти копи в 1888 г. посетил К. И. Богданович, а в 1932 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-Мирзы, на южном склоне которой расположена основная бирюзоносная площадь, достигает 2000 м. Древние копи расположены на различном уровне, начиная от подошвы горы, занимают более 2 км². А. Ф. Соседко [1932] пишет, что весь южный склон на протяжении 3 км изрыт глубокими ямами, карьерами и настоящими шахтами. Разрабатывалось в то время 5 рудников. На одном из рудников передовой забой расположен на глубине около 100 м. С поверхности отработка начиналась огромным карьером, со дна которого вглубь уходит ряд ходков, большей частью крутопадающих. Ходки часто разветвлялись, раздувались в камеры и большие залы. Дно выработок сложено ступенчато из крупных, ничем не сцементированных камней. Выработанное пространство закладывается пустой породой, сечение ходков очень узкое. А. Ф. Соседко отмечает, что помимо пяти рудников, бирюза худшего качества спорадически добывается из аллювиальных и элювиальных россыпей.

К. Цейтнер, описывая Иранские месторождения, отметил, что г. Нишапур находился на главном караванном пути между Востоком и За-

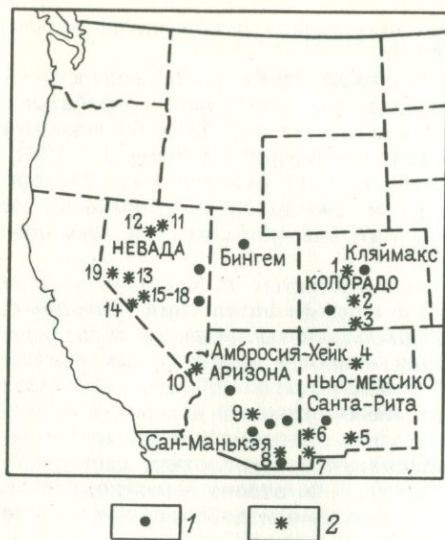


Рис. 9.
Размещение месторождений бирюзы в Юго-Западных штатах США. По Н. Сенкевичу:

1 — крупные медные и полиметаллические месторождения; 2 — месторождения бирюзы: 1 — Ледвилл, 2 — Хола, 3 — Ла-Джара (Кинг), 4 — Цериллос, 5 — Джарилла, 6 — Сильвер-Сити, 7 — Хачит, 8 — Котленд, 9 — Костл Доум, 10 — Кингмен, 11 — Кортец, 12 — Бэтэлл, 13 — Рейк, 14 — Блэк Матрикс, 15 — Блу-Майн, 16 — Колдейл, 17 — Колумбус, 18 — Эрингтон

падом. Александр Македонский разрушил оживленный торговый центр в 300 г. до н. э., но 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. Один из сотен рудников в Персии назывался именем Исаака, сына Авраама, который, как предполагают, открыл бирюзу [Zeitner С., 1975].

Китай. Китайские резные изделия из бирюзы снискали всемирную известность. Фигурки животных, вазы, табакерки и другие изделия, искусно выполненные китайскими мастерами, охотно приобретают коллекционеры и музеи всего мира. Китайцы называли бирюзу «камнем зеленого дерева». Это второй после нефрита любимый национальный камень Китая.

Предполагается, что бирюза начала употребляться в Китае после завоевания Персии в 642 г. Упоминание о наличии бирюзы в районе Ченду (ныне Цзе-Чу-Ань) имеется у Марко Поло.

В Тибете бирюза встречалась в удаленных друг от друга районах: Держе, Амдо, Нагари, Хорсуме и на крайнем востоке. Большинство месторождений отработано. Во всяком случае, тибетцы считают, что вся бирюза здесь уже добыта. Местное название минерала — гуи. Диапазон цветов тибетской бирюзы широкий, встречается и прекрасная паутинная разновидность. Бирюза популярна в Тибете и сейчас, ею украшают головные уборы, одежду, причем оправляют не в золото, как это делают в большинстве стран, а в серебро. К сожалению, каких-либо сведений о месторождениях бирюзы в Китае в геологической литературе нет.

Соединенные Штаты Америки. Многочисленные месторождения бирюзы расположены на юго-западе страны в штатах Колорадо, Нью-Мексико, Аризона, Невада, Калифорния (рис. 9). Многие из них разрабатывались индейскими племенами задолго до прихода европейцев. У индейских племен бирюза считалась самой большой цен-

ностью. Уникальный тайник, представляющий собой древнее захоронение, был обнаружен в Пуэбло Бинито в Качо-каньоне (шт. Нью-Мексико). Здесь найдены десятки тысяч изделий из бирюзы: бусы, подвески, амулеты, предметы культа, а также корзина, доверху заполненная драгоценным камнем. Останки индейца — владельца бирюзовых сокровищ — окружало около 6000 тыс. изделий. Исследования показали, что большая часть обнаруженной бирюзы была добыта народом пуэбло, жившим более восьми веков назад в окрестностях Санта-Фе. Месторождения, из которых поступала бирюза, находятся в горах Чалхихуитл и Туркуазе. Разработки на этой площади представляют собой сложные скопления открытых и подземных выработок. По всей вероятности, это наиболее крупные и самые древние разработки бирюзы в Северной Америке. Здесь сохранился карьер глубиной 60—90 м. Отвалы со множеством вековых деревьев занимают площадь около 8 га.

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

Добыча бирюзы в древности осуществлялась на месторождениях нынешнего шт. Аризоны. В одном из них, около крепости Алач Чиф, после обследования в 1890 г. были обнаружены новые бирюзоносные зоны. До прихода испанцев бирюзу добывали аборигены Юго-Запада.

В годы «золотой лихорадки» месторождение заново было открыто золотоискателем Кингом, 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 в настоящее время известно в шт. Невада. Здесь разрабатываются месторождения, известные в древности и открытые вновь, например, великолепная темно-голубая бирюза была найдена в Майн-Каунти в местах, не заселенных до прихода белого человека.

Крупнейшее месторождение в Неваде — месторождение Ройял Блу-Майн, самое новое — Блу Гем-Майн, добывается 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, однако через два года на руднике Майн 8 горняки нашли камень, масса которого достигала 80 кг. Для того чтобы извлечь его из узкого ствола шахты, пришлось камень обтесать до 71,2 кг.

В шт. Калифорния древние разработки обнаружены в пустыне Мохаवे, округ Сан-Бернардо. Приведенные сведения даны по К. Цейтнеру [Zeitner C., 1975].

В геологическом отношении обширная бирюзоносная провинция юго-запада США характеризуется прежде всего развитием блоковой тектоники. Осадочные и магматические образования верхнего мела — эоцена контактируют 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. Рудоносные гранитоиды датируются верхним мелом и нижним эоценом. Большинство рудных месторождений, зоны вторичного сульфидного обогащения которых иногда содержат

бирюзу, расположены в пределах Ларамийского поперечного порфирового пояса. Формирование этой провинции в современном виде закончилось к концу олигоцена — началу миоцена.

На всех упомянутых, а также на описанных Е. Я. Киевленко и др. [1974] месторождениях США, скопления бирюзы всюду контролируются тектоническими зонами среди сильно измененных риолитов, трахитов и монцит-порфиров мел-палеогенового или миоценового возраста. 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 многочисленных рудных месторождений, месторождений золота и барита в описываемой провинции связано с интенсивной постмагматической, гидротермальной деятельностью третичного времени, с широким проявлением процессов пропилитизации, аргиллизации, серицитизации и окварцевания [Рудные месторождения США, 1972].

Заметим, что весь имеющийся огромный материал по рудным месторождениям США (а также по месторождениям СССР) дает основание говорить о том, что лишь в редких случаях зоны окисления медных, меднопорфировых и полиметаллических месторождений содержат бирюзу, в то время как хризоколла, азурит, малахит обычны для них. Бирюза развивается в отдельных блоках или участках месторождений вблизи рудных тел или на значительном удалении от них. Бирюза образует прожилки, желвачки с характерными переходами от драгоценных разностей к каолиноподобным. Судя по 90-метровому древнему карьере, расположенному в окрестностях горы Туркуазе (Бирюзовой) в шт. Нью-Мексико, протяженность бирюзоносных зон более 200 м, ширина 30—60 м, глубина минерализации 18—40 м, иногда 100 м.

На медно-молибденовом месторождении Итака-Пик (округ Мохаве, шт. Аризона), внутри тех жил, которые содержат массивный каолин или обломки сильно аргиллизированных боковых пород, встречаются известковисто-бирюзовые нодулы. Реже бирюза осаждается в открытых полостях кварц-пиритовых прожилков. В единичном образце бирюзы удалось наблюдать реликты халькозина (?). Бирюза может содержать также куприт. Бирюза, алунит, каолин обнаружены и в зоне окисления, и в зоне вторичного сульфидного обогащения. Алунит встречается в виде отдельных нодул в жилах, сложенных каолином, бирюзой и сульфидами. Форма его выделений сходна с формой выделений бирюзы.

Бирюза и еще по меньшей мере два неопределенных фосфата — единственные минералы меди в надрудной выщелоченной зоне среди кварцевых монцит-порфиров и кварцевых порфиров. Сульфаты меди, гипс, отчасти азурит и малахит обнаружены над рудами в кристаллических сланцах. Карбонаты — азурит и малахит — развиваются по куприту (Рудные месторождения США, т. 1, 1972).

Советский Союз. Буквально до 60-х годов бирюза не значилась в числе полезных ископаемых территорий СССР. Развернутые в последнее десятилетие работы на камнесамоецветное сырье позволили установить достаточно широкое развитие ее в республиках Средней Азии, обнаружена бирюза на Кавказе и в Казахстане.

Бирюзоносная провинция Средней Азии протягивается от хр. Султануиздаг на западе до гор Пшемак на востоке и охватывает территории Узбекской, Таджикской и Киргизской ССР. В пределах данной провинции выделяется пять бирюзоносных районов: Султануиздагский,

Кызылкумский, Чаткало-Кураминский, Присамаркандский и Исфаринский, соответствующих древним горнорудным районам Средней Азии, одним из основных полезных ископаемых которых была бирюза.

Султануиздагский бирюзоносный район расположен в Каракалпакской АССР в пределах хр. Султануиздаг (Западные Кызылкумы). Это древний горнорудный район, входивший в состав Хорезма, а затем Хивинского ханства. Здесь добывались: бирюза, золото, талько-хлорит, кальцит, кремь, минеральные краски. Наиболее многочисленны древние выработки на талько-хлорит, бирюзу и, предположительно, на золото.

Характеризуясь спецификой вмещающих пород, присущих только данному 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 отработки 10—15 м. Древние траншеи, как правило, замьты и синелированы, определяются с трудом по характерному мелкодробленному материалу отвалов, содержащему в изобилии 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.

Разработка бирюзы в Султануиздаге датируется археологами I—II вв. н. э. Максимального развития она, как и по всей Средней Азии, достигла в IX—XIII вв.

Древние выработки на золото (?) располагаются в более молодых толщах за пределами бирюзоносных зон, достаточно хорошо сохранились в виде цирков глубиной до нескольких метров. В отвалах установлен грубообломочный материал песчаников, сланцев, без характерных для бирюзоносных зон углеродистых прослоев и низкотемпературного кварца. Найдены единичные обломки ожелезненного кварца и кварцевых брекчий с железистым цементом.

Четко дешифрируются на аэроснимках и фотосхемах группы многочисленных древних выработок на талько-хлорит. Выработки хорошей сохранности, часто открытые, расположены вблизи массивов основных пород; удалены от золоторудных и от бирюзоносных зон.

Султануиздагская бирюзоносная площадь находится в северо-западной части хребта и занимает около 18 км². Северная часть площади отнесена к месторождению Тебин-Булак, а центральная и юго-восточная называются Султануиздагским, или Джамансайским, месторождением. Район хорошо обнажен. Бирюзоносные зоны, три из которых относятся к месторождению Тебин-Булак, а пять к Султануиздагскому, отчетливо дешифрируются на снимках и представляют собой зоны 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 не дают оснований для детального изучения Султануиздагского бирюзоносного поля. Вопрос о глубине минерализации и общей перспективе района на бирюзу остается открытым. Встречаемая в отвалах и стенках древних выработок бирюза характеризуется высоким качеством, яркой (преимущественно голубой) окраской. Однако мощность вмещающих бирюзу кварцевых прожилков, прослоев мета-

соматитов и минерализованных трещин небольшая и, соответственно, размеры включений бирюзы в них малые, редко достигают 1 см в поперечнике.

Небольшие размеры включений бирюзы не смущали древних рудокопов, так как она в основном использовалась раньше, да и в настоящее время тоже, в так называемых «осыпных изделиях», где размеры кабошонов 1—5 мм. Высокое качество основной массы бирюзы, вероятно, и определило полноту выборки ее в древних выработках Султануиздага, в отвалах которых можно встретить лишь очень мелкие и редкие обломочки и включения голубой и зеленоватой бирюзы в кварце и во вмещающих породах.

Кызылкумский бирюзоносный район — наиболее крупный. Он охватывает палеозойские горные массивы Букантау, Тамдытау, Ауминза-Бельтау и Кульджуктау. Бирюзоносные площади ограничиваются кварцево-жильными полями среди пород углеродисто-карбонатно-кремнистой формации и составляют в целом около 300 км². Большая часть месторождений сосредоточена в горах Букантау и Тамдытау с явным сокращением бирюзоносных площадей и числа проявлений с севера на юг.

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 века. Лишь небольшие разобщенные выработки на медь отмечаются вблизи бирюзоносных полей. Древние выработки на золото и другие полезные ископаемые, в отличие от хр. Султануиздаг, здесь практически отсутствуют.

В настоящее время этот район наиболее изучен. Тематической группой, руководимой автором, составлена карта размещения месторождений и проявлений бирюзы для каждого массива и для Кызылкумов в целом; составлены карты прогноза на бирюзу, разработаны геологические критерии и поисковые признаки месторождений бирюзы кызылкумского типа. Экспедицией Средазкварцсамоцветы проведены поисково-оценочные работы на ряде месторождений Букантауской группы и на месторождении Ауминза. Получены первые сотни килограммов драгоценного сырья.

Древние выработки, а следовательно и бирюзоносные зоны, расположены на разных высотах: от подножия саев и распадков до вершин поднятий. Превышения участков в пределах одного минерализованного поля составляют десятки метров. Разница в гипсометрических отметках Северо-Букантауского узла над Южно-Букантауским достигает 100 м; а превышение месторождения Восточного (гора Тамдытау) над месторождением Южный Дербез (гора Букантау) составляет 450 м. Пройденными на месторождении Аякаши I и Джаман-Каскыр скважинами установлена развитая минерализация на глубине 30—50 м. Одна из скважин, пройденная близ проявления Косшока (горы Ауминзатау), подсекала бирюзу на глубине 80 м. Однако основная масса поисковых выработок на месторождениях бирюзы в Кызылкумах пройдена в 5—10 м от поверхности, и лишь единичные выработки достигают глубины 15—20 м. Иными словами, в настоящее время ни одно из месторождений описываемого района не изучено ни на достаточную глубину, ни по площади, чтобы можно было обоснованно говорить об их промышленных перспективах или, наоборот, о полной их обработке в древности.

Развитие минерализации на больших площадях, строгая приуроченность бирюзы к определенным типам вмещающих метасоматитов и жильного кварца, древняя отработка верхних горизонтов на 60—70% создают огромные трудности и требуют квалифицированного подхода к освоению месторождений бирюзы в Кызылкумах.

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

В VIII—XI вв. в Чаткало-Кураминском районе интенсивно разрабатывались месторождения золота, серебра, меди, железа, бирюзы. Кроме того, добывались аметист, агальматолит и другие камни. «За несколько столетий интенсивных поисков и разработок с поверхности месторождений в Илакских горах Карамазар оказался прощупан древними рудооведами с поражающей детальностью и тщательностью на всем его пространстве, ископан на ту или иную глубину в полном смысле слова в каждой точке рудных выходов» [Наследов Б. Н., 1935].

М. Е. Массон [1954] считает, что горная промышленность в Карамазаре постепенно угасала с начала XI в. и к XII в. исчезла окончательно и не возобновлялась до наших дней.

В пределах Карамазара расположены древние бирюзовые рудники: Унгурликан (Илакский рудник), Ак-Турпак, Гольдуран. Древняя отработка на этих рудниках достигает глубины 100 м и более. Разработки на бирюзу отмечены по саям Шаугаз и Яккобаг и в южных предгорьях Чаткальского хребта.

В отличие от Кызылкумов, древние выработки на бирюзу Чаткало-Кураминского района в большинстве своем не дешифрируются на снимках и не имеют характерных своеобразных черт. До настоящего времени исследователи не пришли к единому мнению о главном предмете добычи (например, на таких рудниках, как Ак-Турпак или Унгурликан). В результате Унгурликан в 60-х годах разведывался на полиметаллы, а в 70-х — на бирюзу. Месторождение Ак-Турпак, содержащее значительное количество бирюзы, — объект старательской добычи полиметаллов.

Ряд рудных месторождений и все проявления и месторождения бирюзы Северо-Кураминской зоны приурочены к мощной полосе алунит-серцит-кварцевых метасоматитов, характеризующихся неоднократным дроблением пород, жильными инъекциями барита, кварца и многостадийным минералообразованием, что привело к полиминеральности рудников и сложности определения главного компонента, обрабатываемого в древности.

По северному склону Кураминского хребта проявления бирюзы строго приурочены к полосе гидротермально-измененных пород и вторичных кварцитов, протягивающейся в широтном направлении на расстояние более 30 км. Примерно в центре этой полосы расположено месторождение бирюзы Унгурликан — единственное разведываемое в настоящее время. На западном окончании бирюзоносной зоны находятся полиметаллические с бирюзой месторождения Кальмакыр и Ак-Турпак. Оба месторождения практически не изучены на бирюзу. Установлено, что более поздние бирюзоносные зоны, пересекающие рудные поля, в большинстве случаев разобщены в пространстве с промышленными блоками руд, из-за различной ориентировки рудораспределяющих трещин, но местами они расположены в пределах рудных блоков или в непосредственной

близости от них. Бирюза при отработке месторождений нередко документируется как «медная зелень» или «медистый галлузит» и попадает в отвал при вскрышных работах или на фабрику вместе с рудой.

Глубина распространения бирюзы на месторождении Кальмакыр 150 м, при максимальном развитии на горизонтах 40—80 м. На месторождении Ак-Турпак прожилки бирюзы развиты на горизонте штольни 4 (50—70 м от поверхности), где мощность бирюзоносной зоны составляет более 10 м, без намеков на выклинивание.

По данным группы археологов (Е. Б. Пругер, В. И. Киреев, 1970 г.), установлено около 100 древних выработок, из которых 17 явно принадлежали к целию добычи бирюзы. Разница абсолютных отметок устьев древних выработок на горе Ак-Турпак составляет 88 м. Штольной древние выработки подсечены на глубине 70 м от поверхности. Характер выработок обычный для древних рудников: это достаточно крупные карьеры с поверхности и узкие ходки, забутованные камеры на глубине. Протяженность зоны измененных пород на Ак-Турпаке около 2 км, ширина 800 м. Площадь развития древних выработок 600×25 м (Е. Б. Пругер, В. И. Киреев, 1967 г.).

Отметим, что на площади Кальмакыр — Гольдуран дешифрируются древние выработки, поглощенные в настоящее время современным карьером и сохранившиеся близ южного его борта.

Б. Н. Наследов отмечал, что южные и западные склоны горы Большой Кальмакыр не затронуты древней отработкой. На северном склоне наблюдаются довольно крупные карьеры, а на восточном установлено несколько небольших выработок. Древняя шх. Гольдуран располагалась в 400 м к северу от высшей точки Большой Кальмакыр. Около 150 древних выработок в виде воронкообразных ям отмечено вокруг шахты.

На месторождениях бирюзы Кальмакырского узла возможна попутная ее добыча, главным образом при вскрышных работах и при старательской отработке месторождений, в меньшей степени бирюза может быть получена при эксплуатации.

Месторождение Унгурликан по предварительным данным выделяется как основной объект добычи бирюзы на северном склоне Кураминского хребта. Крупные многочисленные (около 70) древние выработки фиксируются на площади около 0,5 км². Это сильно завалившиеся карьеры и разности, группирующиеся на нескольких участках. На глубине до 50 м от поверхности древние выработки подсечены современными штольнями, представляют собой обычную путанную систему ходков и камер, вскрывающих рудные столбы, кусты, карманы. В основном выработки забутованные, частью открытые.

По данным горно-буровых работ, глубина развития бирюзы на Унгурликане достигает 60 м. Разница между устьями древних выработок у подножья южного склона и вблизи вершины водораздела составляет около 100 м.

Древний рудник Унгурликан разрабатывался в X—XI вв. (рис. 10). В настоящее время здесь производится предварительная разведка в центре месторождения и опоскование его флангов. Параметры и морфология бирюзоносных тел, глубина развития драгоценного камня и общие запасы его пока не установлены. Несмотря на интенсивность древней отработки, работами последних лет на месторождении выявлены участки с ювелирной бирюзой.

В 35 км к юго-западу от Унгурликана, в южных отрогах Кураминского хребта расположено месторождение Бирюзакан. Специфика минерализации этого древнего рудника не вызывала сомнений у исследова-

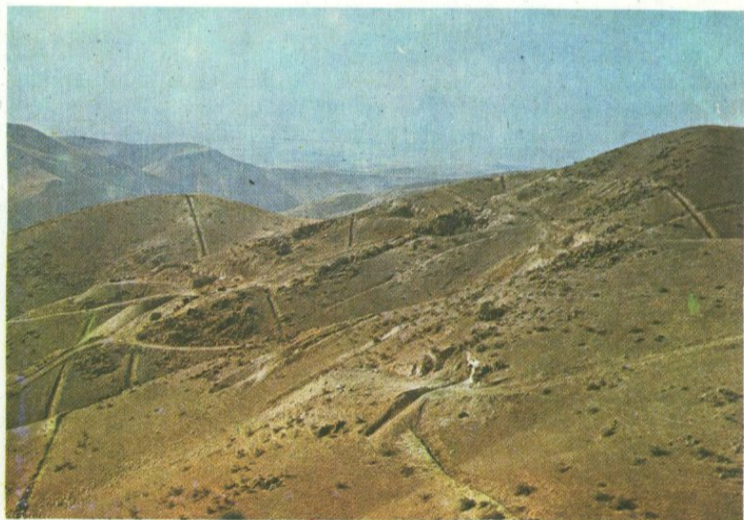


Рис. 10.
Общий вид месторождения Унгурликан. В центре между грядями кварцитов расположены крупные древние выработки

телей. В IX—XII вв. н. э. здесь производилась добыча бирюзы высокого качества. Интересно, что древние выработки сосредоточены на юго-западном фланге и их нет на юго-восточном окончании, где современные выработки вскрыли бирюзоносные участки на глубине 3—4 м от поверхности. Это дает основание еще раз подчеркнуть, что древние рудоискатели проходили выработки лишь в местах выхода рудных или бирюзоносных тел на поверхность.

На юго-западном фланге месторождения в борту мощной кварцевой жилы, трассирующей Бирюзовый разлом, хорошо видна полузавалившаяся траншееобразная выработка, длиной около 70 м и шириной 2—5 м. Площадь к югу от выработки полностью перекрыта ее отвалами, мощностью до нескольких метров. В западном конце выработки расположена древняя шахта с разветвленной системой подземных выработок, уходящих на глубину более 50 м. На эту глубину практически отработано бирюзоносное тело юго-западного фланга месторождения. Небольшая группа древних выработок находилась примерно в центре месторождения. Высокое качество бирюзаканской бирюзы отмечено всеми исследователями. Разведка месторождения не закончена, и древний рудник Бирюзакан — наиболее характерный представитель группы месторождений бирюзы в магматических породах — порадует еще нас запасами драгоценного сырья.

Присамаркандский бирюзоносный район охватывает Заравшанский хребет, горы Актау и Нуратау. В IX—XII вв. был известен как горно-рудный район, в котором добывались серебро, золото, ртуть, медь, олово, железо, бирюза, тальк и серпентинит. Этот район древней цивилизации работами автора не охвачен. Здесь известно пять проявлений бирюзы (Нуратинское, Мальгузарское, Агалыкское и Кара-Тюбинское и проявление Ухум), еще не исследованных.

известняками и песчаниками, переслаивающимися с мощными линзами поваренной соли и гипса. По крупным разломам, разбивающим толщу, внедрились третичные трахиты, фельзитовые порфиры и диабазы [Богданович К. П., 1888; Соседко А. Ф., 1932; Меренков Б. Я., 1936; Webster R., 1962].

Тектоническая брекчия с красно-бурым железистым цементом пересекает молодые магматические образования и является вмещающей породой для бириузоносных штокверков, определяя таким образом позднетретичный возраст иранской бириузы. По петрографическому составу нишапурские бириузоносные породы близки породам липарит-дацитовый формации кураминского типа. Сходство геологического строения этих регионов подтверждается и развитием поздних даек диабазов.

Обильная апатитоносность, густая вкрапленность пирита и халькопирита — характерные черты бириузоносных пород. Апатит более свойствен глубоким частям месторождений, в верхних наиболее измененных зонах он выщелочен. Повышенная апатитоносность пород как источника фосфора для бириузы не вызывает сомнений, но исследователи, как правило, не отмечают, является ли апатит магматическим или постмагматическим образованием, чаще он описывается как акцессорный минерал.

Приуроченность апатита к определенным зонам и участкам магматических тел, развитие двух генераций апатита, связь наиболее обогащенных участков и крупных зерен его с хлоритом в пропилитах дают основание предположить, что обогащение апатитом молодых субвулканических образований происходило по тектоническим зонам в начальные стадии процесса метасоматической переработки пород, так как вряд ли акцессорный апатит мог служить достаточным источником фосфора для крупных скоплений бириузы. Этот вопрос требует уточнения и дальнейшей разработки.

Бириузовая минерализация строго приурочена к крупным протяженным тектоническим зонам и отлагается преимущественно по трещинам северо-восточного и северо-западного простирания. Форма минерализованных тел относительно изометричная, строение штокверковое. Бириузовые штокверки развиты от поверхности до глубины 100 м и более неравномерно, но на небольшом расстоянии друг от друга и располагаются вдоль зоны трещиноватости.

К. П. Богданович [1888] и А. Ф. Соседко [1932], изучавшие Нишапурские месторождения, связывают образование бириузы с термальными водами, и в настоящее время выходящими на поверхность в виде горячих источников в зоне Бириузового разлома.

Е. Я. Киевленко и др. [1974] считают, что образование бириузы обусловлено присутствием во вмещающих трахитах полевого шпата, халькопирита, пирита и апатита и разложением их в коре выветривания по ослабленной зоне брекчий.

Месторождения США

В юго-западных штатах Северной Америки развиты многочисленные месторождения бириузы (см. рис. 9). Некоторые исследователи [Sinkancas S., 1959; Webster R., 1962, 1974] часть этих месторождений классифицируют как крупнейшие в мире месторождения с высококачественной бириузой. Месторождения сконцентрированы в штатах Колорадо, Невада, Калифорния и Нью-Мексико, несколько меньше их в шт. Аризона. Бириузоносная провинция приурочена к центральной части Скалистых гор, обрамляет плато Колорадо с юга и востока и располагается

на стыке Центральных Скалистых гор и гор Сиерра Невада на Западе.

Эта бирюзоносная структура сформирована в ларамийскую фазу складчатости (конец верхнего мела — эоцена) и характеризуется сложным блоковым строением. Месторождения бирюзы концентрируются в крупных антиклинальных и куполовидных поднятиях. Поперечные разломы контролируют гранитоиды порфировой формации, с которыми связаны рудные месторождения.

Вмещающие бирюзу породы — альпийские рудные и безрудные кварцевые жилы, фельзитовые порфиры (риолиты), трахиты, дациты, кварцевые монзониты, осветленные, серицитизированные и каолинизированные по поздним третичным зонам нарушения. Таким образом, возраст американской и иранской бирюзы четко определяется как поздне-третичный.

В пределах бирюзоносной провинции США развиты месторождения, идентичные месторождениям кураминского и кальмакырского типов. В первом случае они приурочены к участкам интенсивного проявления новейшей тектоники среди измененных, прокварцованных и осветленных молодых субвулканических образований, во втором — бирюзоносные зоны пересекают рудные поля и располагаются в зоне окисления и в зоне цементации.

Большая часть аризонской бирюзы поступает из крупных меднопорфировых месторождений Глоб и Майами, включающих наиболее известное месторождение Кастл Доум.

Качество, интенсивность минерализации и морфологические формы бирюзы самые разнообразные. Встречены крупные самородки голубой бирюзы массой 1,3 и 4,8 кг, прожилки мощностью до 6,5 мм и тончайшие примазки и включения нередко каолинизированной бирюзы.

Практически все месторождения разрабатывались в древности и поставляют периодически бирюзу в настоящее время. Количество добытого сырья ежегодно составляет сотни и тысячи килограмм. Так, на одном из месторождений вблизи г. Ледвилла в 1935—1937 гг. было добыто 453 кг бирюзы-сырца. На месторождении Кортец в 1940 г. добыча составила 3620 кг, в 1941 г. — 5890 кг. Около 5 т бирюзы-сырца составляет добыча бирюзы и в настоящее время на месторождениях шт. Невада.

Месторождения Синайского полуострова

Эти месторождения являются третьей крупной группой зарубежных месторождений. По геологическим особенностям они близки или однотипны кызылкумским месторождениям.

Данные о геологической характеристике бирюзоносной площади Синайского полуострова очень незначительны. 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 [Webster R., 1962], развиты палеозойские известняки и песчаники, перекрытые молодыми базальтами. Бирюзоносные участки приурочены к горизонту светло-розовых песчаников, возраст которых весьма условно датируется карбоном. Бирюзоносные песчаники описываются как породы, состоящие из крупных зерен кварца, цементированных бурым глинисто-железистым цементом. Эти образования явно близки к бирюзоносным кварцевым брекчиям с железистым цементом в зонах дробления. Есть сведения о наличии на этой площади углеродистых прослоев.

Широко развиты альпийские сбросы, по которым происходило излияние базальтов. Месторождения обрабатывались интенсивно в древности, слабо изучены геологически и плохо освещены в литературе. Данных о добыче бирюзы нет. Бирюза прожилковая, светло-голубая. Наличие прослоев светло-розовых песчаников приближает эти месторождения к бирюзоносным площадям Султануиздага и Каратау, трассируемых прослоями осветленных опализированных кварцитов.

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ БИРЮЗОНОСНЫХ ПЛОЩАДЕЙ СССР

Центральные и Западные Кызылкумы, Южный и Западный Казахстан — огромные полупустынные площади, перекрытые мощным чехлом мезо-кайнозойских отложений, среди которых как острова возвышаются массивы палеозойских пород: хр. Султануиздаг, горы Букантау, Тамдытау, Ауминза-Бельтау, Кульджуктау и хр. Каратау. Эти площади объединяют Кызылкумский и Южно-Казахстанский бирюзоносные районы. Средне- и высокогорные области Кураминского и предгорья Чаткальского хребтов составляют Кураминский бирюзоносный район. К северным отрогам Туркестанского хребта приурочен Исфаринский бирюзоносный район; Зеравшанский хребет и горы Нуратау объединяют месторождения Присамаркандского района и, наконец, Центральный Казахстан и Кавказ представляют собой области развития месторождений и проявлений бирюзы, известные в настоящее время в нашей стране.

Не представляется возможным дать исчерпывающие сведения о геологическом строении перечисленных регионов. Остановимся лишь на характеристике двух резко различных бирюзоносных формаций, давших начало двум типам месторождений бирюзы, и кратко опишем магматические комплексы, с которыми, вероятно, связано образование бирюзоносных метасоматитов и самой бирюзы.

Углеродисто-карбонатно-кремнистая формация. На мелкомасштабных картах Средней Азии и Казахстана эта формация входит в состав нижнесилурийской вулканогенно-осадочной метаморфической толщи. Последняя прослеживается в виде дуги от хр. Султануиздаг на северо-западе, через палеозойские массивы Кызылкумов, горы Нуратау, далее протягивается в широтном направлении в пределах Зеравшанского и Туркестанского хребтов, уходя на восток за пределы Исфаринского района.

От Карсакпайской площади на севере, спускаясь почти по меридиану на юг и далее в юго-восточном и восточном направлениях через хр. Каратау, проходит зона углеродистых вулканогенно-осадочных пород Западного и Южного Казахстана. В пределах этих зон и концентрируются проявления бирюзы кызылкумского типа.

На картах эта в принципе единая толща разбивается на многочисленные свиты, именуемые в каждом массиве по-разному и датируемые от ордовика до девона.

В книге «Геологическое строение Центральных Кызылкумов» К. К. Пятков и И. А. Пяковская [1978] пишут: «В геологическом строении Центральных Кызылкумов принимают участие отложения всех стратиграфических подразделений от кембрия до четвертичных включительно. Возраст каждого из них подтверждается органическими остат-

ками». К. К. Пятковым дана интересная сводная таблица по стратиграфии данного региона, где видно, что возраст одних и тех же свит палеозойского структурного яруса определялся различными исследователями от рифея до карбона.

По данным Ю. А. Лихачева (1964 г.), едва ли не половину всей площади выходов докембрийских образований Центральных Кызылкумов, хр. Султануиздаг, Нуратинских и Зирабулак-Зиаэтинских гор слагают немые толщи, условно определяемые им как ордовикские и кембрийские отложения.

Анализируя геологический материал по Кызылкумам и сопредельным районам, можно с полным основанием утверждать, что только единичные находки органических остатков установлены на площади развития углеродисто-карбонатно-кремнистых пород. Кроме того, берем смелость подтвердить высказывания И. К. Миронова (1976 г.), руководившего составлением геологической карты Кызылкумов на основе дешифрирования высотных и мелкомасштабных аэроснимков, о том, что в ряде случаев находки фауны и флоры определялись в блоках, чуждых этой формации. В большинстве случаев немые толщи расположены в пределах мощных тектонических зон, среди которых присутствуют блоки пород различного состава и возраста. Размер блоков изменяется от крупных глыб типа Актауского массива и Мурунтауской гряды карбонатных пород до более мелких блоков типа горы Кургантау в поднятии Тамдытау или горы Джургантау в массиве Бельтау.

Ш. Ш. Сабдюшев (1971 г.), составивший геологическую карту Северного Тамдытау, показал на ней отдельные блоки, пластинки известняков, кварцитов, кремнистых сланцев, разделенных мощными зонами меланжа, представленными мелкоперетертым материалом с глыбами и валунами пород различного состава.

С. С. Шульц [1972] в работе о геологическом строении хр. Султануиздаг также отмечает широкое развитие зон меланжа, подобных описанным. Сложноблочное строение и определяет расположение бириозоносных площадей во всех палеозойских массивах. Наиболее вероятный возраст бириозоносной формации пород — верхний кембрий — нижний силур. Бириозоносные метасоматиты — явно более поздние образования, связанные с постмагматическими процессами, завершающими магматическую деятельность того или иного района.

Приведем краткую характеристику свит, содержащих прослой углеродистых пород, с которыми связана бириоза в отдельных массивах.

На площади хр. Султануиздаг бириоза развивается в вулканогенно-кремнистой формации, включающей образования султануиздагской и джамансайской свит.

Султануиздагская свита, условно нижнесилурийского возраста, развита в центральной части хребта, протягивается полосой шириной до 1000 м от западного контакта массива Тебин-Булак к югу, следуя по восточному и западному контактам Актауского интрузива до Джамансая и далее на восток в субширотном направлении до Дженгельдася. В составе нижней подсвиты присутствуют известняки, кварц-полевошпатовые песчаники с прослоями слюдисто-кварцевых сланцев. Последние по сланцеватости слабо пигментированы черным углеродистым веществом. Верхняя подсвита сложена слюдисто-кремнистыми и кремнисто-кварцевыми сланцами с обильной примесью углеродистого вещества.

Джамансайская свита (условно нижнедевонского возраста) разделена А. А. Кулешом (1965 г.) на пять пачек. Первая, нижняя пачка —

мраморы и мраморизованные известняки, интенсивно перемятые до будинирования, особенно в районе Джамансая, где изменяется ее простираание с юго-восточного на субширотное. Вторая пачка — кварц-слюдистые и хлорит-кварцевые сланцы с прослоями известняков мощностью 3—5 м. Третья пачка — кварциты, кварц-слюдистые, кремнисто-слюдистые сланцы с редкими прослоями мраморов мощностью 2—5 м. Четвертая пачка — кварц-слюдистые, кремнисто-слюдистые сланцы, перекрывающиеся зеленокаменными сланцами, интенсивно катаклазированные. Пятая пачка — кварц-кремнистые, кварц-кремнисто-слюдистые сланцы с прослоями измененных эффузивов и линзами мраморов. Общая мощность свиты 2000 м.

На аэрофотоснимках султануиздагская и джамансайская свиты дешифрируются единой толщей, в пределах которой отчетливо выделяются слои известняков, черных углеродистых кремнисто-кварцевых и слюдисто-кварцевых прослоев.

К углеродистым образованиям верхней подсвиты султануиздагской свиты и второй и пятой пачек джамансайской свиты приурочена вся бирюзовая минерализация.

Характерно, что с востока бирюзоносные зоны ограничены Джамансаем, за которым в составе свит резко увеличивается содержание известняков, появляются эффузивы, измененные до амфиболитов и алевролитов, и не развиты бирюзоносные углеродистые кремнисто-кварц-слюдистые пачки.

В горах Букантау наиболее широко развиты породы углеродисто-карбонатно-кремнистой формации, слагающие часть коксайской и кокпатасской свит, датируемых московским ярусом среднего карбона.

Кокпатасская свита представлена кремнистыми и углисто-кремнистыми яшмовидными породами, кварцитами, доломитами, сланцами, алевролитами и песчаниками. Углеродисто-карбонатно-кремнистые образования составляют около 30—35% разреза свиты. Распространены они весьма неравномерно, четко выделяются в рельефе, образуя положительные формы, хорошо дешифрируются на аэрофотоснимках.

Коксайская свита сложена развитыми метаморфизованными алевролитами и алевритовыми песчаниками с незначительными прослоями кварц-слюдистых, глинистых и углистых сланцев.

Образования коксайской и кокпатасской свит литологически близки и отличаются лишь незначительным развитием кремнистых пород в первой и широким их развитием во второй свитах. Четкие контакты между свитами отсутствуют. На аэрофотоснимках они дешифрируются единым контуром с четко проявленными прослоями углеродистых пород.

В горах Букантау в пределах развития пород указанных свит расположены Северо- и Южно-Букантауский бирюзоносные узлы, объединяющие наиболее многочисленную группу Кызылкумских месторождений.

Горный массив Тамдытау разделяется на Северный и Южный Тамдытау. В Северном Тамдытау породы углеродисто-карбонатно-кремнистой формации представлены отдельными линзами и прослоями углеродистых доломитов и кремней, мраморов и кварцитов, относимых к разновозрастным свитам. В Южном Тамдытау породы бирюзоносной формации распространены более широко. В соответствии с этим на площади Южно-Тамдытауского узла находится пять месторождений и 21 проявление бирюзы, в то время как Северо-Тамдытауский узел объединяет одно месторождение и три мелких проявления бирюзы.

На бириозоносных площадях Южно-Тамдытауского узла развиты те же углисто-слюдисто-кварцевые, углисто-слюдястые сланцы с линзами углистых кварцитов и маломощными линзами мраморов, относимые к нижнему силуру. Бириоза очень четко контролируется углеродисто-серцит-кварцевыми прослоями и не развита за их пределами. Так, в породах бесапанской свиты, датируемой П. Н. Подкопаевым в Южном Тамдытау нижним силуром, а Ю. Ф. Баскаковым в Ауминза-Бельтауском поднятии протерозоем и характеризующейся в Тамдытау почти полным отсутствием углистого вещества и гряд углистых кварцитов, проявлений бириозы нет. Нет их и в толщах зеленокаменных и филлитовых сланцев, к какому бы возрасту они не относились.

В Ауминза-Бельтауском поднятии породы углеродисто-карбонатно-кремнистой формации слагают нижнюю часть кызылкумской свиты и частично нижнюю часть бесапанской свиты, где в разрезе появляются прерывистые линзы полосчатых и массивных слабоуглеродистых, реже углистых кварцитов.

По аэрофотоснимкам углеродисто-карбонатно-кремнистые образования протягиваются в широтном направлении близ южного подножья гор Ауминзатау, составляя площадь Ауминзинской бириозоносной зоны. Другой участок этих пород прослеживается в северо-западном направлении от горы Косшока до гор Коспактау, включая одноименные проявления бириозы.

Таушанское месторождение в горах Кульджуктау расположено в породах алюмосиликатной серии, представленной песчаниками, кварц-хлорит-серцитовыми, слюдисто-глинистыми и углисто-кремнистыми сланцами, с линзами углистых кварцитов, известняков и доломитов.

Таковыми же отложениями характеризуется бириозоносная формация в Туркестанском хребте и хр. Каратау. В последнем бириоза связана с курумсакской свитой среднего кембрия, состоящей из переслаивания кремнистых прослоев, серцит- и углисто-кварцевых сланцев. Особенность этой толщи — наличие в ее основании ванадиеносного горизонта, приуроченного к кремнистой пачке и контролирующего бириозовую минералогию.

Из приведенного описания следует, что состав продуктивной углеродисто-карбонатно-кремнистой формации во всех массивах на бириозоносных площадях одностипен. Слагающие формацию пачки всюду характеризуются развитием линз и прослоев углеродистых сланцев и кварцитов с различными соотношениями кремнисто-карбонатных и терригенных прослоев.

Липарит-дацитовая формация вмещает месторождения кураминского типа, развита в пределах Кавказа, Казахстана и Чаткало-Кураминской зоны.

Рудные пояса Грузии и Армении расположены на площади развития нижнемеловых эффузивов кислого состава. На большей площади преобладает липарит-дацитовая формация третичного возраста с мелкими массивами щелочного и субщелочного составов, вторичными кварцитами, зонами позднего окварцевания и дробления, которые и фиксируют рудные площади и проявления бириозы: Маднеульское в Грузии, Техутское в Армении.

Для Джунгаро-Балхашской зоны Центрального Казахстана также характерны породы липарит-дацитовой формации, многочисленные массивы вторичных кварцитов с гидротермальной минерализацией меди и молибдена. На бириозу эта площадь изучена слабо. В настоящее время здесь известно лишь два ее проявления.

Липарит-дацитовая формация выделяется на мелкомасштабных картах Чаткало-Кураминской площади как наиболее молодая формация региона. На средне- и крупномасштабных картах породы указанной формации входят в состав самых разнообразных свит верхнепалеозойского изверженного комплекса.

В Кураминском хребте на долю этого комплекса приходится около 40% площади. Здесь развиты акчинская, сарысуинская, оясайская, шурабсайская, равашская и кызылнуринская свиты. Возраст некоторых из них установлен на основании находок флоры, но в основном он определен условно. Положение наиболее молодых образований в стратиграфической колонке до сих пор остается проблематичным. Все пять свит развиты около бирюзоносных площадей и характеризуются близко идентичным составом и постмагматическими изменениями типа вторичных кварцитов.

Наиболее распространена акчинская свита среднего карбона. Постмагматические процессы лишь в редких случаях развиваются по породам этой свиты, представленными андезитовыми, дацитовыми порфирами, кварцевыми порфирами и их туфами. Нередки интрузивные аналогии акчинской свиты — образования жерловой и субвулканической фаций, типа гранодиорит-порфиры, описываемых на бирюзоносных площадях Бирюзакана, Унгурликана, Кальмакыра. Туфобрекчии кварцевых порфиры и кварцевые порфиры отмечаются и в составе вышележащих сарысуинской свиты.

Оясайская свита верхнего карбона представлена фельзитами, фельзитовыми и липаритовыми порфирами, иногда сферолитовыми порфирами, кислыми туфами, туфолавами и туфобрекчиями. Отложения нижней перми, относящиеся к шурабсайской свите, развиты преимущественно в Южном Кармазаре и представлены лавобрекчиями, туфолавами, конгломератами и песчаниками. Отложения верхней перми выражены осадочно-эффузивными образованиями. Как и в других свитах, они сложены преимущественно липаритами и их туфами, андезитами с пластами туфов, пестрыми флюидалными порфирами и др.

Самые молодые вулканогенные образования района — отложения кызылнуринской свиты, возраст которой определяется верхней пермью — нижним триасом, — липаритовые — порфиры, кварцевые и фельзитовые порфиры и лавобрекчии.

Из всех пород описываемой формации вмещающими бирюзоносные зоны породами являются субвулканические образования вплоть до жерловых фаций или гипабиссальные мелкие интрузии кислого, щелочного и субщелочного состава, с повышенной апатитоносностью. Все они относятся или к корневым фациям указанных вулканических свит, или могут представлять собой уже чисто интрузивный комплекс. В обоих случаях это наиболее молодые образования района, возможно, тесно связанные друг с другом.

В Кураминском хребте широко развиты малые интрузии условно предверхнепермского возраста. Это штоки разнообразной формы и дайки, группирующиеся в тектонически ослабленных зонах, сложенные сиенитами, сиенит-диоритами, диоритами, кварцевыми диоритами, граносиенитами, гранодиорит-порфирами, гранит-порфирами и диабазовыми порфирами. Эти разновидности местами полностью слагают бирюзоносные площади и захвачены процессами образования пропилитов и вторичных кварцитов. Породы сходного состава отмечены и в более молодом послекызылнуринском комплексе.

На заключительном этапе магматической деятельности образовались

дайки диабазов и плагиоклазовых порфиритов, фельзитов и лампрофиров, также имеющие место на бирюзоносных полях: но в Кураминском и Чаткальском хребтах они явно сформировались позже вторичных кварцитов. Дайки не затронуты процессами пропилитизации и осветления. Б. Н. Наследов относит эти образования к альпийскому магматическому этапу.

Анализируя магматические образования Кызылкумов, автор неоднократно указывал на пространственную близость бирюзоносных площадей к крупным интрузивным массивам кислого состава, абсолютный возраст которых составляет 260—275 млн. лет и соответствует нижней перми. С гранитоидными интрузиями многие исследователи связывают метасоматическую переработку пород и образование метасоматитов, в том числе и бирюзоносных, серицит-кварцевого, алунит-серицит-кварцевого состава в кровле и экзоконтактных зонах массивов. Интрузии сопровождаются дайковыми сериями и кварцевыми жилами, распространенными в самих массивах и на громадные окружающие площади.

Интрузивная деятельность и в этом регионе завершается внедрением дайкового комплекса, формирование которого, по данным большинства исследователей (Хамрабаев И. Х., 1958 г.; Сабдюшев Ш. Ш., 1969 г.; и др.), происходило в два этапа. Первый этап представлен дайками ультракислого и кислого состава — аплитов, порфировидных гранитов, мелкозернистых гранитов, пегматитов, кварцевых порфиров, кварцевых диоритов и гранодиоритов. Ко второму этапу относятся дайки среднего и субщелочного состава: диоритовые, сиенит-диоритовые и андезитовые порфириты, микродиабазы, диабазы, габбро-диабазы и лампрофиры.

Большая часть даек кислого и среднего состава, как правило, расположена в эндо- и экзоконтактах интрузивных массивов. Дайки основного состава обычно удалены от интрузивов, находятся среди домезозойских образований, образуя крупные пучки и пояса.

Дайки кислого состава нередко секутся кварцевыми жилами. На площади месторождения Султануиздаг дайка аплитовидных гранитов пересекает метаморфическую толщу и серии кварцевых жил и в свою очередь сечется более поздними прожилками кварца. Прожилки кварца в отдельных случаях пересекают дайки сиенит-диоритовых порфиров.

Бирюзоносные площади Центральных Кызылкумов характеризуются развитием определенного комплекса дайковых образований. В горах Букантау они представлены в подавляющем большинстве лампрофирами. Лишь в пределах Ирлирской бирюзоносной зоны отмечаются дайки гранит-порфиров. Остальные группы даек — диориты, диоритовые порфириты, аплиты, порфировидные граниты — расположены за пределами бирюзоносных зон и узлов.

Связь даек лампрофиров с интрузиями не отчетливая. Это наиболее молодые магматические образования района; находятся они в пределах тектонических зон субширотного, реже северо-западного и субмеридионального простирания и нередко сопровождаются в зальбандах кварцевыми жилами и прожилками.

На бирюзоносных площадях массива Тамдытау наблюдаются лампрофиры, сиенит-диоритовые и кварцевые порфиры, амфиболовые диабазы. Эти дайки также концентрируются в тектонических зонах субширотного простирания.

На площади поднятия Ауминза-Бельтау дайки развиты значительно меньше и представлены преимущественно плагиоклазовыми и кварцевыми порфирами, альбитофирами, мелкозернистыми гранитами. Редко отмечаются дайки диоритовых порфиритов и амфиболитов.

На площади Ауминзинской бириозоносной зоны отмечаются дайки кварцевых порфиров и диоритовых порфиритов.

На бириозоносной площади в горах Кульджуктау отмечаются дайки аплитовидного и мелкозернистого биотитового гранита и дайки микродиорита, развитые вблизи древних выработок.

В целом в Кызылкумах отмечаются уменьшение развития даек с севера на юг и увеличение числа даек первого этапа в этом направлении. Устанавливается постоянное пространственное совмещение полей развития даек с бириозоносными площадями. Бириозоносные кварцевожильные зоны и дайки преимущественно среднего и субщелочного состава локализуются в одних и тех же структурах. Характерные второстепенные минералы даек — апатит и пирит, близ бириозоносных кустов количество их резко возрастает. Характерные элементы лампрофиров и плагиоклазовых порфиров — никель, кобальт, ванадий, титан, железо.

Месторождение Бирузакан

Бирузакан — типичный представитель месторождений бириозы в магматических породах порфировой формации. Частично обрабатывалось в IX—XI вв. н. э. Древние выработки приурочены к юго-западному флангу и достигают глубины 50 м. Впервые месторождение упоминается Назаровым (1813—1824 гг.), краткие сведения приведены в работах Степанова, Томилина (1912 г.), А. Е. Ферсмана (1925 г.), Б. Н. Наследова (1931 г.).

Месторождение находится на южном склоне Кураминского хребта на высоте 1400—1450 м. Площадь его менее 0,5 км², расположено оно на стыке четырех эффузивных и эффузивно-терригенных толщ нижнего и среднего карбона (рис. 11). Терригенные разности удалены от месторождения, эффузивные представлены дацитовыми и андезит-дацитовыми порфиритами, среди которых отмечены ксенолиты мраморизованных известняков (D₂—C₁) и кварцевые порфиты (T₁). На контакте с мраморизованными известняками дацитовые порфиры имеют зону закалки, а вблизи контактов с вторичными кварцитами месторождения они подвержены процессам осветления и окварцевания.

Для дацитовых порфиров, окружающих месторождение практически со всех сторон, и их сильно раскристаллизованных разностей типа гранодиорит-порфиров характерно развитие апатита. Призмочки последнего обычны в основной массе и обильны в отдельных вкрапленниках измененного цветного компонента. Кроме того, апатит часто ассоциирует с хлоритом. Размер зерен и призмочек апатита достигает 1,5—2 мм в длину.

Дацитовые порфиры джамансайской толщи, развитые к северу от Бирузового разлома, ограничивающего месторождение, по данным В. А. Тарасова (1965 г.), характеризуются повышенным содержанием глинозема за счет алунита. Нередко породы пиритизированы. Пирит образует рассеянную вкрапленность мелких кристалликов, как правило, покрытых корочкой гидроокислов. В свежих сколах пирит не окислен.

Кварцевые порфиры, наряду с фельзит-порфирами, слагают сложнопостроенное тело в зоне Бирузового разлома и являются материнскими породами бириозоносных кварцитов. Большинство исследователей Карамазара возраст кварцевых порфиров как интрузивных аналогов кызылнуринской свиты датирует нижним триасом. Контакты кварцевых порфиров с окружающими их дацитовыми порфирами местами прямолинейные тектонические, иногда неровные с заливами и апофизами

и фельзитовыми разностями в приконтактных зонах. Кварцевые порфиры прорываются дайками диабазовых порфиритов и многочисленными кварцевыми прожилками.

Для кварцевых порфиров также характерно развитие апатита. В удалении от месторождения апатит содержится в единичных мелких зернах в основной массе породы. Вблизи месторождения количество апатита возрастает до 3—8%. Он наблюдается в виде рассеянных зерен и небольших кучных скоплений в ассоциации с хлоритом. Кроме того, апатит образует включения в полевых шпатах и кварце. Размер зерен 0,05—0,08—0,2—0,3 мм в длину. Обычны призматические формы и более или менее изометричные зерна. Во вторичных кварцитах минерализованного поля лишь изредка удается установить реликты апатита.

По левому водоразделу Бирюзасая в виде небольших пятен развиты фельзиты. Это светлоокрашенные массивные породы, тонкозернисто-мернозернистые, местами полосчатые. Полосчатая структура пород обусловлена чередованием слабо раскристаллизованной основной массы породы и прослоев хорошо раскристаллизованного, нередко шестоватого кварца. Фельзиты расположены вблизи контакта кварцевых порфиров с дацитовыми порфиритами и занимают наиболее высокие по гипсометрическим отметкам участки. Метасоматическими процессами породы не затронуты, и не исключено, что они служили экраном для постмагматических растворов, слагая кровлю кварцевых порфиров.

Диабазовые порфириты — наиболее молодые магматические образования района. Они представлены лентовидными, ветвящимися, колечкатыми дайками, в редких случаях штокверкообразными телами. Большинство исследователей Карамазара интрузии основного состава относят ко второму этапу после кызылнуринской фазы магматизма нижнего триаса, реже датируют верхним триасом. На площади месторождения вскрыта дайка порфировидного диабазы, секущая бирюзозонные осветленные породы. Две другие дайки аналогичного состава установлены на водораздельном гребне, ограничивающем месторождение с северо-востока, около контакта с дацитовыми порфиритами. Протяженность даек 10—20 м, мощность 1—2 м; породы даек не затронуты метасоматическими процессами.

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 на северо-восточном его окончании и мелкие разнообразной формы участки среди серицитовых кварцитов. Контакты монокварцитов и кварцитов серицитовой фации во всех случаях отчетливые, что объясняется разнохарактерностью пород. Монокварциты сохраняются в виде реликтов, подвергаясь замещению глинистым и слюдястым материалом вдоль трещин и в местах наибольшего дробления. Макроскопически это тонко- и мелкозернистые породы светло- и темно-серой окраски. Основной слагающий компонент — зернистый полупрозрачный, иногда сахаровидный кварц. В небольшом количестве присутствуют глинистые и слюдястые минералы. По плоскостям скола нередко установлен пирит, образующий тонкие примазки и небольшие кучные скопления. Темно-серую окраску монокварцитам придает пылевидный пирит, рассеянный в массе породы.

В шлифах монокварциты характеризуются микрогранобластовой, мозаичной и микролепидогранобластовой структурой. По крупности зерна они четко разделяются на крупнозернистые с едва различимыми индивидами и тонкозернистые с размером зерен в сотые и десятые

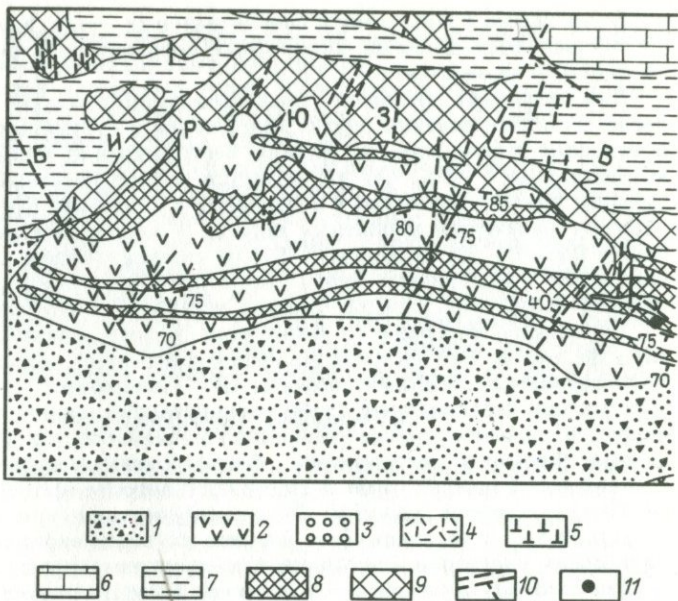


Рис. 11.

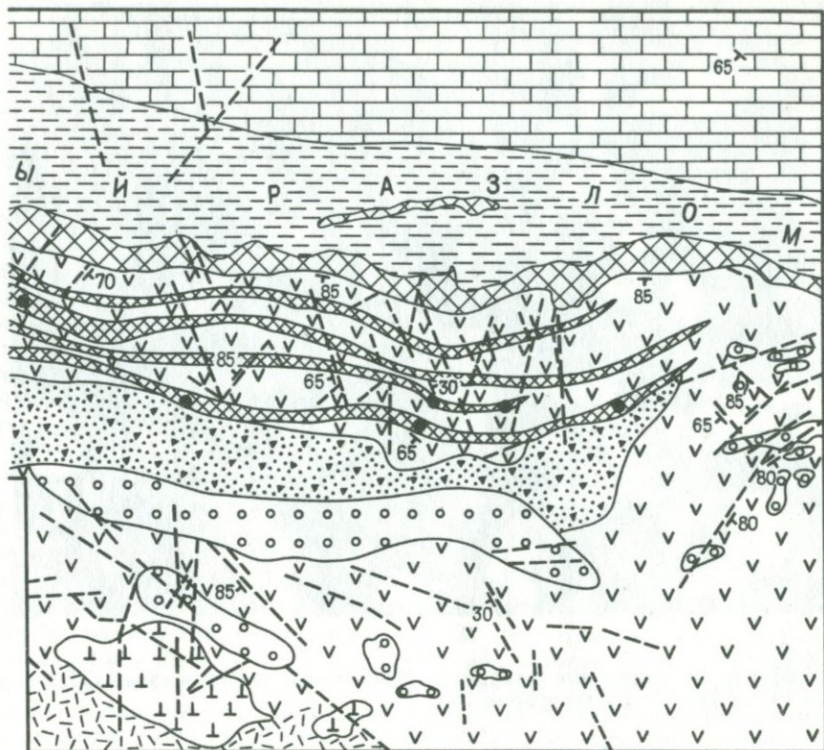
Схема геологического строения месторождения Бирюзакан. По Т. И. Менчинской:

1 — делювиально-пролювиальные отложения, отвалы древних и современных выработок; 2 — вторичные кварциты серицит-кварцевой фации ($\Delta_{111}T_1$); 3 — вторичные кварциты кварцевой фации ($\Delta_{11}T_1$); 4 — вторичные кварциты с реликтами кварцевых и кварц-полевощпатовых порфиров — пропилиты ($\Delta_{11}T_1$); 5 — фельзиты ($\Delta_{11}T_2$); 6 — мраморизованные известняки (D_3-C_1); 7 — зона сильного дробления и ожелезнения пород; 8 — бирюзонесные жилные зоны; 9 — коренные выходы ожелезненного жильного кварца; 10 — маломощные зоны милонитизации и тектонические трещины; 11 — бирюзонесные участки, вскрытые карьерами

доли миллиметра. Нередко структура пород пятнистая, обусловленная развитием неравномерно раскристаллизованных участков и примесью глинисто-слюдистого материала. В отдельных участках в кварцитах развиты пирофиллит, алунит, пирит, ярозит. В единичных случаях отмечается флюорит. Прямоугольные и квадратные кристаллы, округлые угловатые зерна и небольшие скопления флюорита тесно ассоциируют с тонкодисперсными глинистыми минералами. Большая часть зерен флюорита зональна с тонкой анизотропной каймой.

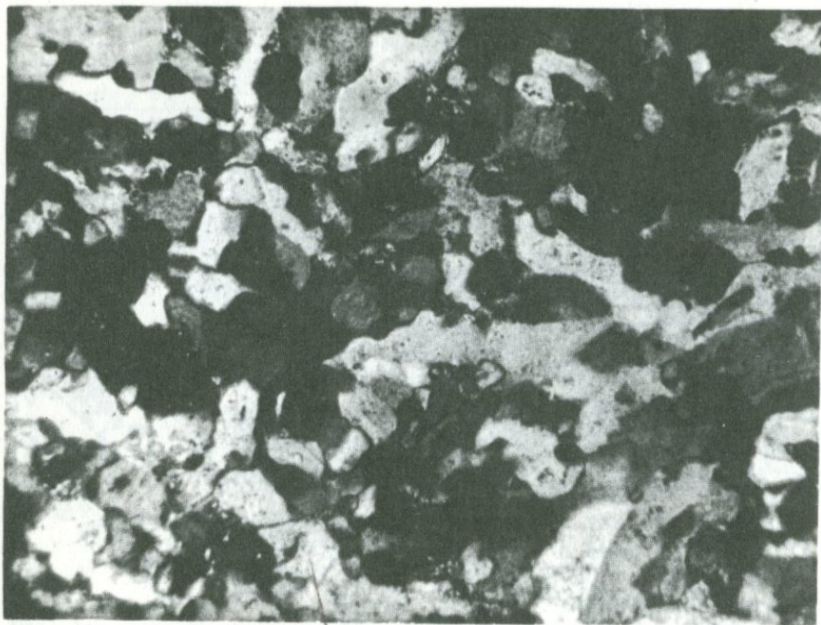
Кварциты серицитовой фации слагают бирюзонесное поле месторождения. Для них характерна светлая окраска, они массивные, местами сланцеватые и брекчированные. В зонах сильного дробления, милонитизации кварциты теряют свою монолитность. Густая сеть макро- и микропрожилков жильного кварца сечет их. Места развития кварцевых прожилков подчеркнуты обильными гидроокислами железа, окрашивающими кварц в ржаво-бурые тона. Наибольшее ожелезнение зафиксировано вдоль кварцевого «сердечника» Бирюзового разлома и вблизи него.

Микроскопически кварциты серицитов фации разделяются на кварциты с микролепидогранобластовой структурой и кварциты с шестоватым кварцем в основной массе. Первые состоят из мельчайших зерны-



шек кварца и тончайших чешуек серицита, плотно сросшихся друг с другом. Породы изобилуют мелкими порами и пустотами, чаще округлыми или изометричными, реже прямолинейного и извилистого 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. Образовались они при выщелачивании рудного минерала, ярозита и каолинита и наиболее обильны в верхних частях месторождения. Рудные минералы представлены пиритом и халькопиритом, рассеяны в массе кварцита в виде мельчайших кристалликов и кучных скоплений. При развитии ярозита сульфиды, как правило, не сохраняются. Ярозит образует четкие псевдоморфозы по сульфидам и выполняет трещины, слагая густую ветвящуюся сеть прожилков; окраска его в проходящем свете золотисто-, зеленовато- и коричневатожелтая. С анализатором окраска его усиливается, преобладают золотисто-желтые тона. Наиболее обогащены ярозитом вторичные кварциты в пределах бирюзоносных штокверков.

В массе кварцитов в виде тончайшей пыли присутствует каолинит в тесной ассоциации с рудным компонентом. Содержание глинистого минерала заметно увеличивается при дроблении и милонитизации породы, возрастает и пористость ее.



Р и с. 12.
Бириузоносные вторичные кварциты. Месторождение Бириузакан. Шестоватая структура. С анализатором

В пределах бириузоносных штокверков и в непосредственной близости от них, а также вблизи «кварцевого сердечника» Бириузового разлома, в кварцитах развиты микропрожилки, линзы и участки шестоватого кварца (рис. 12). Последний слагает более 50% массы породы. Секущие и ветвящиеся прожилки кварца придают кварцитам брекчиевую, сетчатую или петельчатую структуру. Для участков сильно дробленных пород типичны брекчиевые структуры. В местах развития в массе породы удлиненных кристаллов кварца с изъеденными гранями развивается бостонитовая структура. Промежутки между кристалликами кварца и их скоплениями выполнены мелкозернистой кварцевой или серицит-кварцевой массой. Границы большинства прожилков кварца четкие. Часть прожилков и участки с бостонитовой структурой постепенно переходят в основную массу породы. Кварц сильно трещиноват и загрязнен глинистым материалом в местах перекристаллизации основной массы кварцита и роста шестоватых кристаллов. В четко секущих прожилках он более чистый.

Каолинит, ярозит и сульфиды, играющие существенную роль в монокварцитах и в кварцитах серицитовой фации, в данной разновидности отмечаются лишь в редких случаях. Глинистые минералы присутствуют в виде тончайшей пыли, не образуя значительных скоплений. Сульфиды и ярозит обычно представлены в виде мелких вкрапленников в реликтовых участках основной массы породы, и лишь в редких случаях они установлены в жильном кварце.

Среди вторичных кварцитов месторождения местами встречаются участки сильно измененных (пропилитизированных) кварцевых порфи-

ров. Породы сохраняют порфиристую структуру за счет реликтовых вкрапленников кварца. Последние характеризуются извилистыми, корродированными очертаниями и нередко окружены каймой мелкозернистого кварца. Здесь же наблюдаются крупные таблитчатые образования, сложенные агрегатом серицита, мусковита, глинистого минерала, образовавшиеся по фенокристаллам 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 пород (0,3—0,6 мм) резко отличается по крупности от зерен основной массы кварцитов. При возрастании степени перекристаллизации грани зерен стираются, породы постепенно замещаются кварц-серицитовой массой, превращаясь во вторичные кварциты. Рудные минералы и каолинит фиксируются в начальных стадиях перекристаллизации кварцевых порфиров (в пропилитах). В эту же стадию выщелачивается основная масса апатита, который отмечен в виде единичных реликтовых зернышек.

Кварцевые жилы и жильные зоны. Жильный кварц широко распространен на месторождении. Он слагает центральную часть зоны Бирюзового разлома — «кварцевый сердечник», протягивающийся на многие километры, бирюзоносные штокерки и отдельные прожилки. Мощность жильного выполнения по Бирюзовому разлому в центральной и северо-восточной частях месторождения 10—20 м, в юго-западной более 50 м. Мощность бирюзоносных зон 1—10 м, сложены они сериями разноориентированных маломощных (1—20 см) коротких и ветвящихся прожилков. Участки сильного окварцевания чередуются со слабо окварцованными по простирацию и по падению зон. Прослеженная глубина развития бирюзоносных зон достигает 50 м. Простираение бирюзоносных штокерков северо-восточное (аз. 50—70°), с крутым (под углом 75—80°) падением на юго-восток. Примерно такие же элементы залегания характерны для большей части кварцевых прожилков в зонах. В меньшей степени здесь развиты прожилки с субмеридиональным простираанием (аз. 10—30°), падающие на юго-запад под углом 40—85°, прожилки северо-западного простираания (аз. 300—350°) с падением на юго-восток и на северо-восток и субширотные прожилки (аз. 280—295°) с юго-восточным падением под углом 30—80°.

Достаточно отчетливо на месторождении выделяется четыре генерации жильного кварца.

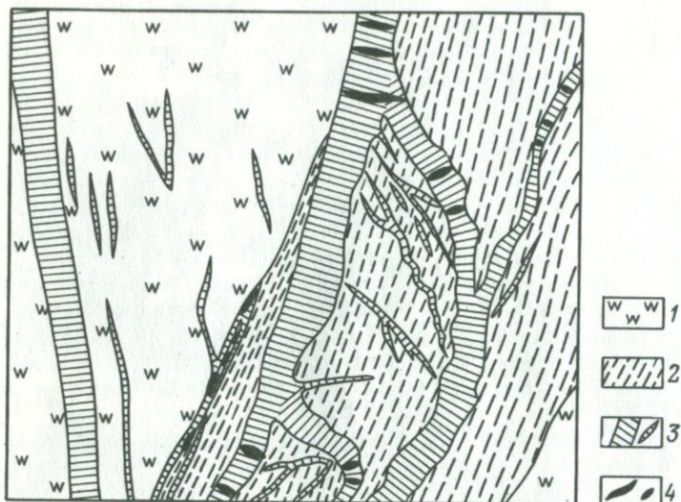
Кварц I — массивный крупно- и среднезернистый молочно-белый, добирюзовый, слагает основную массу жил и прожилков.

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

Кварц III — горный хрусталь, образует щеточки на стенках пустот, трещин. Хорошо ограненные кристаллики его, вплоть до двуголовых, инкрустируют бирюзу в краевых частях прожилков и линз и нередко в средних зонах бирюзовых образований.

Кварц IV — наиболее поздний халцедоновидный кварц, встречается редко в виде небольших прожилков и линз.

Бирюза. Главная особенность бирюзовой минерализации месторождения Бирюзакан — четкая приуроченность бирюзы к описанным кварцево-жильным зонам (рис. 13). Бирюза локализуется в мелких трещинах отрыва, секущих кварцевые прожилки в различных направлениях. Она образует разнообразной формы и размеров включения в первичных пустотах, стенки которых инкрустированы горным хрусталем (рис. 14).



Р и с. 13.

Морфология прожилков кварца в бирузоносных зонах месторождения Бирузакан:

1 — вторичные кварциты; 2 — зона интенсивного дробления; 3 — прожилки кварца; 4 — прожилки и включения бирузы

Отдельные прожилки и включения бирузы развиты в кварцитах с микростеатовой структурой.

Бирузоносные участки вскрываются горными выработками на глубине 3 м и не выходят на поверхность.

Глубина развития минерализации на данном этапе изучения определяется около 50 м. Максимальное развитие ювелирной бирузы отмечено в интервале глубины 3—40 м. В приповерхностной зоне бируза не развита или выщелочена. На более глубоких горизонтах характерна тесная ассоциация бирузы с каолинитом. До глубины 5—10 м наряду с голубой бирузой встречается зеленоватая.

Развитие бирузоносного кварца, бирузы и, соответственно, бирузоносных участков всюду контролируется трещинной тектоникой. Распределение отдельных жил с бирузой и участков в жильных зонах крайне неравномерно по падению и по простиранию. Размер минерализованных тел не превышает первых метров в поперечнике или в длину. В одном из них (карьер 3, размеры $2,5 \times 2 \times 1$ м) получено около 40 кг бирузы, в том числе 1,5 кг плотной, яркоокрашенной голубой бирузы с мощностью пластин до 3,5 мм. Большая часть бирузы представлена прожилочками и корочками мощностью 1 мм и менее, окрашенными в бледные зеленоватые тона. Более мощные прожилочки ярко-голубой бирузы, как правило, покрыты плотной корочкой гидрокислов железа, полностью скрывающих бирузу, или имеют тонкую зеленую оторочку.

Основные прожилки бирузы развиты по пологим трещинам, секущим прожилки кварца от зальбанда к зальбанду; таким образом, протяженность бирузовых прожилков определяется мощностью вмещающих их прожилков кварца (5—7 см). Прожилки меньшей мощности как

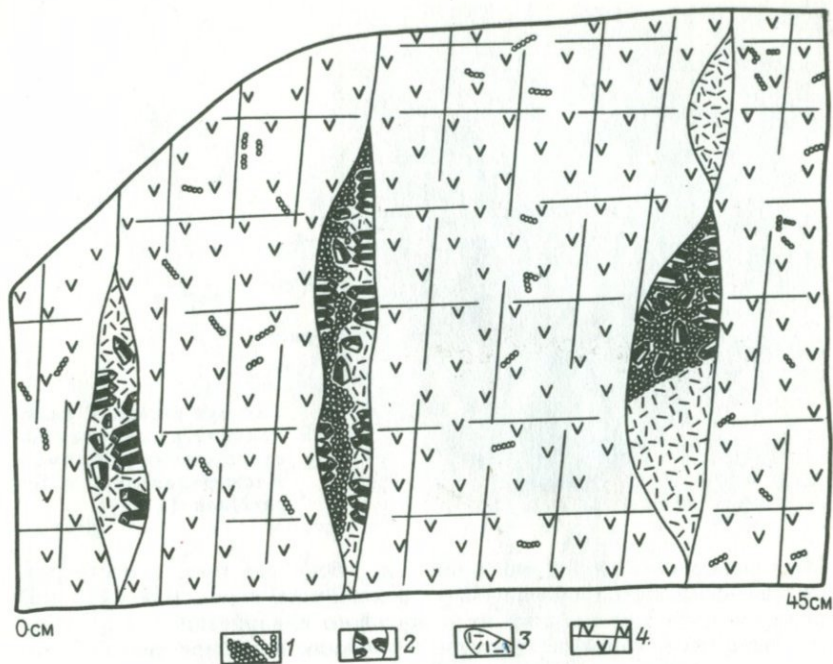


Рис. 14.

Линзовидные выделения бирюзы и галлаузита, цементирующие кристаллики горного хрусталя во вторичных кварцитах. Месторождение Бирузакан:
 1 — линзы, прожилочки и примазки бирюзы; 2 — кристаллики горного хрусталя; 3 — линзы галлаузита; 4 — дробленные трещиноватые вторичные кварциты серицитовой фазии

правило бирюзы не содержат. Пустоты среди шестоватого кварца выполнены ярко-голубой бирюзой в тесной ассоциации с глинистыми минералами — галлаузитом и каолинитом. Размер линзовидных скоплений колеблется от нескольких миллиметров до 5—6 см в длину, в единичных случаях встречены линзы длиной более 30 см (рис. 15).

В пиритизированных метасоматитах наблюдаются небольшие включения и тонкие прожилочки ярко-голубой стекловатой бирюзы.

Основные минералы-спутники бирюзы на месторождении — кварц, горный хрусталь, чешуйчатый гематит, пирит, каолинит I, фиксирующие гидротермальную стадию минералообразования, и ярозит, каолинит II, вавеллит, гидроокислы железа, характеризующие зону окисления.

Как отмечено, строение кварцево-жильных зон и распределение бирюзы (отдельных прожилков и бирюзоносных участков) определяется трещинной тектоникой. Месторождение Бирузакан расположено около ядра Канташ-Джамансайской антиклинали. Основная структурная единица — Бирузовый разлом, ограничивающий месторождение с севера и прослеживающийся за его пределы на десятки километров. Разлом представляет собой мощную зону дробления северо-восточного простирания, заложенную еще в палеозойскую эпоху и активную в альпийское время. Мощность разлома 10—60 м, а в пределах месторождения 50—120 м. Падение крутое (80—85°) на юго-восток. На значительном протяжении центральная часть зоны разлома выполнена жильным кварцем.



Рис. 15.
Голубая бирюза с включениями каолинита. Месторождения Джаман-Каскыр (вверху) и Бирузакан (внизу)

Месторождение приурочено к висячему боку разлома, в месте развития максимального дробления и трещиноватости пород, максимальной метасоматической переработки их и жильного окварцевания. Простирающиеся в большинстве крупных кварцевых прожилков и бирюзоносных зон в целом параллельное Бирузовому разлому. Маломощные прожилки выполняют разноориентированные тонкие трещины. Примерно в равной степени здесь развиты крутопадающие трещины северо-восточного (аз. $20-60^\circ$) и северо-западного (аз. $300-350^\circ$) простираения. Достаточно широко развиты системы трещин меридионального и субмеридионального направлений с углами падения $40-85^\circ$ и трещины широтного и субширотного направления, падающие на юг и на юго-восток под углами $25-85^\circ$.

Кроме жильного выполнения, тектонические нарушения фиксируются зеркалами скольжения, ожелезнением, глиной трения и милонитами.

Месторождение Унгурикан

После Бирузакана это второе по промышленной значимости месторождение Кураминского хребта. Расположено примерно в центре Северо-Кураминской бирюзоносной зоны. В средние века месторождение называлось Илакским рудником. На его площади насчитывается более 70 древних выработок, распространенных с поверхности до глубины 50 м. Площадь месторождения около $0,2 \text{ км}^2$, абсолютные отметки 1050—1180 м.

Впервые месторождение обследовали Б. Н. Наследов и П. И. Князев в 1928 г. Детальные поисковые работы на бирюзу проводятся с 1973 г.; добыты первые десятки килограммов драгоценного сырья, подсчитаны запасы.

На рис. 16 отчетливо видна приуроченность древних выработок, а следовательно и бирюзовой минерализации, к массиву вторичных кварцитов серицит-кварцевой фации и пропилитов. Прилегающие площади

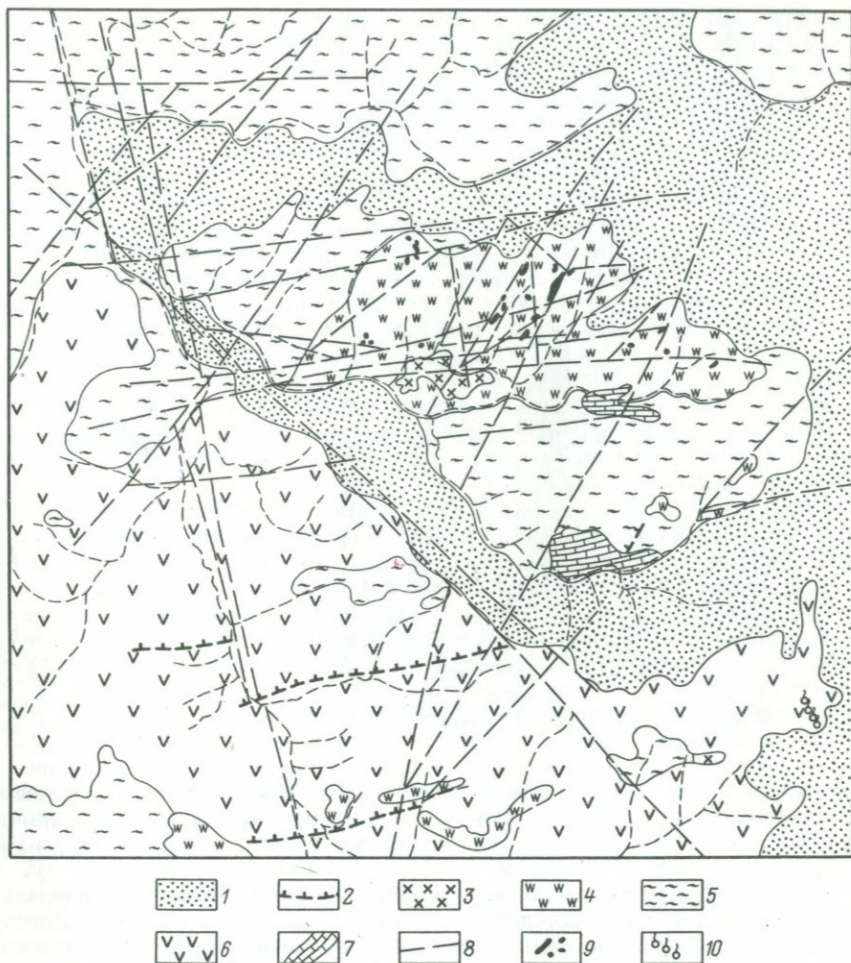


Рис. 16.
Схематическая геологическая карта района месторождения Унгурикан. По Т. И. Менчинской, Ш. Кудаеву, В. А. Драмшеву:

1 — четвертичные отложения; 2 — дайки гранит-порфиров, сиенит-порфиров; 3 — гранодиорит-порфиры; 4 — вторичные кварциты серицит-кварцевой фации и пропилиты; 5 — вторичные кварциты каолиновой фации; 6 — слабо измененные порфириты с участками пропилитов; 7 — известняки; 8 — тектонические нарушения; 9 — древние выработки на бирюзу; 10 — древние выработки без установленной минерализации

сложены вторичными кварцитами каолиновой фации, в большинстве случаев бесструктурными и не сохранившими реликтов вмещающих пород. Для массива бирюзоносных кварцитов характерны скальные выходы и гряды, свойственные и другим бирюзоносным площадям.

Площади развития каолиновых кварцитов сглаженные, с мощным чехлом четвертичных отложений.

Небольшое тело гранодиорит-порфиров, практически незатронутых метасоматическими процессами, обнажается среди бирюзоносных квар-

цитов, в ложе распадка, ограничивающего месторождение с юга. Гранодиорит-порфиры близки бирюзаканским и представляют собой субвулканические аналоги порфиров акчинской свиты.

Дайка кварцевых порфиров проходит в северо-восточном направлении и расположена в восточно-юго-восточной части центрального участка. Светлоокрашенные кварцевые порфиры не дешифрируются среди вторичных кварцитов. Они прослеживаются по поверхности, вскрыты канавой близ устья карьера 7 и в восточной расщелине штольни 2. Хорошо дешифрируются дайки гранит- и сиенит-порфиров к юго-юго-западу от бирюзоносного массива, среди слабо измененных порфиров. Андезит-дацитовые порфириты, в той или иной степени захваченные метасоматическими процессами и практически неизменные, слагают реликтовые участки среди вторичных кварцитов Северо-Кураминской зоны.

Таким образом, по геологическому строению площадь месторождения Унгурикан весьма близка площади месторождения Бирюзакан. Те же андезит-дацитовые порфириты акчинской свиты (C_2ak) с субвулканической фацией гранодиорит-порфиров прорваны дайками кварцевых порфиров, гранит-порфиров, одна из даек которых расположена в центральной части месторождения.

Отличительная черта — развитие каолиновых кварцитов за пределами бирюзоносной площади, 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 разобщенные небольшие массивы осветленных пород с характерной метасоматической переработкой, наиболее ярко проявившейся в Бирюзаканском и Табошарском массивах.

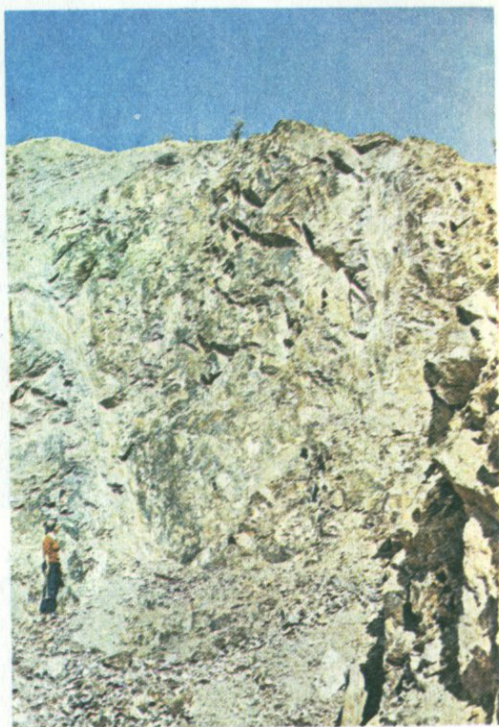
Состав, макро- и микроструктуры бирюзоносных кварцитов Унгурикана идентичны бирюзаканским. Это массивные на нижних горизонтах и пористые близ поверхности породы кварц-серицитового, алуни-каолин-серицит-кварцевого состава. В бирюзоносных зонах породы брекчированы, раздроблены и перекристаллизованы. Характерны ярозит, опал и гидроокислы железа, в первую очередь гидрогематит, на глубоких горизонтах обычен пирит.

В структурном отношении массив вторичных кварцитов и пропилютов, вмещающих месторождение, приурочен к тектоническому блоку с широко развитой системой разрывных нарушений северо-восточного (аз. 20—60°) и субширотного простирания (аз. 80—110°). В меньшей степени развиты меридиональные и северо-западные тектонические трещины. Крупные и протяженные разломы северо-западного направления дешифрируются к западу от месторождения в долине Пистолисая.

К нарушениям северо-восточного направления отчетливо приурочены гряды монокварцитов, под которыми расположены крупные древние выработки Центральной зоны.

Бирюзоносные зоны трансформируются нарушениями широтного направления с максимальной минерализацией в узлах пересечения разноориентированных трещин. Широтные разломы прослеживаются на расстояние более 1 км. В пределах 600—700 м в том же направлении установлены древние выработки, которые можно сгруппировать в четыре участка: Центральный, Западный (Унгурисай), Северо-Западный и Восточный. Каждый из них трансформируется сериями широтных разломов и сопровождающих их трещин. В забое карьера 7 (рис. 17) вскрыта одна из бирюзоносных зон месторождения, ограниченная с двух сторон крутопадающими зонами дробления северо-восточного направления и пересекаю-

Р и с. 17.
Забой карьера 7
месторождения
Унгушликан. В
центре бирюзонос-
ная зона



щаяся сериями пологих трещин субширотного направления, контролирующей минерализацию. Такое же строение бирюзоносных зон и на других участках.

На площади месторождения отсутствуют четко выраженные кварцево-жилные зоны. Не исключено, что они могли быть отработаны в древности как максимально минерализованные участки. В отвалах древних выработок в обломочном материале всегда встречается жильный кварц. В штольнях вблизи древних выработок часто обнаруживаются серии маломощных прожилков кварца. Одиночные кварцевые жилы картируются и с поверхности. Вскрываемые в настоящее время минерализованные участки подчеркиваются прокварцеванием вторичных кварцитов в виде серий разноориентированных тонких прожилочков, линз и неправильных обособлений полупрозрачного серого и буроватого ожелезненного бирюзоносного кварца. Небольшие размеры кварцевых обособлений сопровождаются мелковкрапленной и мелкожелвачковой бирюзой. Линзовидные прожилочки и скопления желвачковой бирюзы контролируются открытыми трещинами и маломощными зонами дробления. Более крупные кварцевые прожилки, сложенные молочно-белым кварцем, бирюзы не содержат и в большинстве случаев ориентированы в северо-восточном направлении.

Таким образом, представляется, что разломы северо-восточного нарушения контролировали поступление растворов, приведших к образованию вторичных кварцитов и ранних кварцевых жил. Более поздние зоны дробления и позднего окварцевания субпараллельны альпийскому



Рис. 18.
Схематический геологический план горизонта 710 м и месторождения Ак-Турпак. По А. В. Заварову:

1 — измененные от пропилитов до вторичных кварцитов сиенитовые диориты; 2 — рудные полиметаллические жилные зоны; 3 — тектонические нарушения; 4 — зоны позднего дробления с бирюзовой минерализацией; 5 — древние выработки

Северному разлому, проходящему вдоль северного подножия Кураминского хребта в широтном направлении. Месторождения и проявления бирюзы Северо-Кураминской зоны четко приурочены к параллельной серии широтных разломов. В пределах месторождения бирюза развивается по сериям разноориентированных трещин в узлах пересечения крупных нарушений северо-восточного направления широтными. В целом площадь месторождения вытянута в широтном направлении. Ориентировка бирюзоносных зон в субширотном направлении и пересечение ими более ранних северо-восточных нарушений хорошо видны на рис 18.

Бирюза месторождения Унгурикан характеризуется высоким качеством, плотная, ярко- и синевато-голубая (рис. 19, 20). Преобладают желвачковая и мелковкрапленная формы бирюзы, размером 1 см в диаметре, в единичных случаях достигающие нескольких сантиметров в поперечнике. Встречаются линзы бирюзы мощностью 2—10 мм и

Рис. 19.
Включения, прожилки
бирюзы в стенке штоль-
ни 4 месторождения Ун-
гурликан

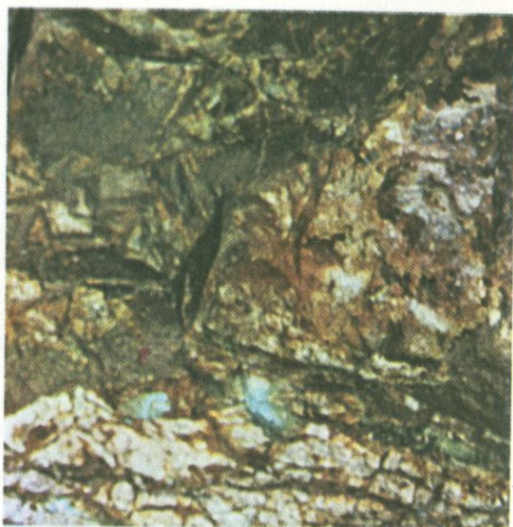
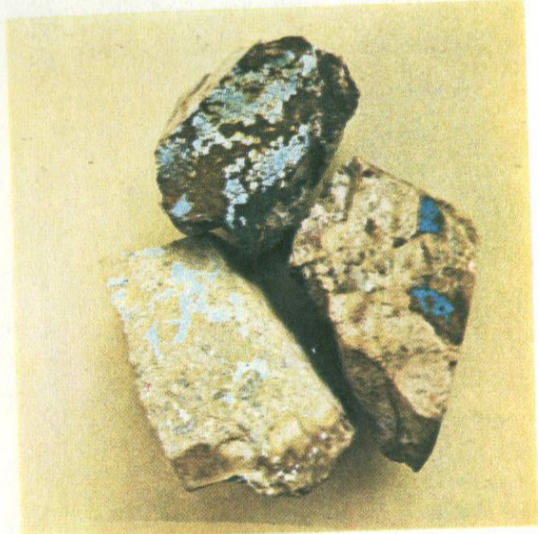


Рис. 20.
Пестроокрашенные вто-
ричные кварциты бирю-
зоносной зоны. В глыбе
кварцита видны включе-
ния голубой бирюзы.
Месторождение Унгур-
ликан, карьер 7

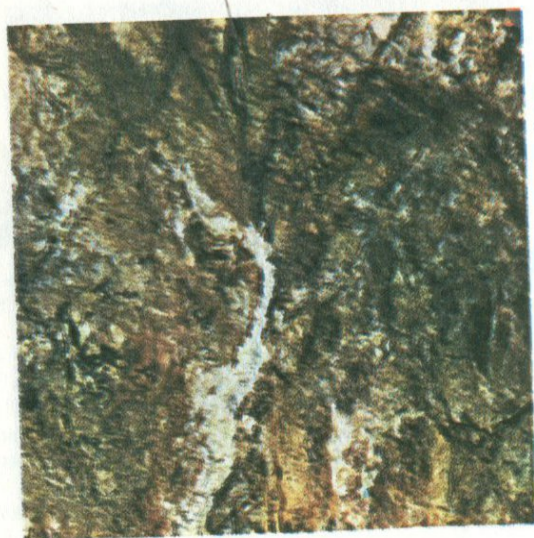


протяженностью 3—5 см (рис. 21). Прожилки бирюзы в центральной части месторождения на разведываемых горизонтах встречаются редко. Однако они достаточно характерны для Западного (Унгурисай) участка. Здесь в бирюзозонной зоне развиты разноориентированные прожилки бирюзы мощностью до 0,5 см и длиной до 10—15 см.

Бирюза всюду тесно ассоциирует с низкотемпературным микрострочеватым кварцем; в ряде случаев она непосредственно включена и плотно вросла в кварц или развивается по трещинам в сильно окварцованных участках, местами одновременно с кварцем выполняя одну и ту же



Р и с. 21.
Мелковкрапленная бирюза в кварцитах серицит-кварцевой фации. Яркоголубая драгоценная бирюза в массивных кварцитах по мере гипергенного изменения превращается в слабо окрашенные полудрагоценные разновидности. Месторождение Унгурикан



Р и с. 22.
Бирюзоносная зона в забое расщели 7 месторождения Унгурикан. От центра влево проходит зона с вторичной медной минерализацией. Мелкие включения голубой бирюзы в кварцитах видны над рукой и вблизи почвы забоя

трещину. Кварцевое «обрамление» и плотные корочки ярозита и гидроокислов железа предохраняют бирюзу от выветривания. В результате на месторождении недалеко от поверхности встречаются выделения яркоокрашенной ювелирной бирюзы.

На горизонтах штолен в 20 и 40 м от поверхности бирюза, как и на других месторождениях, имеет «рубашку» из глинистых минералов. Ярко-голубые желвачки бирюзы в забоях при высыхании становятся светло-голубыми или почти белыми; в центре желвачков сохраняется

Месторождение Аякаши I

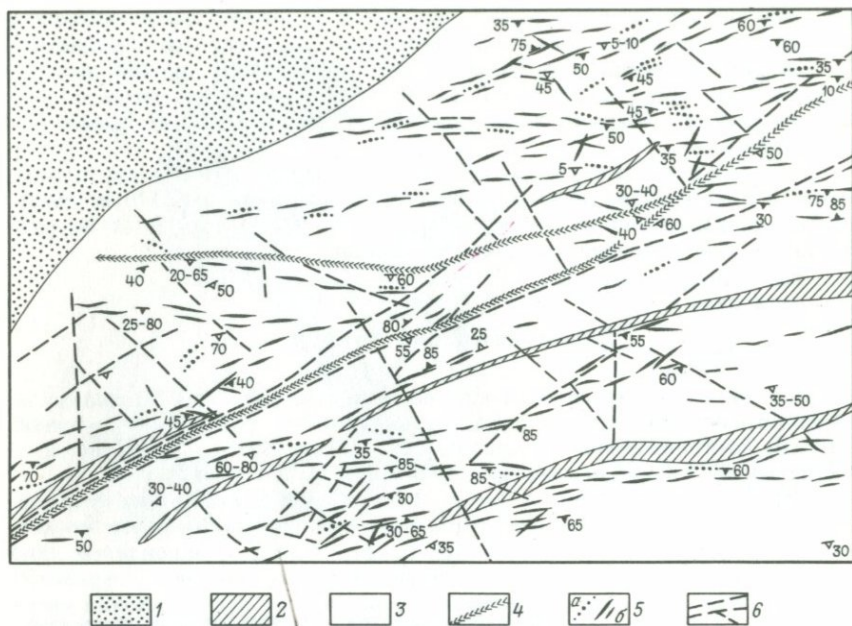
Это наиболее изученное месторождение Центральных Кызылкумов. Расположено оно в горах Букантау и входит в группу Северо-Букантауских месторождений. Интенсивно обрабатывалось в IX—XI вв. н. э. Геологическое изучение месторождения начато с 1965 г.

Площадь месторождения (около 1 км²) сложена осадочно-метаморфическими породами, условно относимыми к коксайской свите московского яруса среднего карбона (C₂m₂ks). Свита флишоидного типа представлена пачкой тонкопереслаивающихся песчаников, алевролитов и аргиллитов. Сильная перемятость пород, частое переслаивание слоев и гидротермальные изменения затрудняют расчленение первичноосадочных образований. Четко прослеживаются лишь реликтовые прослои темно-серых и черных углеродистых сланцев и кварцитов (рис. 23).

В результате гидротермальных и экзогенных процессов породы (в первую очередь аргиллиты) превращены в серицит-кварцевые сланцы с реликтами углистого вещества. Наиболее сильно серицитизированы и окварцованы породы центральной и северо-восточной части месторождения, к которым и приурочены промышленные скопления бирюзы.

В северо-восточном окончании месторождения и в юго-западной части его в слабо измененных участках прослеживаются прослои тонкозернистых песчаников и алевролитов, которые по простирацию в пределах кварцево-жильных кустов превращены в серицит-кварцевые сланцы. Породы по всей площади месторождения тонкорассланцованы и максимально перемяты до микроплойчатости и передроблены в пределах развития кварцево-жильных зон. Сланцеватость совпадает со слоистостью по простирацию пород, по падению она характеризуется более пологими углами. Породы простираются в северо-восточном направлении (аз. 50—75°, редко до 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 в обоих крыльях, в асимметричных складках углы падения изменяются от 25—30° в одном крыле и до 80° в другом.

Значительная часть площади месторождения сложена угристо-кварцевыми графитизированными сланцами. Эти образования слагают реликтовые полосы, участки, 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 которых близки железистым кварцитам.



Р и с. 23.

Схема геологического строения юго-западного фланга месторождения Аякаши I. По Т. И. Менчинской:

1 — четвертичные отложения нерасчлененные; 2 — графитизированные углисто-кварцевые сланцы (C_2ks); 3 — углисто-серпичит-кварцевые сланцы (аргиллиты осветленные, серпичитизированные), песчаники, алевролиты серпичитизированные, окварцованные (C_2ks); 4 — дайки лампрофиров; 5 — кварцевые прожилки: бириузоносные (а), небирюзоносные (б); 6 — тектонические трещины, зоны дробления

По керну скважин всюду установлено осветление углеродистых аргиллитов в кварцево-жильных зонах. Наиболее сильно осветление проявлено до глубины 15—30 м. Глубже скважинами вскрыты массивные, почти черные сланцы с маломощными прослоями алевролитов, тонкозернистых песчаников, прорванных редкими маломощными прожилками кварца. В результате наложения гипергенных процессов наиболее изменены и осветлены близповерхностные участки. На глубине более 25—30 м и осветление и серпичитизация развиваются по отдельным тектоническим трещинам в виде маломощных полос и небольших пятен. Небольшие скопления серицита и мелкочешуйчатого мусковита наблюдаются в зальбандах кварцевых жил и прожилков. По микротрещинам и на плоскостях сокола в углистых сланцах обычны корочки, прожилочки и примазки карбоната. В зонах смятия и трещиноватости развиты пирит, ярозит и гидроокислы железа.

С севера и юга месторождение ограничено грядами графитизированных кварцитов, вытянутых в северо-восточном направлении вдоль разломов. Это массивные темно-серые почти черные породы, нередко тонкослоистые. По слоистости и разноориентированным трещинам развиты светло-серый полупрозрачный кварц, корочки и призмочки карбоната, гидроокислы железа, пирит. В местах максимального окварцевания породы приобретают массивность обычного кварцита или роговика. Ха-

рактерна сеть кварцевых прожилков мощностью от 1 мм до первых десятков сантиметров.

Серицит-кварцевые и кварц-серицитовые сланцы широко распространены на площади и являются вмещающими породами бириозоносных зон и отдельных кварцевых прожилков. Глубина развития осветленных сланцев ограничивается глубиной развития кварцевых прожилков. В ряде случаев кварцевые прожилки развиты в углисто-кварцевых сланцах и кварцитах и не сопровождаются процессами серицитизации и осветления, что свидетельствует о связи этих процессов только с определенными структурами и зонами, к которым приурочен и низкотемпературный бириозоносный кварц.

Углисто-серицит-кварцевые сланцы представляют собой как бы промежуточное звено между черными графитизированными сланцами и осветленными разновидностями серицит-кварцевого состава. Данная разновидность представляется продуктом неполной переработки углистых сланцев. Несмотря на развитие процессов окварцевания и серицитизации обнаружены реликты первичноуглистых аргиллитов. Окраска пород пятнистая. В зонах смятия, как и повсюду, развиты корочки и примазки карбоната.

Отметим, что даже при макроисследованиях по различным породам устанавливается до четырех разновидностей карбоната в зонах смятия. Прежде всего развиты корочки, прожилочки и примазки молочно-белого карбоната, которые пересекаются тонкими прожилочками и обрастают корочками прозрачного кристаллического. К жильному кварцу чаще всего приурочен плотный опаловидный карбонат. И, наконец, широко развиты мучнистые примазки карбоната. Все разновидности бурно вскипают под воздействием соляной кислоты.

Песчаники и серицитизированные окварцованные алевролиты образуют небольшие прослои, мощностью 0,5—10 м, среди описанных разновидностей сланцев. Эти породы более массивны, менее рассланцованы и заметно реже секутся прожилками кварца. В зонах сильного рассланцевания песчаники приобретают тонкорассланцованную текстуру, сохраняя мелкозернистую структуру в целом.

В шлифах породы месторождения в большинстве своем характеризуются ярко выраженной тонкополосчатой текстурой. Состоят из мелко- и тонкозернистых агрегатов кварца и мельчайших чешуек графита, рассеянных в массе породы и переполняющих кварцевые зерна. Количество кварца и графита варьирует от равных до преобладания одного над другим.

В пределах гряд кварцитов, ограничивающих месторождение, в составе пород резко превалирует графит. В зонах дробления и окварцевания минерализованного поля наблюдаются все переходы от полосчатых углисто-кварцевых пород до типичных мономинеральных роговиков, состоящих из тесно сросшихся более или менее изометричных зерен кварца с неровными зубчатыми ограничениями. Графит присутствует в небольшом количестве в виде тончайших чешуек.

По левому склону Турбайсая у северной границы месторождения прослеживается узкая прямолинейная прерывистая гряда субширотного простираения, сложенная ярковыраженной брекчией. Со сланцами месторождения контакт четкий тектонический, на юг погружается под сланцы. Брекчия представлена массивным плотносцементированным материалом, состоящим из разнообразных по форме и размерам угловатых обломков сланцев и жильного кварца. Материал не сортирован, крупные обломки

соседствуют с мелкой щебенкой. Большая часть обломков остроугольная, реже края их слегка оплавлены. Цемент брекчии мелко- и тонкозернистый лимонит-кварцевый. Порода пористая, по стенкам пустот развиты корочки и щеточки карбоната.

Через все поле месторождения прослеживается дайка лампрофира с апофизами на флангах. Простираение дайки СВ 70° ; апофизы развиваются в широтном и субширотном направлениях. Падение даек во всех случаях юго-восточное, крутое, под углами $65-75^\circ$. Апофизы падают на юг более полого (углы $40-60^\circ$). Мощность основной дайки составляет $50-80$ см почти на протяжении $1,5$ км, и лишь местами достигает 1 м. Мощность апофиз не превышает $40-50$ см, на выклинивании $3-5$ см. Зальбанды дайки нередко трассируются кварцевыми жилами. Дайка лампрофира прослеживается примерно в центральной части основной минерализованной зоны, не обнажается на поверхности, всюду перекрыта наносами.

До вскрытой глубины (более 10 м) лампрофиры превращены в светлоокрашенный глинистый материал, преимущественно монтмориллонитового состава. На всем протяжении контакты с вмещающими породами резкие, в зальбандах прокварцованы и ожелезнены.

Кварцевые жилы широко распространены на площади месторождения, образуют повсеместно элювиально-делювиальные развалы, обнажаются во врезках саев и вскрываются горными выработками. Одиночные кварцевые жилы редки. Обычно это серии, состоящие из десятков крутопадающих маломощных прожилков параллельных друг другу, согласных с простираем пород и следующих вдоль зон рассланцевания. Меньшее число жил отчетливо секущего направления. Кварцевожильные серии, или «кусты», имеют характерное строение. Примерно в центральной части куста расположена одна или две-три наиболее крупные жилы мощностью 10 см или несколько более. В обе стороны от них развиты тонкие прожилочки, линзы и образования кварца неправильной формы, сменяющиеся далее 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 линз, выклинивается у поверхности и прослеживается на глубину не более $1,5-3$ м. Нередко жильный кварц наблюдается лишь в элювиальноделювиальном слое и не развит в коренных породах.

Крупные серии кварцевых жил мощностью в несколько метров прослеживаются обычно на глубину $10-15$ м с постепенным выклиниванием. На флангах и в центре месторождения пробурено три профиля скважин, и только четыре скважины практически не вскрыли кварцевых прожилков. Остальные скважины пересекли концентрации прожилков на глубинах $1-6$, $6-12$, реже $6-14$, $12-20$, $24-30$ м. В первых двух интервалах (т. е. до глубины 15 м) кварцевые прожилки наиболее обильны, большей мощности, породы и жильный кварц более дробленые. В скважинах 15 , 16 , 17 , пройденных вблизи центральной части месторождения, отмечены обильные прожилки кварца на глубине $25-30$ м, на глубине $6-11$ м их установлено наибольшее число. Вторые максимумы падают на интервалы $15-25$ и $25-29$ м.

При крутом залегании пород и большинства прожилков поинтервальное расположение дает основание предположить, что они развиты в пределах пологих зон рассланцевания, увязывающихся по разрезам и уходящих за пределы месторождения.

Жильные зоны формировались в процессе складкообразования, мно-

гократного чередования трещинообразования, процессов дробления и минерализации. Жильный кварц местами раздроблен до мелкого щебня, тонких пластин и нередко превращен в кварцевую муку.

Наиболее развита система согласных межпластовых жил, приуроченных к трещинам отслоения, интенсивно развивающихся в апикальных частях складок и на участках перегиба пластов. Установлена полная сопряженность жил со складчатостью. Характерная морфология — извилистые, часто линзовидные и шпировидные образования с отчетливыми контактами, подчеркнутыми тонкой сланцеватостью, повторяющей изгибы и неровности жил.

Серии косо- и поперечносекущих прожилков приурочены к более поздним трещинам, которые представляют собой трещины скола и секут пластовые жилы. Как правило, это маломощные зонки дробления, выполненные тонкоперетертым материалом вмещающих пород, поэтому жильное заполнение их незначительное. Секущие кварцевые жилы резко подчинены пластовым жилам, однако минеральная нагрузка более разнообразна в секущих жилах. Кроме кварцевых прожилков, здесь развиты прожилки полевошпат- и барит-кварцевого состава. Тонкие трещины нередко выполнены карбонатом. Глинистый материал зонки дробления, как правило, пропитан ржаво-бурыми и красновато-коричневыми гидроокислами железа.

Из 4300 замеренных кварцевых прожилков 77% имеет мощность до 3 см. Эти прожилки не содержат бирюзы или содержат ее в очень мелких включениях. Мощность 21% прожилков кварца 3—10 см. Это продуктивные прожилки, несущие бирюзую минерализацию. Кварцевые жилы мощностью 10—30 см составляют 1,5%; характеризуются они меньшей раздробленностью, отсутствием остаточных пустот и пустот выщелачивания и как правило бирюзы не содержат. Около 0,5% составляют безрудные жилы мощностью более 30 см.

Замеры трещинной тектоники, жильных зон и изучение кварцевых прожилков с достаточной достоверностью позволяют говорить о формировании на площади месторождения Аякаши I пологих, характерных для запрокинутых складок, кварцево-жильных зон, сопряженных с направлением кливажа. Зоны наибольшего дробления развиты в алевроит-аргиллитовых тонкослоистых пачках. Поздние поперечные жилы в пределах зон подчинены поперечным трещинам разрыва. Это обусловило морфологию кварцевых прожилков и ограничило их протяженность мощностью зоны.

В составе кварцево-жильных зон месторождения выделяются следующие разновидности кварца.

1. Молочно-белый крупно- и среднезернистый кварц. Составляет около 50% от общего количества жильного кварца. Образует отдельные жилы мощностью 30—100 см и протяженностью в первые десятки метров. Им сложена основная масса прожилков среди бирюзоносного поля, а также жилы и прожилки среди графитизированных кварцитов, где для кварца характерны монолитность, слабая трещиноватость и мономинеральность. В пределах минерализованного поля кварц захвачен процессами дробления, ожелезнен по трещинам, содержит корочки гипса и карбоната.

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 кварца представлено около

35% прожилков и только 5% из них содержат бирюзу. Характерна каверзность, развитая в жилах вблизи поверхности и на глубине. Форма и размеры пустот сильно варьируют так же, как и число их. Пустоты наиболее характерны для приальбандовых частей, реже отмечаются в средних частях жилы. Стенки пустот покрыты корочками гидроокислов железа, карбоната, поздним (часто халцедоновидным) кварцем, обычны тонкие щеточки и отдельные кристаллики горного хрусталя. Форма пустот неправильная, изометричная, линзовидная, реже щелевидная и прямоугольная. В последних двух случаях на стенках обычны мучнистые глинистые минералы.

3. Светло-серый кварц с полевыми шпатами. Количество кварц-полевошпатовых прожилков незначительно. Одиночные маломощные прожилочки, как правило, не содержащие бирюзы, отмечаются в различных частях минерализованного поля. Розовые и кремовые таблитчатые кристаллы полевых шпатов образуют кучные скопления до 1 см в поперечнике.

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, часть более мелких зерен раздроблена полностью до мелкообломочного остроугольного субстрата.

Серый каверзный кварц характеризуется более сильным катаклазом и дроблением, в ряде случаев строение его шестоватое, угасание параллельно-полосчатое. Иногда по трещинам в кварце или зажатые между его шестами встречаются кристаллы альбита. По поперечным трещинам, секущим кристаллы альбита, развивается серицит. Тонкие прожилочки и линзовидные выполения образуют в кварце карбонат.

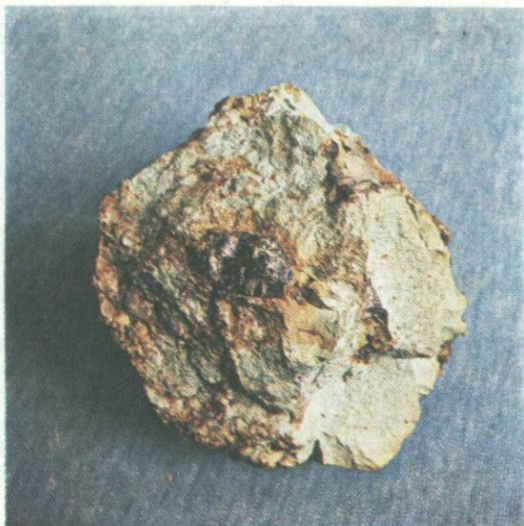
Бирюза распространена крайне неравномерно по всей площади месторождения, концентрируется зонами дробления, рассланцевания, осветления и жильным кварцем в них. Бирюзоносные участки представляют собой серии различно ориентированных кварцевых прожилков, содержащих бирюзу и мономинеральные прожилки и линзы бирюзы, развивающиеся по более поздним трещинам, секущим вмещающие породы и прожилки кварца с бирюзой. Строение бирюзоносных участков по всему полю идентично. Разнятся они только по степени минерализации.

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

Высыпки жильного кварца на поверхности бирюзы не содержат. Она установлена в выработках на глубине 1—3 м. Ювелирные разности в этом интервале встречаются редко. Бирюза обесцвечена, ожелезнена и замещена вторичными минералами. Качественную и количественную оценку минерализации того или иного участка можно дать лишь при вскрытии коренных пород на глубину более 3 м. В среднем продуктивный горизонт с ювелирной бирюзой установлен на глубине 5—15 м. Чем

Р и с. 24.

Кристалл барита, включенный в измененную, ожелезненную бирюзу. Месторождение Аякши I



меньше гипергенные изменения вмещающих пород и жильного кварца, тем лучшего качества бирюза в них. При выветривании прежде всего разлагаются сульфиды и бирюза, а вмещающие породы почти полностью сохраняются.

Крупные кварцево-жильные серии, в том числе и бирюзоносные, приурочены к водораздельным частям, т. е. к положительным формам рельефа. Древние же выработки, как правило, расположены висячем боку этих зон, ниже по склону, что позволяет вскрыть более глубокий горизонт.

В прожилках и включениях бирюзы часто в изобилии содержатся прозрачные и полупрозрачные кристаллики кварца, реже вкрапленники пирита, барита, ярозита, тонкие просечки мелкозернистого кварца и карбоната (рис. 24).

С долей условности на площади месторождения выделяются три бирюзоносные зоны: Северная, Центральная и Южная, сложенные кулисообразно залегающими кварцево-жильными сериями, разделенными участками вмещающих пород. Мощность жильных серий не превышает 10—15 м, по простиранию с небольшими перерывами они прослеживаются до 1 км.

Центральная бирюзоносная зона протягивается через все поле и контролируется дайкой лампрофира, распространяясь по обе стороны от дайки. Ширина зоны около 150 м. Наиболее богатая минерализация развивается от центральной части месторождения до юго-западного окончания, где и сосредоточено большинство древних выработок. К северо-востоку минерализация убывает, бирюза встречается во всех траншеях, но в виде единичных включений и маломощных прожилков выветрелой бирюзы. Лишь в траншее 33 вскрыт кварцевый прожилок мощностью 3—7 см, с бирюзой, в том числе голубой ювелирной, на глубине 1 м от поверхности. В целом центральная зона бирюзоносна на всем протяжении. Глубина минерализации достигает 30 м, но строго ограничена интервалами кварцево-жильных зон.

В заключение добавим, что по правому склону распадка, у северного окончания вреза I и траншей 46, 47 наблюдаются реликтовые участки древней коры выветривания. Эти светлоокрашенные образования, хорошо видные на поверхности и на аэрофотоснимках, отличаются характерным рельефом, покрытым многочисленными тонкими промоинами. Сложены они белыми или кремовыми глинистыми образованиями с преобладанием каолина, полностью заместившими материнские породы. Признаков бирюзовой минерализации нет. Таким образом, древняя кора выветривания не несет бирюзы, а современная изменяет и уничтожает ее.

Кальмакырское месторождение

Кальмакырское месторождение — медно-молибденовое, с широко развитыми бирюзоносными зонами. Представляет третий (кальмакырский) тип месторождений бирюзы. Кальмакырское рудное поле объединяет описанные в 1928 г. Б. Н. Наследовым древние бирюзовые рудники: Большой Кальмакыр, Гольдуран и Ергайлык. В настоящее время площадь Большого Кальмакыра и Гольдурана вскрыта Кальмакырским карьером, а площадь проявления Ергайлык засыпана его отвалами. Это наиболее крупное бирюзоносное поле Кураминского хребта и самая эродированная площадь с абсолютными отметками 700—780 м. Здесь, по данным различных исследователей, насчитывается около 300 древних выработок, большая часть из которых была явно пройдена на бирюзу.

Точно установить площадь развития бирюзоносных зон невозможно, так как одна часть ее отработана карьером, а другая перекрыта отвалами. Наиболее протяженные зоны прослеживаются на расстоянии 2 км вплоть до месторождения Ак-Турпак. С учетом зоны измененных пород месторождения Ак-Турпак протяженность отдельных бирюзоносных зон Кальмакырского поля превысит 2,5 км.

На месторождении широко представлена трещинная тектоника. Здесь развита серия протяженных тектонических нарушений широтного направления, параллельных Кальмакырскому разлому. Последний сопряжен с Северным альпийским надвигом, и возраст его всеми исследователями также определяется как альпийский. Серии широтных нарушений в центре карьера образуют Центральный разлом, в южной части проходит Южный разлом, представленный серией субширотных нарушений. Тектонические зоны в большинстве своем крутопадающие до вертикальных.

Вторая широко развитая система нарушений — зоны северо-восточного направления: протяженность их меньшая и они отчетливо срезаются широтными разломами. Северо-восточные нарушения сконцентрированы в северной части карьера и менее развиты на остальной площади. Кроме того, установлены 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. Полосы бирюзоносных пород образованы сближенными сериями зон осветления, мощность которых колеблется от первых метров до первых десятков метров. Зоны осветления на фотопанорамах выделяются в виде белых пятен и полос. При детальных исследованиях в них установлены короткие, местами типа лестничных, секущие трещины широтного и субширотного простирания, с которыми связана бирюза.

Для бириузоносных вторичных кварцитов Кальмакырского поля кроме серицита характерен мусковит, для пропилитов — турмалин, хлорит, апатит. Эти образования несколько более крупнозернистые, чем породы месторождений Бирузакан и Унгурликан, и более сходны с площадью проявления Яккобаг. Лучшая раскристаллизация пород и развитие мусковита свойственны более глубоким зонам месторождения.

На минерализованной площади развиты магматические образования среднего карбона, представленные диоритами и сиенит-диоритами алмалыкского типа и гранодиорит-порфирами, возраст которых условно определяется как верхнекарбонный — нижнепермский. Алмалыкский массив гранодиорит-порфиров с отчетливой зоной вторичных кварцитов расположен примерно в центре минерализованной площади. Массив со всех сторон окружен диоритами и сиенит-диоритами, прорванными взаимопересекающимися телами среднепорфировых гранодиорит-порфиров и черных мелкозернистых гранодиорит-порфиров с причудливыми и неправильными очертаниями. Возраст этих тел также датируется верхним карбоном — нижней пермью.

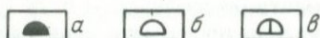
Черные гранодиорит-порфиры (по единичным шлифам) представлены сильно измененными прокварцованными и оруденелыми породами с густой рудной вкрапленностью. Кроме того, для них и среднепорфировых гранодиорит-порфиров обычен и характерен апатит. Тела гранодиорит-порфиров ориентированы в северо-восточном, северо-западном и субширотном направлениях, не затронуты осветлением. Кровлей всех магматических образований рудного поля, перекрывающей в том числе и бириузоносные зоны, служат карбонатные отложения живетского яруса верхнего девона. Ксенолиты карбонатных пород установлены в южной стенке карьера недалеко от бириузоносных зон. Мраморизованные известняки местами серпентинизированы.

Вторичные кварциты и пропилиты впервые выделены на данной площади Б. Н. Наследовым. В центральной части они контролируются контактами Алмалыкского массива гранодиорит-порфиров. До горизонта 645 м вторичные кварциты и пропилиты широко развиты по северо-восточной стенке карьера. Бириузоносные зоны, сложенные максимально переработанными пиритизированными породами с жильным кварцем, расположены среди вторичных кварцитов и пропилитов и среди слабоизмененных гранодиорит-порфиров алмалыкского типа. По сравнению с указанными породами, бириузоносные зоны прослеживаются глубже горизонта 645 м, развиваются и среди сиенит-диоритов. Эти данные свидетельствуют о том, что метасоматические и рудообразующие процессы, а также процессы, приведшие к образованию бирюзы, строго контролируемой трещинной тектоникой, проходили последовательно в несколько стадий.

Кварцевые прожилки, обычно небольшой мощности, распространены по всему полю. Наибольшая концентрация прожилков кварца отмечается в бириузоносных зонах, где они образуют небольшие параллельные и разноориентированные серии с заметным увеличением концентрации на горизонтах от 40 до 70 м. К этому горизонту приурочена основная концентрация бирюзы. С глубиной по мере выклинивания бириузоносных зон уменьшается и количество бириузоносного кварца.

Б. Н. Наследов в алмалыкской группе месторождений выделил семь разновидностей кварца (рис. 25). Кварц белый сплошной, гребенчатый и короткопризматический отнесен им к минералам III низкотемпературного этапа. С. Т. Бадалов, детально изучавший минералогию Кальма-

Минерал	Пневматолитовый 700°C			Гидротермальный 400°C 100°C				Супергенный L		
	Ф а з ы									
	E	F	C	H	У	К				
Кварц		1	2		3	4	5	6	7	
Турмалин										
Молибденит										
Вольфрамит										
Серицит										
Хлорит										
Эпидот										
Биотит										
Пирит										
Магнетит										
Гематит										
Кальцит										
Халькопирит										
Сфалерит										
Тетраэдрит										
Теннантит										
Арсенопирит										
Золото										
Галенит										
Анкерит										
Барит										
Каолинит										



Р и с. 25.

Схематическая парагенетическая таблица алмалыкской группы месторождений. Минералы первого (1), второго (2) и третьего (3) этапов. По Б. Н. Наследову:

1—7 — кварц серый (1—2), серовато-белый (3), призматический шестоватый (4), белый сплошной (5), гребенчатый (6), короткопризматический (7).

кырского месторождения, выделяет кварц обыкновенный, горный хрусталь, аметист, халцедон и кварцит, считая наиболее ранним в гидротермальном процессе кварц вторичных кварцитов. Повсеместные спутники бирюзы — гребенчатый кварц (автор его называет шестоватым) и горный хрусталь. Реже встречаются жилы и линзообразные выделения светло-серого халцедона и опала, образующихся позже бирюзы.

Бирюза на Кальмакырском месторождении может служить предметом попутной добычи. Характерная особенность минерализации — разобщенность в основном бирюзоносных зон и рудных блоков. Отсюда явная разобщенность бирюзы с вторичными минералами меди, развитыми в зоне окисления. Рудная минерализация вкрапленного характера не контролируется жильным кварцем, тем более низкотемпературным. Бирюзоносные зоны примерно от центральной части поля прослеживаются на восток в сторону месторождения Ак-Турпак. Рудная минерализация от центра распространяется к западу, где практически не развиты зоны осветления, а если и развиты, то не содержат бирюзы.

Бирюзоносные зоны, как правило, сильно пиритизированы. В верхних горизонтах пирит замещается ярозитом и гидроокислами железа. В ниж-

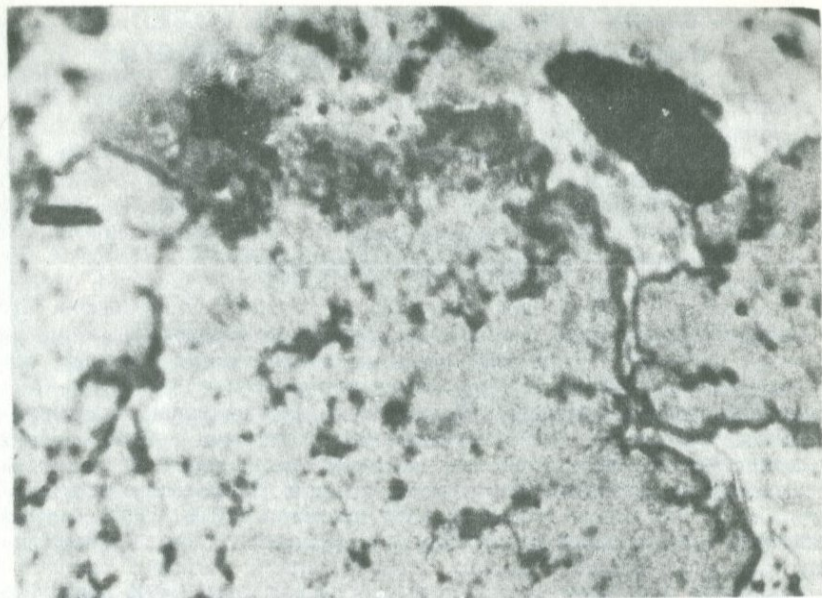


Рис. 26.

Почки бирюзы и вкрапленники сульфидов в серицитовом кварците. Без анализатора. Мелкие включения сульфидов (черные) обычны для бирюзы, наиболее обильны в краевых зонах. Месторождение Аксумбе

них горизонтах он свежий, мелкокристаллический. Характерная форма (наряду с кубами) — пентагондодекаэдры с округлыми и многогранными сечениями. Одни и те же трещины выполнены бирюзой и пиритом; реже кроме пирита отмечаются халькопирит, галенит и другие сульфиды (рис. 26).

На Кальмакырском карьере бирюзоносные зоны обнажены с поверхности и до глубины 100—150 м. Это единственный прекрасный разрез, легко доступный для изучения. Хорошо выражены в бирюзоносных зонах выделенные автором зоны окисления, ярозита, оруденелых метасоматитов, или сульфидная. На верхних уступах карьера в небольшом количестве встречается преимущественно зеленая бирюза, в ассоциации с ярозитом и гидроокислами железа. На более глубоких горизонтах развиты ювелирная голубая бирюза и ее каолинизированные разновидности, в тесной ассоциации с алунитом и глинистыми минералами; развивается она в жильном кварце и во вмещающих его кварцитах. Включения бирюзы в метасоматитах, по-видимому, однотипны вкрапленной бирюзе в углеродистых кварцитах Кызылкумов, и не исключено, что эти образования несколько более ранние, чем прожилковая бирюза, заключенная в кварце. Мощность бирюзоносных прожилков кварца редко превышает 5 см, мощность прожилков бирюзы лишь в единичных случаях достигает 4—5 мм, т. е. во вскрытой части карьера бирюзовая минерализация слабая. Тем не менее при тщательной рудоразборке на некоторых участках могут быть получены килограммы ювелирного и пригодного для обогащения сырья.

СТРУКТУРЫ БИРЮЗОНОСНЫХ ПОЛЕЙ И ИХ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

СТРУКТУРЫ БИРЮЗОНОСНЫХ ПОЛЕЙ

Сложно построенные альпийские складчатые структуры с широко развитой блоковой тектоникой, мощными зонами расщепления, меланжа, смятия, многочисленными системами тектонических трещин вмещают бириозоносные площади. В каждом конкретном случае — в бириозоносном узле, зоне или отдельном месторождении — бириозоносная площадь представляет собой тектонический блок различной величины с максимально развитой трещинной тектоникой. На фотосхемах и аэрофотоснимках эти блоки дешифрируются достаточно отчетливо по развитию пород той или иной бириозоносной формации и обилию зон нарушения.

Глыбовые движения характерны для альпийского тектогенеза, при котором формировался современный рельеф в Кызылкумах и в Чаткало-Кураминской зоне.

Букантауская антиклиналь, возникшая в альпийское время, — основная структурная единица Букантауского поднятия, на площади которого расположены Ирлрская бириозоносная зона, Северо- и Южно-Букантауский бириозоносные узлы. Простирается центральной части антиклинали северо-западное, к юго-востоку и северо-западу переходит в субширотное. Во многих случаях ось складки ундулирует, в результате образуются отдельные поднятия на фоне общей структуры. Падение на крыльях складки преимущественно крутое, крылья осложнены более мелкими складками и разрывными нарушениями широтного простирания с амплитудой смещения до 100—150 м.

Месторождения бириозы находятся в северо-западной части Букантауской антиклинали, вблизи соединения с Алтынтауской антиклинальной складкой и на крыльях последней. Простирается Алтынтауской антиклинали северо-восточное, сопровождается она серией субпараллельных нарушений.

Простирается Тамдытауского антиклинального поднятия от северо-восточного до субширотного. Северное и южное крылья поднятия срезаны крупными северо-западными и северо-восточными нарушениями с амплитудой смещения более 1000 м. В пределах данной горст-антиклинали выделяются две более мелких альпийских складки — Южная и Северная Тасказганские. К ядру Южно-Тасказганской антиклинали приурочен Южно-Тамдытауский бириозоносный узел, площадь которого вытянута в широтном направлении и ограничена крупными разломами. Более мелкие нарушения того же направления строго контролируют все месторождения и проявления бириозы узла.

Ауминзинская альпийская брахиантиклиналь расположена южнее, простирается в субширотном направлении. Ядро складки слагает крупный батолитоподобный гранитоидный интрузив, крылья ее осложнены

разрывными нарушениями. Южное более пологое крыло срезано альпийским разломом, вблизи которого расположены проявления и месторождения бирюзы Ауминзинской зоны.

На территории Кульдзуктауской структурно-фациальной подзоны в альпийское время происходило образование брахиструктур субширотного простираения и субширотных разломов, мощностью до 30 м и более.

Сложно построенная Султануиздагская антиклиналь — наиболее крупная альпийская структура в Султануиздагской структурно-фациальной подзоне. Антиклиналь повторяет очертания палеозойского фундамента и в районе Джамансай направлением оси складки меняется с субширотного на субмеридиональное. К юго-западному крылу Султануиздагской антиклинали (недалеко от крупного альпийского Тебин-Булакского меридионального разлома) приурочены Тебин-Булакское и Султануиздагское (Джамансайское) месторождения бирюзы.

Таким образом, все месторождения бирюзы в Центральных Кызылкумах размещаются вблизи крупных разломов субширотного простираения альпийского возраста, осложняющих крылья и ядра антиклинальных структур. Рвдоконтролирующими являются более мелкие разломы, параллельные крупным нарушениям или оперяющие их. Бирюза, как правило, развивается в всиячем боку разломов.

Месторождения Тебин-Булак в Султануиздагском хребте и Дербез в Южном Букантау контролируются зонами субмеридионального направления. Месторождения Султануиздагское и Аксумбе в хр. Каратау, а также проявление Курумсак, прослеживаются в северо-западном направлении.

Субширотные и северо-восточные тектонические нарушения определяют местоположение бирюзоносных полей в Кураминском хребте.

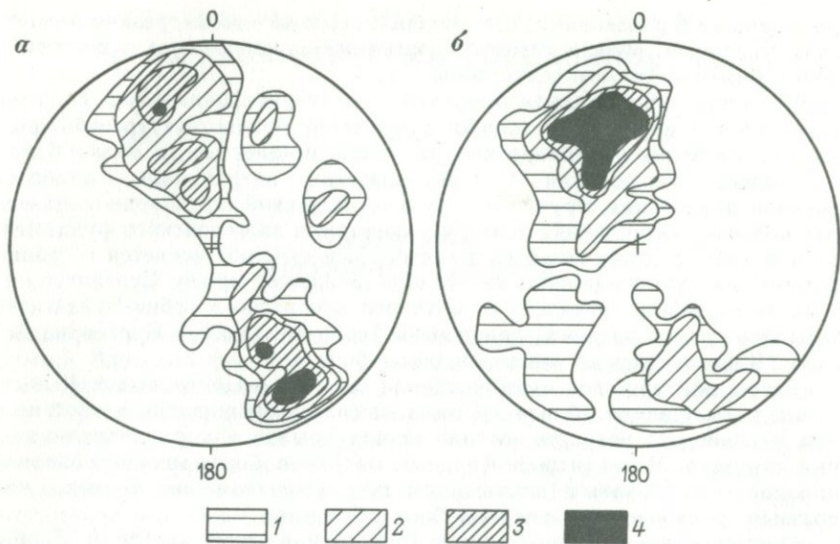
ТРЕЩИННАЯ ТЕКТНИКА

Приведенными на рисунках 27—30 круговыми диаграммами характеризуются особенности трещинной тектоники на месторождениях Аякаши I и Джаман-Каскыр, где автором было проведено более 3 тыс. замеров тектонических трещин и кварцевых прожилков.

На площади в основном развиты две системы трещин: 1) широтная и субширотная (азимут простираения 90, 80, 110°), 2) северо-восточная (азимут простираения 20—80°). Обе системы крутопадающие, углы падения как правило 70—85°, реже 50—60°. Резко преобладает падение в южном направлении и значительно меньшая часть трещин круто (65—85°) падает на север и северо-запад. Подчиненное значение имеют системы нарушений северо-западного и меридионального направления. Трещины, по которым были произведены замеры, представлены мало-мощными (1—2 см, обычно меньше), отчетливо выраженными зонками дробления, выполненными глиной трения и подчеркнутыми ожелезнением. Меньшая часть трещин проявлена притертыми тектоническими швами или зеркалами скольжения.

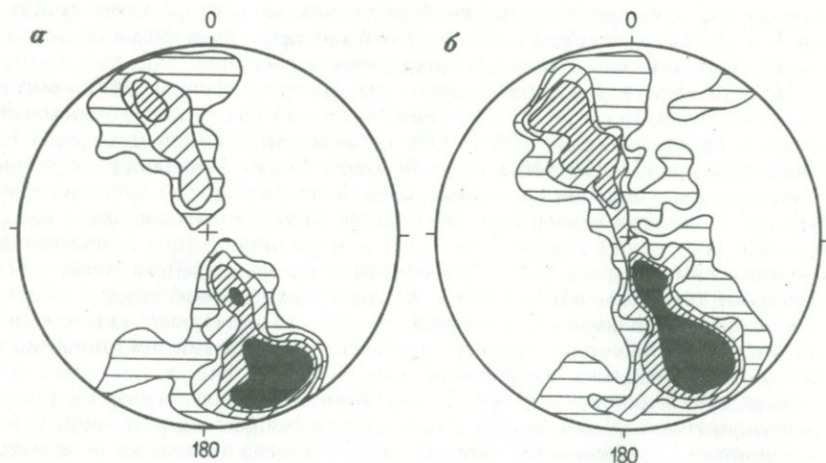
Жильное выполнение на обоих месторождениях следует описываемой трещиноватости. Максимально развиты прожилки кварца широтного, субширотного и северо-восточного направления, падающие в южном. Значительно меньшая часть прожилков падает на север и северо-запад, лишь в единичных случаях отмечается северо-западное простираение прожилков с падением на северо-восток.

Прожилки бирюзы и прожилки кварца, содержащие бирюзу, ориентированы обычно в широтном и субширотном направлениях. Для них



Р и с. 27.
Круговые диаграммы трещиноватости. Месторождение Джаман-Каскыр, траншея 15:

a — зоны дробления, ожелезнения и тектонические трещины, замеров 280; *b* — прожилки кварца, замеров 170.
1 — 0,5%; 2 — 2%; 3 — 4%; 4 — 6% и более



Р и с. 28.
Круговые диаграммы трещиноватости. Месторождение Джаман-Каскыр, траншея 11:

a — прожилки кварца, замеров 170; *b* — зоны дробления, ожелезнения и тектонические трещины, интервал 0—200 м, замеров 200. Условные обозначения см. на рис. 27.

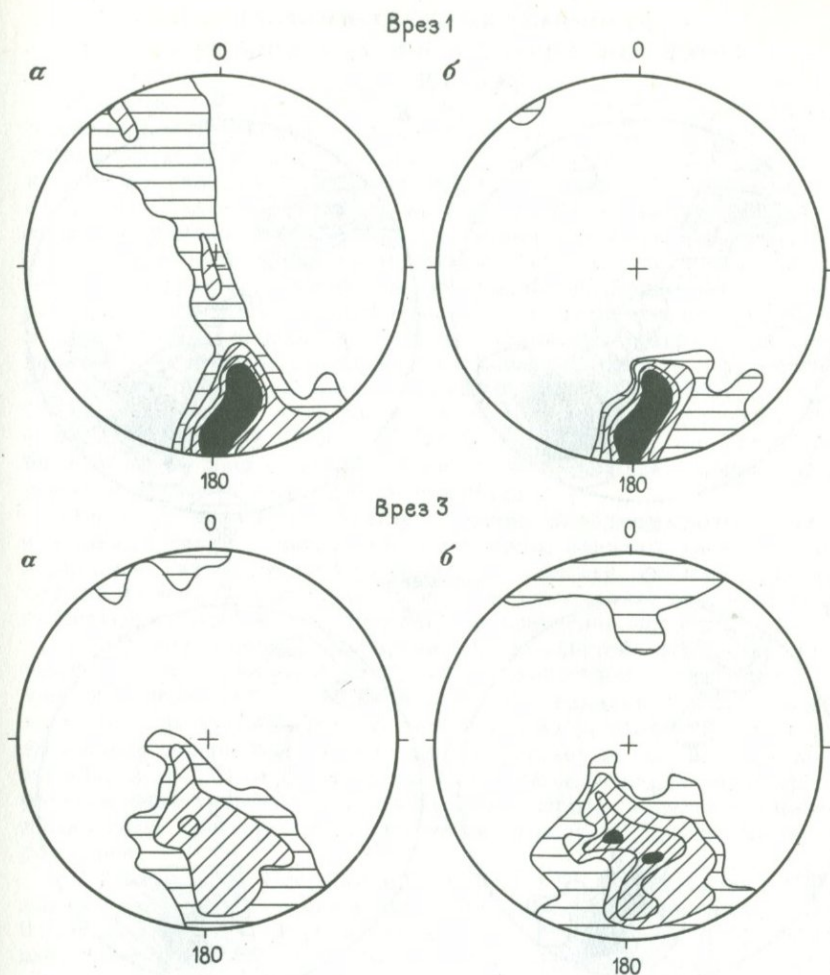


Рис. 29.

Круговые диаграммы трещиноватости. Месторождение Аякаши I:
 Врез 1: а — зоны дробления, ожелезнения и тектонические трещины, замеров 345; б — прожилки кварца, замеров 250. Врез 3: а — зоны дробления, ожелезнения и тектонические трещины, замеров 340; б — прожилки кварца, замеров 200.
 Условные обозначения см. на рис. 27.

характерны более пологие углы падения. В выработках с бирюзовой минерализацией замеры значительно более рассеянные, а следовательно, более широкие и ореолы трещиноватости, протягивающиеся уже к центральной части круга. Основное направление падения бирюзоносных прожилков — южное, нередко северное. Большинство мономинеральных прожилков бирюзы северо-западного падения (азимут простирания

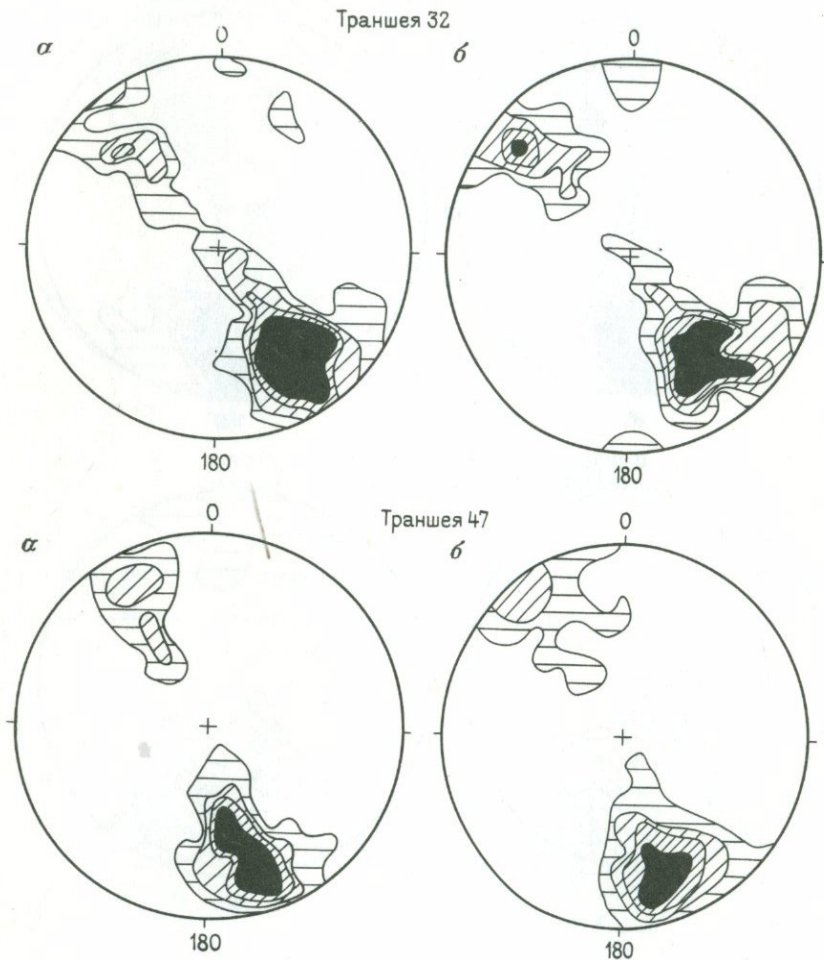


Рис. 30.

Круговые диаграммы трещиноватости. Месторождение Аякаши I:

Траншея 32: *a* — зоны дробления, ожелезнения и тектонические трещины, замеров 320; *b* — прожилки кварца, замеров 250. Траншея 47: *a* — зоны дробления, ожелезнения и тектонические трещины, замеров 725; *b* — прожилки кварца, замеров 400.

Условные обозначения см. на рис. 27.

290—350°). Отдельные прожилки бирюзы при северо-западном простирании падают на северо-восток (азимут простирания 60°).

Кварцево-жилные бирюзоносные зоны в осадочно-метаморфических толщах контролируются зонами сланцеватости, совпадающими со слоистостью пород, в магматических образованиях они приурочены к зонам максимального дробления и брекчирования.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БИРЮЗОНОСНЫХ ЗОН И ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД

Несмотря на то что породы, вмещающие бирюзоносные зоны, на различных месторождениях резко отличаются друг от друга, бирюзоносные метасоматиты (вторичные кварциты, пропилиты, углеродистые кварциты и сланцы) характеризуются близко идентичным элементарным составом. Отклонение в содержании рудных компонентов наблюдается лишь в бирюзоносных зонах, приуроченных к рудным месторождениям.

Бирюзоносным площадям не свойственны такие элементы, как кадмий, торий, тантал, гафний, таллий, индий. Вольфрам, ниобий, литий, бор, итрий, иттербий, скандий, серебро, германий, галлий присутствуют в бирюзоносных породах в устойчиво кларковых содержаниях вне зависимости от степени изменения пород, бирюзоносности и рудоносности их. Содержание вольфрама, германия, висмута $0,0001\%$, сурьмы $0,01\%$. Почти везде установлены олово ($0,0001—0,0002$, редко $0,0005—0,0007\%$) и ниобий ($0,001—0,002\%$). На участках, где совмещается бирюзоносная зона с золоторудной минерализацией, обычно присутствует мышьяк (в сотых долях процента).

Основные элементы, характеризующие породы бирюзоносных зон и жильный кварц, — титан, марганец, хром, ванадий, никель, кобальт, медь, цинк, свинец, молибден, фосфор. Эти элементы обнаружены практически на всех бирюзоносных площадях. Содержание их прямо зависит от бирюзоносности и гидротермального изменения пород.

В породах углеродисто-карбонатно-кремнистой формации, обогащенных тонкодисперсным углеродистым веществом, установлено повышенное содержание (в $\%$) меди $2,5 \cdot 10^{-2}$, ванадия $2 \cdot 10^{-2}$, молибдена $1 \cdot 10^{-3}$, фосфора $2 \cdot 10^{-1}$. В полого лежащих зонах разломов среди этих пород содержание (в $\%$) меди возрастает до 0,2, ванадия до 0,8, молибдена до 0,01—0,09, фосфора до 1. Эти особенности характеризуют бирюзоносные участки, где мобилизация и перераспределение элементов происходили при циркуляции по зонам прежде всего гидротермальных растворов.

По данным Е. Л. Спиридонова (1971 г.) и Ю. Ф. Баскакова (1970 г.), заметно обогащены мышьяком ($0,01—0,5\%$), молибденом ($0,001—0,020$), барием ($0,1—3\%$), ванадием ($0,1—1\%$), цинком ($0,01—0,03\%$), кобальтом ($0,001—0,01\%$), медью ($0,01—0,5\%$) слюдисто-алунитовые метасоматиты, развитые среди углисто-кварцевых сланцев. С этими метасоматитами гидротермального генезиса с глубиной развития до 150 м Ю. Ф. Баскаков связывает медные и бирюзовые месторождения.

В таблицах 3—5 приведены средние содержания элементов в бирюзоносных породах по данным полуколичественного спектрального анализа, выполненного в химической лаборатории ИМГРЭ. При усреднении несколько стираются особенности ряда элементов, установленных по отдельным замерам и профилям, поэтому автор приводит более развернутую характеристику поведения каждого элемента.

Титан. Среднее содержание (в $\%$) титана для песчано-сланцевых пород 0,45, для кислых магматических пород 0,23 и для пород среднего состава 0,8. (Здесь и далее средние содержания элементов приводятся по А. П. Виноградову.)

Как видно из таблиц, бирюзоносные породы Кызылкумских месторождений и вмещающие их сланцы в значительной мере обеднены титаном, также как и дайковые образования, особенно апатитоносные. Близ-

ко к среднему содержанию титан установлен лишь в слабо минерализованных породах месторождения Ауминза, 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 первых сотых и тысячных долей процента.

Содержание титана в бириузоносных породах Кураминского хребта, на месторождениях Бириюзакан, Кальмакыр и Унгуруликан близко среднему содержанию для кислых пород и заметно ниже для пород среднего состава. На площади месторождения Ак-Турпак в одной из проб серицитовых кварцитов титан не обнаружен, а на проявлении Шаугаз в тех же кварцитах его 0,01%.

Марганец. Содержание марганца в песчано-сланцевых и кислых породах составляет $6 \cdot 10^{-2}$. Для бириузоносных полей этот элемент не характерен. В большинстве случаев содержание его в бириузоносных формациях не превышает 0,01%, т. е. бириузоносные породы обеднены марганцем в минерализованных зонах и окружающих их породах. Только в бириузоносных углеродистых кварцитах Ауминзатау было установлено 0,35% марганца, незначительное обогащение марганцем наблюдается в некоторых зонах дробления.

Хром. В бириузоносных зонах среди осадочно-метаморфических толщ хром содержится в тысячных и первых сотых долях процента, что близко среднему содержанию хрома в неизменных осадочных породах ($1 - 1,5 \cdot 10^{-2}$). Местами в бириузоносных участках содержание хрома возрастает в два раза. В бириузоносных кварцитах Северо-Кураминской площади содержание хрома близко к среднему содержанию, в 2,5 раза больше хрома в бириузоносных кварцитах Унгуруликана, и несколько увеличенное его содержание наблюдается в бириузоносных кварцитах Бириюзакана (0,004 против 0,0025 — среднего содержания для кислых пород).

Заметно обогащены хромом дайки лампрофиров на месторождениях Аякаши I и Джаман-Каскыр. Дайки тесно связаны с бириузоносными зонами. Количество хрома в них достигает сотых долей процента, превышая в 5 раз среднее содержание хрома в породах среднего состава.

Тысячные доли процента хрома всюду установлены в бириузоносном и небирюзоносном жильном кварце.

Ванадий. По А. П. Виноградову, в кислых породах ванадия содержится $4 \cdot 10^{-3}$, в сланцах $3 \cdot 10^{-2}$, в песчаниках $2 \cdot 10^{-3}$. В бириузоносных зонах ванадий всюду характеризуется крайней подвижностью, очень четко фиксирует зоны дробления, кварцевые жилы и изменения пород, образует ломаную линию графика по профилям. Наиболее резкие колебания в содержании ванадия отмечаются над бириузоносными участками и вблизи даек лампрофиров, в которых он содержится в десятых долях процента. В целом содержание ванадия в бириузоносных породах близко или несколько выше средних содержаний его в неизменных толщах. В бириузоносных зонах Бириюзакана в верхнем горизонте ванадия 0,009—0,005%, у подошвы карьера 0,002—0,07%; 0,014% ванадия отмечено в бириузоносных зонах Ак-Турпака.

Заметное обогащение бириузоносных пород ванадием подтверждается развитием ореолов ванадия, содержащих сотые доли процента, фиксируемых на бириузоносных площадях при металлометрическом опробовании.

В небирюзоносном жильном кварце ванадий отмечается в десяти-тысячных долях процента, в бириузоносном кварце содержание его в ряде проб возрастает до 0,0025 и 0,0045%.

Среднее содержание (в %) элементов в бириузоносных породах кураминской группы месторождений по данным полуколичественного спектрального анализа

Место- рождение (массив)	Порода	Число проб	Ti	Mg	Cr	V	Ni	Co	Cu	Ag	Zn	Pb	Sn	Mo	Sr
Бириуза- кан	Бириузоносные вторичные кварциты се- рицитово- вой фа- ции	19	0,3	0,01	0,004	0,01	0,001	0,0002	0,016	0,00003	0,016	0,005	0,0002	0,0007	0,005
Кальма- кыр	То же	5	0,24	0,009	0,002	0,003	0,0005	0,0007	0,1	—	0,009	—	—	0,0006	0,0015
Ак-Тур- пак	»	1	—	0,01	0,0015	0,01	0,0007	0,0005	0,047	—	0,003	0,002	—	0,0005	0,012
Шаугаз	»	1	0,01	0,01	0,0015	0,005	0,001	0,0005	0,01	—	0,004	0,0001	—	—	0,01
Унгурли- кан	»	5	0,25	0,028	0,007	0,012	0,0008	0,0004	0,08	0,00003	0,005	0,006	0,0006	0,001	0,006
Бириуза- кан	Слабо минера- лизованные вторичные кварциты	6	0,24	0,012	0,0024	0,016	—	—	0,04	—	0,005	0,001	—	—	—
	Зоны дробле- ния по этим же породам	6	0,3	0,01	0,003	0,025	0,002	—	0,032	—	0,001	0,0006	—	—	—
Яккобаг	Слабо минера- лизованные вторичные кварциты	5	0,3	0,005	0,0025	0,009	0,0008	0,00007	0,009	—	0,004	0,015	0,0005	0,002	0,007

**Среднее содержание (в %) элементов
Кызылкумских месторождений по данным**

Месторожде- ние (массив)	Порода	Число проб	Ti	Mg	Cr	V	Ni	Co
Тамдытау	Бирюзоносные углеродистые сланцы и квар- циты	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
Султануиз- даг	»	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
»	Те же породы слабо минера- лизованные	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	Не бирюзонос- ные углеродис- тые сланцы и кварциты	5	0,16	0,006	0,011	0,01	0,0015	0,00005
Султануиз- даг	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
Султануиз- даг	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

**Среднее содержание (в %) элементов
по данным полуколичественного**

Порода, месторождение (массив)	Число проб	Ti	Mg	Cr	V	Ni	Co
Кварц бирюзоносный							
Тамдытау	8	0,008	0,008	0,003	0,0001	0,0014	0,0003
Ауминзатау	3	0,02	0,021	0,003	0,0003	0,0006	0,00007
Букантау	4	0,033	0,023	0,002	0,0045	0,028	0,0008
Султануиздаг	3	0,02	0,02	0,001	0,0005	0,0013	0,0003
Бирюзакан	20	0,13	0,02	0,005	0,0025	0,0002	0,0002
Кварц не бирюзо- носный							
Тамдытау	5	0,004	0,015	0,002	0,0004	0,0007	0,00004
Ауминзатау	1	0,007	0,007	0,007	0,0001	0,0002	0,00006
Букантау	4	0,05	0,025	0,003	0,0002	0,0004	0,00007
Султануиздаг	9	0,006	0,18	0,002	0,0001	0,0004	0,0002

в углеродистых сланцах и кварцитах
полуколичественного спектрального анализа

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 I	—
0,0015	—	0,01	0,0008	0,0003	0,00005	0,001	0,0008	0,1	0,004

Таблица 5

в жильном кварце бирюзоносных полей
спектрального анализа

Cu	Ag	Zn	Pb	Sn	Mo	Y	Nb
0,03	0,00007	0,014	0,0004	0,00006	0,0003	0,0003	0,00015
0,005	0,00003	0,006	0,0002	0,00015	0,00025	0,0003	0,00006
0,005	—	0,003	0,0004	—	—	—	—
0,005	—	0,0035	0,0005	—	—	—	—
0,06	0,00006	0,0045	0,001	0,0001	0,00036	0,0004	—
0,002	0,00006	0,04	0,0003	0,0001	0,00005	0,0004	0,0006
0,002	0,00006	0,001	0,0002	0,0001	0,0005	0,0003	0,0003
0,002	0,000003	0,009	0,0008	0,00015	0,00008	0,0003	0,0002
0,0015	—	0,001	—	—	—	0,0003	0,0003

Никель. В бириозоносных породах никель установлен во всех пробах. Содержание его, как и содержание меди и хрома, зависит от процессов, происшедших в породе. В жильном кварце его $2-4 \cdot 10^{-4}$. В бириозоносном кварце Северо-Букантауской площади содержание никеля возрастает до $0,028\%$. Тысячные доли процента отмечены в бириозоносном кварце Султануиздага и в южной части массива Тамдытау. Сотые доли процента никеля установлены в апатитоносном диоритовом порфирите. В ряде случаев до $0,001-0,05\%$ никеля отмечено в зонах дробления, что в 10 раз больше по сравнению с вмещающими породами.

Бириозоносные породы Кызылкумов и Кураминского хребта в целом содержат никель в меньших количествах по сравнению со средним содержанием ($3-6 \cdot 10^{-3}$ против $9,5 \cdot 10^{-3}$ в углеродистых кварцитах и $3-7 \cdot 10^{-4}$ против $8 \cdot 10^{-4}$ в гранитоидах и эффузивах). Только в бириозоносных кварцитах. Букантау отмечено $0,01\%$ никеля. Такое же количество никеля содержится в кварцитах карьера 3 в Бириюзакане. Таким образом, в ряде случаев никелем обогащены породы в бириозоносных участках, но его количество уменьшается на прилегающей площади, т. е. образование бириозы сопровождалось перегруппировкой никеля в метасоматитах.

Кобальт. На бириозоносных площадях всюду кобальт установлен в количествах ниже средних содержаний его в неизменных породах ($2 \cdot 10^{-3}$). В углеродистых сланцах и кварцитах бириозоносных полей Кызылкумов содержание кобальта в небирюозоносных участках не превышает $2-6 \cdot 10^{-4}$, в бириозоносных его $0,0007-0,001\%$. В слабо минерализованных породах Ауминзатау в одной пробе определено $0,009\%$ кобальта.

В породах кураминской группы содержание кобальта близко среднему содержанию кислых пород ($2-7 \cdot 10^{-4}$). В жильном кварце его $7 \cdot 10^{-5}-8 \cdot 10^{-4}$.

Над бириозоносными участками, как правило, отмечается резкое колебание графика с изменением содержания кобальта от пробы к пробе в десятитысячных долях процента, в единичных пробах до $3-6 \cdot 10^{-3}$.

Медь. Один из основных элементов бириозоносных формаций — медь. Содержание ее тесно связано с бириозоносностью пород и их гидротермальными изменениями. Количество меди по любому профилю изменяется от пробы к пробе и зависит от малейшего изменения в составе пород. Бириозоносные породы в целом содержат почти в 10 раз больше меди, чем в неизменных породах: $5-7 \cdot 10^{-3}$ в сланцевых толщах, $2 \cdot 10^{-3}$ в кислых гранитоидах. В бириозоносных породах медь содержится в сотых и даже в первых десятых долях процента. Тысячные доли процента меди содержатся в небирюозоносном кварце, а в бириозоносном количество ее возрастает в 10—20 раз.

В то же время в пределах минерализованных полей установлен четкий вынос меди в бириозоносных участках, по сравнению с боковыми породами. В метасоматитах штольни 4 месторождения Бириюзакан ее $0,035-0,057\%$, а на том же горизонте в бириозоносных породах карьера $0,003-0,002\%$ т. е. в 10—20 раз меньше. На верхнем уступе карьера 3 в слабо окварцованных эффузивах меди $0,15\%$, а в сильно окварцованных бириозоносных участках до $0,21\%$.

На площади месторождения Аякаши I медь почти всюду содержится в количестве $0,005-0,1\%$. В сильно окварцованных бириозоносных участках содержание меди редко поднимается выше $0,003\%$; в дайке лампрофиров, секущей бириозоносные породы, меди $0,05\%$; в неминерализованных породах Ауминзатау $0,026-0,04\%$.

На Кальмакырском месторождении, по данным химических анализов, содержание меди четко возрастает с глубиной, при заметном обеднении в бириозоносных зонах.

По данным металлометрических работ, на бириозоносных полях фиксируются многочисленные мелкие разрозненные ореолы меди с содержанием 0,01% и выше. Бириозоносные зоны характеризуются отрицательными аномалиями, узкими, вытянутыми в широтном направлении. Приведенные данные свидетельствуют о возможном применении купрумметрии на бириозоносных площадях с целью выделения в их пределах бириозоносных зон и участков.

Породы обогащались медью в процессе их метасоматической переработки и в гидротермальном этапе. В процессе образования бириозы медь перераспределялась, поступала в растворы, образующие бириозу. Дальнейшее перераспределение меди происходило уже при гипергенезе, что дало начало вторичным медным минералам, таким как малахит, азурит, хризоколла и др.

Цинк. Характерный элемент бириозоносных полей в Кызылкумах, развит в жильном кварце и менее свойствен магматическим бириозоносным породам Кураминского хребта. В последнем, при среднем содержании для кислых пород $6 \cdot 10^{-3}$ в бириозоносных породах его 0,001—0,005%. В породах Кальмакыра и Бириюзакана цинка 0,009—0,016%. В зонах дробления содержание его минимальное.

В углеродистых метасоматитах цинк содержится в сотых долях процента, в 2—3 раза превышая среднее содержание для сланцевых пород ($8 \cdot 10^{-3}$). В дайке лампрофиров на месторождении Аякаши I его отмечено до 0,09%, а в центральной части бириозоносной зоны содержание цинка в отдельных породах достигает 0,5%. В апатитоносном дайковом диоритовом порфирите бириозоносного поля хр. Султануиздаг цинка 0,2%. Повышенное содержание цинка в бириозоносных породах Кызылкумов способствует развитию цинкосодержащих разновидностей бириозы зеленоватой окраски в этом районе. Содержание цинка прямо зависит от степени гидротермальных изменений пород, их бириозоносности, развития кварцевых жил и даек. Концентрируется он, кроме сфалерита, в углеродистом материале, в пирите и бириозе.

Свинец. В бириозоносных породах всех типов месторождений встречается галенит в виде незначительной минеральной примеси. Поэтому в породах обычно устанавливаются десятитысячные, реже тысячные доли свинца, т. е. количество его ниже, в некоторых случаях близко среднему содержанию неизменных пород ($2 \cdot 10^{-3}$) и лишь в отдельных случаях превышает его. В двух пробах бириозоносных углеродистых кварцитов хр. Султануиздаг свинца 0,01%, в слабо минерализованных вторичных кварцитах Яккобага 0,015%.

На Кальмакырском месторождении содержание свинца возрастает с глубиной и в оруденелых граносиенитах, и в бириозоносных зонах; в последних нередко свинца в 5—10 раз больше, чем в окружающих небирюозоносных кварцитах. По данным металлометрических работ, на бириозоносных площадях местами развиты ореолы свинца с содержанием 0,001% и выше, но связаны они явно с рудной минерализацией и не характерны для бириозоносных зон.

Молибден. Этот элемент весьма характерен для бириозоносных площадей. Как правило, широкие металлометрические ореолы молибдена с содержанием в тысячные доли процента фиксируют бириозоносные площади и в Кызылкумах, и в Кураминском хребте. Молибден тесно связан с ванадием, никелем, цинком, медью в углеродистых свитах.

Обогащены им вторичные кварциты и гидротермальноизмененные породы Кураминского хребта.

При средних содержаниях молибдена $2 \cdot 10^{-4}$ в сланцах и $1 \cdot 10^{-4}$ в гранитоидах, бириузоносные и слабо минерализованные породы Кураминского хребта содержат от 0,0005 до 0,002% молибдена. В бириузоносных породах кызылкумских массивов обычно молибдена содержится 0,001—0,003%. В ряде проб на месторождениях Аякаши I, Аякаши II в бириузоносных зонах установлены сотые и даже десятые доли процента молибдена. В бириузоносных кварцитах Кальмакырского месторождения молибден содержится в десятых и сотых долях процента. В жильном кварце месторождений Ауминистра и Кальмакырском его до 0,02%. По данным В. П. Борискина, пиритизированные породы Бириузакана обогащены молибденом в два раза больше, чем вмещающие толщи, на месторождении Аякаши I в 17 раз, на Унгурликане в 40 раз и на месторождении Джаман-Каскыр в 200 раз. Сочетание положительных скоплений молибдена с отрицательными ореолами меди нередко фиксирует бириузоносные участки.

Фосфор. Наряду с медью и молибденом фосфор — основной элемент бириузоносных полей; характеризуется крайней неравномерностью распределения и, как правило, не устанавливается спектральным анализом. Поэтому на металлометрических картах не фиксируются ореолы фосфора. Содержание фосфора в породах четко связано с их апатитовой бириузоносностью. Резко обогащена фосфором дайка диоритового порфирита бириузоносного поля хр. Султануиздаг, спектральным анализом в ней установлено более 1% фосфора. По данным химических анализов, во вторичных кварцитах Кальмакырского месторождения P_2O_5 0,4—0,9% в бириузоносных участках 0,3%.

Основные носители фосфора в Кызылкумах, в Кураминском хребте и в хр. Каратау — апатит и бириуза. Апатитом обогащены дайки среднего состава всех бириузоносных районов. Диоритовый порфирит вблизи проявления Коспактау буквально переполнен крупными (до 0,3 мм) призматическими и неправильными зернышками апатита, так же как спессартит из дайки вблизи Курумсаковского проявления. В Кураминском хребте в бириузоносных полях апатитовосны наиболее молодые субвулканические и дайковые тела кварцевых и сиенитовых порфиров, гранодиорит-порфиров. При развитии постмагматических и гидротермальных процессов, захватывающих эти породы, апатит распадается, фосфор переходит в раствор и концентрируется затем в бириузе.

Таким образом, резко повышенные содержания в породах фосфора фиксируют прежде всего их апатитовосность. Отрицательные аномалии среди этих пород в местах их метасоматического изменения являются почти прямым признаком бириузоносных участков.

Группой, руководимой Ю. К. Смолиным (1974 г.), в палеозойских отложениях Кызылкумов выделено два морфогенетических типа фосфатного оруденения — желвачковый и дисперсный. Первый тип — отдельные желвачковые образования, содержащие до 25—32% фосфорного ангидрида в сланцевых толщах. Дисперсный фосфор связан с карбонатно-кремнистыми породами с убогим содержанием фосфорного ангидрида, не превышающим 1,5—2% даже в гипергенно-обогащенных участках.

Наиболее обогащены фосфорным ангидридом породы углеродисто-кремнистой формации (среднее содержание 3,49%), в обуглероженных сланцах его среднее содержание 2,2%, в алевролитах 1,47%; наименее фосфоросны карбонатные породы (0,46% фосфорного ангидрида).

В. И. Зонов (1969 г.) и Ю. К. Смолин (1974 г.) отмечают обогащенность фосфором тектонических зон, особенно зон межформационных швов (до 3⁰/₀).

Повышенная фосфорность зон дробления среди пород углеродисто-карбонатно-кремнистой формации и обуславливает прежде всего связь бирюзы с этими зонами. Бирюза не установлена на проявлениях фосфоритов, а на бирюзоносных площадях не встречено фосфоритоносных горизонтов на всей площади Кызылкумов.

Стронций. Это элемент, которым в достаточной степени насыщены неизменные породы ($3 \cdot 10^{-2}$ в кислых гранитоидах, $4,5 \cdot 10^{-2}$ сланцеватых толщах) и явно обеднены бирюзоносные формации. В последних стронций концентрируется в минерале сванбергите, развивающемся в ассоциации с бирюзой. В большинстве проб из Кызылкумов стронций спектральным анализом не установлен вообще. Лишь в кварцитах хр. Султануздаг и в дайке диоритового порфирита месторождения Центрального (Тамдытау) отмечен стронций. На месторождении Аякаши I выделен участок, обогащенный стронцием. Этот участок, кроме того, заметно обогащен молибденом и барием. В бирюзоносных кварцитах Кураминского хребта и на месторождениях Ак-Турпак и Шаугаз стронций содержится в тысячных долях процента.

Таким образом, явные отрицательные аномалии на стронций характеризуют бирюзоносные площади, а бирюзоносные зоны среди них фиксируются еще более пониженными содержаниями стронция, совпадающими с отрицательными аномалиями меди, свинца и ванадия.

Барий. Среднее содержание бария в сланцевых толщах и в кислых разностях пород $8 \cdot 10^{-2}$. Бирюзоносные породы не содержат бария вообще (как на Кальмакырском месторождении) или его содержание значительно меньше среднего. Барий концентрируется в барите, кварц-баритовые жилы обычно завершают гидротермальный процесс, барит нередко является спутником бирюзы, развит в бирюзоносном кварце и даже непосредственно в бирюзе. Наиболее часто он встречается на месторождении Аякаши I: в отдельных пробах — десятые доли процента, и лишь в одной из канавы 7—1⁰/₀.

Цирконий. Среднее содержание циркония во вмещающих бирюзоносные зоны кварцитах превышает средние содержания его для сланцевых и кислых разностей пород ($2 \cdot 10^{-2}$) в 2—3 раза, в бирюзоносных участках они снижаются до тысячных долей процента. Только в зонах дробления Таушанского месторождения было отмечено 0,07—0,09⁰/₀ стронция.

По данным химического опробования, проведенного автором на Кальмакырском месторождении, бирюзоносные породы резко обогащены алюминием, медью, фосфором, окисным и закисным железом. Интересно взаимоотношение закисного и окисного железа. В большинстве проб закисное железо преобладает над окисным, и только вблизи поверхности резко возрастает процент окисного железа (нередко 8—10—17⁰/₀), закисное железо содержится в десятых долях и первых единицах процента. На более глубоких бирюзоносных горизонтах закисного железа от 4 до 9—11⁰/₀, при содержании Fe_2O_3 в тех же пробах не более 1—3⁰/₀, т. е. основная масса бирюзы развита в халькозиновой зоне.

Количество P_2O_5 на верхнем горизонте месторождения колеблется от 0,4 до 0,9—2⁰/₀, а на уступе 4 в бирюзоносных участках в большинстве проб содержание P_2O_5 не выше 0,3⁰/₀. На нижележащем уступе количество фосфора снова возрастает (0,4—0,9⁰/₀).

Глинозем в породах Кальмакыра в большинстве проб составляет 15—19, реже 20%. В бириузоносных участках отмечается уменьшение содержания глинозема.

Из приведенного следует, что вне зависимости от типа месторождений бириузы, а следовательно, и от состава первичных вмещающих пород наиболее характерные элементы бириузоносных пород — фосфор, медь, молибден, ванадий, цинк, свинец, которые характеризуются контрастными положительными или отрицательными ореолами.

Фосфором, содержащимся в апатите, обогащены субвулканические интрузивы Кураминского хребта, дайки среднего состава Кызылкумов и хр. Каратау и ванадиеносные горизонты последнего. Разложение и вынос его, а затем концентрация в виде бириузы, происходят в результате постмагматических и гидротермальных преобразований пород. Обогащение другими пятью элементами бириузоносных пород и перераспределение их в бириузоносных зонах связано с постмагматическими процессами. Последние приводят к перераспределению описанных элементов на бириузоносных площадях и образованию характерных минеральных ассоциаций.

ПОСТМАГМАТИЧЕСКИЕ ОБРАЗОВАНИЯ БИРЮЗОНОСНЫХ ПЛОЩАДЕЙ

Во всех месторождениях и проявлениях Средней Азии бирюза локализуется в жильном кварце среди метасоматических пород и непосредственно в метасоматитах. Производными для бирюзоносных метасоматитов в Кызылкумах были породы углеродисто-карбонатно-кремнистой формации: песчаники, алевролиты, кремнистые образования. Благодаря неоднократному чередованию процессов дробления и минералообразования, указанные отложения в тектонических зонах превращены в кварциты и кристаллические сланцы серицит-кварцевого или алунит-серицит-кварцевого состава с тем или иным количеством углеродистого вещества.

В Кураминском хребте метасоматиты с бирюзой формировались по эффузивным и субвулканическим породам кислого и субщелочного состава: дацитовым, кварцевым и сиенитовым порфирам, гранодиорит-порфирам. В глубоко измененных участках метасоматические образования представляют собой вторичные кварциты алунитовой, каолиновой, кварцевой и серицитовой фаций. В местах развития более низких ступеней гидротермальной переработки породы пропицитизированы. Таким образом, и в Кызылкумах, и в Кураминском хребте бирюзоносные породы являются конечным продуктом метасоматических преобразований типа пропицитов, вторичных кварцитов и слюдиисто-кварцевых сланцев.

УГЛЕРОДИСТЫЕ МЕТАСОМАТИТЫ КЫЗЫЛКУМОВ

Углеродистые метасоматиты образовались по кремнистым, терригенным прослоям и линзам карбонатного состава, составляющим продуктивную углеродисто-карбонатно-кремнистую формацию, условно нижнепалеозойского или рифейского возраста.

Кремнистые породы — основной составляющий элемент данной формации; приуроченности бирюзы к ним не установлено. Это массивные тонко- и мелкозернистые породы розовато-серой, серой и черной окраски с неясно выраженной сланцеватостью. Окраска пород местами пятнистая, что вызвано неравномерным распределением углеродистого материала. Как правило, кремнистые образования рассечены сетью мало-мощных разноориентированных прожилков молочно-белого средне- и мелкозернистого кварца, иногда с полевым шпатом.

В шлифах кремнистые породы представлены слабо анизотропной кринокристаллической массой или четко раскристаллизованным халцедоновым агрегатом, состоящим из тесно сросшихся мельчайших зернышек, волокон и сферолитов. Чаще всего в одном шлифе наблюдается различная степень раскристаллизации. Характерно рассланцевание, обуглероживание и развитие микропрожилков кварца. Все эти процессы тесно взаимосвязаны и проявлены на разных участках по-разному. Встречаются разновидности кремнистых пород: от слабо рассланцован-

рых и обуглероженных с единичными микропрожилками кварца до сильно обуглероженных графитизированных разностей с тонкорассланцованной, микроплойчатой текстурой и густой сетью кварцевых прожилков.

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 отмечены редкие чешуйки графита, располагающиеся между зернами и проникающие внутрь зерен.

В процессе окварцевания разноориентированные трещины выполняются мелко- и тонкозернистым кварцем. Местами наблюдается четкое пересечение одних систем кварцевых прожилков другими.

В более крупных прожилках, в первую очередь на стенках, трещины образуются поперечнорастущие с хорошо ограниченными головками кристаллы, далее трещина заполняется мелко- или среднезернистой массой. Отмечаются участки дальнейшей перекристаллизации породы с образованием мелкозернистых агрегатов и шестоватых кристаллов кварца, в других случаях наблюдаются реликты углеродисто-кремнистого материала. Границы большинства прожилков и линз кварца с вмещающей кремнистой массой четкие, и лишь граница очень мелких прожилков постепенна, что объясняется близостью крупных зерен. При широком развитии кварцевых прожилков и линз породы приобретают кремнисто-кварцевый состав.

Наиболее обычный акцессорный минерал — пирит, образующий включения и кучные скопления, ассоциирующий с углистым веществом и более поздним кварцем, редко с апатитом, эпигенетичными по отношению к вмещающей кремнистой породе.

Наряду с окварцеванием, характерны процессы карбонатизации кремнистых пород, при этом образуются кремнисто-карбонатные разности. Карбонатизация пород следовала за процессом окварцевания. Карбонат выполняет трещинки, пересекающие линзы и прожилочки кварца. Он образует сплошные массы, среди которых развиваются колломорфные формы, мелко- и среднекристаллические агрегаты. Чаще всего карбонат выполняет трещины и пустоты, реже наблюдается в виде крупных бесформенных скоплений. Иногда ромбовидные кристаллики карбоната рассеяны в кремнистой массе.

Кремнисто-кварцевые и кремнисто-карбонатные породы макроскопические, в шлифах массивны и практически не затронуты выветриванием. Отмечаются лишь гидроокислы железа, образованные за счет разложения пирита, и пустоты, сформировавшиеся при выщелачивании карбоната. Карбонатизация пород представляется завершающим процессом их метаморфического преобразования, при гипергенном процессе карбонат выщелачивается и, вероятно, переотлагается.

Кварциты с розовиковой структурой (роговики) отмечаются в составе продуктивной формации за пределами бириузоносных полей. Это массивные породы, состоящие из тесно сросшихся изометричных или несколько неправильных зернышек кварца. Строение и состав их идентичны в различных массивах. Изредка в роговиках установлены единичные прожилки шестоватого кварца и реликтовые полосы углеродисто-кремнистого состава.

Из второстепенных минералов всюду развит пирит и в виде редких мелких пластинок биотит. Вблизи проявления Каратау II в ороговикованной породе определен апатит в виде угловатых, округлых и неправильных и неправильных бесцветных зерен с высоким рельефом. Здесь же наблюдаются пустоты тех же форм и размеров, что и зерна апатита.

Кварциты углеродистые тонкополосчатые развиты во всех бирюзоносных площадях Кызылкумов, но вне бирюзоносных зон. Они образуют удлиненные линзовидные тела, часто расположенные цепочкой. Мощность тел кварцитов 0,5—20 м, редко более. Породы массивные или сланцеватые, с хорошо выраженной полосчатой текстурой, обусловленной чередованием кварцевых и углеродистых прослоев. Окрашены в серо-черные и черные тона. Кварцевые прослои характеризуются различной крупностью зерна. Углеродистое вещество пропитывает породу в виде тонкочешуйчатой массы или образует различной густоты и мощности полосы. Основная часть углеродистого материала приурочена к более мелкозернистым прослоям кварца, более крупнозернистые содержат отдельные чешуйки графита или практически свободны от углерода. Заметная концентрация углеродистого вещества наблюдается в зальбандах открытых трещин. Для данной разновидности кварцитов характерно развитие кварцевых, преимущественно секущих прожилков, нередко с пустотами выщелачивания и мелкими кристалликами горного хрусталя, ванадиевых охр и гидроокислов железа. В качестве аксессуарных минералов отмечаются зерна граната, ярозита, кубики пирита, малахита.

Кварциты разнозернистые — основная вмещающая порода бирюзоносных зон, образовавшаяся, по-видимому, в результате перекристаллизации описанных пород при динамометаморфизме. Это полностью перекристаллизованные породы углеродисто-кварцевого состава с характерными микроструктурами: брекчиевой, волнистосланцеватой, милонитовой (рис. 31). Часто зерна кварца раздавлены и вытянуты. По микротрещинам развиты шестоватые кристаллики кварца. Крупность зерна основной массы кварцитов колеблется от долей до нескольких миллиметров. Размеры участков с различной крупностью зерна, их взаимоотношения самые разнообразные. Местами зерна кварца достигают 5—6 мм в поперечнике, 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, неправильные пятна, выполняет промежутки между участками с различной крупностью зерна и переполняет зернышки кварца. По сланцеватости в местах максимального дробления развиты серицит, мусковит, хлорит, единичные кристаллики пирита и гидроокислы железа. В редких шлифах отмечается незначительная карбонатизация. Вне бирюзоносных зон среди разнозернистых кварцитов присутствуют хризоколла и малахит. В бирюзоносных зонах они пронизаны сетью тонких прожилков кварца с каолинитом, алунитом, бирюзой и гидроокислами железа. Несмотря на неоднократное дробление, породы монолитны, макроскопически не всегда отличимы от небирюзоносных метасоматитов, в шлифах четко выделяются благодаря характерным катакlastическим микроструктурам.

Кварциты с зубчатой гранобластовой структурой могут быть выделены только микроскопически, развиты во всех бирюзоносных полях Кызылкумов. Кварциты гранобластовой структуры представляют собой промежуточную разность между разнозернистыми кварцитами и шестоватыми кварцитами.

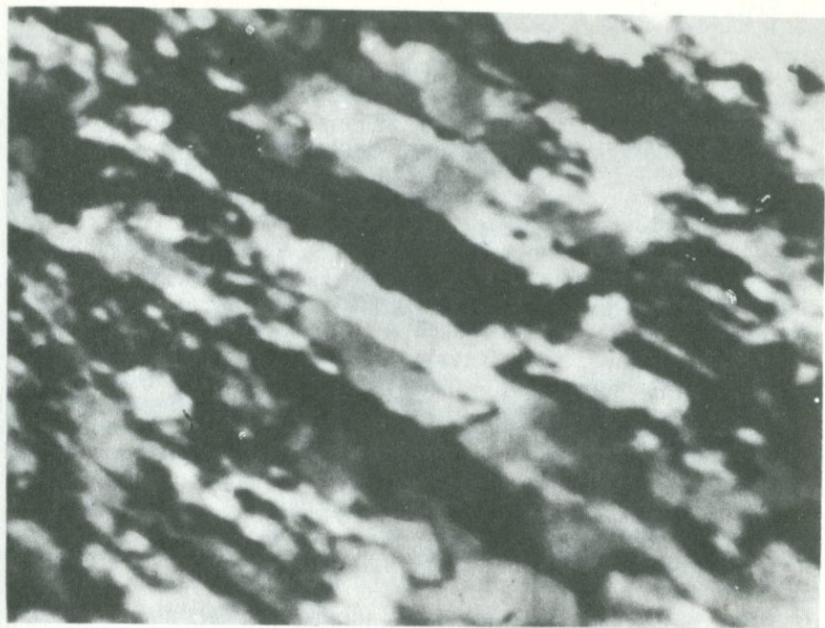
Текстура пород сланцеватая, плоскопараллельная. Состав существенно кварцевый, в отдельных шлифах установлена заметная примесь углеродистого вещества, которое концентрируется в виде тонких параллельных и извилистых полос, подчеркивающих сланцеватость пород. Квар-



Р и с. 31.
Разноориентированные прожилки кварца в углеродистых кварцитах

циты, как и все предыдущие разновидности, массивны, состоят из тесно сросшихся зерен кварца, как правило вытянутых в одном направлении. Зерна удлиненные, с зазубренными очертаниями. Местами кварцит состоит из зерен почти одного размера, в большинстве случаев развиты различные сочетания зерен с зубчатыми ограничениями, мелкими изометричными или неправильными зернами. На других участках породы развиты пластинчатые и шестоватые зерна кварца, образующие линзовидные скопления и микропрожилки. Второстепенных и акцессорных минералов в кварцитах зубчатой гранобластовой структуры практически нет.

Кварциты с шестоватым кварцем развиты повсеместно на бирюзосносных площадях Кызылкумов и отсутствуют за их пределами. Эта разновидность метасоматитов выделяется четко микроскопически, благодаря оригинальности своей структуры. Шестоватые кварциты содержат основную массу прожилков и включений бирюзы. Отдельные микропрожилки шестоватого кварца наблюдаются в разнозернистых кварцитах. В данном случае шестоватый кварц развивается не только в микропрожилках, но и в основной массе породы. Количество его самое разнообразное: от отдельных зерен до сплошной массы удлиненных зернышек разного размера (рис. 32). Кварциты шестоватые, представлены максимально перекристаллизованной породой, завершающей процесс метаморфизма. Явная уплощенность, сдавленность и вытянутость зерен кварца в одном направлении отмечаются в ряде шлифов. В одном шлифе наблюдаются переходы разнозернистого кварца к шестоватому. Как и описанные разновидности, шестоватые кварциты содержат то или иное коли-



Р и с. 32.
Углеродистый кварцит шестоватой структуры. С анализатором

чество углеродистого материала. При перекристаллизации основной массы породы происходит его перегруппировка. Местами углерод развит в виде тонкой вкрапленности, в других случаях 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 $\times 20$ в кварцитах видны обильные пустоты выщелачивания разнообразных размеров. Форма микропустот чаще призматическая и овальная, напоминающая минеральные образования. Более крупные пустоты неправильных форм. Нередко в кварцитах отмечается густая вкрапленность пирита. Большинство зерен округлые, овальные и шестиугольные, иногда с прямоугольными гранями. Пирит свежий, практически не затронутый выветриванием. Из аксессуарных минералов в шестоватых кварцитах встречены лишь единичные зерна циркона.

Углеродисто-серицит-кварцевые сланцы слагают большую часть бирюзоносных площадей гор Букантау — Тамдытау, Ауминзатау, развиты в пределах бирюзоносных зон хр. Султануиздаг и редки в горах Кульджуктау и Бельтау. Это тонкорассланцованные и микроплойчатые породы кварцевого состава с углеродисто-серицитовыми прослоями черного, серовато-черного и пепельно-серого цвета. Нередко сланцы гематизированы с многочисленными согласными, реже секущими, прожилками кварца невыдержанной мощности. Кварц в прожилках серый и сероватобелый мелко- и тонкозернистый, полупрозрачный, интенсивно дробленный и выщелоченный. В сланцах образуются желваки, бобовины, гнезда и прожилочки бирюзы. По поздним трещинам, секущим сланцы, квар-

цевые и бириозоносные прожилки, развиваются лимонитовые охры и кальцит.

По микротрещинам, устанавливаемым в шлифах, развиты чешуйки мусковита и серицит, тесно ассоциирующие с поперечнорастущими и разноориентированными призмочками кварца. В послонных образованиях серицит ассоциирует с углеродистым веществом, и, развиваясь позже, замещает его. Чем больше серицита в породе, тем меньше углеродистого вещества, и наоборот. Отметим, что серицитовые сланцы наиболее подвержены процессам выветривания.

Основная кварцевая масса сланцев в шлифах представлена мелко- и тонкозернистым агрегатом, иногда с кремнистыми участками.

Среди описываемых сланцев наблюдаются: а) прослои сланцеватых песчаников, обуглероженных и серицитизированных. В них устанавливаются апатит, турмалин, пирит, единичные зернышки эпидота, связанные с процессами мусковитизации и биотитизации в участках наибольшего дробления и перематости пород; б) небольшие прослои графитизированных сланцев, состоящих из тонких углеродистых частиц, более крупных чешуек и скоплений графита, мелкозернистого кварца, халцедона, кремнистого агрегата. Отмечаются тонкие просечки кварцевого и кварц-карбонатного состава. Графитизированное углеродистое вещество образует плотные, слабо просвечивающие массы. В местах катаклаза развиты серицит, отдельные чешуйки мусковита, линзы и прожилки ярозита и опала.

В зонах дробления, бреккирования, милонитизации, широко развитых в пределах бириозоносных полей, описанные уже кварциты и сланцы превращены в макро- и микробрекчии с углеродистым, гематитовым и железисто-карбонатным цементом.

ВТОРИЧНЫЕ КВАРЦИТЫ КУРАМИНСКОГО ХРЕБТА

Эти кварциты являются вмещающими породами ряда месторождений: полиметаллических, алунита и бириозы. Приуроченность бириозы к вторичным кварцитам была впервые отмечена на месторождении Бириозакан [Менчинская, 1971].

Все проявления бириозы Кураминского типа приурочены к массивам вторичных кварцитов и пропилитов. Метасоматические образования указанных типов широко развиты по северному склону Кураминского хребта и в виде отдельных пятен отмечаются на южном склоне и вблизи осевой его 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 простираения Кураминского хребта.

Исследователи Карамазара отмечают наличие здесь вторичных кварцитов загликского, камчатского и журавлихинского типов, связывая их образование с эффузивной, интрузивной и гидротермальной деятельностью, проявленной на заключительных этапах магматизма этого региона.

На месторождениях Акташ и Кальмакыр вторичные кварциты формируются в контактовых зонах штоков гранодиорит-порфиоров, 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 друг другу, несмотря на разнохарактерность первичных пород и полезных ископаемых, присущих тому или иному комплексу. Это обеленные 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 (серицит-кварцевая), алунитовая и каолининовая фации вторичных кварцитов и пропилиты. Для последних, наряду с окварцеванием и серицитизацией, характерны процессы мусковитизации, хлоритизации, карбонатизации, каолинитизации, реже эпидотизации. Таким образом, описываемые метасоматиты полностью отвечают низкотемпературным фациям вторичных кварцитов и пропилитам Н. И. Наковника [1968].

Бирюзоносные площади и зоны расположены среди кварцевой и серицитовой фаций вторичных кварцитов и среди пропилитов. По мнению большинства исследователей, наиболее низкотемпературные — алунитовая и каолининовая фации, завершающие процесс метасоматического гидротермального изменения пород, не характерны для них и образуются уже после отложения бирюзы.

Как и в Кызылкумах, процессу образования бирюзоносных и не бирюзоносных вторичных кварцитов предшествовали процессы интенсивного трещинообразования и дробления пород, способствующие проникновению газогидротерм.

Среди крупных площадей описываемых метасоматических пород Кураминского хребта бирюзоносные кварциты слагают небольшие участки и зоны; они характеризуются специфическими структурами и минералообразованием, что объясняется их дальнейшей гидротермальной переработкой и перекристаллизацией. Характерная особенность бирюзоносных кварцитов — их пиритизация, гематитизация и ярозитизация. В ряде случаев макроскопически ярозит определяется как гидроокислы железа или как окисленный пирит.

В шлифах ярозит имеет четкие кристаллографические формы, образует псевдоморфозы по пириту или выполняет трещины в виде макро- и микропрожилков. Тесно ассоциируя с бирюзой, он во всех случаях развивается позже, замещая ее в краевых зонах и по трещинам. В процессе дальнейших гипергенных изменений ярозит дает начало и замещается гидроокислами железа. Максимально развит ярозит в бирюзоносных зонах Кальмакыра и Ак-Турпака в ассоциации с рудными минералами.

Неизменный чешуйчатый гематит с металлическим блеском отмечается в массивных кварцитах и кварцевых жилах, тесной ассоциации с бирюзой не обнаруживает. При выветривании в породах развивается гидрогематит. Нередко гематит и ярозит встречаются одновременно, обуславливая наряду с пиритом широкое развитие гидроокислов железа в верхних горизонтах бирюзоносных зон. Бирюзоносные метасоматиты, затронутые процессами выветривания, в той или иной степени каолинизированы, пористые, с пустотами выщелачивания. Это дает основание ряду исследователей подчеркивать связь бирюзы с корами выветривания, пренебрегая фактами повсеместной связи бирюзы с жильным кварцем и метасоматитами строго определенного состава и структуры, а также тем фактом, что ювелирная бирюза развивается в незатронутых выветриванием породах и замещается комплексом вторичных минералов в зоне выветривания.

Макроскопически бириузоносные метасоматиты от небирюзоносных трудно из-за идентичности их состава и значительной выветрелости в верхней зоне. В шлифах на бириузоносных площадях выделяются следующие разности.

1. Вторичные кварциты серицит-кварцевой фации с шестоватым кварцем. Эта разновидность кварцитов представляет собой прокварцованную и перекристаллизованную серицитовую фацию кварцитов, по Н. И. Наконнику. Данная разновидность кварцитов развита в пределах всех бириузоносных участков Кураминского хребта и служит вмещающими породами бириузоносных зон, точнее, она наряду с жильным кварцем слагает бириузоносные зоны. При резком макроскопическом отличии углеродистых бириузоносных кварцитов Кызылкумов от вторичных кварцитов Кураминского хребта в шлифах они близки или практически идентичны.

Макроскопически бириузоносные кварциты Кармазара представляют собой массивные светлоокрашенные, почти белые породы с густой сетью тонких прожилочек и линз кварца. В шлифах кварц, наряду с серицитом, слагает основную массу породы, прожилочки, линзы и неправильные обособления. Границы прожилочек в большинстве случаев достаточно четкие. Кварц в линзах и обособлениях, разрастаясь, постепенно замещает тонкозернистую кварц-серицитовую массу кварцита, замещившую, в свою очередь, первоначальную породу. Шестоватый кварц в основном развивается прежде всего в зальбандах более крупнозернистых кварцевых обособлений. В прожилках шести кварца формируются от зальбандов к центру, чаще располагаются беспорядочно. Второстепенные минералы бириузоносных метасоматитов с шестоватым кварцем — серицит, ярозит, гидроокислы железа, в незначительном количестве глинистые минералы.

2. Вторичные кварциты серицитовой фации распространены более широко и наряду с описываемыми пропилитами в основном слагают массивы измененных пород. Серицитовые кварциты являются вмещающей породой для бириузоносных кварцитов. Характеризуются крипто-, тонко- и мелкозернистой лепидобластовой структурой. Очень часто раздроблены до милонитов и в дальнейшем перекристаллизованы. По сравнению с бириузоносными существенно кварцевыми метасоматитами, серицитовые кварциты в большей степени каолинизированы, ярозитизированы и ожелезнены. Ярозит нередко образует кучные скопления и прожилки.

На основных бириузоносных площадях (Бирюзакан, Унгурикан и др.) серицитовые кварциты идентичны друг другу при небольшом колебании состава, степени выветрелости и характера дробления. На участках Яккобаг и Кальмакыр в кварцитах, наряду с серицитом, присутствует мелкочешуйчатый мусковит, зерна кварца чаще всего округлые, и порода напоминает роговик. В кварцитах с гранобластовой структурой отмечаются маломощные прожилочки и включения бирюзы. Эти кварциты слагают более глубокие (40 м и ниже) горизонты месторождений вблизи или в пределах рудоносных зон.

3. Оруденелые серицит-кварцевые метасоматиты. Эти разности наиболее характерны для бириузоносных зон Кальмакыра, Ак-Турпака, реже отмечаются в районе Унгурикана и в Табошарском массиве вторичных кварцитов. Отличительные особенности их — обильная вкрапленность пирита, реже халькопирита, чешуйки молибденита, участки гранобластовой структуры и заметная мусковитизация.

В данной разновидности интересны взаимоотношения бирюзы с пиритом и другими рудными минералами. Чаще всего прожилки бирюзы

просекают оруденелый кварцит, отдельные скопления и прожилки сульфидов. Здесь же наблюдаются трещины, выполненные в центре бирюзой, а в зальбандах сульфидами. В редких случаях установлены просечки сульфидов по бирюзе. Обычна и широко развита тонкая, нередко обильная вкрапленность пирита в бирюзе. Весьма характерна сильная каолинизация бирюзы в оруденелых кварцитах. При этом яркая голубая бирюза в выработках при высыхании становится белесой, мелоподобной и нередко определяется как «медистый галлуазит». Встречаются прожилки, сложенные бирюзой и каолинитом с четкими границами, по которым хорошо видно более позднее образование каолинита при повторном приоткрывании трещины. Каолинизация бирюзы происходит, как нам представляется, на заключительных этапах гидротермального процесса, при наложении каолининовой фации. Основная масса сульфидов предшествует отложению бирюзы и в небольшом количестве сопутствует ей. Основная масса каолинита выделяется позже бирюзы и в какой-то мере сопровождает ее в начальной стадии отложения. Таким образом, бирюза образуется после формирования главной массы рудных компонентов и до образования каолининовой фации вторичных кварцитов.

4. Пропилиты. Развита во всех бирюзоносных массивах, представляют собой в той или иной степени серицитизированные, окварцованные, реже хлоритизированные, карбонатизированные разности, сохраняющие порфиоровую структуру первичных пород. В пределах бирюзоносных массивов наиболее развита серицит-альбитовая фация пропилитов; эпидот и хлорит отмечаются в единичных шлифах; наиболее широко развиты эти минералы в небирюзоносном массиве Сары-Чеку. Более характерен мусковит, крупные чешуйки которого замещают цветной компонент. Пропилитизации подверглись самые разнообразные породы: дацитовые и андезитовые порфиры, гранодиорит-порфиры, кварцевые, сиенитовые и диоритовые порфиры. Последние три группы пород преимущественно развиты в бирюзоносных массивах. Пропилитизированные андезитовые порфиры отмечены в единичных шлифах на проявлениях Шаугаз, Яккобаг и на флангах месторождения Бирюзакан.

Пропилиты во всех случаях характеризуются перекристаллизованной серицит-кварцевой основной массой. Вкрапленники или замещены полностью и сохраняют кристаллографические очертания или хорошо сохранены и представлены калиевым полевым шпатом, альбитизированным плагиоклазом, округлыми и резко неправильными зёрнами кварца и табличками темноцветов.

Для наиболее измененных разностей, приближающихся к кварцитам, характерен ярозит. Он образует вкрапленники, кучные скопления и микропрожилочки. Местами ярозит развивается по вкрапленникам полевых шпатов и мусковитизированных темноцветов. Разлагаясь, ярозит замещается гидроокислом железа и глинистым минералом, затем при выщелачивании образует характерные пустоты.

Местами в пропилитах обнаруживаются призмочки апатита, замещающиеся кварцем и глинистым минералом. Апатит образует неправильные и призматические зернышки в основной массе породы, развивается по мусковитизированным вкрапленникам цветного компонента и одновременно с кварцем отлагается в поздних трещинах.

В пропилитах обычны микро- и макропрожилки шестоватого кварца. Практически во всех случаях породы каолинизированы, но в незначительной степени.

Кварцево-жильные поля, кварцево-жильные зоны и кварцевые штокверки — неотъемлемые элементы бириузоносных площадей Кызылкумов. Общая площадь развития кварцевых жил в палеозойских массивах составляет около 700 км², из которых около 300 км² занимают бириузоносные площади. Полезная нагрузка в кварцевых жилах устанавливается лишь при развитии их среди пород углеродисто-карбонатно-кремнистой формации; при выходе за пределы продуктивной толщи кварцевые жилы бириузы не содержат.

В полном соответствии с площадями развития кварцевых жил находятся бириузоносные площади. Максимально развит жильный кварц в горах Букантау, где общая площадь распространения кварцевых жил составляет 260 км²; главным образом он сосредотачивается в пределах бириузоносных узлов Северо-Букантауского, Южно-Букантауского и в Ирлирской бириузоносной зоне.

В Тамдытауском горном массиве Центральных Кызылкумов кварцево-жильные зоны занимают площадь около 250 км², концентрируясь в восьми вблизи расположенных полях. Жильные образования преимущественно развиты среди песчано-сланцевых метаморфических толщ, относимых большинством исследователей к нижнесилурийскому и рифейскому возрасту. Основная масса проявлений бириузы сосредоточена на площади Центрального кварцево-жильного поля (Южно-Тамдытауский бириузоносный узел) площадью около 140 км². Узлы скопления кварцевых жил приурочены к месторождениям бириузы, таких как Центральное, Западное, Дальнее, Юго-Восточное и Восточное, и к ряду более мелких проявлений.

Ауминза-Бельтауское поднятие представлено разрозненными выходами палеозойских пород среди отложений мезо-кайнозоя. Кварцево-жильные образования здесь в основном развиты около зоны Ауминзинского разлома и вытянуты в виде полосы мощностью 1—4 км в широтном направлении. В пределах этой полосы расположено месторождение Ауминза и ряд проявлений. Небольшие поля кварцевых жил развиты в горах Коспактау с наибольшей концентрацией вблизи горы Косшока с одноименным проявлением бириузы.

В горах Кульджуктау площадь развития кварцево-жильных образований составляет всего лишь 12 км², с наибольшей концентрацией у Таушанского гранитоидного интрузива, в экзоконтакте которого расположено месторождение Таушан. Здесь находится несколько разобнесенных кварцево-жильных полей площадью 0,5—2 км². Большая часть их вытянута в субширотном направлении в соответствии с простиранием углеродистых пачек.

Таким образом, с севера на юг в Центральных Кызылкумах резко уменьшаются площади развития кварцево-жильных полей и, соответственно, бириузоносные площади, максимально развитые в горах Букантау, минимально — в горах Кульджуктау.

В хр. Султануиздаг, относящемся уже к Западным Кызылкумам, кварцевые жилы распространены на площади около 100 км², они сконцентрированы на пяти полях, из которых бириузоносно лишь одно, протягивающееся от колодца Тебин-Булак до среднего течения Казансая; протяжение его 22 км, ширина до 3,5 км.

К югу от бириузоносного жильного поля, включающего месторождения Тебин-Булак и Султануиздагское, расположен Актауский гранитоид-

ный массив. Бириозоносные кварцевые жилы расположены в северо-западной части поля. Они четко приурочены к поздним зонам милонитизации, контролирующимся тонкими прослоями углеродистых метасоматов.

Детальными исследованиями установлено, что кварцево-жильные поля во всех массивах метаморфических пород Кызылкумов формировались при сходных условиях. Все кварцево-жильные поля контролируются крупными зонами смятия и рассланцевания, независимо от того, располагаются ли они в зоне экзоконтакта гранитоидных массивов или на удалении от них, над интрузивами, не вскрытыми эрозией и устанавливаемыми буровыми скважинами или по геофизическим данным. Участки развития кварцевых жил характеризуются максимальными изменениями вмещающих пород до кварцитов, роговиков и сланцевых метасоматов слюдисто-кварцевого, слюдисто-алунит-кварцевого и кварц-полевошпатового состава. Большая часть кварцевых жил согласна с простираем пород, подчеркивает макро- и микроскладчатость, но, как правило, жилы кососекущие по падению, так как залегание их контролируется не слоистостью, а сланцеватостью пород. Не менее значительная часть кварцевых жил отчетливо следует вдоль тектонических трещин, секущих породы в различных направлениях и под различными (от вертикальных до горизонтальных) углами. Во всех случаях контакты жил и прожилков с вмещающими породами резкие, подчеркнуты часто ожелезнением, тонким рассланцеванием и зеркалами скольжения в зальбандах. 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 бириозой и железисто-карбонатным материалом.

Формирование кварцево-жильных полей было длительным и многостадийным, с неоднократным приоткрыванием трещин и поступлением растворов, связанных с гидротермальной деятельностью.

Широко развитые метасоматические процессы привели к формированию различных кварцитов и роговиков. Развитие метаморфогенного кварца ограниченное; он слагает тонкие прослои и небольшие линзы сахаровидного строения. Прослои метаморфогенного кварца характеризуются постепенными и строго согласными в мельчайших деталях контактами с вмещающим их слоем.

Исследователи Мурунтауского жильного поля выделяют шесть генераций жильного кварца, в том числе первая генерация метаморфогенная. Ю. Ф. Баскаков (1970 г.) для Ауминза-Бельтауского поднятия описывает четыре генерации гидротермального жильного кварца.

На основании детального изучения бириозоносных и небирюзоносных кварцево-жильных полей автором выделены следующие разновидности и генерации кварца.

1. Кварц сахаровидный мелкозернистый (метаморфогенный). Кварц данной разновидности практически не характерен для бириозоносных участков. Выделяется достаточно четко макроскопически, светло-серый со стекляннм блеском и с неразличимой на глаз крупностью зерна. Структура массивная, равномернозернистая.

В шлифах кварц состоит из тесно сросшихся изометричных и близк-изометричных зернышек с ровными и слабо извилистыми ограничениями. Структура роговиковая или близкая к ней. Размер зерен колеблется от сотых долей до десятых долей миллиметра основной массы; среди последней нередко отмечаются отдельные зернышки, участки с размером

зерен от 0,5 до 1—2, редко 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. Эти жилы также не связаны с бирюзовой минерализацией.

II. Гранулированный кварц. Встречается во всех палеозойских массивах Кызылкумов, но имеет ограниченное развитие. Наиболее часто отмечается в хр. Султануиздаг. Кварц практически безрудный и небирюзоносный, характеризуется массивной равномернoзернистой структурой с крупностью зерна от 0,5 до 1—2 мм. Окраска светлая, местами просвечивает, гранулы полупрозрачны.

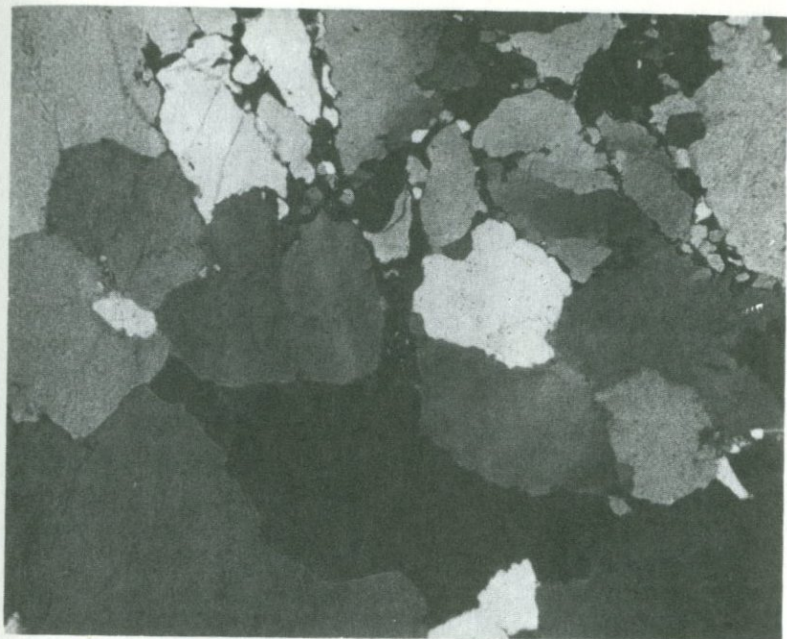
В шлифах представлен тесно сросшимися округлыми зернышками-гранулами. Местами гранулы разделены милонитизированной буроватой массой (рис. 33). Макро- и микроскопически эта разновидность жильного кварца, как и первая, четко отличима от других, образует самостоятельные жилы и жилы с карбонатами за пределами бирюзоносных участков.

III. Среднезернистый кварц. Достаточно широко распространен в палеозойских массивах, небирюзоносный, представляет собой как бы промежуточную разновидность между мелкозернистым жильным кварцем и гранулированным. Местами в жилах средне- и мелкозернистого кварца отмечаются участки гранулированного; не исключено, что данная разновидность является как бы «прародителем» гранулированного кварца. Среднезернистый кварц также характеризуется массивной текстурой, сероватой окраской, местами полупрозрачный.

В шлифах кварц состоит из тесно сросшихся зерен размером от долей до 2—3 мм в длину и в поперечнике. Отмечаются шлифы с кварцем, представленным однородными 2—3-миллиметровыми зернами, и шлифы с небольшими участками мелких округлых зернышек. Как правило, зерна, слагающие среднезернистый кварц, уже не имеют ровных ограничений, края их извилисты, местами зазубрены. Погасание зерен ровное, без заметного катаклаза.

IV. Кварц крупнозернистый и гигантозернистый с характерной молочно-белой окраской. Данной разновидностью сложена основная масса крупных безрудных и небирюзоносных жил Кызылкумов. Кварц макроскопически характеризуется массивным сложением. Величина зерен составляет несколько сантиметров в длину и в поперечнике; часто кристаллы уплощенные и кварц приобретает ложную спайность, напоминая листоватые кристаллы клевеландита. При раскалывании в образцах крупнозернистого кварца часты плоские сколы и ограничения.

В многочисленных шлифах кварц этой разновидности однообразен и идентичен. Всюду в поле зрения шлифа наблюдается чаще всего одно зерно, уходящее из поля зрения при объективе $\times 3,5$, или видна граница двух, реже трех зерен, также уходящих за пределы поля зрения. Погасание прямое, без следов катаклаза. Границы срастания зерен прямые или слабоволнистые. Всюду зерна кварца покрыты тончайшей сетью микротрещин, местами с незначительным включением углистого вещества. Эту разновидность кварца ряд исследователей относит к метаморфогенному кварцу в основном на основании того, что в большинстве случаев он образует согласные жилы и линзы, на значительном удалении от интрузивных массивов. По данным автора, большая часть жил крупнозернистого кварца отчетливо приурочена к тектоническим трещинам



Р и с. 33.
Катаклазированный разнозернистый кварц. С анализатором

и зонам наибольшего смятия и расланцевания в экзоконтакте гранитоидных массивов, выходящих или не выходящих на поверхность.

Развитие и наложение на кварцево-жильные зоны более поздних тектонических подвижек приводит к образованию катакlastических разностей жильного кварца. Отметим сразу, что эти разности развиты и всюду наблюдались автором как разности, образовавшиеся за счет крупнозернистого кварца. Ничего подобного не наблюдалось в первых трех разновидностях.

Катаклазированный крупнозернистый кварц. Макроскопически эта разновидность кварца отличается от описанной сероватым оттенком и жирным блеском, местами полупрозрачностью. Кварц нередко обогащен углистым веществом, достаточно часты в нем крупные пустоты выщелачивания, выполненные гидроокислами железа с карбонатом, реликтами полевых шпатов и барита. Изредка отмечаются мелкие открытые пустоты с тонкими корочками и игольчатыми кристалликами горного хрусталя. Эта разновидность кварца широко развита во всех массивах и достаточно четко диагностируется. При детальном рассмотрении образца в крупно- и гигантозернистой массе кварца устанавливаются более мелкозернистые участки. Характерна сеть тонких разноориентированных притертых трещинок, вдоль которых развиваются пленки гидроокислов железа.

В шлифах в большинстве случаев кварц сохраняет крупность и целостность зерна, но характеризуется резко неравномерным мозаичным, волнистым и иногда перистым угасанием. Часть зерен уже как бы раздавлена на более мелкозернистые участки. Вдоль поздних трещин и на

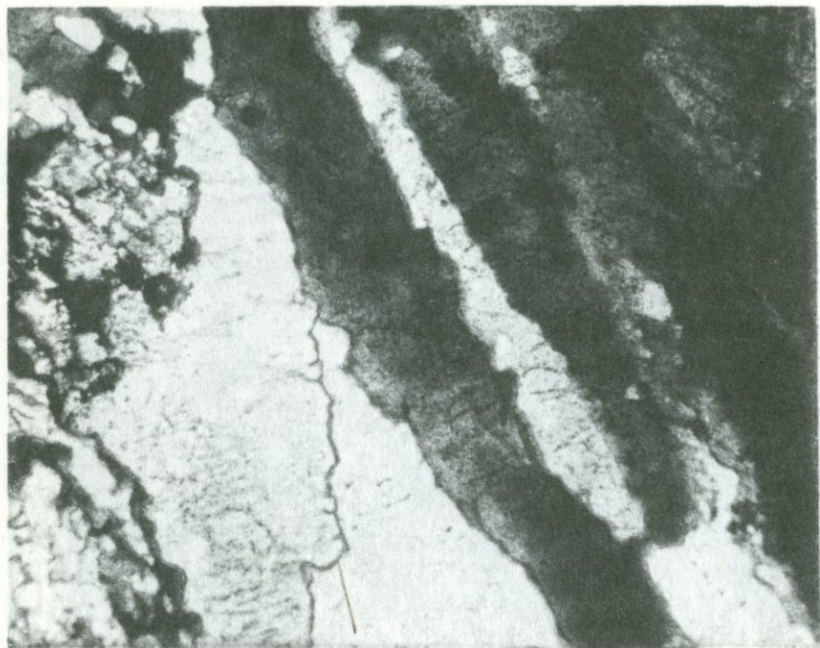


Рис. 34.
Крупношестоватый кварц. С анализатором

стыках зерен нередко мелко- и тонкозернистые образования. Кварц достаточно однотипен в шлифах. Изменяется постоянно лишь количество катакластических трещинок, характер и размер мелкозернистой массы, выполняющей их. Чаще всего раздроблены и перекристаллизованы краевые части зерен.

При дальнейшем развитии катаклаза в долгоживущих трещинах отмечаются сильно катаклазированные, местами перетертые до милонитов и кварцевых брекчий разности жильного кварца.

Сильно катаклазированный разнозернистый кварц. Макроскопически это все те же массивные, достаточно широко распространенные разности жильного кварца, в ряде случаев трудно отличимые от крупнокристаллического кварца. При достаточном опыте можно отметить неравномерность зерна, большую трещиноватость и полупрозрачность. Иногда в этой разности отмечаются тончайшие иголки ярко- и желтовато-зеленого турмалина, участки, обогащенные углистым веществом. К наиболее катаклазированным участкам в ряде случаев приурочены бирюза и сопутствующие ей минералы.

Шестоватый кварц. Эту разновидность кварца автор считает одной из конечных разностей катаклаза и перекристаллизации. От описанных катаклазированных разностей она отличается характерной структурой. Тесно сросшиеся удлиненно-призматические кристаллы присущи не самостоятельным жилам, а отдельным участкам их. Местами шести достигают нескольких сантиметров в длину при мощности от долей до 1 см и более; изредка наблюдаются хорошо ограненные головки этих кристаллов (рис. 34).



Р и с. 35.
Зерна и шесты кварца в тонкодробленном материале. С анализатором

Макро- и микроскопически участки шестоватого кварца связаны постепенными переходами с катаклазированным кварцем. В ряде образцов шестоватая структура кварца устанавливается лишь при детальном изучении образца или только под микроскопом. При беглом осмотре такие образцы легко могут быть отнесены к разнозернистым катаклазированным разностям.

Шестоватый кварц в жильных полях развит ограниченно и распространен обычно в бирюзоносных зонах; это служит основным и характерным поисковым признаком. При катаклазе и перекристаллизации в жильном кварце возникают характерные пустоты и трещины, выполняемые кристалликами горного хрусталя, бирюзой и сопутствующими им минералами. Часто в шлифах наблюдаются зерна карбоната.

При дальнейшем дроблении жильного кварца развиваются кварц-лимонитовые, кварц-карбонатные брекчии, брекчии кварца, сцементированные в одних случаях бирюзой, в других — малахитом. Характерны кварц-ярозитовые образования. Все эти разновидности хорошо различимы макро- и микроскопически (рис. 35).

Полевшпат-кварцевые жилы. В основном они развиты среди небирюзоносных толщ, но нередко встречаются кварцевые жилы с полевым шпатом и в пределах бирюзоносных полей (Аякаши I, II, Джаман-Каскыр, Дербез и др.). Очень характерны эти жилы для месторождения Тебин-Булак, где в ряде случаев можно наблюдать ассоциацию бирюзы и полевого шпата при тесном срастании друг с другом. Нередко бирюза находится внутри зерен полевого шпата, как бы обрастая им, иногда наблюдается взаимопроращение их. При выветривании первым разру-

шается полевой шпат, образуя «рубашку» глинистых минералов вокруг бирюзы. В шлифах встречаются зерна калиевого шпата с четкой микроклиновой решеткой и ихтиоглиптами кварца. Чаще в катаклазированном кварце отмечаются редкие таблички и небольшие сростки плагиоклаза. Кварц в данных жилах слабо катаклазирован, местами гранулирован.

В заключение отметим, что автор не дает полную генетическую классификацию жильного кварца Кызылкумов, так как практически его интересовала лишь возможность выделения бирюзоносных разновидностей среди обилия кварцевых жил. Приведенное описание, вопреки мнению ряда исследователей, достаточно отчетливо свидетельствует о преимущественном развитии гидротермального кварца над метаморфогенным (речь идет только о жильном кварце) и о том, что только с катакластическими разновидностями гидротермального кварца может быть связана бирюза.

В Кураминском хребте жильный кварц развит достаточно широко, однако он не образует таких крупных полей, как на Кызылкумах. Жильным кварцем на значительном протяжении выполнены центральные части Бирюзового, Чокадамбулакского и других разломов. В таких случаях мощные жилы кварца дешифрируются на аэроснимках и фотосхемах, подчеркивая линии разломов. Преимущественно развиты кварцевые жилы в рудных узлах и зонах. Для бирюзоносных площадей характерны кварцево-жильные зоны штокверкового типа (месторождение Бирюзакан) и мелкопрожилковое, и линзовидное прокварцевание, с трудом устанавливаемое в выветрелых ожелезненных метасоматитах (месторождение Унгурикан). Крупные жилы, как и в Кызылкумах, сложены массивным крупнозернистым небирюзоносным кварцем. Зальбанды крупных жил и более мелкие прожилки выполнены кварцем с характерными катакластическими и шестоватой структурами. Этот кварц — аналог кварца бирюзоносных зон Кызылкумов.

Бирюзоносные жилы и прожилки Бирюзакана, Унгурикана, Кальмакыра практически полностью сложены шестоватым кварцем. Характерная особенность бирюзоносного кварца — его неоднородность, разнородность в пределах одного шлифа. Размер шестов кварца десятые доли — 2—3 мм; цементируются они местами тонкодробленным бесструктурным материалом. Как примесь в кварце постоянно присутствует присыпка глинистых минералов, в местах позднего дробления развиваются гидроокислы железа, в единичных зернах присутствует ярозит. В жилах кварца на участке Бирюзакан II нередок карбонат, развивающийся по поздним трещинам. В ряде шлифов здесь, как и в Кызылкумах, можно проследить дробление кварца до кварцевых брекчий, милонитов с последующей перекристаллизацией и ростом кварцевых шестов.

Крупно- и гигантшестоватый кварц без позднего дробления отмечается вне связи с бирюзоносными площадями, в жилах «аметистизированного кварца».

Б. Н. Наследов в Алмалыкском районе выделил семь разновидностей кварца, наиболее низкотемпературными из которых являются гребенчатый и короткопризматический, относящиеся к минералам третьего этапа минерализации и ассоциирующие с анкеритом и баритом.

ГЕНЕЗИС И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БИРЮЗЫ

ГЕНЕЗИС

Решение вопроса о генезисе бирюзы это не только дальнейший шаг науки вперед, но и прежде всего это целенаправленность поисков и сокращение средств на поисково-разведочные работы. Остановимся на ряде высказываний о генезисе бирюзы и на фактическом материале, подкрепляющем ту или иную точку зрения.

А. Е. Ферсман [1925] связывал образование бирюзы с гидротермальными процессами, происходящими под влиянием интрузий кварцевых порфиров.

Э. С. Дана [1937] отнес бирюзу к вторичным минералам: «бирюза встречается в тонких жилках и небольших скоплениях в различных сильно измененных породах. Во многих случаях фосфорная кислота получилась из первичного апатита, иногда из органических остатков; алюминий от разложения полевых шпатов, а медь из присутствующих в небольшом количестве медьсодержащих минералов».

Таким образом, уже в первых работах о бирюзе высказаны две различные точки зрения известных ученых на ее генезис. По мере познания бирюзы как минерала и изучения ее месторождений мнения исследователей разделились: одни считают бирюзу экзогенным образованием, другие относят ее к гидротермальным минералам.

А. Г. Бетехтин, Б. Я. Меренков, Ф. В. Чухров, В. П. Петров и другие сторонники экзогенной природы бирюзы прекрасно знали минерал, но практически не изучали его месторождений; поэтому они в своих работах не приводят фактического материала, а принимают точку зрения Э. С. Дана и опираются на развитые кобы выветривания в верхних горизонтах месторождений бирюзы.

С. Т. Бадалов, М. И. Моисеева уделили должное внимание бирюзе при изучении медно-молибденового месторождения Кальмакыр. М. И. Моисеева, М. П. Баскаков, Н. Г. Сухова и др. 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, алунином и халцедоном, подчеркивающих гипергенную природу бирюзы». Несмотря на многолетнее изучение и осмотр всех известных месторождений бирюзы в Средней Азии, автору не удалось наблюдать этого 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.

С. Т. Бадалов в статье о минералого-геохимических индикаторах бирюзы [1973] 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 хемогенных) процессов может привести к возникновению бирюзы».

В качестве минералогических факторов этот автор выдвигает: 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, гётит, гидрогётит, элит, либетенит, а также вторичные — кварц, серицит, барит, алунит, кальцит, иногда золото и пирит. Вулканогенным породам свойственно обеление с образованием скоплений гидроокислов железа, в которых возникает бирюза.

Парагенезис минералов, сопровождающих бирюзу, зависит от многих факторов, но в каждом генетическом типе, тяготеющем к определенным вмещающим породам, он обычно постоянен.

Далее С. Т. Бадалов пишет [1973]: «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 органических отложений (костные остатки животных), для меди — нахождение вкрапленности сульфидных минералов».

Ни М. И. Моисеева, ни С. Т. Бадалов не приводят взаимоотношений всех отмеченных минералов с бирюзой и характерных структурно-текстурных особенностей бирюзоносных пород.

В. П. Борискин, проводивший детальные минералогические и геохимические исследования на месторождениях бирюзы в Средней Азии, придерживаясь экзогенной точки зрения на образование бирюзы, подтверждает данные автора о том, что все вторичные минералы образуются позже бирюзы и она является по отношению к ним наиболее ранней. Типоморфными элементами-примесями в цинкосодержащей бирюзе района Букантау являются свинец, ванадий, мышьяк, молибден, хром и др. «Происхождение цинкосодержащей бирюзы предположительно связано с окислением пирита в коре выветривания, развивающейся по слюдисто-углеродисто-кварцевым сланцам и алевrolитам» [Борискин В. П., 1974, с. 44].

Е. Я. Киевленко, Н. Н. Сенкевич, обобщив материалы по геологии драгоценных камней и проанализировав некоторые данные о бирюзе, поместили ее в экзогенную группу, определив как минерал, образовавшийся «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» [Киевленко Е. Я., Сенкевич Н. Н., 1974, с. 236].

Таким образом, основные положения, свидетельствующие в пользу экзогенного генезиса, сводятся к следующему.

1. Месторождения бирюзы установлены преимущественно в районах аридного климата с реликтами древних кор выветривания.

2. Бирюзовая минерализация развита в корях 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.

3. В зоне окисления сульфидов отмечена высокая подвижность меди и фосфора, образующих бирюзу в низах этой зоны и верхних горизонтах зоны 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 инфильтрации. Отложение бирюзы из холодных растворов (натечные формы в пустотах и т. п.), образование примазок и псевдоморфоз бирюзы по органическим остаткам в современный период (одонтолит?).

По данным автора, часть высказанных положений свидетельствует о том, что кора выветривания наложена на уже сформировавшиеся месторождения, а некоторые положения (об одонтолите; натечных формах, принадлежащих вторичным минералам, а не бирюзе; образовании ее в настоящее время и отсутствии в неокисленных породах) ошибочны.

Первые исследователи месторождений бирюзы в Кызылкумах А. Ф. Соседко, Н. П. Петров, Т. И. Мясковский, отметив региональный характер минерализации, объясняли образование бирюзы следующим образом. Н. П. Петров считает, что все бирюзовые месторождения обязаны своим происхождением процессам окремнения глинистых сланцев и известняков на заключительных фазах контактового метаморфизма.

А. Ф. Соседко [1932] связывает образование кызылкумской бирюзы с гидротермальными кварцевыми жилами, пересекающими древние фосфоритоносные сланцевые горизонты каратауского типа. Описывая Нисапурские месторождения Ирана, он отмечает, что детальный петрографическим исследованием окружающих пород, произведенным еще К. П. Богдановичем, установлено, что бирюзоносные породы совсем лишены обычного для них акцессорного апатита. Этими данными, пишет А. Ф. Соседко, легко объясняется происхождение месторождения. Термальная деятельность пошла по мощной 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 водной окиси железа.

Т. И. Мясковский также связывает образование бирюзы в кварцевых жилах с гидротермальными процессами, а в сланцах — с постмагматическим метаморфизмом. По его мнению, месторождения бирюзы образовались при неоднократном повторении гидротермальных процессов и дроблении пород. Схематично эти месторождения, по мнению Т. И. Мясковского, формировались в две фазы. К первой фазе он относит 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 алунином и бирюзой.

Н. Л. Николаев, под руководством которого была составлена первая сводка и выпущен атлас «Драгоценные камни Узбекистана» [1967], описывая отдельные месторождения и отмечая четкую приуроченность бирюзы к кварцевым жилам, относит ее к гидротермальным образованиям.

С. В. Лопатин, работавший одновременно с Н. Л. Николаевым, рассматривая вопросы генезиса и условия образования бирюзы, пишет, что наблюдения и материалы, собранные на всех обследованных месторождениях Узбекистана, подтверждают гидротермальное происхождение бирюзы и противоречат точке зрения о ее экзогенном генезисе.

Ю. К. Смолин [1972], описывая месторождения Кызылкумов, подчеркивает, что бирюзовая минерализация повсеместно связана с гидротермально-измененными околорудными породами (окварцевание, серицитизация, пиритизация, алунитизация и др.) и разрывными тектоническими структурами. Судя по результатам декрепитационного анализа и гомогенизации газово-жидких включений бирюзы, температура ее образования довольно высокая, характерная для гидротермальных образований.

Г. В. Гвахария и Ю. И. Назаров [1962], обнаружившие бирюзу в Маднеульской группе медно-сульфидных месторождений Грузии, описывая рудные тела, приуроченные к горизонту вторичных кварцитов и залегающие под мощным покровом вулканических пород. Согласно Ю. И. Назарову, рудные 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 аксессуарных апатитов выносился фосфор.

В. Б. Сейранян и С. Ш. Саркисян (1972 г.), изучавшие бирюзу Техустского месторождения в Армении, также отмечают, что бирюзовая минерализация повсеместно обнаруживает пространственную и, видимо, парагенетическую связь с проявлением низкотемпературного гидротермального процесса, действующего на кварц-полевошпатовые грейзеновые метасоматиты вдоль поперечных тектонических структур.

Л. А. Попугаева (1974 г.), проведя минералогические, петрографические, термические, химические и рентгеноструктурные анализы бирюзы, пришла к выводу, что совершенство структур бирюзы уменьшается по мере ее выветривания.

Зарубежные исследователи в большинстве случаев придерживаются экзогенной точки зрения на образование бирюзы. Правда, Г. К. Хадсон пишет: «Происхождение бирюзы до сих пор точно не установлено». А. Рассел [Russel A., 1948], описывая рашлеит из Корнуэлла, отмечает, что на руднике Монтебрас бирюза ассоциирует с касситеритом, очень редко с вольфрамитом и часто с вавелитом (который автор считает гидротермальным минералом) в кварцевой жильной породе. Н. П. Петерсон [1947 г.], изучая месторождение Кастл-Доум, пишет, что бирюза, как правило, ассоциирует с бейделлитом, галлуазитом и серицитом, а доказательств, подтверждающих образование бирюзы из глинистых минералов, до сих пор не обнаружено. Твердая голубая бирюза переходит в мягкую белую мелоподобную разность, но показатель преломления обеих разновидностей близок к 1,622, что намного выше, чем показатель преломления любого из присутствующих глинистых минералов. Хотя бирюза наиболее обильная в верхней части зоны вторичного сульфид-

Р и с. 36.
Мелковкрапленная бирюза в процессе выветривания, замещенная комплексом глинистых минералов вплоть до полных псевдоморфоз. Месторождение Ауминза



ного 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.

Подробная характеристика вмещающих пород бирюзоносных зон и районов изложена во втором разделе, условия образования месторождений бирюзы охарактеризованы далее. Здесь попытаемся кратко обобщить приведенный выше материал.

Все исследователи независимо от их взглядов на генезис подчеркивают связь бирюзы с сильно измененными окварцованными, серицитизированными, каолинизированными и пиритизированными породами. В настоящее время ни у кого не вызывает сомнения, что бирюза не развивается предпочтительно в зоне окисления, а распространена преимущественно в зоне вторичного сульфидного обогащения и достаточно широко развита в зоне неокисленных сульфидных руд. Фактическая глубина минерализации давно уже не ограничивается первыми десятками метров, как это считалось ранее, а составляет 100—150 м от поверхности. Разность гипсометрических отметок минерализованных выходов достигает 500—800 м.

Месторождения бирюзы располагаются в молодых альпийских провинциях с активной тектонической, магматической и постмагматической деятельностью пермо-триасового или мел-палеогенового возраста, а не в древних областях с развитыми корами выветривания. Хорошо развитые зоны окисления медных, полиметаллических и медно-молибденовых месторождений древних регионов бирюзы не содержат. Основной концентрат и спутник бирюзы — кварц в жилах и метасоматических образованиях. В приповерхностном слое бирюза в той или иной мере, нередко полностью, замещена комплексом вторичных минералов или выщелочена (рисунки 36, 37). Бирюза замещает полевые шпаты в метасомати-

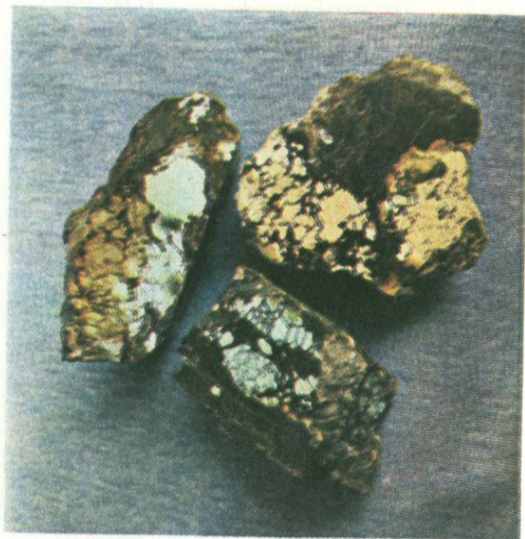


Рис. 37.
Ювелирная яркоголубая крупновкрапленная и прожилковая бирюза, замещенная вторичными минералами в процессе выветривания. Место-рождение Ауминза

тах (рис. 38), в полевошпат-кварцевых жилах полевые шпаты нередко образуют «рубашку» вокруг бирюзы. В редких случаях мельчайшие нодулы бирюзы замещают вкрапленники цветного компонента в пропилитах. Обычно тесная ассоциация бирюзы с постмагматическими и листоватыми алунитом, галлузитом и каолинитом, при этом во всех случаях все три минерала развиваются позже бирюзы, «по бирюзе», ухудшая ее ювелирные качества. Обильны вкрапленники горного хрусталя и пирита в бирюзе, реже в ней отмечаются халькопирит, молибденит, барит, графит, гематит и даже золото. Чем меньше породы затронуты процессами выветривания, тем бирюза лучшего качества (рис. 39).

Вмещающие породы кварцевых бирюзоносных жил, разнообразных включений и прожилков бирюзы — вторичные кварциты серицитовой фации, пропициты, углеродисто-серицит-кварцевые сланцы и алунит-кварцевые метасоматиты, породы, наиболее устойчивые к процессам выветривания, развивающиеся по апатитоносным субвулканическим образованиям или сопровождаемые ими.

В. П. Петров в статье «Современные проблемы учения о коре выветривания» [1977 г., с. 29, 31] проводит детальный разбор и подчеркивает отличительные особенности кор выветривания и гидротермальных аргиллизитов. Приводим основные выводы: «Для гидротермальных аргиллизитов необычайно характерна ассоциация глинистых минералов с сернистыми, особенно 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 линейных кор выветривания типично преобладание вертикальной протяженности над горизонтальной, частое выклинивание, переход в неизмененные породы как книзу, так и вверх. Гидротермальные аргиллизиты на глубине сменяются пропицитами с новообразованными высокотемпературными минералами — цеолитом, адуляром, хлоритом, плагиоклазом, пиритом и другими сульфидами. Выше них располагается характерная зона гейзеритов, преимущественно опа-

Р и с. 38.
Замещение бирюзой
вкрапленников полевых
шпатов в пропилите.
Месторождение Каль-
макыр.



ловых 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» [с. 29, 31].

В. Н. Разумова (1977 г.), подробно рассматривая вопрос о корях 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, протекающий в интервале глубин одного километра до дневной поверхности при температуре 200°С и ниже.

Эти и высказанные ранее В. П. Петровым положения о гидротермальной глинизации находят четкое подтверждение в пределах бирюзоносных площадей с широким развитием вторичных кварцитов, пропилитов и характерным минеральным комплексом.

Отметим, что для всех типов месторождений зарубежных и наших обязательно наличие в бирюзоносных толщах карбонатных прослоев. Сингенетичные прослои мраморизованных углеродистых известняков фиксируются на бирюзоносных площадях в осадочно-метаморфических



Р и с. 39.
Морфологические разновидности ювелирной бирюзы в углеродистых кварцитах, не затронутых процессами выветривания. Месторождение Ауминза

толщах. Блоки карбонатных пород кровли обычны близ месторождений бирюзы в магматических массивах. Бирюза и жильный кварц, как правило, содержат включения углекислоты. Напрашивается вывод о возможном влиянии карбонатных пород на создание благоприятной геохимической обстановки для отложения бирюзы.

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БИРЮЗЫ

Метаморфизм. Отложению бирюзы всюду предшествует метаморфизм вмещающих пород, связанный с постмагматической деятельностью. В результате длительного и неоднократного процесса дробления и минералообразования кварцевые и сиенитовые порфиры, гранодиорит-порфиры, андезит-дацитовые порфириты и их туфы, сланцы, песчаники и мраморизованные известняки на бирюзоносных площадях превращены в типичные вторичные кварциты и пропилиты по магматическим образованиям и метасоматиты того же алунит-каолин-серицит-кварцевого состава по осадочным породам.

В пропилитах и слабо измененных боковых породах установлены реликты их первичного состава. Непосредственно в бирюзоносных зонах и участках породы полностью перекристаллизованы и практически однотипны во всех проявлениях.

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 Гаушанском поле (Южные Кызылкумы) наблюдаются андалузитовые роговики.

Средне- и низкотемпературной степенью метаморфизма характеризуются бирюзоносные вторичные кварциты Кураминского хребта, так же как и метасоматиты с бирюзой в Армении.



Р и с. 40.

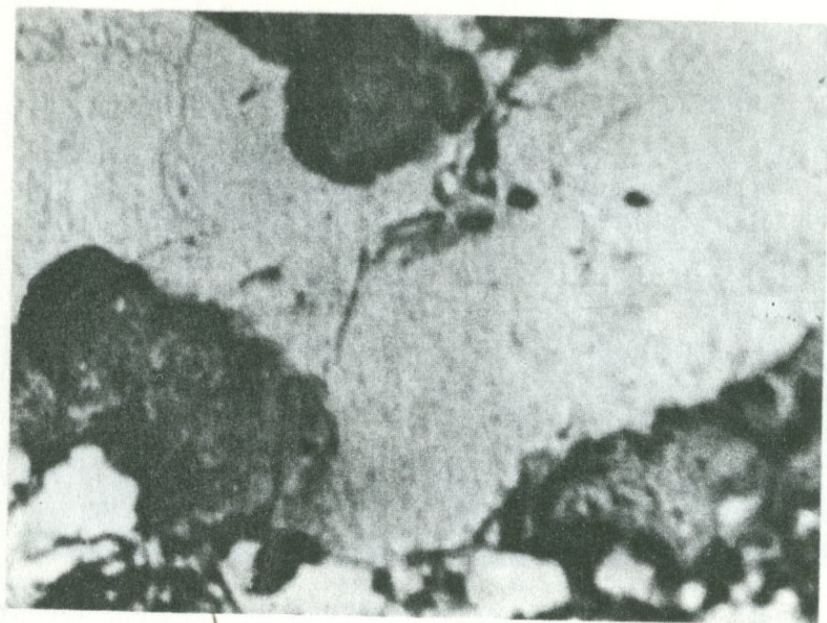
Бирюзоносная зона месторождения Аксумбе в юго-западной стенке карьера 1. Тонкорассланцованная пачка углеродистых кварцитов вмещает пологую зону сильного дробления и мелкопрожилкового окварцевания, бирюзоносную с крутопадающими подводщими каналами

Непосредственно бирюзоносные зоны во всех случаях располагаются среди указанных пород и характеризуются значительно большей их переработкой (рис. 40). Вероятнее всего, здесь проявлен динамометаморфизм. Всюду отложению бирюзы предшествуют катаклиз, брекчирование, милонитизация, перекристаллизация пород и жильного кварца. Термобарометрическими исследованиями установлено, что жильный кварц бирюзоносных полей отлагался в различные температурные интервалы — от высоко- до низкотемпературного. При этом по мере возрастания интенсивности катаклаза структура кварца изменялась от крупнокристаллического небирюзоносного до макро- и микрошестоватого с четкими катакlastическими 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, прожилочки по разноориентированным трещинам и, наконец, бирюза выполняет роль цемента в наиболее дробленных участках кварцевых жил и, в свою очередь, дробится до крошки при поздних тектонических подвижках. Кварцевые жилы с бирюзой нередко пересекаются прожилками бирюзы второй генерации (рис. 41).

Две генерации бирюзы наблюдаются и на Техутском месторождении [Сейранян В. Б., Саркисян С. Ш., 1976].

Оригинальные желвачковые, вкрапленные или паутинные (сетчатые) образования бирюзы развиваются в сильно катаклизированных, микро-



Р и с. 41.

Пересечение микропрожилков бирюзы двух генераций:

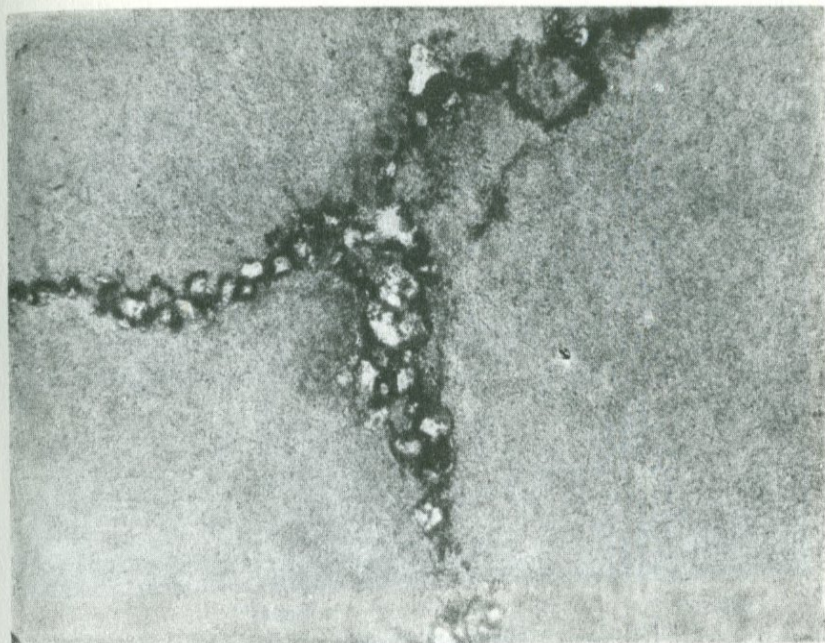
бирюза I — темно-серая ожелезненная, бирюза II — светло-серая, тонкозернистая. С анализа-
тором

и макробрекчированных породах с кварцевым цементом. Почки бирюзы, разрастаясь, как бы расталкивают тонкодробленное «крошево» вмещающего метасоматита. Размеры вкрапленников бирюзы от долей миллиметра до нескольких сантиметров в поперечнике. Густота и насыщенность самая разнообразная. Оолитоподобные включения могут выполнять и трещины, в результате формируются короткие прожилки и удлиненные линзы.

При тесном срастании почек бирюзы реликты вмещающей породы образуют рисунок (паутину) по бирюзе (рис. 42). Не исключено, что вкрапленная бирюза является наиболее ранней генерацией, предшествующей образованию бирюзы в кварцевых жилах, так как автором отмечалось развитие бирюзы по апатиту, полевым шпатам и по вкрапленникам цветных компонентов в пропилитизированных разностях. Таким образом, образование бирюзы, вероятнее всего, началось на заключительных этапах метасоматического преобразования пород и приобрело наиболее широкое развитие в гидротермальную стадию.

Минеральный парагенезис и условия минералообразования. Все месторождения бирюзы — самостоятельные объекты добычи драгоценного камня, приуроченные к рудным полям, сформированные в магматических породах или в осадочно-метаморфических толщах — характеризуются единым минеральным комплексом (с небольшим отклонением).

Далее приведен минеральный состав бирюзоносных метасоматитов и обычных вторичных кварцитов на месторождениях алунита и бирюзы Кураминского хребта.



Р и с. 42.
Микроструктура сетчатой бирюзы. С анализатором. Между почками бирюзы — углеродистый материал кварцитов с обломками жильного кварца

Вторичные кварциты алунитовых месторождений (по А. С. Уклонскому)

Вторичные кварциты месторождений бирюзы (по Т. И. Менчинской и В. П. Борискину)

Минералы фосфора

Апатит*
Сванбергит***
Вудхаузеит***

Апатит*
Сванбергит**
Вудхаузеит**
Бирюза
Вавеллит***

Минералы серы

Пирит**

Пирит****
Марказит***

Минералы алюминия

Корунд***
Диаспор***
Цуниит***
Каолинит****
Пирофиллит****
Алунит****

Корунд ред.
Каолинит****
Монтмориллонит**
Галлуазит***
Алунит***

Вторичные кварциты алунитовых месторождений (по А. С. Уклонскому)

Вторичные кварциты месторождений бирюзы (по Т. И. Менчинской и В. П. Борискину)

Кварц****
Халцедон
Серпентин
Роговая обманка*
Андалузит****
Кианит
Ортоклаз

Альбит
Эпидот
Мусковит
Серицит****
Биотит
Хлорит

Кварц****
Халцедон**
Ортоклаз**
Альбит**
Эпидот**
Мусковит***

Гидромусковит
Роговая обманка*
Серицит****
Биотит*
Хлорит**

Минералы кремния

Минералы железа

Гематит**
Магнетит
Лимонит
Ярозит

Гематит***
Ярозит****
Натроярозит ред.
Лимонит****
Карфосидерит ред.

Минералы бора

Дюмортерит***
Турмалин

Турмалин**

Минералы кальция

Кальцит**

Кальцит**

Минералы бария

Барит**

Барит**

Минералы фтора

Флюорит**

Флюорит**

Минералы ртути

Киноварь ред.

Киноварь ред.

Минералы свинца

Галенит**

Галенит**

Минералы цинка

Сфалерит**

Сфалерит**

Минералы меди

Халькопирит**
Блеклая руда**
Малахит ред.

Халькопирит**
Блеклая руда**
Малахит ред.
Азурит ред.
Хризоколла**
Халькантит ред.
Халькозин ред.
Борнит ред.

Минералы молибдена

Молибденит**

Молибденит**

Минералы циркония

Циркон*

Циркон*

Минералы титана

Лейкоксен**
Рутил**
Брукит**
Анаказ**
Сфен**
Золото ред.

Рутил**
Брукит**
Анаказ**
Сфен**
Золото ред.
Графит**
Гранат

Примечание. **** главные минералы, *** второстепенные минералы, ** минералы примеси, * реликтовые минералы, редкие минералы.



Р и с. 43.
Почки измененной бирюзы и кристаллы кварца в дробленном ярозитизированном кварците. С анализатором

Следовательно, основная масса минералов характерна как для бирюзоносных, так и для небирюзоносных метасоматитов и, естественно, предшествует отложению бирюзы. Типичные минералы бирюзоносных зон и постоянные спутники бирюзы — 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 зонах месторождений и замещающих бирюзу: ярозит I, II, каолинит II, вавеллит, рашлеит, халькосидерит, вудхаузеит, гидроокислы железа и ряд трудно диагностируемых фосфатных минералов. Карбонаты меди, обычные для зон окисления меднопорфировых месторождений, практически не развиты в бирюзоносных зонах (рис. 43). Более свойственна им хризоколла яркой сине- и зеленовато-голубой окраски, образующая корочки, сферолиты и образования в виде цветной капусты, развивающиеся непосредственно по бирюзе. Представляется, что именно эти образования хризоколлы дают основание ряду исследователей говорить о натечных формах бирюзы. Нередко проявление хризоколлы вносятся в список проявлений бирюзы (Мискан, Чокадамбулакское). Принимаемая за бирюзу хризоколла в коре выветривания слабо подвержена вторичным процессам и в ряде случаев более ярко окрашена по сравнению с измененной бирюзой.

Таким образом, на всех месторождениях достаточно четко выделяются следующие минеральные ассоциации:

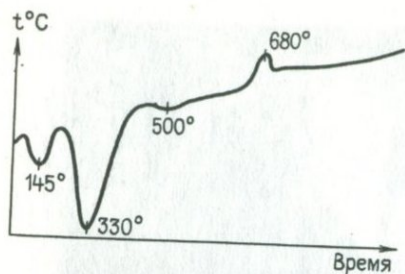


Рис. 44.
Кривая нагревания би-
рюзы

а) добирюзовая (кварц, эпидот, графит, калиевый полевой шпат, апатит, флюорит, рутил, анатаз, циркон и др.);

б) предбирюзовая (кварц-серицит-пирит-халькопиритовая ассоциация, местами со сфалеритом, молибденитом, гематитом);

в) продуктивная (алунит-галлуазит-каолинит I барит-карбонат-кварц-бирюзовая);

г) постбирюзовая (гипергенная ассоциация: каолинит II-ярозит I—II-хризоколла-малахит-азурит-гипс-карбонаты-гидроокислы 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 сростании с табличками полевого шпата кремовато-розового цвета, образующими иногда скопления величиной в несколько сантиметров.

В добирюзовую ассоциацию также следует отнести гранулированный кварц и кварц среднезернистый, описанный в пятом разделе.

Кварц II предбирюзовый, молочно-белый, сливной, под микроскопом с признаками собирательной перекристаллизации; сопряжен с серицитизацией вмещающих пород, слагает образования типа вторичных кварцитов и жильные тела.

Кварц III бирюзоносный — крупнозернистый серый, светло-серый, местами полупрозрачный, под микроскопом удлиненношестоватый 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 них имеют форму негативных слепков выщелоченных минералов (полевого шпата, пирита). Стенки пустот покрыты корками гидроокислов 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 сростании с бирюзой, развивается в зальбандах ее прожилков и линз и распространяется внутрь.

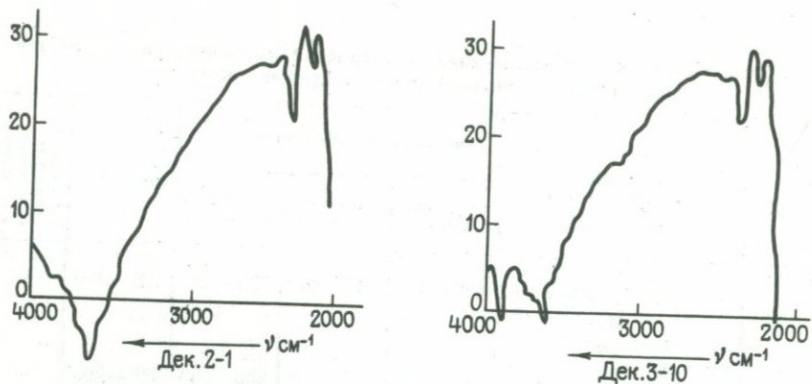
Пирит — основной рудный минерал месторождений бирюзы. Он развит в жильном кварце различных генераций и обилен во вмещающих породах. В зоне гипергенеза пирит дает начало ярозиту и гидроокислам железа. Отчетливо предшествует отложению бирюзы, на собственно бирюзовых месторождениях образует мелкие вкрапленники в ней. На меднопорфировых месторождениях кроме тонкой вкрапленности наблюдаются просечки пирита и халькопирита по бирюзе.

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

Номер образца	Месторождение, генерация кварца	Температура гомогенизации, °С			Температурный интервал, °С	Наличие углекислоты (с+→ много, ←→ мало)
		в газовую фазу	с критич. явлением	в жидкую фазу		
С-43/1	Аякаши I; кварц I, серый, массивный, аллотриморфнозернистый	420—390	385—360	320—290	420—290	+
С-15-1	То же; кварц I, с табличками полевого шпата	415—410	310—360	380—290	415—290	+
229/4	То же; кварц I	415—380	340	320—290	415—290	+
230/1	То же; кварц II, молочно-белый, сливной, перекристаллизованный с мозаичными бластокристаллами	360—350	350—345	320—250	360—250	+
231/3	То же; кварц II	—	360—350	320—190	360—190	+
С-15/3	Аякаши I; кварц III, серый, полупрозрачный шестоватый	—	340	320—170	340—170	—
С-22/2	То же; кварц III	—	—	320—150	320—150	—
42/5	»	420—410	—	310—140	420—140	—
185	Аякаши I; кварц III, с гидроокислами железа и карбонатом	—	—	320—290	—	+
	Бирюзакан, кварц друзовидный из пустот выщелачивания	—	—	170—140	170—140	—
	Кальмакыр, кварц IV включен в бирюзу с пиритом	—	—	170—90	170—90	—

Ярозит, каолин, вавеллит, гидроокислы железа в различных сочетаниях отчетливо замещают бирюзу, образуя по ней агрегаты вторичных минералов до полных псевдоморфоз. Гипс, хризоколла, малахит, азурит, нередко урановые слюдки встречаются в виде корочек и налетов на бирюзе, не изменяя ее состава и свойств (рис. 44).

Для выявления типоморфных особенностей бирюзоносного кварца Н. И. Андрусенко было проведено изучение газовой-жидких включений во всех его генерациях методами гомогенизации и декрепитации, что позволило оценить температурные условия минералообразования на трех месторождениях бирюзы в Средней Азии (Аякаши I, Кальмакыр 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. 6).



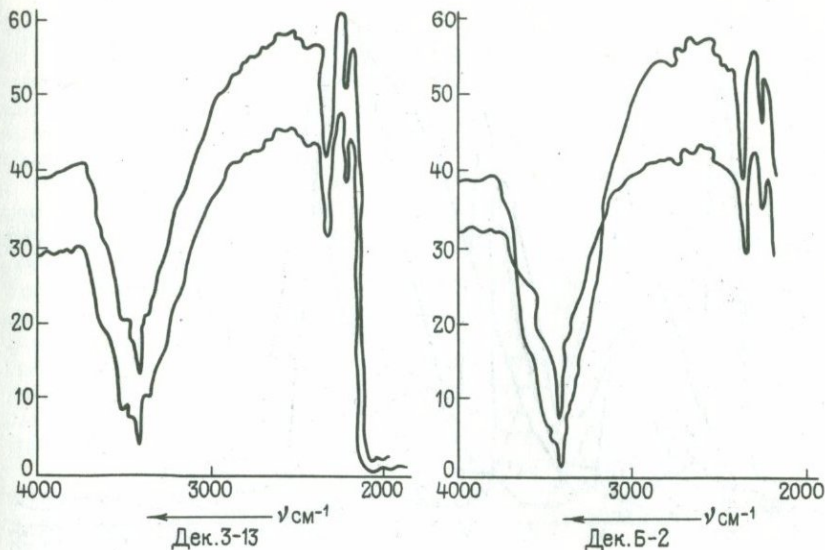
Р и с. 45.
Спектры ИКС образцов кварцев (2—1, 3—10) из бирюзоносной ассоциации со слабым поглощением в области 2350 см^{-1}

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 $420\text{—}350^\circ\text{C}$ — 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 $390\text{—}320^\circ\text{C}$. Дальнейшее образование ранних кварцев, так же как и кристаллизация бирюзоносного пористого кварца и друзовидного горного хрусталя, происходило только в гидротермальном режиме, в условиях скачкообразно снижавшихся интервалов температур: $360\text{—}290$, $340\text{—}190$, $320\text{—}140$ и $190\text{—}80^\circ\text{C}$. Последний интервал характеризует температурные условия выделения прозрачного друзовидного кварца IV, синхронного по времени кристаллизации выделения самой бирюзы.

В самой 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 ($\times 2000$) Б. А. Дороговиным в бирюзе установлены мельчайшие газово-жидкие включения размером $0,0006\text{—}0012 \text{ мм}$, с наполнением $0,97\text{—}0,88$, показавшие два температурных ряда гомогенизации в жидкую фазу: 1) 135 , 154 , 186 , 195°C ; 2) $120\text{—}90^\circ\text{C}$. Полученные данные свидетельствуют о возможности выделения бирюзы из истинно коллоидных гидротермальных растворов в интервале температур $195\text{—}90^\circ\text{C}$, совпадающим с температурным интервалом гомогенизации газово-жидких включений в друзовидном кварце IV.

Декрепитационным анализом выявлены отличия в декрептохарактеристиках кварцев различных генераций (рисунки 45, 46, 47).

Анализами водных вытяжек установлено, что химический состав минералообразующих растворов, участвующих в формировании бирюзовых месторождений, 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



Р и с. 46.
Спектры ИКС образцов кварца добирюзового (3—13, Б—2) без поглощения в области углекислоты (2350 см^{-1})

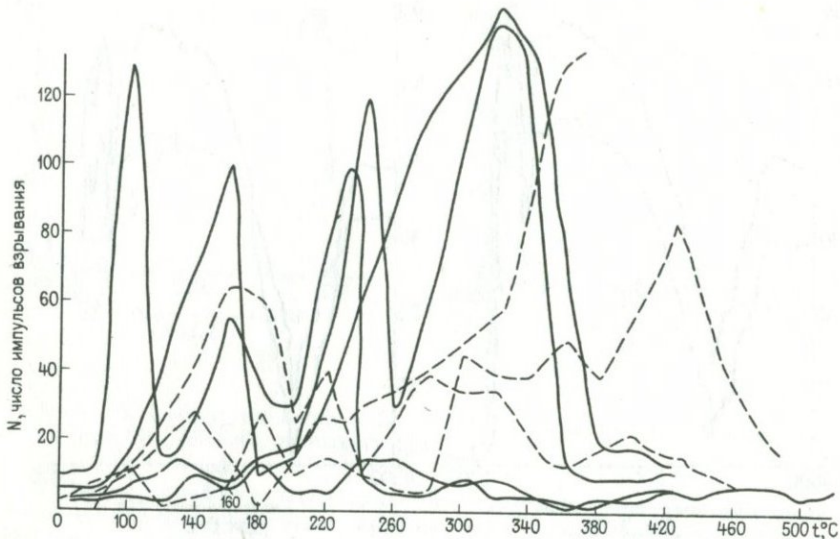
состоянии. Дополнительно подтверждают наличие углекислоты в минералообразующих растворах результаты проведенных исследований полированных пластин кварцев толщиной $1-0,5 \text{ мм}$ методом инфракрасной спектроскопии на приборе EP1-C₂ фирмы Хитаги в области $4000-2000 \text{ см}^{-1}$ (Бархударян, Гребенчиков, 1974 г.). Полученные спектры различаются по интенсивности диффузных полос поглощения в области 3400 см^{-1} , условно отвечающей присутствию воды в газожидких включениях, и в области 2350 см^{-1} , отвечающей наличию углекислоты в них.

Образцы Б-1, Б-2, 1-12, 4-2, 3-13, 10-2 при наличии сильного поглощения в области 4300 см^{-1} практически не поглощают углекислоту (2350 см^{-1}), что наблюдается в слабой степени в образцах 2-1, 2-3, 1-4, 3-10 и наиболее заметно в обр. 204, представленных кварцем из бирюзоносной ассоциации.

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 $8-10 \text{ вес. } \%$.

Результаты семи анализов бирюзы и пяти анализов пирита показали однотипное преобладание тяжелого изотопа серы ^{34}S в том и другом случаях. Это может служить дополнительным показателем ювенильной природы бирюзоносных растворов или какой-то определенной их дозы.

Таким образом, изучению газожидких включений наряду с полученными нами геолого-минералогическими данными свидетельствует о гидротермальных условиях минералообразования на месторождениях бирюзы в Средней Азии с широко развитыми явлениями гидротермаль-



Р и с. 47.

Графики декрепитации образцов бирюзы из различных месторождений Средней Азии. Начальные температуры взрыва включений находятся в интервале 80—160°C. Максимумы взрыва включений в интервале 160—330°C соответствуют, по-видимому, основному термическому эффекту на кривой нагревания бирюзы

ного метасоматоза и перекристаллизации. По результатам изотопного состава серы из бирюзы и пирита можно предположить, что бирюзоносные растворы связаны с ювенильным источником питания. Основная масса бирюзы образовывалась на конечных стадиях гидротермального процесса при температурах 190—80°C из углекисло-водных (истинно коллоидных?) щелочных растворов.

КОРА ВЫВЕТРИВАНИЯ

Все известные месторождения бирюзы в той или иной мере затронуты процессами выветривания и бирюза тесно ассоциирует со своеобразным комплексом вторичных минералов. Возможно поэтому вплоть до 60-х годов ее относили к экзогенным минералам. Исследованиями, проводимыми на месторождениях бирюзы в Средней Азии, Грузии и Армении, получен оригинальный фактический материал, обосновывающий более вероятное образование бирюзы при гидротермально-метасоматических процессах. Однако ряд геологов по-прежнему придерживаются первоначальной точки зрения, переориентировав лишь связь бирюзы от площадных кор выветривания к линейным; в вертикальном разрезе этих кор они связывают основную концентрацию бирюзы уже не с зонами окисления, как это делали ранее, а с зоной выщелачивания (Е. Я. Кивленко, Н. Н. Сенкевич, 1976 г.).

И. П. Герасимов и А. В. Сидоренко (1975) отмечают, что наиболее широко в Кызылкумах 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 данные автора о том, что экзогенные процессы развивались после образования бирюзы и об относительной молодости этих процессов.

В специальных работах по корам выветривания Кызылкумов до сих пор остается дискуссионным вопрос об их возрасте, но весьма детально разработаны вопросы минералообразования в корях и практически нет сведений о развитии бирюзы в том или ином разрезе. Лишь при описании Тасказганского графит-никелевого месторождения К. М. Кромска в разделе «Гипергенная минерализация» описывает бирюзу как один из довольно редких, но характерных для данного месторождения минералов зоны окисления гидротермально-измененных графитизированных габбро. Автором при детальном обследовании этого месторождения установлено развитие здесь хризоколлы и сильно измененных, ярозитизированных, алузитизированных «бирюзоподобных» образований.

Р. П. Бадалова относит бирюзу к группе гипергенных минералов золоторудной стадии, при этом отмечает незначительное ее развитие и ассоциацию с крокоитом, халькантитом, брошантитом, вульфенитом и другими минералами.

И. В. Швей и И. Н. Недошеин (1971 г.) возраст кызылкумской коры определяют как домеловой. Они пишут, что кора выветривания формируется практически по всем литологическим разновидностям палеозойских пород, но наиболее отчетливо она проявлена в породах алюмосиликатного состава (различные сланцы, изверженные магматические породы). Карбонатные породы выветриваются слабее и зачастую на поверхности обнажаются практически неветрелые доломиты и известняки. Кварциты и микрокварциты — по-видимому, инертная среда для агентов выветривания, поскольку по всей территории 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 25—30 м в филлитах и филлитовидных сланцах. Протяженность линейных кор выветривания по падению достигает в ряде случаев глубины 100 м и более.

Вертикальный разрез коры выветривания указанными авторами представляется в следующем виде: 1 — зона полуторных гидроокислов железа за мощностью 2—5 м в площадных и до 10—15 м в линейных корях; 2 — каолинитовая зона, постепенно сменяющая первую зону и в большинстве случаев с сохранившимися признаками первичных структур и текстур. Мощность этой зоны в линейных структурах 60—70 м; 3 — зона начального разложения, или зона гидрослюд, характеризуется развитием гидрохлорита в зеленокаменных породах, гидросерицита в филлитовидных сланцах. Слюдистые минералы часто встречаются в ассоциации с округлыми стяжениями опала, халцедона, арагонита, тонкими прожилками белого кальцита. Глубина развития зоны 80—100 м. Далее она переходит в зону дезинтеграции, измеряющуюся первыми десятками сантиметров. В настоящее время проявлений бирюзы в зеленокаменных породах и филлитовидных сланцах не обнаружено.

Площади развития углеродисто-карбонатно-кремнистой (бирюзоносной) формации, а следовательно, и бирюзоносные площади Кызылкумов находятся в обратной зависимости с площадями развития коры выветривания. Бирюзоносные поля максимально развиты в горах Букантау, минимально — на юге Кызылкумов, в горах Ауминзатау и Кульджуктау.

Развитие же кор выветривания, площадных и линейных, резко уменьшается с юга на север. Процессы выветривания минимально развиты в воздымающемся в настоящее время хр. Султануиздаг, где наиболее четко проявлены бириузоносные зоны и установлено высокое качество бириузы в них.

Локализация бириузы в поздних зонах рассланцевания, брекчирования, милонитизации, естественно, определяет ее пространственную связь с линейными корами. При этом в минерализованных зонах, полях, как правило, наиболее выветрелы дайки и песчано-сланцевые образования. Кварцево-жильные зоны и вмещающие их углеродистые кварциты, сланцы сохраняют первоначальную структуру и состав даже на глубине 0,5—1,5 м от поверхности. Если сравнить минеральный состав бириузоносных зон и их структурные особенности с описанными зонами коры выветривания, то их в какой-то мере можно сопоставить лишь с зоной начального разложения пород — зоной гидрослюд. Чем выше степень выветривания пород, тем полнее развит комплекс вторичных минералов и хуже ювелирные качества бириузы. Всюду устанавливаются постепенные переходы от ювелирной яркоокрашенной бириузы в жильном кварце или в кварцитах, не затронутых выветриванием, до полных псевдоморфоз по бириузе в наиболее выветрелых участках. Характерен в этом плане разрез через проявление бириузы Косшока. На восточной границе разреза расположена мощная зона рассланцевания с хорошо развитой линейной корой выветривания, близ зальбандов которой наблюдаются крупные линзы и желваки бириузы, полностью замещенные вторичными минералами. Отчетливы изменения бириузы и по мере приближения к поверхности. Если внизу разреза, в практически не затронутых выветриванием кварцитах развиты прожилки плотной голубой и голубовато-зеленой бириузы, то около поверхности в тех же прожилках верхняя часть сложена зеленой, буровато-зеленой бириузой, халькосидеритом и ярозитом.

Фактические данные свидетельствуют о том, что как в Кызылкумах, так и в Кураминском хребте или в хр. Каратау ювелирная бириуза сохраняется лишь в местах, не затронутых или слабо затронутых выветриванием, как непосредственно в зоне окисления, так и в зоне выщелачивания, что подтверждается экспериментальными данными Л. А. Пугаевой (1974 г.).

Наибольшему выветриванию в Кызылкумах подвергались площади таких месторождений как Центральное, Западное, Джаман-Каскыр, Аякаши I—II, Южный Дербез и проявлений Каратау, Косшока, Бельтау, характеризующиеся широким развитием измененных разностей бириузы. Большую сохранность вмещающих пород и лучшее качество бириузы имеют месторождения Султануиздаг, Северный Дербез, Восточное, Дальнее, Ауминза, Таушанское и ряд проявлений.

В Кураминском хребте, формирование которого завершилось в конце неогена — начале антропогена, коры выветривания практически не развиты. Наличие их отмечается лишь некоторыми авторами в пределах развития алунитоносных и бириузоносных вторичных кварцитов.

Р. В. Мусин, детально изучавший этот регион, считает, что экзогенные процессы наложены на вторичные кварциты, образовавшиеся в результате сольфатарных процессов. 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 и с этими же процессами связывает образование бириузы.



Р и с. 48.
Прожилки и линзы бирюзы в ожелезненном вторичном кварците. Месторождение Кальмакыр

Детальное изучение разрезов на Кураминских месторождениях позволило установить вертикальную зональность в развитии бирюзы и выделить сверху вниз следующие зоны: окисления, ярозита, пиритизированных метасоматитов.

Зона окисления. Мощность ее обычно составляет несколько метров (максимально 5—10 м), соответствует верхней зоне наложенной коры выветривания. Зона сложена наиболее осветленными, каолинизированными и ожелезненными породами с обильными макро- и микропустотами. Наиболее характерно развитие гидроокислов железа и землистого тонкодисперсного ярозита, опала, халцедона. Развита и тонкодисперсная каолинит, образующий в шлифах черные непрозрачные скопления, пятна и пылевидную вкрапленность. Нередко каолинит покрывает стенки или частично выполняет пустоты выщелачивания, замещает ярозит. Эта зона, по данным автора и В. П. Борискина, бесперспективна на бирюзу, так как даже при обильной минерализации бирюза здесь низкого качества, ожелезнена, обесцвечена, нередко полностью замещена ярозитом и гидроокислами железа. Развита здесь рашлеит, халькосидерит и не исключается присутствие небольшого количества ювелирной бирюзы в реликтовых наиболее прокварцованных и наименее выветрелых участках (рис. 48).

Ожелезненные, ярозитизированные разности бирюзы достаточно широко развиты на всех месторождениях. На Кальмакыре бирюза замещается гидроокислами железа, ярозитом и медной зеленью, окрашена в желтые, бурые и грязно-зеленые тона. На месторождении Унгурикан в верхней зоне обычна ассоциация бирюзы с опалом. В шлифе I-3 среди тонко- и мелкозернистого алунит-кварц-серцитового метасоматита дробленного ожелезненного с землистым, натечным и кристаллическим ярозитом, нодулы бирюзы развиты среди плотных масс гётита. Крупные выделения бирюзы с захваченными кусочками ожелезненного кварцита и линзами опала внутри развиты в менее ожелезненных участках. В виде мелких линз встречается алунит. К линзам алунита нередко приурочены кристаллики ярозита.

В другом шлифе опал разделяет нодулы бирюзы, выполняет микро-трещины в бирюзе и образует микропрожилочки 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 гидроокислы железа, медная зелень, в открытых трещинах — тонкоиглольчатые сферолиты малахита.

В одном из шлифов (154, Яккобаг) метасоматит представлен мелко- и тонкозернистой породой алунит-каолин-серицитового состава с обильными пустотами выщелачивания, характерными для ярозита I, гидроокислами железа и землистым ярозитом II. Кварца в основной массе породы практически нет. Он установлен в виде обломков, редких кристалликов и небольших линз. Мелкозернистые и мелкошестоватые кристаллики кварца образуются в альбандах бирюзового прожилка. Кварц и бирюзу пересекают прожилки тонкозернистого ярозита, обильно развивающегося в краевых зонах бирюзы. В свою очередь, по краям ярозитовый агрегат, так же как и бирюза, обрастает мелкопластинчатым халцедоном. Мелкие бирюза-халцедоновые агрегаты слагают линзы среди ярозита. Порядок выделения минералов довольно четкий: кварц — бирюза — ярозит I — халцедон — ярозит II. В шлифе 551 состав кварцита каолин-серицит-кварцевый. Каолин-серицитовые агрегаты представлены реликтовыми участками среди более позднего роговикового типа кварца и явно жильного шестоватого. В одном из участков шлифа наблюдается четкое брекчирование. Обломки кварцита, кварца сцементированы опал-халцедоновым цементом. Здесь же развиты почки криптозернистой бирюзы. Ярозит замещен гидроокислами железа и выщелочен. В породе установлены реликты полевых шпатов и цветного компонента мусковитизированного, хлоритизированного и вкрапленники окисленного рудного минерала.

Зона ярозита. По данным В. П. Борискина (В. П. Борискин и др., 1977 г.), это верхняя подзона зоны выщелачивания: а) подзона сульфидов железа и щелочей (ярозита), с которой он не связывает бирюзы; ниже расположены: б) подзона сульфатов и фосфатов железа, стронция, кальция, меди (бирюза, халькосидерит, вудхаузит, алунит, натроярозит); в) подзона фосфатов алюминия и меди (бирюза).

Автором определена тесная парагенетическая связь ярозита с бирюзой. Ярозитизированные метасоматиты, как правило, не характеризуются развитием гидроокислов железа. По плоскостям трещин наблюдаются микрозернистые корочки различных оттенков желтого цвета и обильные желто- и темно-коричневые вкрапленники, как правило, принимаемые за лимонит по пириту. В выветрелых разностях обильны пустоты с четкими кристаллографическими очертаниями от долей до 1—2 мм в поперечнике. Кучные скопления образуют более крупные округлые и неправильной формы пустоты, нередко с реликтами ярозита на стенках или наполовину выполненные ярозитом. Ярозит развивается в альбандах прожилков и почеч бирюзы. Зернистые и тонкодисперсные агрегаты ярозита замещают бирюзу и образуются во всех случаях позже. По микропорам и микротрещинам в бирюзе формируются вкрапленники ярозита с хорошей кристаллографической огранкой. В зависимости от степени ярозитизации, в тех или иных участках зоны или в пределах бирюзовых образований качество бирюзы изменяется от ювелирной до сильно измененной буровато-коричневой массы. Местами наблюдается ассоциация бирюзы, ярозита и рудного компонента. Иногда нодулы тонкозерни-

стой бирюзы расположены в темно-бурой массе гидроокислов и ярозита вместе с округлыми (развальцованными) обломками кварцитов.

Бирюзоносные метасоматиты в зоне ярозита со слабо проявленными процессами выветривания представлены тонко- и мелкозернистыми разновидностями без макро- и микропор. Ярозит в таких случаях — единственный вторичный минерал, замещающий бирюзу, если не учитывать присутствие таких редких минералов, как натроярозит, вудхаузеит, сванбергит. Каолинит в зоне ярозита не развит. Местами наблюдается замещение бирюзы алунитом, который автор связывает с постагматической фацией образования алунитовых метасоматитов, а не с корой выветривания.

В одном из шлифов проявления Шаугаз установлен тонкопластинчатый алунит, образующий прожилки и линзовидные скопления среди кварц-серпичитового агрегата и развивающийся в зальбандах ветвящегося прожилка бирюзы, а вблизи микротрещин — непосредственно в бирюзе. Позже алунита выделяется ярозит, образующий краевые зоны алунитизированной бирюзы и выполняющий трещины, наполовину заполненные бирюзой. В зоне ярозита нередко 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 — бирюзоносная зона метасоматитов, соответствует нижней зоне наложенной коры выветривания или зоне выщелачивания. Она практически без поздней каолинизации, ожелезнения и образования пустот. В зоне ярозита концентрируется основная масса бирюзы, в том числе и ювелирная.

Зона пиритизированных метасоматитов. Это зона без признаков экзогенного изменения пород; представлена массивными вторичными кварцитами и пропилитами, содержащими вкрапленность пирита и других сульфидов. Зона пиритизированных метасоматитов является зоной развития ювелирной бирюзы и тонкой природной смеси бирюзы и галлуазита или каолинита. В редких случаях наблюдаются прожилки бирюзы, отороченные пластинчатым галлуазитом. Прожилки ювелирной и каолинитизированной бирюзы просекают по разноориентированным трещинам массивные пиритизированные метасоматиты. Пирит, как правило, покрывает стенки трещин, выполняемые впоследствии бирюзой, и образует тонкую вкрапленность во вмещающих кварцитах и в бирюзе. Встречаются трещины, одновременно выполненные гребенчатым кварцем, пиритом и бирюзой. Редко наблюдаются тонкие просечки пирита по бирюзе. Основная же масса прожилков бирюзы пересекает прожилки пирита.

В шлифах бирюза характеризуется плотным тонко- и мелкозернистым сложением, поляризуется в серых тонах. В качестве замещающего бирюзу минерала развивается крупночешуйчатый и тонковолокнистый алунит. Как макро-, так и микро- в бирюзе отмечаются кристаллики сульфидов и кварца, приуроченные чаще всего к зальбандам бирюзовых образований и к микротрещинам в них. Бирюза образует почки, нодулы, линзовидные прожилки без резких контактов с взаимопрониканием в краях кварц-серпичитовой массы и бирюзы. Нередко образования бирюзы с трудом различимы в массе метасоматита в проходящем свете и только с анализатором она выделяется мелкозернистой структурой и темно-серым цветом. В большинстве своем бирюза приурочена к участкам наибольшего прокварцевания. При тесном срастании обоих минералов кварц почти всюду образует как бы оторочку вокруг бирюзы. Мелкие нодулы бирюзы в редких случаях развиваются по мусковитизированным и хлоритизированным вкрапленникам цветного компонента.

В одном из шлифов Кальмакыра наблюдалась очень интересная ассоциация бирюзы, рудного минерала и турмалина. Турмалин тонкоиглчатый, образует пучки и «солнца», местами выполняет промежутки между почками бирюзы и обрастает вкрапленники рудного минерала, иногда вращается в них. Микрорезнистая бирюза в редких случаях замещает апатит, сохраняя кристаллографические очертания его зерен.

В пиритизированных метасоматитах с массивной структурой практически не развиты кварцево-жильные зоны. Кварц развивается в виде мелких линз и скоплений, трудно различимых в массе вмещающего серицит-кварцевого метасоматита. Включения и прожилки бирюзы приурочиваются к порам и трещинам в самих метасоматитах.

Выделенные зоны, естественно, не имеют строгой линейности. Как в плане, так и на глубину, они сменяют друг друга в зависимости от интенсивности прошедших метасоматических и гипергенных процессов. Пиритизированные метасоматиты отмечаются 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, перекрываясь зоной окисления. Поэтому при разведке месторождений с поверхности геологи прежде всего сталкиваются с корой выветривания этих месторождений.

В заключение отметим, что проведя детальные исследования на Кальмакырском карьере и обследовав карьер Сары-Чеку, для которых характерны идентичная геологическая обстановка, мощная зона окисления с развитием вторичных минералов меди, автор установил, что если в первом случае рудное поле содержит многочисленные бирюзоносные зоны, то во втором они полностью отсутствуют. При идентичности неизменных и слабо измененных пород на площади Сары-Чеку отсутствуют типичные кварциты и зоны позднего жильного прокварцевания. Несмотря на широкое развитие эпидота и хлорита, ярозит при той же пиритизированности не установлен. В эпидотизированных и хлоритизированных разностях в заметных количествах присутствует апатит. В кварц-серицитовых метасоматитах могут быть обнаружены лишь единичные зерна его. Основная масса пропицитизированных пород тонкозернистая, кварцевая, роговикового типа, без характерных брекчиевых и шестоватых структур. Массив Сары-Чеку — наглядный пример того, что для образования бирюзы недостаточно апатитоносных пород, меднопорфировой минерализации и хорошо развитой коры выветривания. Только более поздние гидротермальные процессы по узколокальным зонам приводят к перекристаллизации пород, перераспределению химических элементов и образованию бирюзы.

ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БИРЮЗЫ

Многочисленные месторождения бирюзы за рубежом и в республиках Средней Азии, залегающие среди магматических и осадочно-метаморфических пород описанных формаций, принадлежат к единой генетической группе, которая в зависимости от взглядов исследователей на генезис бирюзы определяется как экзогенная или гидротермально-метасоматическая.

Месторождения бирюзы в СССР по вмещающим породам разделены автором на три типа:

1) месторождения в магматических породах порфировой формации (кураминский тип);

2) месторождения в углеродисто-карбонатно-кремнистой формации (кызылкумский тип), в том числе залегающие в зоне экзоконтакта интрузий (таушанский подтип);

3) месторождения, приуроченные к меднопорфировым полям с золото-молибденовой минерализацией (кальмакырский тип).

Предлагаемая классификация основана на материалах изучения месторождений бирюзы в Средней Азии. Сведениями о зарубежных месторождениях подтверждается правильность выделенных главных геолого-промышленных типов.

Так, Нишапурские месторождения в Иране и большая часть месторождений бирюзы в юго-западных штатах США (Ледвилл, Кертленд, Кингмен, Джарилла, Цериллос и др.) приурочены к молодым (мел-палеогеновым) магматическим образованиям порфировой формации. Месторождения Синайского полуострова (Вади-Магхаре) залегают в углеродисто-карбонатно-кремнистых породах. Ряд месторождений США и Китая локализованы в пределах рудных полей.

Крупные месторождения бирюзы за рубежом и в СССР, разработавшиеся в ранние века нашей эры и сохранившие промышленное значение до наших дней, принадлежат к первым двум типам.

В последнее время установлена и промышленная значимость третьего типа месторождений.

МЕСТОРОЖДЕНИЯ В МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОДАХ ПОРФИРОВОЙ ФОРМАЦИИ (КУРАМИНСКИЙ ТИП)

В Средней Азии к этому типу относятся древние бирюзовые рудники, расположенные в Кураминском хребте; главные из них — месторождения Бирузакан и Унгурликан. В южных отрогах Чаткальского хребта, в тех же породах находится небольшое проявление Таштепе (Болгалы).

Для месторождений кураминского типа характерны: высокое качество сырья, значительная глубина развития минерализации (до 100 м и более) и сравнительно небольшие площадные размеры (до 0,5 км²). В окраске кураминской бирюзы преобладают чистые голубые тона, зе-

леноватые разности развиты в меньшей мере, преимущественно в близ-поверхностной зоне. Выход яркоокрашенной плотной ювелирной бирюзы составляет 5—10% от массы извлекаемого сырья. Ориентировочные запасы драгоценного сырья в этих месторождениях определяются снятыми килограммов. Эти запасы установлены исходя из масштабов древней отработки и перспективной оценки таких месторождений как Бирюзакан и Унгурикан, несмотря на то что оба месторождения не доразведаны, и данные имеются лишь по отдельным участкам.

Максимальное окварцевание, метасоматическая переработка пород и трещиноватость определяют места локализации бирюзы. Размеры бирюзоносных тел небольшие (1—3 м в поперечнике), как правило, тела не выходят на поверхность, а вскрываются на глубине 3 м и более. Ввиду неполной изученности месторождений трудно говорить о морфологии минерализованных тел и закономерности их развития. Большей частью это штокверкообразные «кусты», зоны.

На Бирюзакане минерализация четко ограничивается кварцевожильными зонами. На Унгурикане и проявления Шаугаз, Яккобаг морфология бирюзоносных тел более сложная, контролируется она развитием микропрожилков и линз кварца в местах сгущения тектонических трещин разной ориентировки. В приповерхностных частях минерализованных зон часто встречаются корочки и примазки бирюзы. С глубины 3—5 м преимущественно развиты прожилки и разнообразные по форме и размерам включения. С глубины 15—20 м широко распространены каолинизированные разности в прожилках и крупных включениях, сменяющиеся в корневых зонах месторождений мелкокрапленными и мелкопрожилковыми образованиями бирюзы.

Кураминский тип месторождений бирюзы представляется наиболее перспективным ввиду незначительной эрозии месторождений, глубины развития минерализации, высокого качества сырья. Отрицательными являются незначительные размеры образований бирюзы (мощность прожилков бирюзы 1—3 мм, в редких случаях 5 мм и более, протяженность — первые десятки сантиметров, включения от 1 до 3—4 см в поперечнике и более крупные) и широкое развитие каолинизированных разностей. Кроме того, эти месторождения требуют больших затрат труда и средств на освоение глубоких горизонтов.

МЕСТОРОЖДЕНИЯ В УГЛЕРОДИСТО-КАРБОНАТНО-КРЕМНИСТОЙ ФОРМАЦИИ (КЫЗЫЛКУМСКИЙ ТИП)

В Средней Азии это наиболее многочисленная группа, объединяющая месторождения хр. Султануиздаг и Центральных Кызылкумов. Отдельные месторождения этого типа известны в горах Нуратау, в Западных отрогах Туркестанского хребта в Южном и Западном Казахстане.

Бирюзоносные поля Кызылкумов и хр. Султануиздаг в ряде случаев измеряются первыми квадратными километрами, площади бирюзоносных узлов достигают нескольких десятков квадратных километров.

Большая часть месторождений глубоко эродирована, основная масса прожилков кварца с бирюзой обнажена была на поверхности и выклинивается на глубине 3—5 м. Глубина развития бирюзы в описываемом типе месторождений лишь в редких случаях достигает или превышает 50 м. Здесь широко развиты железистые и цинксодержащие разности зеленой и голубовато-зеленой бирюзы, рашлент, халькосидерит и др.

Развивающиеся гидроокислы железа (лимонит, гидрогематит) и ярозит нередко почти нацело замещают бирюзу. Часто встречается окремнелая бирюза. Как и в кураминском типе, здесь также наблюдаются рыхлые мелоподобные разности.

В результате древней отработки и широкого развития процессов выветривания близповерхностные зоны месторождений (Центральное, Джаман-Каскыр, Аякаши I, Южный Дербез и др.) на глубину до 3—5 м практически бесперспективны. Редко встречаемые небольшие тела с ювелирной бирюзой не имеют промышленного значения. Продуктивный горизонт этих месторождений в настоящее время расположен ниже глубины 5—7 м. Установлены участки, где содержание ювелирной бирюзы достигает 5—10 и 20% от общей массы сырья.

На месторождениях со слабо развитыми процессами выветривания — Таушан, Ауминза, Султануиздаг и др. — участки с ювелирной бирюзой вскрываются около поверхности.

Для кызылкумского типа характерны обильная минерализация, крупные мономинеральные прожилки бирюзы и «самородки» массой до 1 кг. Нередки брекчии кварца с бирюзовым цементом и оригинальные образования вкрапленной бирюзы от тонко- и мелко- вкрапленной до крупно-желвачковой различных форм и рисунка «паутины».

В составе кызылкумского типа автором выделен таушанский подтип, объединяющий месторождения бирюзы в зонах непосредственного контакта продуктивных углеродистых пород с интрузивными массивами кистлого и основного состава. Проявления бирюзы этого подтипа известны в горах Кульджуктау и Нуратау (Таушан, Мальгузарское и др.).

Вмещающие породы месторождений ороговикованы, массивны, слабо затронуты выветриванием (даже в поверхностных частях), слабее проявлены кварцево-жильные зоны, не выражены зоны каолиннизации и ожелезнения. Площадь развития бирюзовой минерализации в каждом отдельном случае незначительна. Широко развиты процессы графитизации, гематитизации и окварцевания пород по системам разноориентированных трещин в виде маломощных прожилков.

По промышленной значимости кызылкумский тип мало уступает кураминскому и превосходит его по числу месторождений и их размерам, более обильной минерализацией.

Запасы ювелирной бирюзы основных месторождений до древней отработки явно исчислялись в несколько тонн. По крупности бирюзовых образований, развитию зеленых и сетчатых (паутинных) разностей кызылкумский тип не имеет аналогов. Масса измененной и каолинзированной бирюзы представляет собой хороший материал для облагораживания и частично может быть использована для крупных вставок в виде камней с включениями и неоднородной окраской.

МЕСТОРОЖДЕНИЯ, ПРИУРОЧЕННЫЕ К МЕДНОПОРФИРОВЫМ ПОЛЯМ С МОЛИБДЕНОВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИЕЙ (КАЛЬМАКЫРСКИЙ ТИП)

Кураминский и кызылкумский типы месторождений бирюзы представляют собой собственно бирюзовые объекты с оригинальной минерализацией, не присущей месторождениям других полезных ископаемых.

Кальмакырский тип объединяет проявления бирюзы, приуроченные к рудным месторождениям. Яркий пример этого типа в Средней Азии —

Кальмакырское медно-молибденовое месторождение и месторождение Ак-Турпак, в Армении — Техутское. За рубежом наиболее интересны в этом отношении полиметаллические и меднопорфировые месторождения шт. Аризона в США (Кастл-Доум, Глоуб и др.). Такого же типа месторождения известны в Китае, недавно открыто месторождение в Монголии — Эрдентуин-Обо.

Условия локализации бирюзы в рудных месторождениях аналогичны таковым в собственных месторождениях бирюзы: бирюза здесь развивается лишь в зонах осветления и жильного многостадийного окварцевания с максимальной метасоматической переработкой вмещающих пород.

По данным автора, изучавшего месторождения Ак-Турпак и Кальмакыр, а также по данным В. Б. Сейранян, обнаружившего бирюзу в Техутском рудном поле, зоны бирюзовой минерализации являются более поздними по отношению к рудной минерализации и контролируются другими системами разломов, косо- или поперечносекущих рудные структуры.

На Кальмакырском поле бирюзовая минерализация локализуется в пределах зон осветления с четко развитой секущей системой молодых (альпийских) трещин широтного простирания. Вдоль разломов этого направления проявлены процессы гидротермальной переработки пород: окварцевание, серицитизация, каолинизация и алунификация.

На Техутском месторождении «выделения бирюзы связаны с кварц-каолинитовыми, кварц-серицитовыми, и карбонат-цеолитовыми породами, содержащими пирит, сфалерит, галенит, барит, ангидрит и др., наложенными на грейзены, кварциты, аргиллизиты» (Сейранян В. Б., 1976, с. 148).

Генетическая связь бирюзы с низкотемпературным жильным кварцем во всех типах определяет характер и интенсивность минерализации. Чем сильнее развиты кварцево-жильные бирюзоносные зоны в том или ином поле, тем большее количество бирюзы можно ожидать. Бирюза непосредственно во вмещающих метасоматитах развивается, как правило, в пределах или вблизи кварцево-жильных зон и кустов, так как гидротермальные процессы в свою очередь тесно связаны с предшествующими им метасоматическими процессами, приводящими к развитию апатитоносных пропилитов, вторичных кварцитов и бирюзоносных фаций в них.

На Кальмакырском месторождении и месторождении Ак-Турпак, приуроченных к единой структуре, бирюза контролируется серией узких тектонических зон с ограниченным развитием кварцевых прожилков. Контакты зон местами четкие, с глиной трения и зеркалами скольжения, местами с постепенными переходами во вмещающие неизменные породы, нередко осветлены лишь зальбанды тонких ожелезненных и прокварцованных трещин.

Большая часть зон осветления бирюзоносна, но минерализация их незначительная. Бирюза развита в виде корочек и примазок, окрашенных в зеленовато-голубые тона, мелких включений и тонких прожилочков. С глубины 40 м качество бирюзы значительно улучшается; наряду с корочками и примазками здесь в виде прожилков развиты плотные яркоокрашенные разности голубой и зеленовато-голубой бирюзы.

Основная масса примазок и включений бирюзы приурочена к висячим зальбандам и центральному частям вмещающих зон. На глубине 80—90 м и более от поверхности бирюза развивается в тесной ассоциации с сульфидами, галлуазитом, алунином, мусковитом и турмалином. В тонких прожилках бирюзы нередко содержится густая вкрапленность

сульфитов, среди которых преобладает пирит, реже наблюдаются халькопирит и сфалерит. Встречаются линзы до 2—3 см в поперечнике, сложенные бирюзой и сульфидами. В темно-сером жильном кварце можно наблюдать пустоты, выполненные бирюзой и сульфидами в тесном срастании друг с другом. Встречаются все переходы от яркоокрашенной плотной, местами стекловатой бирюзы до каолиноподобных масс. Каолинизированные разности бирюзы наиболее характерны для данного типа месторождений.

Основная масса бирюзоносных зон выклинивается в 80—90 м от поверхности, отдельные зоны прослеживаются на глубину до 150 м. Процент ювелирной бирюзы на месторождениях кальмакырского типа ниже, чем в первых двух, и, как правило, прожилки и включения бирюзы здесь более мелкие. Этот тип месторождений наименее изучен. Добыча бирюзы начата лишь на Техутском месторождении. Наиболее интенсивно метасоматические и гидротермальные процессы, наложенные на рудоносные площади, проявлены в верхних горизонтах, в значительной степени эти месторождения эродированы.

Наиболее эффективна добыча бирюзы до вскрышных или во время вскрышных работ. При разработке более глубоких рудных горизонтов может быть организована попутная добыча бирюзы.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ И ПОИСКОВЫЕ ПРИЗНАКИ

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ

Размещение месторождений бирюзы определяют структурно-тектонические, литологические, магматические факторы и гидротермально-метасоматические процессы, приведшие к формированию бирюзоносных метасоматитов, развитию кварцево-жилных зон и установлению геохимической обстановки, способствующей образованию бирюзоносных растворов.

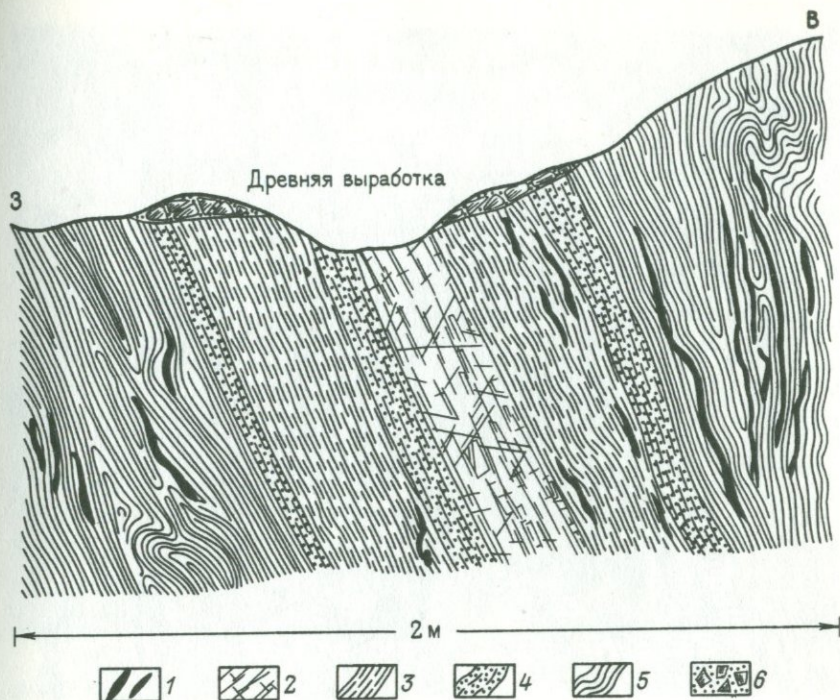
Структурно-тектонический контроль. Все месторождения бирюзы, известные в настоящее время, расположены в областях, сформированных в альпийскую эпоху складчатости, в Скалистых горах, Саксонских Альпах, Нишапурской горной цепи, Кавказе, Кураминском хребте, Кызылкумах и т. д.

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

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 (Пятков К. К. и др., 1956 г.). Б. Б. Ситдинов (1968 г.) по характеру проявлений новейшей тектоники относит Кызылкумы к Западной переклиналиной части платформенной области Южного Тянь-Шаня, считая, что альпийский тектогенез происходил в две стадии — собственно альпийскую (верхний палеоген) и новейшую (олигоцен-антропогенную).

Таким образом, современные горные массивы Кызылкумов — Букантау, Тамдытау, Ауминза-Бельтау, Кульджуктау и хр. Султануиздаг, в пределах которых расположены бирюзоносные зоны и узлы, являются альпийскими антиклинальными поднятиями со сложным геологическим строением и широко развитой разрывной тектоникой. Во всех массивах наиболее четко проявлены четыре системы разломов: северо-западные, субмеридиональные, северо-восточные и субширотные. Большая часть крупных разломов характеризуется длительной историей формирования: заложены они в герцинское время, подновлялись и формировались в альпийскую фазу. В последнем случае это, как правило, крупные взбросы, по которым палеозойские породы подняты и надвинуты на мезозойские отложения.

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



Р и с. 49.

Разрез вкрест минерализованной зоны 3. Месторождение Тебин-Булак:

1 — добирюзовые кварцевые жилы; 2 — бирюзоносные зоны (тонкорассланцованные осветленные серицит-кварцевые сланцы с редкими малоомощными прожилками бирюзоносного кварца); 3 — углеродистые кремнистые сланцы сильно дробленные; 4 — тонкорассланцованные ожелезненные кварциты; 5 — перемятые рассланцованные кремнистые породы; 6 — отвал древней выработки

В хребтах Султануиздаг и Каратау (Южный Казахстан) в соответствии с простираем пород и основных структур бирюзоносные зоны прослеживаются в северо-западном (до меридионального в первом случае) направлении. Альпийский Тебинбулакский взброс ограничивает Султануиздагское и Тебинбулакское месторождения хр. Султануиздаг. Вблизи Северо-Каратауского альпийского надвига расположено месторождение Аксумбе. Протяженность крупных нарушений достигает нескольких десятков километров. Амплитуда смещения по разломам колеблется от первых метров до первых десятков метров. Протяженность бирюзоносных зон измеряется несколькими километрами при ширине от метров до десятков и сотен метров, в случае развития 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-жилные зоны с бирюзой приурочены к наиболее нарушенным и тонкорассланцованным участкам, чаще всего выполняя трещины отслоения, согласные с простираем вмещающих пород (рисунки 49, 50).

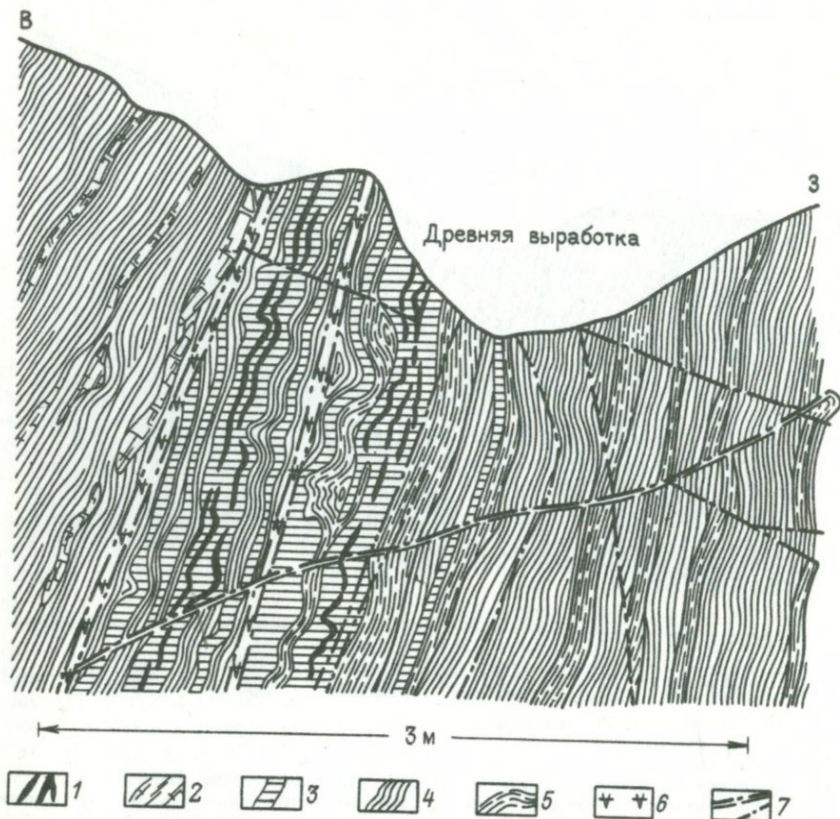


Рис. 50.

Строение бирюзовоной зоны: 1. Месторождение Теб и Булак:

1 — мелкопрожилковые зоны бирюзового кварца; 2 — мелкопрожилковые зоны добирюзового молочно-белого кварца; 3 — углеродистые сильно окварцованные бирюзовоносные породы; 4 — хлоритизированные кремнистые сланцы; 5 — осветленные опализированные кварциты; 6 — гематитизация; 7 — тектонические трещины

Тектонические напряжения проявлялись и после формирования кварцево-жильных зон. Жильный кварц повсеместно раздроблен до мелкообломочного материала (рисунки 51, 52) и только в более мощных жилах он сохраняется в крупных блоках. Отлагалась бирюза в более спокойной обстановке, дробленный кварц нередко цементируется бирюзой, подвижки по бирюзе и ее дробление отмечаются редко. Такие же тектонические условия формирования характерны и для месторождений бирюзы кураминского и кальмакырского типов, независимо от того, где они расположены: в Кураминском хребте, в Нишапурской горной цепи или в Скалистых горах.

Весь имеющийся геологический материал свидетельствует о том, что тектоническое строение Кураминского хребта — результат последовательного проявления трех крупных эпох орогенности: каледонской, герцинской и альпийской. В результате альпийского орогенического цикла произошло общее поднятие района и формирование современного рельефа, завершившееся в конце неогена — начале антропогена.



Р и с. 51
Брекчированный бирюзоносный кварц. С анализатором

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 м.

По Северной границе Кураминского хребта проходит крупный Шаугазский или Северный надвиг, вблизи которого расположена Северо-Кураминская бирюзоносная зона. Надвиг и зона, в соответствии с простиранием хребта, прослеживаются в субширотном и северо-восточном направлении 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 и 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 находятся в тектонических блоках и строго контролируются разрывными нарушениями,

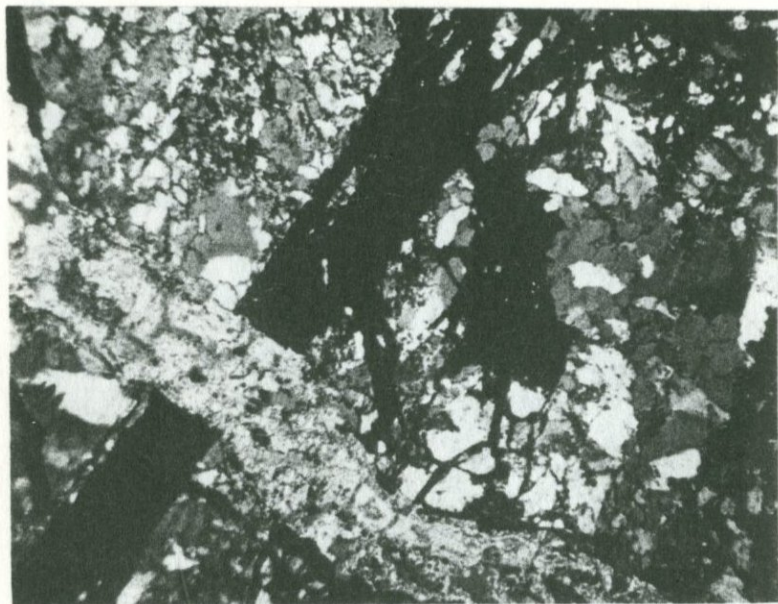


Рис. 52.

Микробрекчия кварца с железистым цементом, прожилками гематита и кальцита. С анализатором

фиксируемыми мощными зонами дробления и расщепления. Узлы пересечения древних разрывов северо-восточного или северо-западного направления молодыми широтными среди метасоматически измененных пород и определяют бирюзоносные площади в том или ином блоке.

Бирюзоносные зоны представлены сочетанием зон дробления, милонитизации, участков повышенной трещиноватости. Породы в их пределах риздроблены, брекчированы, серицитизированы и прокварцованы. Пржилки бирюзы контролируются микротрещинами, включения — микро-макропорами. В незначительной мере процессы дробления продолжались и после отложения бирюзы.

Литологический контроль. При всем разнообразии осадочно-метаморфических толщ бирюзоносных районов установлена строгая приуроченность месторождений бирюзы кызылкумского типа к породам углеродисто-карбонатно-кремнистой формации. Приуроченность бирюзы к углеродистым образованиям отмечали А. Ф. Соседко и Н. П. Петров при изучении Кызылкумов еще в 1938 г. В дальнейшем это подтвердилось работами Ш. Ш. Сабдюшева (1970) и тематическими исследованиями.

Продуктивная формация представлена частым чередованием кремнистых, карбонатных и кварцитовых прослоев с тонкими прослоями серицитизированных сланцев. Состав, структуры и текстуры бирюзоносных пород идентичны всюду, несмотря на то что развиты они в толщах, возраст которых датируется от рифея до девона. Все разности пород

бирюзоносной формации обогащены углеродистым, нередко графитизированным веществом. Природа последнего не ясна. Академик В. И. Попов и ряд других исследователей считают, что углеродистые породы образовались при метаморфизме органического вещества растительного происхождения (углеродисто-силицитовая формация). Автору представляются более реальными данные А. С. Уклонского и В. Ф. Савельева (1972 г.), связавших углеродистые образования с процессом нефтеобразования. К этому же выводу пришел В. П. Борискин, изучавший геохимические особенности бирюзоносных пород (1976 г.). Гряды углеродистых сланцев и кварцитов или четко следуют вдоль тектонических линий, или подчеркивают складчатость пород в зонах сильного смятия.

Углеродистые образования не слагают мощных пачек. В той или иной степени «обуглерожены» и карбонатные прослои, и в ряде случаев известняки и мраморы окрашены в темно-серые и черные тона, массивны и макроскопически с трудом отличимы от кварцитов, так же как и кремнистые образования. Кварциты, кремнистые и карбонатные породы, как правило, имеют постепенные переходы, обусловленные их перекристаллизацией и окварцеванием. Чем ближе расположены породы к бирюзоносной кварцево-жильной зоне, тем выше степень их окварцевания. Таким образом, бирюзоносные кварциты образуются за счет перекристаллизации, обуглероживания и окварцевания кремнистых, карбонатных и песчано-сланцевых пород в тектонических зонах.

Обогащение карбонатно-кремнистых пород углеродистым материалом в тектонических зонах приводит к обогащению их характерными элементами бирюзоносных зон: медью, фосфором, никелем, кобальтом, ванадием, молибденом. Процессы более позднего окварцевания и дальнейшей перекристаллизации пород способствуют перегруппировке этих элементов и попаданию их в растворы, отлагающие затем бирюзу.

Площади развития пород углеродисто-карбонатно-кремнистой формации ограничивают прогнозные площади на бирюзу, определяя пространственную и парагенетическую связь бирюзы с этими породами в Кызылкумах, Туркестанском хребте и хр. Каратау.

Площади развития месторождений бирюзы кураминского и кальмакырского типов определяются развитием характерного комплекса кислых и щелочных пород, объединяемых в липарит-дацитовую формацию. Эта бирюзоносная формация характеризуется пестрым составом, наличием субвулканических тел и малых интрузий, а также массивов вторичных кварцитов и гидротермально-измененных пород. Породы данной формации наблюдаются в толщах, возраст которых условно определяется от верхнего карбона до нижнего триаса, т. е. это относительно молодые образования Кураминского хребта, позже которых образован лишь дайковый комплекс среднего и основного состава, датируемый нижним и верхним триасом.

Вторичные кварциты и гидротермально-измененные породы развиваются по андезитовым и дацитовым порфирирам, их туфам, эруптивным брекчиям, кварцевым, фельзитовым, сиенитовым порфирам, гранодиорит-порфирам и граносиенитам-порфирам и характеризуются близким химическим составом и повышенным содержанием в аксессуориях гематита, апатита и циркона.

Породам липарит-дацитовой формации, как и углеродисто-карбонатно-кремнистой, свойственно повышенное содержание фосфора, меди, цинка, ванадия, висмута, молибдена. По данным Г. Е. Завьялова (1974 г.), наиболее обогащены апатитом, а следовательно и фосфором, субвулканические тела сиенитовых порфиров и сиенитовых диоритов верхнеперм-

ского возраста. Бирюзоносные метасоматиты северо-кураминской зоны расположены в непосредственной близости или в пределах апатитоносных пород. Кварцевые порфиры, вмещающие месторождение Бирюзакан, на его флангах также отличаются повышенной апатитоносностью.

Многочисленные месторождения бирюзы в Северной Америке находятся среди гранит-порфиров, риолитов и монцититов палеогена, главный аксессуарный минерал которых — апатит. В мощной брекчиевой зоне среди апатитоносных порфиров и трахитов того же возраста расположены Нишапурские месторождения Ирана.

Проявление бирюзы в Маднеульской группе месторождений Грузии приурочено к медно-сульфидным телам, залегающим среди туфов, туфобрекчий и альбитофиров верхнесеноманского и нижнекампанского возраста. Среднеюрские и более молодые магматические образования вмещают бирюзоносные зоны Техутского поля.

Все эти данные свидетельствуют о приуроченности месторождений бирюзы кураминского и кальмакырского типов к молодым, субвулканическим комплексам и в СССР, и за рубежом.

Литологический состав пород с повышенным содержанием фосфора, связанного с углеродистым веществом в осадочно-метаморфических толщах и с апатитом в магматических породах, предопределяет места локализации бирюзы. Заметим, что фосфоритоносные толщи древние или молодые, вопреки мнению некоторых исследователей (В. Х. Клявин и др.), практически не играют роли в формировании месторождений бирюзы. По данным Ю. К. Смолина и результатам тематических исследований, бирюза развивается лишь в тектонических структурах, характеризующихся повышенными количествами эпигенетического фосфора, и удалена от собственно фосфоритовых горизонтов.

Магматический контроль. Третий геологический фактор, определяющий место локализации бирюзы, — магматический контроль. Многочисленная группа месторождений кураминского и кальмакырского типов расположена среди субвулканических образований кислого и субщелочного состава.

Месторождения кузылкумского типа в большинстве своем локализованы в зонах экзоконтакта гранитоидных массивов или в ороговикованных породах кровли. И в том, и в другом случаях в пределах бирюзоносных площадей развиты апатитоносные дайки диорит-порфиров и лампрофиров. Дайки контролируют зоны рассланцевания и бирюзоносные кварцево-жилные зоны. Возраст даек обычно точно не установлен, они относятся к наиболее молодым магматическим образованиям района. В Кызылкумских месторождениях внедрение даек предшествовало образованию бирюзы. Нередко в их зальбандах отмечаются прожилки кварца с бирюзой. На месторождении Джаман-Каскыр одна из даек лампрофира сечется серией маломощных прожилков бирюзы. Дайки основного и среднего состава наблюдаются и на бирюзоносных площадях Кураминского хребта. Ввиду разобщенности связь их с бирюзой не ясна. Но, так же как и бирюза, дайки сформировались после образования вторичных кварцитов и гидротермально-измененных пород. Располагаясь непосредственно среди измененных пород, сами породы даек не затронуты метасоматическими процессами. Кроме пространственной связи бирюзоносных полей с дайками основного и среднего состава, всюду наблюдается явное обогащение кислых и щелочных пород не свойственным для них комплексом элементов группы железа, столь характерным для бирюзоносных метасоматитов и для самой бирюзы. Отсюда можно сделать вывод: бирюза связана с постмагматическим про-

цессом наиболее молодых магматических комплексов, что вполне логично объяснит и однотипность формирования месторождений бирюзы в самых разнообразных и разновозрастных породах.

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

Жильный кварц, характеризующийся многостадийностью образования, — основной носитель бирюзы. Площадное размещение бирюзы или развитие ее на глубину по зонам прямо зависит от развития жильного кварца и всюду контролируется кварцем бирюзоносной генерации. Проявление последнего в одних случаях резко выражено жильными зонами (такими как на месторождении Бирюзакан и на большинстве месторождений кызылкумского типа), в других бирюзоносный кварц образует тонкие ветвящиеся и короткие (1—5 см) линзовидные прожилки (Унгушликан, Техутское), не всегда фиксируемые геологами при полевых исследованиях.

При огромных площадях, занятых кварцевыми жилами, в Средней Азии и в Казахстане бирюзоносный кварц развит ограниченно. При этом низкотемпературный кварц содержит бирюзу лишь в тех случаях, когда развит в зонах среди бирюзоносных формаций углеродисто-карбонатно-кремнистой или липарит-дацитовый. Прожилки низкотемпературного кварца, развитые за пределами бирюзоносной породы, бирюзоносного метасоматита, не содержат бирюзы, даже в пределах одной и той же кварцево-жильной зоны.

Эти данные позволяют нам говорить не только о пространственной связи бирюзы с жильным кварцем, но и о строгой взаимосвязи постмагматических процессов и процессов, приводящих к образованию бирюзы.

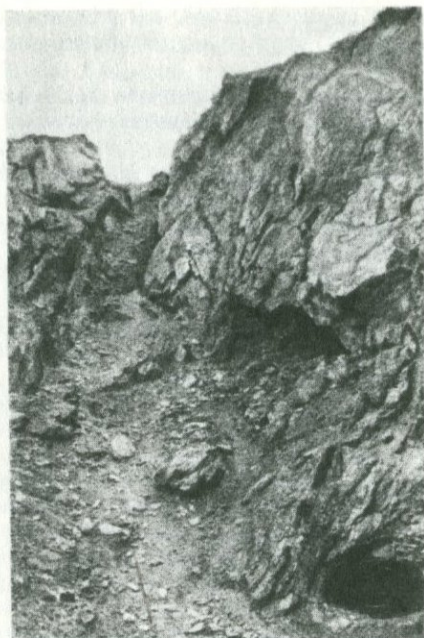
ПОИСКОВЫЕ ПРИЗНАКИ

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, прожилочков 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. В той или иной мере измененные разности бирюзы характеризуют верхние участки бирюзоносных зон.

Второй прямой и надежный поисковый признак, обусловленный не геологическими особенностями развития месторождений, а древней горно-рудной деятельностью, — древние выработки. Поверхность месторождений изобилует оплывшими, местами хорошо сохранившимися древними выработками. Выработки отчетливо дешифрируются на аэрофотоснимках в виде темных пятен со светлой оторочкой или без нее. В минерализованных полях они сконцентрированы в группы с хорошо выраженным кружевным рисунком или вытянуты в виде цепочек.

Выработки располагаются на склонах гребневых поднятий и в водораздельных частях, на выположенных, всхолмленных площадях с густой



Р и с. 53.
Три древние выработки в забое карьера I месторождения Аксумбе, расположенные на различных уровнях

сетью промоин. Абсолютные отметки участков древней отработки в Кызылкумах колеблются от 310 до 750 м, в Кураминском хребте древние выработки отмечаются на высотах 700—1400 м.

При полевых исследованиях древние выработки выявляются по отрицательным формам микрорельефа, окруженным валом отвалов, состоящих из дробленного материала вмещающих пород и жильного кварца. При тщательном осмотре древних отвалов всегда устанавливаются пленки, примазки, желвачки и прижилочки измененной бирюзы. В мелкой крошке и сколах нередко яркоокрашенные разности бирюзы, не подвергшиеся изменениям за прошедшие столетия. Объясняется это тем, что бирюза изменяется в коре выветривания, как в зоне сильно действующих реагентов; будучи выброшенной на поверхность, не затронутой гипергенными процессами, она сохраняется в первозданном виде, так же как сохраняется и в изделиях. Таким образом, влияния солнца и воды недостаточно для преобразования плотной ювелирной бирюзы.

В палеозойских поднятиях Кызылкумов преимущественно развиты древние выработки на бирюзу, и лишь в небольшом количестве здесь выявлены выработки на медь, в отвалах которых в изобилии присутствуют примазки вторичных медных минералов и не содержится обломков низкотемпературного жильного кварца. В хр. Султануиздаг широко развиты древние выработки на различное минеральное сырье с характерными особенностями вмещающих пород. Древние выработки на бирюзу сконцентрированы на Тебинбулакском и Джамансайском полях и не отмечены за их пределами.

В Кураминском хребте при широком развитии древней горной деятельности на золото, серебро, медь и другие полезные ископаемые вы-

явить древние выработки на бирюзу достаточно трудно. На аэрофотоснимках из-за сильной пересеченности и крутизны склонов древние выработки дешифрируются с трудом или не дешифрируются вообще. В большинстве случаев это одиночные цирки, небольшие траншеи и резко сивелированные группы.

В поле бирюзоносных и алунитоносных метасоматитов древние выработки на бирюзу практически не отличимы 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) установлены не четко выраженные, местами полностью сивелированные до ровных площадок древние выработки на бирюзу, не дешифрируемые на аэрофотоснимках, а также небольшие группы выработок, слабо дешифрирующиеся на снимках и без признаков бирюзовой минерализации. Вероятно, одни выработки по кварцевым жилам проходили на золото, другие, расположенные вблизи зон брекчирования и сильного ожелезнения, — на железоз.

На месторождении Аксумбе древние выработки расположены на различной глубине (рис. 53). Основная выработка на бирюзу хорошо проявленная с поверхности, на снимках дешифрируется с трудом.

Косвенными поисковыми признаками в их комплексе служат бирюзоносные зоны и участки, не выходящие на поверхность:

1. Тектонические блоки, ограниченные разломами северо-западного, северо-восточного и широтного простирания с развитыми в их пределах осветленными, гидротермально-измененными породами и вторичными кварцитами в Кураминском хребте, алунит-серицит-кварцевыми углеродистыми метасоматитами в Кызылкумах, хребтах Каратау, Султануиздаг и в Туркестанском хребте. Эти блоки не всегда отражены на геологических картах, но почти всегда отчетливо дешифрируются на аэрофотоснимках.

2. Кварцево-жильные поля и зоны среди указанных метасоматитов должны служить объектами детального опоскования. Пржилки кварца образуют на поверхности высыпки мелкообломочного и мелкоглыбового материала. Достаточно легко картируются и дешифрируются на средне- и крупномасштабных снимках. Жилы кварца как в Средней Азии, так и в Казахстане, на бирюзоносных площадях в большинстве случаев безрудные.

По морфологическим особенностям жилы идентичны в различных частях минерализованного поля и за его пределами. Это короткие ветвящиеся маломощные образования, нередко линзо- и клиновидные, с частыми раздувами и пережимами. Образуют кусты или серии разноориентированных прожилков, но с заметной выдержанностью большинства прожилков в направлении, согласном с вмещающей зоной дробления, рассланцевания, часто послойные. В центре куста или серии нередки более крупные (десятки сантиметров) жилы. Мощность основной массы прожилков 1—3, 5—7 см, редко до 10—20 см.

Кварцево-жильные зоны и поля обычно сложены резко преобладающим крупно- и среднезернистым (сливным) молочно-белым кварцем. В меньшем количестве развит серый, светло-серый, местами полупрозрачный бирюзоносный кварц, характеризующийся своеобразной структурой катакластической, неравномернозернистой и шестоватой, устанавливаемой макроскопически или в лупу.

При исследовании в шлифах бирюзоносный кварц практически не имеет аналогов. Он брекчирован, катализирован и милонитизирован.

Эти структуры установлены в одном шлифе или в шлифах из различных участков одного образца (см. рис. 37). Нередки реликты вмещающих метасоматитов. Слагает бириузоносный кварц тонкие прожилки, линзы, чаще призмальнобандовые или центральные части более крупных прожилков. В развалах и высыпках жильного кварца обломки бириузоносного кварца встречаются редко и более мелкие, поэтому их трудно выявить с первого взгляда.

Весьма характерно для бириузоносного кварца наличие коротких трещин, мелких пустот остаточного типа и пустот выщелачивания. Большинство трещин и первичных пустот выполнено бириузой и комплексом замещающих ее минералов. Часть пустот остается свободной; характерно обрастание стенок мелкими щеточками горного хрусталя. Пустоты выщелачивания в кварце наиболее обильны в приповерхностных частях месторождений. Большая часть их образовалась за счет выщелачивания кристаллов полевых шпатов, барита, пирита и бириузы. Стенки вторичных пустот обычно покрыты налетом мучнистых глинистых минералов и гидроокислами железа. Широко развиты мелкие пустоты кубической формы, образовавшиеся в результате разложения пирита. Наряду с открытыми пустотами распространены псевдоморфозы ярозита по пириту.

Среди кварцево-жильных полей в Кызылкумах в местах развития бириузы отмечены прожилки кварца с баритом и полевыми шпатами. Это, как правило, поперечно- и кососекущие прожилки. Здесь же развиты тончайшие прожилки карбоната, пересекающие углеродистые сланцы, прожилки кварца и местами бириузу. Нередко прожилки карбоната образуют густую сеть в графитизированных сланцах и кварцитах на нижних горизонтах месторождений. Прожилки карбоната как бы постепенно с глубиной сменяют прожилки кварца и в таком случае широкое развитие карбоната играет роль отрицательного поискового признака.

3. На месторождениях бириузы обычные дайки основного и среднего состава. В кураминском типе развиты дайки диабазов и диабазовых порфиритов; известны они на Бириузоканском и на Унгуриканском месторождениях и широко развиты в целом по району. Протяженность даек — первые десятки метров, мощность как правило не превышает 1,5 м.

К северо-западу от месторождения Бириузокан в северо-восточном направлении более чем на 50 км протягивается дайковый пояс нижнего триаса шириной от 1 км на северо-востоке до 5 км на юго-западе. Обычны дайки и на северном склоне Кураминского хребта.

В осадочно-метаморфических толщах Кызылкумов дайки лампрофириров, диоритовых порфиритов развиты непосредственно в пределах бириузоносных полей. Это 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, поэтому они редко устанавливаются в развалах и коренных обнажениях и хорошо видны в выработках. Обломки дайковых пород обычны для отвалов древних выработок. Контакты даек с вмещающими породами четкие, подчеркнутые призмальнобандовыми зонами окварцевания и сильным ожелезнением. Дайки диабазовых порфиритов имеют лучшую сохранность, мелко- и тонкозернистое сложение и темную зеленовато-серую окраску.

4. Комплекс таких минералов как кальцит, галлуазит, каолинит, ярозит, вавеллит, опал, гипс, халькосидерит и гидроокислы железа свойствен бириузоносным участкам приповерхностной зоны. Обильное развитие ярозита присуще участкам пород, обогащенных сульфидами: пиритом, марказитом, халькопиритом и халькозином. Корочки, примазки, небольшие включения обесцвеченной бирюзы нередко геологами фиксируются как вторичные медистые минералы, а корочки и сферолиты хризоколлы определяются как бирюза. Более глубокие горизонты месторождений характеризуются развитием графита, чешуйчатого гематита, горного хрусталя и зеленого турмалина.

5. Геохимические признаки, которые следует учитывать при металлометрических работах — ореолы молибдена, выше 0,001%, обогащенные медью, алюминием, фосфором, барием, никелем и свинцом зон трещиноватости и дробления в 5—20 раз больше по сравнению с кларком этих элементов в окружающих породах. Совмещение ореолов развития фосфора, молибдена, ванадия и мелких разобщенных ореолов меди надежно характеризуют бириузоносные площади.

Дополнительными поисковыми признаками бирюзовой минерализации может служить повышенная радиоактивность зон дробления и окварцевания при всех других благоприятных условиях и наличие маломощных (до 10—20 см) прослоев светлых, почти белых кварцитов, нередко определяемых геологами в поле как карбонатные прослои. Такие месторождения характеризуются тонкозернистой, скрытокристаллической структурой и значительной опализацией.

ОСОБЕННОСТИ ПОИСКОВ И ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Специфика бириузоносных формаций, разобщенность кураминского и кызылкумского типов месторождений с рудными узлами и прямая связь с последними кальмакырского типа трактуют необходимость проведения поисковых работ 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, Султануздагском при проведении детальных поисков на рудные и нерудные полезные ископаемые вплоть до 60-х годов не были зафиксированы, а тем более сколько-нибудь изучены некоторые из древних рудников на бирюзу. В настоящее время Средняя Азия — одна из интереснейших бириузоносных провинций с многочисленными месторождениями и проявлениями бирюзы, изученными лишь в незначительной мере.

Поиски на бирюзу ограничиваются регионами с характерными чертами альпийских складчатых структур: Средняя Азия, Кавказ, Казахстан, Алтай.

Перед постановкой специализированных или попутных поисков в районах, где не ограничены перспективные площади, необходимо прежде всего выделить массивы апатитоносных магматических пород порфировой формации или площади развития углеродисто-карбонатно-кремнистых образований при камеральном дешифрировании аэрофотоснимков и фотосхем. Дешифрирование — основной метод выявления потенциально бириузоносных площадей. Углеродисто-карбонатно-кремнистые образования, которым свойствен наиболее темный фототон, достаточно

отчетливо дешифрируются на аэрофотоснимках и схемах. При этом также дешифрируются поля развития кварцевых жил среди бириозоносных и небирюзоносных формаций; фототон их более светлый, и они образуют точечные, линейные и пятнистые выделения на темном фоне вмещающих пород. Дешифрируются небольшие скопления, поля и отдельные жилы в коренных выходах и по высыпкам. Последние в основном приурочены к положительным формам рельефа.

На снимках и схемах также дешифрируются тектонические блоки, тектонические зоны и участки максимальной трещиноватости, ограничивающие площади. В ряде случаев хорошо видны на снимках группы древних выработок и отдельные крупные траншеи и цирки.

Дешифрирование липарит-дацитової формации, вмещающей месторождения кураминского и кальмакырского типов, процесс более сложный, так как светлый фототон пород бириозоносной формации не отличим от фототона массивов карбонатных и кислых эффузивных пород, и поэтому почти в каждом случае требуется полевая проверка отдешифрированных контуров. Более или менее надежно дешифрируются осветленные породы по тектоническим зонам и массивы вторичных кварцитов — в узлах пересечения тектонических зон. Последние должны быть опознаны так же, как и участки разломов, трассируемые крупными кварцевыми жилами.

При полевых исследованиях выявленные участки с прямыми и косвенными признаками бириозоносности оконтуриваются по коренным выходам или делювиально-элювиальным развалам.

В пределах развития кварцево-жильных полей выделяются зоны с развитием низкотемпературного кварца и комплекса сопутствующих и замещающих бириозу минералов. Среди массивов вторичных кварцитов и пропилитов производятся детальные поиски поздних зон дробления и окварцевания среди серицитовой и пропилитовой фации метасоматитов с характерными катакластическими и шестоватыми структурами.

В руслах и долинах водотоков, размывающих месторождения бириозы, при тщательном осмотре мелкообломочной фракции могут быть выявлены обломочки бириозы и жильного кварца с бириозой.

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 бириозы, которые часто документируются как «медная зелень».

Развитие древних бириозовых рудников в Средней Азии предопределяет детальные поисковые работы в пределах уже известных полей с целью вскрытия минерализованных тел, не выходящих на поверхность и не отработанных в древности. Четкое выделение бириозоносных структур и зон при геолого-структурном картировании в пределах развития метасоматитов и кварцевых жил — основной результат поисковых работ. Поиски на древних рудниках, естественно, осложнены обилием древних отработок и выработанностью наиболее перспективных и легко доступных участков. Но поиски в известных структурах более надежны и продуктивны, чем на новых площадях, перекрытых наносами или небирюзоносными пачками. Глубоко погребенные тела с бириозой могут быть вскрыты лишь горнобуровыми работами в рудных узлах, как это было на Тегхутском месторождении в Армении и Маднеульском в Грузии, или

при изучении флангов известных месторождений бирюзы, а также 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 без явных древних выработок известны месторождения Ауминза в Кызыл-кумах и Техутское в Армении. Большая часть месторождения Ауминза расположена в скальных породах с маломощными бирюзоносными зонами и минерализованными трещинами. На месторождении преимущественно развита вкрапленная и прожилковая бирюза, которую обычно в древние времена оставляли в целиках, предпочитая бирюзу в кварцевых жилах, где она лучшего качества и более легко добывается.

Закрытые участки бирюзоносных площадей должны быть покрыты металлотрической съемкой с целью выявления ореолов элементов, сопутствующих бирюзе, радиотрической и эмонационной съемкой для окунтурирования бирюзоносных структур.

Поиски бирюзы на новых площадях без дешифрирования аэрофото-материалов, применения металлотрической и геофизики практически бесперспективны. Поиски на известных полях требуют тщательного геологоструктурного картирования с четким выделением зон и минерализованных тел на картах.

Для оценки вновь выявленных проявлений или известных месторождений требуется прежде всего выделение «рудных» тел и проведение качественного валового опробования.

На первом этапе изучения проявлений, когда объемы горных работ невелики и находки бирюзы случайны, отсутствие кондиционного сырья в пробах еще не свидетельствует о бесперспективности объекта. Оценочными критериями служат частота встречаемых бирюзоносных прожилков кварца и мономинеральных прожилков бирюзы, развитие вкрапленных разностей, обилие включений измененной бирюзы, минерал-спутник и т. д.

По составу вмещающих пород определяется тип месторождения, размеры бирюзоносных полей и зон устанавливаются по развитию бирюзоносного кварца или бирюзоносной фации метасоматитов. Вертикальная зональность в какой-то мере позволяет говорить о перспективах на глубину. Выходы пиритизированных метасоматитов, малая мощность зон осветления, прожилков кварца, развитие тонкой сети кальцитовых прожилков характеризуют корневые части месторождений. Значительные мощности зоны ярозита с обильным жильным окварцеванием повышают перспективы площади, участка.

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. Реже используются в промышленности измененные и каолинизированные разности, требующие облагораживания. Не используется крошка для изготовления цементированных камней, но кусочки бирюзы в 3—4 мм, считавшиеся раньше крошкой, в настоящее время используются для изготовления кабошонов размером в 2—3 мм.

Рост возможностей промышленности в более полном использовании драгоценной и полудрагоценной бирюзы расширяет перспективы месторождений, поэтому необходимо учитывать все проявления, отработка которых должна вестись при организации работ на близрасположенных месторождениях.

Разработка месторождений бирюзы по-прежнему будет производиться специализированными геологическими партиями попутно при поисковых и разведочных работах, и по отдельным проектам на эксплуатацию блоков с подсчитанными запасами по категории С². Повышение категорийности запасов на месторождениях бирюзы ведет к излишним затратам средств и потерям сырья. Организация специализированных добычных предприятий нерентабельна по той же причине и из-за отсутствия в настоящее время крупных месторождений. Степень изученности месторождений не позволяет дать их промышленную классификацию по запасам; полностью разведанных месторождений того или иного типа нет.

При характеристике типов месторождений на основе площадных размеров бирюзоносных полей и установленной глубины минерализации приведены грубо ориентировочные запасы, исчисляемые для мелких месторождений в десятки килограммов драгоценного сырья, в сотни килограммов для месторождений среднего масштаба и в первые тысячи килограммов для крупных месторождений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сотни, тысячи лет осваивались человеком месторождения бирюзы в Иране, южных штатах Северной Америки и в Средней Азии. Многочисленность и масштабы древних разработок этого камня поражают воображение исследователей. Бирюзовые копи известны во многих труднодоступных и до сих пор мало заселенных районах. 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. Только этим можно объяснить тот факт, что несмотря на значительный объем геологических исследований без применения подземных горных и буровых работ в XX в., до последнего времени не было обнаружено ни одного нового бирюзоносного района. По-прежнему источниками бирюзы служат в значительной степени отработанные в древности месторождения.

Разработка подобных объектов в Иране и Северной Америке рентабельна при условии максимального использования добываемой бирюзы (кондиционной и несортной), а также при одновременной работе нескольких рудников. Последнее обстоятельство позволяет получать относительно стабильное количество сырья во времени. Несортная бирюза используется в недорогих изделиях в комбинации с высококачественной бирюзой, а также облагораживается различными методами.

В период 1965—1974 гг. в Иране добывалось от 6 до 50 т бирюзы в год. Экспорт обработанной бирюзы колеблется от 72 кг до 1 т и более. Ежегодный доход от ее продажи составляет до 6 млн. долл.

Добыча бирюзы на медных рудниках шт. Аризона только в 1975 г. обеспечила 10 млн. долл. прибыли. Как в США, так и в Иране одновременно находятся в эксплуатации не один-два, а десятки объектов. При этом всюду организован строжайший учет сырья при добыче, обогащении и переработке.

В конечном счете, бирюза пусть в количествах, не удовлетворяющих все возрастающую потребность, но все же поступает на рынок и продолжает служить человечеству как прекрасный самоцвет, позволяющий создавать изделия, радующие глаз и доставляющие эстетическое наслаждение. Не представляет собой исключения в этом отношении и бирюзоносная провинция Средней Азии. Здесь также на обширной территории известны многочисленные месторождения и проявления бирюзы в той или иной степени отработанные в древности. Перспективы провинции далеко не исчерпаны, несмотря на то что результаты десятилетнего геологического изучения бирюзоносных районов не столь эффективны, как этого хотелось бы. Одна из причин недостаточной результативности — отсутствие опыта работ на подобных сложнейших объектах и, в частности, выполнение в первые годы их изучения 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 рынок; разработаны методы облагора-

живания несортowych разностей бирюзы; разработаны геологические критерии и поисковые признаки, без которых невозможно было бы выделение бирюзоносных формаций, локализация перспективных площадей и направление дальнейших исследований по оценке объектов.

Из пяти выделенных в провинции бирюзоносных районов, в двух из них — на Кураминском и Кызылкумском — сосредоточена основная масса месторождений и проявлений бирюзы. На этой территории расположены и наиболее крупные древние рудники: Бирюзакан, Унгурикан, Гольдуран, Аякаши I, Джаман-Каскар и др. Несмотря на тщательность отработки этих месторождений в прошлые века, можно с уверенностью говорить о наличии в их пределах минерализованных участков и тел, не выходящих на поверхность и не затронутых древней отработкой. Древние рудознатцы располагали выработки непосредственно на выходах кварцевых жил и кварцево-жильных зон с бирюзой и вели отработку того или иного тела по ослабленным тектоническим зонам и сравнительно легко разбирающимся кварцевым жилам до их выклинивания. В ряде случаев они пропускали рядом расположенные тела, разобщенные с обрабатываемыми массивными кварцитами и сланцами, проходка выработок в которых в те времена была достаточно сложной. Наличие таких массивных «перегородок» вмещающих пород обусловило сохранность ряда бирюзоносных тел до наших дней.

Вследствие глубокого эрозийного среза на поверхности Кызылкумов обнажена масса кварцевых жил с бирюзой, что не вызвало необходимости поисков ее на глубине. Лишь единичные древние выработки достигают глубины 10—15 м, фиксируя, видимо, наиболее богатые и протяженные тела. Значительное количество кварцевых жил с бирюзой выклинивается в 3—5 м от поверхности, что и определило глубину большинства древних выработок, часть бирюзоносных жил распространяется на глубину 30—50 м и не затронута отработкой.

Кураминский район характеризуется относительно большой концентрацией бирюзы на небольших площадях и меньшим эрозийным срезом. Здесь месторождения на протяжении многих веков осваивались до глубины 50—100 м (Гольдуран, Ак-Турпак, Унгурикан, Бирюзакан и др.). Однако остались незатронутыми бирюзоносные тела на ряде горизонтов Кальмакырского карьера, сохранилась неотработанная бирюзоносная зона мощностью до 10 м, на месторождении Ак-Турпак пропущены бирюзоносные зоны центральной и северо-восточной частей месторождения Бирюзакан и ряд минерализованных участков месторождения Унгурикан, обрабатываемых в настоящее время. Преимущество современной горной техники открывает широкие возможности для освоения глубоких горизонтов месторождений и вскрытия бирюзоносных тел под молодыми отложениями. Однако вся мощь технических средств должна быть использована в основном на вскрышных работах и при подходе к минерализованному участку. А разработку последнего рациональнее вести «дедовскими», т. е. старательскими методами, рыхлением бирюзоносной породы кайлами или отбойными молотками и тщательной выборкой бирюзы и сростков ее с породой вручную. Заметим, что в Северной Америке при разработке месторождений добытую бирюзоносную породу полностью пропускают через грохот, что обеспечивает максимальную выборку бирюзы.

Несравнимо менее перспективен Султануиздагский бирюзоносный район, однако качество бирюзы здесь высокое, и потому необходима постановка детальных поисков для оценки выделенных перспективных участков Тебин-Булакского и Джамансайского полей.

Бириозоносность Самаркандского района не изучалась. Здесь в Нуратау и Мальгузарских горах по следам древних выработок установлено четыре проявления бирюзы кызылкумского типа в осадочно-метаморфических углеродисто-карбонатно-кремнистых отложениях. Несомненно, что этот район не является первоочередным для проведения исследований.

Единственное месторождение Исфаринского района — Самаркандек (Исфаринское) — по масштабам минерализации не представляет практического интереса в настоящее время. Перспективы самого района на выявление лучших объектов весьма сомнительны.

Находки в последнее десятилетие проявлений бирюзы в Казахстане и на Кавказе расширяют границы распространения этого минерала в СССР. Однако оба этих региона уступают Средней Азии по масштабам минерализации. Площади их достаточно хорошо обозначены и геологически изучены, а следовательно, пропуск с поверхности сколь-нибудь значительных скоплений бирюзы маловероятен.

Кавказ как область развития альпийских структур сходного геологического строения с прилегающими бириозоносными районами Ирана и Афганистана и находками бирюзы в рудных полях Маднеульского и Техутского месторождений, представляет определенный интерес для поисков бирюзы. Техутское проявление бирюзы по геологическим условиям и характеру минерализации весьма близко Кальмакырскому месторождению, но более перспективно, так как здесь пока не установлено следов древней отработки.

Потенциально перспективные на бирюзу зоны дробления, брекчирования и окварцевания могут быть обнаружены в пределах развития дацит-липаритовой формации третичного возраста с мелкими массивами щелочного и субщелочного состава и на площадях развития рудных поясов Грузии и Армении.

На обширной территории Казахстана известны мелкие единичные проявления бирюзы среди вулканогенно-осадочных углеродисто-карбонатно-кремнистых образований, подобных кызылкумским, и среди пород липарит-дацитовой формации, аналогичных таковым в Кураминском хребте.

Полоса углеродисто-карбонатно-кремнистых пород грубо протягивается в субмеридиональном направлении от хр. Каратау, где расположены месторождение Аксумбе и проявление Курумсак, до Карсакпайской площади, на которой установлена бирюза в мощных зонах разломов. Породы липарит-дацитовой формации с многочисленными массивами вторичных кварцитов и проявлениями меди и молибдена широко развиты в Джунгаро-Балхашской зоне Центрального и Восточного Казахстана.

Перед поисковыми работами площади развития потенциально бириозоносных формаций должны быть окомтурены по фотосхемам и геологическим картам. Специализированные поиски необходимо направлять на установление в их пределах массивов и зон метасоматитов, сходных с кызылкумскими или кураминскими типами бириозоносных пород. Практически интересным может оказаться детальное исследование известных массивов вторичных кварцитов с целью установления возможного развития бириозоносных серицит-кварцевых фаций. Поиски бирюзы вне контуров развития вторичных кварцитов и гидротермально-измененных пород заранее обречены на неудачу, так же как и опонкование вулканогенно-осадочных толщ, не содержащих одновременно углеродистых (нередко графитизированных) прослоев, кварцевых жил и гидротермаль-

но переработанных пород вдоль тектонических зон или в зонах экзоконтакта гранитоидных массивов.

Степень перспективности районов Средней Азии определена с учетом развития известных месторождений и проявлений, установления критериев бириузоносности и бириузоносных формаций, элементов сходства с зарубежными промышленными месторождениями. Здесь локализованы площади для постановки поисковых и оценочных работ, последующая промышленная оценка которых потребует значительного времени и существенных средств. Бирюза, как и многие самоцветы, не образует концентраций с запасами в несколько тонн, крупные выделения ее — находки исключительно редкие. Она развивается в виде мелких включений и тонких прожилков, составляющих первые десятки граммов на кубический метр породы. Лишь в отдельных жилах концентрация бирюзы достигает первых килограммов в кубическом метре. Более характерно широкое площадное ее распространение.

Относительно редкая встречаемость камня и повышенный спрос вызывают необходимость детальной оценки даже небольших по масштабам проявлений. Обеспечение рентабельности отработки во всех случаях зависит прежде всего от тщательности выборки и сохранности сырья, методов обогащения и облагораживания, полноты использования при минимальных потерях от забоя до ювелирного изделия.

Бабаев К. Л., Смолин Ю. К. К геологии и генезису месторождений бирюзы Средней Азии. САИГИМС, Ташкент, 1969.

Бадалов С. Т. Минералого-геохимические индикаторы бирюзы. — *Узбекский геологический журнал*, 1973, № 4, с. 80—83.

Барсанов Г. П., Яковлева М. Е. Цвета минералов. — *Труды Минерал. музея им. А. Е. Ферсмана*, 1963, вып. 14, с. 32—78.

Бетехтин А. Г. Минералогия. М., Госгеолиздат, 1950, 956 с.

Бируни. Собрание сведений для познания драгоценностей (Минералогия). М., Изд-во АН СССР, 1963. 548 с.

Богданович К. П. Поездка на бирюзовые копи Маадена Нишапура в Персии. — *Горный журнал*, 1888, № 4, с. 330—355.

Борискин В. П. Цинксодержащая бирюза района Букантау (Центральные Кызылкумы). — *Докл. АН УзССР*, 1974, № 5, с. 42—44.

Вебер В. Н. Полезные ископаемые Туркестана. СПб, 1913.

Висневский Я. С. Минеральные ресурсы Узбекистана. — В кн.: *Бирюза*. Ташкент, Изд. Комитета наук УзССР, 1937.

Гвахария Г. В., Назаров Ю. И. Бирюза из месторождения Маднеули. Минер. сб. Львовского геол. об-ва, 1962, № 16, с. 410—415.

Герасимов И. П., Сидоренко А. В. Периоды развития поверхностей выравнивания и коры выветривания на территории СССР. М., Мир, 1975.

Геологическое строение Центральных Кызылкумов /К. К. Пятков, И. А. Пяновская, А. К. Бухарин и др. Ташкент, ФАН, 1967. 178 с.

Гинзбург И. И. Драгоценные и полудрагоценные камни. Энциклопедия русского экспорта. Берлин, 1925.

Дана Э. С. Описательная минералогия. Справочник. Л.-М., ОНТИ, 1937. 423 с.

Евфименко И. М. Редкие и драгоценные минералы, сырьевые ресурсы Узбекистана. Т. I, вып. 1, Ташкент, ФАН, 1942.

Ирдли А. Структурная геология Северной Америки. М., Изд-во иностр. лит., 1954. 666 с.

Киевленко Е. Я., Сенкевич Н. Н., Гаврилов А. П. Геология месторождений драгоценных камней. М., Недра, 1974. 327 с.

Менчинская Т. И. Методическое руководство по производству геологоразведочных работ на месторождениях бирюзы. М., ОНТИ ВИЭМСа, 1968. 52 с.

Менчинская Т. И. Месторождения бирюзы Средней Азии. Методика их поисков и разведки. — *Разведка и охрана недр*, 1971, № 5, с. 18—23.

Менчинская Т. И. Новые данные о генезисе бирюзы Средней Азии. — *Сов. геология*, 1971, № 8, с. 157—163.

Менчинская Т. И. Бирюза в Советском Союзе. — В кн.: *Драгоценные и цветные камни как полезное ископаемое*. М., Наука, 1973, с. 36—55.

Менчинская Т. И. Постмагматические образования и особенности бирюзо-

вой минерализации месторождения Бирюзакан. — Сов. геология, 1973², № 11, с. 146—150.

Менчинская Т. И. Методические указания по поискам и перспективной оценке месторождений цветных камней. Вып. 2. Бирюза. М., ВШПО, 1974. 48 с.

Менчинская Т. И., Кудавев Э. Ш., Драмшев В. А. Составление карт прогноза на бирюзу. — Разведка и охрана недр, 1978, № 6, с. 55—57.

Менчинская Т. И., Кудавев Э. Ш., Драмшев В. А. Бирюзоносность Кызылкумов. — В кн.: Драгоценные и цветные камни. Месторождения, оценка, использование. М., Наука, 1980.

Меренков Б. Я. Драгоценные, технические и поделочные камни. — ОНТИ НК ТП СССР, 1936. 90 с.

Моисеева М. И. Элит, либетенит и бирюза на месторождениях меди в Средней Азии. — Зап. Узб. отд. ВМО, вып. 11, 1951, с. 69—77.

Моисеева М. И., Борискин В. П. Бирюза. — В кн.: Минералы Узбекистана. Т. 2. Ташкент, ФАН, 1975, с. 319—327.

Наковник Н. И. Вторичные кварциты СССР. М., Недра, 1968.

Наковник Н. И. Кара-Мазар и его проблемы. — За индустриализацию Советского Востока, 1932, № 3.

Наследов Б. Н. Кара-Мазар. Л., изд. Таджикско-Памирской экспедиции, 1935, вып. 19.

Николаев Н. Л. Декоративные камни Узбекистана. Ташкент, ФАН, 1967. 84 с.

Никольская Л. В., Лисицина Е. Е., Самойлович М. И. Исследования особенностей окраски природных разновидностей бирюзы. — Изв. АН СССР. Сер. геологическая, 1974, № 9, с. 105—111.

Петров В. С. Драгоценные и цветные камни. М., Изд. МГУ, 1963.

Попугаева Л. А. Желвчковая и сетчатая бирюза Средней Азии. — Ювелирное производство, 1969.

Разумова В. Н. Древние коры выветривания и гидротермальный процесс. М., Наука, 1977. 153 с.

Рудные месторождения США (Под ред. Дж. Риджа. М., Мир, 1973. Т. 1, с. 457—654.

Сейранян В. Б., Саркисян С. Ш. Бирюза Армении. — Сов. геология, 1976, № 2, с. 142—148.

Смолин Ю. К. К вопросу о проявлениях бирюзы в Центральном Кызылкуме. — В кн.: Геология, петрография, минералогия эндогенных месторождений Средней Азии. М., Недра, 1972, с. 28—31.

Соболевский В. И. Драгоценные и цветные (поделочные) камни. — В кн.: Нерудные ископаемые Советской Азии. Ташкент, Изд-во Советская Азия, 1932.

Соседко А. Ф. Современное состояние Нишапурских бирюзовых копей. — Природа, 1932, № 5, с. 445—448.

Соседко А. Ф. Бирюза. — В кн.: Неметаллические ископаемые СССР, т. 2. М., Изд-во АН СССР, 1943, с. 158—161.

Ушаков А. Драгоценные камни в промышленном и минералогическом отношении. СПб, 1862.

Ферсман А. Е. Драгоценные и цветные камни России. Т. 1, 1922; т. 2, 1925.

Ферсман А. Е. Очерки по истории камня. Т. 1. М., Изд-во АН СССР, 1954. 372 с.

- Ферсман А. Е. Драгоценные и цветные камни СССР. Избр. труды, т. 7. М., Изд-во АН СССР, 1962, с. 7—531.
- Ферсман А. Е. Рассказы о самоцветах. М., Наука, 1974, с. 112—115.
- Чухров Ф. В. Коллоиды в земной коре. М., Изд-во АН СССР, 1955.
- Шульц С. С. Геологическое строение зоны сочленения Урала и Тянь-Шаня. М., Недра, 1972.
- Шеглов Н. О драгоценных камнях и способах распознавания оных. СПб, 1824.
- Aitkens I. Turquoise By Irene Aitkens. Information circular Departm. of Commerce. — Bureau of Mines, 1931, Is, p. 679.
- Anderson W. R., Stringham B., Whelan I. A. Secondary phosphates from Bangham, Utah. — Amer. Miner., 1962, vol. 47, No 11/12, pp. 303—1309.
- Banerjee A. Ein Beitrag zum Thema Türkis-Leitschrift der Deutschen Gemmologischen gesellschaft. 1972, No 21, ss. 86—102.
- Bank H. Zeitschrift der Deutschen Gemmologischen gesellschaft, 1972, No. 1—43.
- Bayley W. S. Nonmetallic mineral products. No. 5, 1930.
- Blair G. A ton of turquoise at Kingman, Arisona. — Lapidery Journal. Nov., 1967.
- Chalmers R. O. Clarke memorial lecture. Some aspects of New. South Wales gemstones. — Journ. a proe. Royal Soc. of New South Wales, Vol. 89 (1955), pt. 2, 1956, pp. 90—108.
- Cid-Dzesdner H., Villarroel H. S. Crystallographic study of rashleighite, a member of the turquoise group. — Amer. Miner., 1972, vol. 57, No. 11/12, pp. 1681—1691.
- Cid-Dzesdner H. The crystal structure of turquoise. — Naturwissenschaften. 1964, Jg. 51, No. 16, pp. 380—381.
- Davey. Notes on the occurrence and origin of turquoise in the Sinai peninsula Trans. — Geol. Soc. Cornwall, 1929, No. 16, pp. 43—65.
- Diaz J., Farach H. A., Poolé C. P. An electron spin resonance and optical study of turquoise. — Amer. Miner., 1971, vol. 56, No. 5—6, pp. 773—781.
- Duncan N. D. Turquoise lore. — Rocks and Minerals, 1968, vol. 43, No. 3, pp. 163—168.
- Eppler W. T. Edelsteine und schmucksteine. Leipzig, 1934.
- Eppler W. T. Natural and synthetic turquois. — Gems and Gemmology, 1971—1973, vol. 14, No. 8, pp. 226—299.
- Garnet, corundum and other gem minerals from Umba, Tanzania. — Scripto Geologica, 1974, No. 20, pp. 1—41.
- Harrington E. R., Chalchiguatl A. Study of carby turquoise mining in the Southwest. — Engineer and Min. Journ., 1940, No. 141, pp. 57—58.
- Hashem F. Forghani Abdel Hassein. The turquoise of Iran. — Rocks and Miner., 1975, vol. 50, No. 9, pp. 526—528.
- Hassloreem N. Turquoise blue neaven in a stone. — Gems and Minerals., 1975, No. 458, pp. 8—9, 62—63, 76—77.
- Hoffmann M. K. Synthethetischer Türkis. — Cbl. Miner., 1972, vol. 429, No. 1, abt. A.
- Hübner G. Bemerkungen zu «Ein Beitrag zum Thema Türkis» V. A. Banerjeezeitschrift der Deutschen Gemmologischen Gesellschaft, vol. 21, No. 3, 1972.

- Jung H.* Über Türkis chemie d. Erde, 1932, vol. 7, No. 1, pp. 77—94; Zur röntgenographische Untersuchung Türkis und anderer phosphate. — Chemie d. Erde, 1935, vol. 9, No. 3, p. 318.
- Kalix Z.* Çemstones. — Austral Mineral Ind., 1963. Rev. Ganberra, 1964, pp. 123—126.
- Khorassani Ahmad, Abedini Mansue.* A new study of turquoise from Iran. — Miner. Mag., 1976, vol. 40, No. 314, pp. 640—642.
- Liddicoat R. T.* Developments and highlights at G.I.A.'s lab. in Los Angeles — Gems and Gemmology, VIII and XIV, 11, 12 and 1, pp. 354—362, 382—387, 18—28, 1971—1972. — Abstract Journ. of Gemmology, vol. 13, No. 4, 1972.
- Mayer.* Chem. Erde 9. 311 p., 1935.
- Murray C. G.* Turquoise, Variscite and wavellite in Queensland — Queensl. Govt Mining J., 1968, vol. 69, No. 802, pp. 337—341.
- Pearl R. M.* Turquoise deposits of Colorado, — Econ. Geol., 1945, vol. 36, No. 3, pp. 335—344.
- Peterson N. P.* Phosphate minerals in the Castl Dome copper deposit, Arizona. — Amer. Mineral., 1967, vol. 32, No. 9—10, pp. 574—582.
- Pough F. N.* Türkis und seine Einsatzsteine. — Jeweler's Circular Keystone, 1964, No. 1, vol. 78. — Zeitschrift der Deutschen gesellschaft Edelsteinkunde, 1964, vol. 47.
- Ronzio A. R., Salmon M. L.* The correlation of chemical composition and color of turquoise. — Gems and Minerals, 1963, No. 309. 39 p.
- Russell A.* On rashleighite a new mineral from cornwall, intermediate between turquoise and chalcocite. — Miner. Mag., 1948, vol. 28, No. 202, pp. 353—358.
- Schubnel H.-I.* World map of gemstone deposits. — J. of Gemmology, 1970, vol. 12, No. 1, pp. 14—17.
- Schlegel.* Gem. Stones of the United States. — Schlegel Dorothy Geol. Surv. Bull., 1957, No. G. 1042, pp. 111, 203—253.
- Schindler A. N.* Die Gegend zwischen Sabwar und Mesched in Persien. — Jahrb. d. Geol. Reichsanstalt, 1886 Bd. 36, ss. 303—314.
- Schlossmacher K.* Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft Edelsteinkunde, Sommer, 1966.
- Seebach M.* Türkis. Handbuch der Mineralchemie. V. C. Daelter, B. 111. Dresden and Leipzig, 1918.
- Sinkancas S.* Gem Stones of North of America, New York, 1959.
- Stutzer O., Eppler W.* Die lagerstätten der Edelsteine und Steine. Berlin, 1935.
- Theisen V.* Noch einmal Türkis. — Deutschen Goldschmiedezeitung, No. 5, 1966.
- Tietze E.* Die Mineral — reichtümer persiens Jahrb. d. Geol. Reichsanstalt, Wien, 1879, Bd 29, ss. 656—657.
- Tisdall F. S. H.* Gilson synthetic Turquoise — J. of Gemmology, 1973, vol. 13, No. 8, ss. 312—313.
- Wade F. B., Geisler W. C.* The cause of color in turquoise — J. of Chem Educ. 1949, vol. 26, No. 8.
- Webster R.* A new turquoise simulant. — J. of Gemmology, 1962, vol. 8, No. 8, pp. 286—288.

Webster R. Gems: Their sources, descriptions and identification. 2ed. London, Butterwoths, 1970, 16. 836 p.

Webster R. Modern synthetic gemstones. — *J. of Gemmology*, 1970₂, No. 12, pp. 101—148.

Webster R. Some modern aspects of gemstone. — *Horol J.*, 1971, vol. 114, No. 4, pp. 26—27.

Ghe J. of *Gemmology*, 1973, vol. 13, No. 5, pp. 157—160.

Webster R. Turquoise-Natural, Treated, Synthetic and Simulated. — *Lapidary J.*, 1975, pp. 1412—1426, 1458—1464.

Webster R. More notes on turguoise. — *Lapidary J.*, Nov., 1975, pp. 1428, 1456, 1466—1470.

Woodryff H. L. Gems and minerals of the American Indian. — *Gems and Minerals*, 1962, No. 299, pp. 38—39.

Zachary R. A. Miths of the turkey-stone. — *Lapidary J.*, nov. 1975, 1524—1531.

Zeitner C. The legend and lore of turguoise — *Lapidary J.*, nov. 1975, pp. 1430—1434, 1436, 1446.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Минералого-геохимические особенности бирюзы	8
Состав, примеси, окраска	8
Оптические и физические свойства	18
Морфология, макро- и микроструктура	19
Имитация, облагораживание, синтез	26
Распространенность, древняя обработка, геологическая изученность	28
Геологическое строение бирюзоносных площадей и отдельных месторож- дений	39
Зарубежные месторождения	39
Особенности геологического строения бирюзоносных площадей СССР	42
Структуры бирюзоносных полей и их геохимические особенности	71
Структуры бирюзоносных площадей	74
Трещинная тектоника	75
Геохимические особенности бирюзоносных зон и вмещающих пород	79
Постмагматические образования бирюзоносных площадей	89
Углеродистые метасоматиты Кызылкумов	89
Вторичные кварциты Кураминского хребта	94
Кварцевые жилы	98
Генезис и условия формирования месторождений бирюзы	105
Генезис	105
Условия формирования месторождений бирюзы	112

Кора-выветривания	122
Геолого-промышленные типы месторождений бирюзы	129
Месторождения в магматических породах порфировой формации (курамский тип)	129
Месторождения в углеродисто-карбонатно-кремнистой формации (кызылкумский тип)	130
Месторождения, приуроченные к меднопорфировым полям с молибденовой минерализацией (кальмакырский тип)	131
Геологические критерии и поисковые признаки	134
Геологические критерии	134
Поисковые признаки	141
Особенности поисков и оценки месторождений	145
Заключение	149
Список литературы	153

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Минералого-геохимические особенности бирюзы	8
Состав, примеси, окраска	8
Оптические и физические свойства	18
Морфология, макро- и микроструктура	19
Имитация, облагораживание, синтез	26
Распространенность, древняя отработка, геологическая изученность	28
Геологическое строение бирюзоносных площадей и отдельных месторож- дений	39
Зарубежные месторождения	39
Особенности геологического строения бирюзоносных площадей СССР	42
Структуры бирюзоносных полей и их геохимические особенности	71
Структуры бирюзоносных площадей	74
Трещинная тектоника	75
Геохимические особенности бирюзоносных зон и вмещающих пород	79
Постмагматические образования бирюзоносных площадей	89
Углеродистые метасоматиты Кызылкумов	89
Вторичные кварциты Кураминского хребта	94
Кварцевые жилы	98
Генезис и условия формирования месторождений бирюзы	105
Генезис	105
Условия формирования месторождений бирюзы	112

Кора выветривания	122
Геолого-промышленные типы месторождений бирюзы	129
Месторождения в магматических породах порфировой формации (курамшский тип)	129
Месторождения в углеродисто-карбонатно-кремнистой формации (кызыл-кумский тип)	130
Месторождения, приуроченные к меднопорфировым полям с молибденовой минерализацией (кальмакырский тип)	131
Геологические критерии и поисковые признаки	134
Геологические критерии	134
Поисковые признаки	141
Особенности поисков и оценки месторождений	145
Заключение	149
Список литературы	153

Таисия Ивановна Менчинская

БИРЮЗА

Редактор издательства
Л. Г. Рожкова

Обложка художников
Е. А. Борщаговской и В. У. Интойо

Художественный редактор
Е. Л. Юрковская

Технический редактор
Е. С. Сычева

Корректор
Т. Ю. Шульц

ИБ № 3203

Сдано в набор 05.01.81. Подписано в печать 16.11.81. Т-29623. Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Литературная». Печать офсетная. Усл. печ. л. 10,0. Усл. кр.-отт. 31,5. Уч.-изд. л. 11,50. Тираж 23 000 экз. Заказ 2063/7594-4. Цена 85 к.

Издательство «Недра»,
103633, Москва, К-12,
Третьяковский проезд, 1/19

Ленинградская фабрика офсетной печати № 1 Союзполиграфпрома Государственного комитета СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 197101, Ленинград, П-101, ул. Мира, 3.

85 коп.

103
2

3644

НЕДРА