

ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ,
МЕТОДИКА ИХ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ

УДК 553.411.242.3 (235.216)

СООТНОШЕНИЕ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
И ИНТРУЗИВНОГО МАГМАТИЗМА В ЮЖНО-ТЯНЬ-ШАНЬСКОЙ
МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЙ ПРОВИНЦИИ

Б.Я. ВИХТЕР

*Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт
цветных и благородных металлов (ЦНИГРИ)
117545, Россия, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 129, корп. 1; e-mail: bor.vikht@yandex.ru*

На основе изучения структурно-формационных комплексов одной из крупнейших в мире Южно-Тянь-шанской золотоносной провинции, ее магматизма и металлогении сделаны новые выводы о пространственно-временной связи присутствующих в ней типов оруденения. Использованы данные многолетних полевых наблюдений автора во время его работы в районе и результаты камеральной обработки собранного им каменного и шлифового материала. В связи с интенсивной отработкой основных из описываемых месторождений в настоящее время состояние выработок сильно изменилось, тем большее значение имеют ранее сделанные автором наблюдения, заслуживающие внимания специалистов.

Ключевые слова: золоторудное месторождение; Южный Тянь-Шань; металлогения; интрузивный магматизм.

CORRELATION BETWEEN GOLD ORE DEPOSITS
AND INTRUSIVE MAGMATISM IN SOUTH TIEN SHAN
METALLOGENIC PROVINCE

B. YA. VIKHTER

*Central research institute of geological prospecting for base and precious metals (TsNIGRI)
117545, Russia, Moscow, Varshavskoe sh., 129, bld. 1; e-mail: bor.vikht@yandex.ru*

Basing on the structural-formational complexes study of the one of the largest in the world South Tien Shan gold ore province, the new conclusions of the spatial-temporal interrelation of the ore mineralization types, presented in it, have been done. The author's perennial field works data and results of the cameral processing of the rock and thin sections collected by him have been used. Due to the intensive processing of the main deposits, described in the paper, a state of the excavations has been altered a lot, the observations, made earlier, have more significant meaning and deserve the acquaintance of the specialists.

Keywords: gold ore deposit; South Tien Shan; metallogeny; intrusive magmatism.

Всплеск интереса к вопросу о связи золоторудных месторождений с интрузивами возник в 90-х гг. XX в у североамериканских геологов [11—15]. Этими авторами выделены два класса месторождений — орогенный и интрузивно-связанный. Предполагается, что последний является продуктом конвективных флюидов, отделявшихся от интрузивных тел, тогда как первый связан с флюидными потоками в масштабе земной коры. Разрабатывались модели на примере объектов золотоносных провинций Аляски и Юкона (Тинтина, Фербенкс, Кускоквим), сходных по особенностям рудной минерализации, геотектоническому строению и литоформационному выполнению с Южно-Тянь-Шаньской золотоносной провинцией, а также с Биримийской в Западной Африке, штата Виктория в Австралии, Енисейского кряжа, Бодайбинской, Аян-Юряхской и других в России. Приведённый ниже материал позволяет иначе, нежели в моделях вышеуказанных геологов, представить пространственно-временную связь золоторудных месторождений с интрузивным магматизмом, а также усомниться в существовании различных по происхождению орогенных и интрузивно-связанных месторождений.

Южно-Тянь-Шаньская металлогеническая провинция соответствует одноимённому покровно-складчатому поясу (ПСП) палеозой, протянувшемуся в виде субширотной дуги почти на 2000 км при ширине 100—150 км. Процесс тектонического скупивания, происходивший с конца среднекамен-

ноугольного до позднекаменноугольного времени, сформировал в основном сегодняшний геологоструктурный облик палеозойского пояса. В результате этого процесса все доверхнекаменноугольные толщи перемещены относительно своего первоначального положения и находятся в составе различных по размеру тектонических пакетов, надвигов, шарьяжей. Анализ парагенных ассоциаций пород и их возрастных характеристик [1, 6] позволяет выделить в сводном разрезе слоистых толщ палеозой несколько структурно-формационных комплексов (СФК): вулканогенно-карбонатно-кремнистый (V-Є), аспидный (черносланцевый) (Є-O), терригенный (O-S), карбонатный (S_2 - C_2), олистостромовый (C_2m - C_3), молассоидный (C_3 - P_1). Приведённый ряд СФК палеозой представляет ассоциацию, свойственную единому циклу развития, в процессе которого формировалось континентальная кора — от океанической через островодужную стадию на конвергентных границах плит. Об этом свидетельствует взаимоувязанный формационный состав пород и их возраста.

ПСП разделён поперечными разломами на блоки (сегменты) (рис. 1). Сегментами первого порядка являются (с запада на восток) Кызылкумский, Нуратинский, Центральнотаджикистанский, Алайский. Морфология сегментов обусловлена конфигурацией границ ПСП. Кызылкумский сегмент является наиболее широким и изометричным, Нуратинский — максимально сжатым. В Кызылкумском сегменте развиты крупные брахиформные

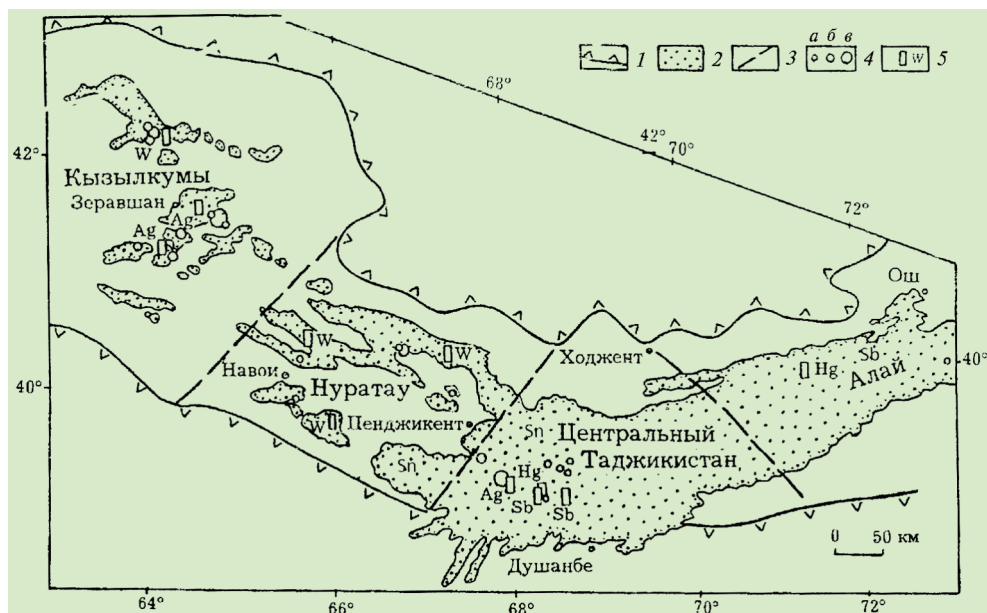


Рис. 1. Схема тектонического и металлогенического районирования западной части Южного Тянь-Шаня: 1 — породы обрамления Южного Тянь-Шаня; 2 — выходы преимущественно палеозойских пород среди мезокайнозойских отложений; 3 — зоны поперечных глубинных разломов, разграничивающие тектонические блоки с различной металлогенией; 4 — месторождения золота: а — средние по масштабу, б — крупные, в — уникальные; 5 — месторождения других, характерных для Южного Тянь-Шаня металлов: Ag — серебра, W — вольфрама, Sb — сурьмы, Hg — ртути, Sn — олова

складки, преобладают субгоризонтальное залегание покровов и в целом более пологое залегание пород. Для Нуратинского сегмента характерны крутопадающие сжатые складчатые структуры. Кроме того, ПСП разбит на продольные или кулисные тектонические зоны, сформированные в процессе активных горизонтальных перемещений в среднепозднекаменноугольное время.

Магматизм. Автохтонная интрузивная деятельность в пределах ПСП происходила в периоды позднекаменноугольного, раннепермского и частично триасового времени (табл. 1).

Интрузивные породы развиты как в виде плутонических, так и жильных (дайковых) тел. Они занимают примерно 10–12 % площади палеозойда, обнажающейся из-под мезокайнозойского платформенного чехла, а под последним по данным бурения и геофизических исследований — около 20 % поверхности.

Ультрабазиты преимущественно входят в аллохтонную группу. Встречаются они также в виде протрузий в зонах разломов.

Породы *габбро-диабазовой* формации широко развиты в восточных блоках Южно-Тянь-Шаньского ПСП, где они включены в мальгузарский комплекс. В Кызылкумах к нему предположительно относятся дайки диабазов, встречающиеся к востоку и юго-востоку от месторождения Мурунтау. Для пород комплекса характерен пижонитовый состав пироксена и большое количество ильменита (до 10 %). Их петрохимические особенности — высокое содержание TiO_2 ; суммы оксидов железа, особенно FeO ; преобладание Na_2O над K_2O и низкая глиноземистость; низкое содержание Cr , Ni , Co . Дайки отмечены только среди кембрийских и ордовик-силурийских отложений, что определяет их нижнюю возрастную границу; верхняя граница подтверждается пересечением их дайками гранодиорит- и гранит-порфиров антидромной серии малых тел. Позднекаменноугольный возраст наиболее вероятен, поскольку дайки выполняют постскладчатые структуры этапа тектонического скучивания.

Подавляющая масса интрузивных пород провинции относится к двум сериям: гомодромной

Таблица 1

Последовательность развития магматизма Южно-Тянь-Шанской металлогенической провинции

Возраст	Формация, серия	Основные петрографические разновидности	Форма тел	Примерная доля занимаемой площади от общей площади выходящих на поверхность интрузивных пород, %
T	Щелочно-базальтоидная	Камптониты, мончикиты, лимбургиты, тешениты	Дайки, трубки	Доли
C_3-P_1	Биотитовых гранитов (поздний плутонический комплекс гомодромной серии)	Граниты биотитовые, адамеллиты, двуслюдяные граниты, лейкократовые граниты, аляскитовые граниты, аплиты, пегматиты	Плутоны, дайки	40–45
C_3-P_1	Антидромная серия малых тел «пестрого состава» (СМТ):			
	Группа диабазов	Оливин-пироксеновые диабазовые порфиры	Дайки	
	Группа лампрофиров	Диоритовые порфиры, спессартиты, керсантиты, вогезиты, кузели-титы, минетты	Дайки	
C_3-P_1	Порфир-порфировая группа	Гранодиорит-порфиры, тоналит-порфиры, гранит-порфиры, монцонит-порфиры	Дайки, штоки	2–3
C_3-P_1	Габбро-диорит-гранодиоритовая (ранний плутонический комплекс гомодромной серии):			
	третья фаза	Гранодиориты, тоналиты, адамеллиты, трондземиты, амфиболовые граниты		
	вторая фаза	Кварцевые диориты, диориты, монцониты		
C_3	первая фаза	Габбро, габбро-диориты	Плутоны, штоки	45–50
	Габбро-диабазовая (мальгузарский комплекс)	Габбро-пироксениты, габбро, лейкогаббро, конгадиабазы	Дайки	1–2
	Ультрабазитовая	Серпентиниты, серпентинизированные ультрабазиты	Протрузивные тела, олистоли-ты	3–4

плутонической и антидромной малых тел (дайки и штоки) «пестрого состава».

Гомодромная плутоническая серия представляет известково-щелочную группу с двумя последовательными формациями (комплексами) — ранней *габбро-диорит-гранодиоритовой* и поздней *биотитовых гранитов*.

Габбро-диорит-гранодиоритовая формация объединяет ассоциацию ранних плутонических пород, распространённых во всех тектонических зонах Южного Тянь-Шаня и слагающих большинство крупных массивов. Габброиды ранней фазы развиты ограниченно, обычно сохраняясь в эндоконтактных зонах массивов либо в их центре в виде ксенолитов. Наряду с этим, имеется несколько тел, сложенных только габброидами, что позволяет выделять их как самостоятельную фазу внедрения, а не как продукт контаминации более кислой магмы в эндоконтактных участках. Особенности химизма габброидов являются невысокая титанистость, низкая общая железистость и повышенная глиноземистость. Породы второй фазы, также незначительно развитые, выявлены, как правило, по границам массивов. Однако, также как для пород ранней фазы, установлены отдельные штоки, сложенные диоритами, монцодиоритами или монцонитами с отчётливо рвущими контактами и инъекциями магмы во вмещающие породы. Породы поздней фазы доминируют в составе формации. Преобладают биотит-амфиболовые и амфиболовые гранодиориты, присутствуют также тоналиты, адамеллиты, трондьемиты. Нижняя возрастная граница формации определяется тем, что массивы габбро прорывают породы олистостромовой формации и частично сероцветную молассу (С₃). *Антидромная серия малых тел «пёстрого» состава (СМТ)* включает три различные по составу и возрасту группы. Штоки и дайки ранней группы развиты широко, они отмечены в том числе на большинстве рудных полей. Установлено по меньшей мере двукратное внедрение магмы. Поздние продукты имеют более основной состав. Обычно это амфибол-биотитовые порфиоровые или порфиоровидные породы с содержанием SiO₂ 62—65 %, для ранних гранитоидов группы — 67—70 %. По сравнению с гранитоидами третьей фазы раннего плутонического комплекса данные породы имеют более натровый состав и повышенное содержание базальтофильных элементов. Возраст пород порфир-порфиоровой группы определяется тем, что они прорывают гранитоиды раннего плутонического комплекса, а сами пересекаются дайками диоритовых порфиритов и лампрофиров второй возрастной группы этой же антидромной серии.

Породы второй группы СМТ развиты также широко, как и первой, представлены только дайками. Состав лампрофиров разнообразен — спессартиты, керсантиты, кузелиты, вогезиты, минетты —

присутствуют примерно в равном количестве. Диоритовые порфириты по минеральному составу и структуре близки к гранодиорит-порфирам, но отличаются от них большей долей темноцветных минералов, отсутствием кварца во вкрапленниках и соответственно являются более основными по химизму. Лампрофиры характеризуются относительно близкой основностью (SiO₂ 50—52 %), титанистостью (TiO₂ 0,7—1,0 %), повышенным содержанием базальтофильных элементов, аномально высоким содержанием хрома. Встречающиеся тела «дайка в дайке» и другие признаки свидетельствуют о нескольких импульсах внедрения магмы. Отмечены зональные дайки: в крупных диоритовых дайках зальбанды интенсивно насыщены биотитом и порода имеет порфировое сложение, по направлению к центру увеличивается количество амфибола, порода становится порфиоровидной. По структуре центральная часть дайки обладает равномернозернистым строением, представлена типичным диоритом. Отмечаются случаи, когда диоритовая дайка при выклинивании, уменьшаясь в мощности, переходит в керсантит. Поздняя возрастная группа СМТ по объёму развита незначительно, хотя дайки этой группы встречаются на многих рудных полях. Мощность даек обычно 1—1,5 м, протяженность до 1 км. По составу это оливиновые диабазовые порфириты. Порфиоровые выделения представлены в основном оливином, а также моноклинным пироксеном и плагиоклазом. Основная масса микроофитовая, состоящая из тех же минералов и ильменита. По химическому составу породы близки габброидам малыгузарского комплекса, но отличаются от них более низкими содержаниями TiO₂, Fe₂O₃ и более высокими количествами K₂O. Дайки оливиновых диабазов прорывают гранодиориты раннего плутонического комплекса и тела двух ранних групп СМТ.

Установлено, что массивы, в которых развиты породы ранней плутонической формации, прорываются дайками «пестрого» состава СМТ, насыщенность которыми бывает очень высокой. В массивах, сложенных биотитовыми гранитами поздней плутонической формации, не обнаружены дайки среднего-основного состава (например, Алтынтауский массив). В массивах, в которых совместно присутствуют гранитоиды ранней и поздней плутонических формаций, первые прорваны дайками СМТ, а вторые — нет (например, Чарыктинский и Шокетауский).

Породы *формации биотитовых гранитов* распространены повсеместно. Они нередко размещены в единых массивах с породами ранней плутонической формации, чаще находятся в корневой и центральной части массивов. Обычно устанавливается четкий рвущий характер контакта между гранитоидами ранней и поздней плутонических формаций.

Самые поздние гранитоиды ранней формации обычно содержат SiO_2 67–69 %, для поздней — SiO_2 от > 71 до 75 %. В них отсутствует амфибол или его количество не превышает 0,5 %, тогда как в гранитоидах ранней формации содержание амфибола не менее 1–2 %. Наиболее поздние и кислые разности поздней формации (двуслюдяные, мусковитовые, аляскистовые граниты) часто имеют гнейсовидную текстуру. В случаях контакта гранитов поздней формации с осадочными толщами нередко отмечаются зоны мигматитов.

Наиболее поздними интрузивными образованиями в палеозоидах Южного Тянь-Шаня являются дайки и трубки взрыва щелочно-базальтоидной формации триас-юрского возраста. В отличие от иногда внешне сходных с ними лампрофиров характеризуются наличием крупных СМТ (до 5–7 см) кристаллов пироксена (20–50 %), наличием анальцима (2–5 %), совместным присутствием оливина (2–15 %) и биотита (2–20 %). Часто унавливаются глубинные нодулы и ксенолиты гранитов.

Металлогения золота. Экономически значимыми для провинции являются месторождения Au, W, Ag, Sb, Hg, Sn. Месторождения и рудопроявления этих металлов установлены повсеместно, но отмечаются определённые особенности состава и строения в каждом сегменте, что позволяет рассматривать последние как металлогенические субпровинции. В целом в палеозоидах Южного Тянь-Шаня наблюдается отчетливый тренд в размещении месторождений Au, Ag, Sb, Hg: число и масштабы месторождений Au и Ag уменьшаются в направлении с запада на восток, ртути и сурьмы в этом же направлении — возрастают. Вольфрам и олово преобладают в Нуратинском и Таджикистанском блоках.

В Южно-Тянь-Шаньской провинции подавляющее количество Au связано с месторождениями двух типов: золотосульфидным и золотокварцевым. Все они относятся к бақырчыкскому семейству месторождений арсенофильного золота [2], характерных для терригенных толщ складчато-орогенных областей миогеосинклинального типа [3]. Известно также одно крупное Au-скарновое месторождение (Тарор). В рудах всех этих месторождений отмечается проявленная с разной степенью корреляция Au и As. Также общей чертой всех промышленных золотых месторождений провинции является размещение их в породах только двух СФК — терригенного и олистостромового.

Месторождения *золотосульфидного* типа представлены тремя объектами, присутствующими в Кокпатаасском и Даугызтауском рудных полях в Кызылкумах и Поймазар-Яфчской рудоносной зоне в Центральном Таджикистане. Общей чертой этих месторождений является сравнительно однообразный состав их руд. Это — вкраплённость

сульфидов от 3–4 до 8–9 %. Более 90 % сульфидов представлено пиритом и арсенопиритом в разных соотношениях. Не более первых десятых долей процента составляют сульфиды полиметаллов и сульфосоли Cu, Pb, Ag, антимонит, и др. Иногда, чаще на глубоких горизонтах месторождений, встречается шеелит. Практически отсутствуют характерные для многих типов эндогенных золотых месторождений такие элементы, как Te и Bi, а также аномальные концентрации W, Sn — металлов, месторождения которых свойственны Южно-Тянь-Шаньской провинции. На всех месторождениях установлена единая регрессивная последовательность формирования руд: пирит-арсенопиритовая ассоциация с дисперсным золотом полиметаллических сульфидов сульфосолевая, минералы Ag антимонит, киноварь. Au месторождений связано преимущественно с пиритом и арсенопиритом ранней сульфидной ассоциации, в которых оно является тонкодисперсным, «упорным», не извлекаемым цианированием. В отдельных рудных телах месторождений такое Au составляет от 50 до 90 %. В раннем арсенопирите содержание Au в среднем составляет более 300 г/т, в пирите этой ассоциации — более 50 г/т. Пирит продуктивной ассоциации тонкозональный, представлен сложными формами, часто пентагональных кристаллов. Зоны отличаются содержанием As и соответственно Au. Общее содержание As в пиритах продуктивной ассоциации составляет в среднем 2–3 %, максимум до 8 %. Геолого-структурная обстановка локализации золотосульфидных месторождений в Южном Тянь-Шане существенно различается. *Кокпатаасское рудное поле* связано с субмеридиональной брахиантiformой, включает более 10 месторождений на площади около 30 км² (рис. 2). Широко развиты дайки СМТ. Преобладают диориты и диоритовые порфиры, лампрофиры, реже отмечаются гранодиорит- и тоналит-порфиры. Месторождения размещены в олистостромовой толще. Они локализованы в субширотных зонах дробления, смятия, будинажа, протягивающихся параллельно дайковым поясам. Нередко дайки находятся внутри минерализованных зон. В известняках ядра брахискладки и в олистолитах кремней золотосульфидная минерализация затухает, а кремнистые и карбонатные породы докембрийского СФК покрова экранируют рудную минерализацию. В известняках карбонатного СФК в ядре антиформы установлены проявления серебросурьмяной минерализации.

Даугызтауское рудное поле (рис. 3) размещается в песчано-сланцевой толще терригенного СФК. Площадь рудного поля составляет примерно 6–8 км². Оно размещено в аллохтонной блок-пластине северо-восточной ориентировки, подстилаемой отложениями базито- и вулканитонасыщенной олист-

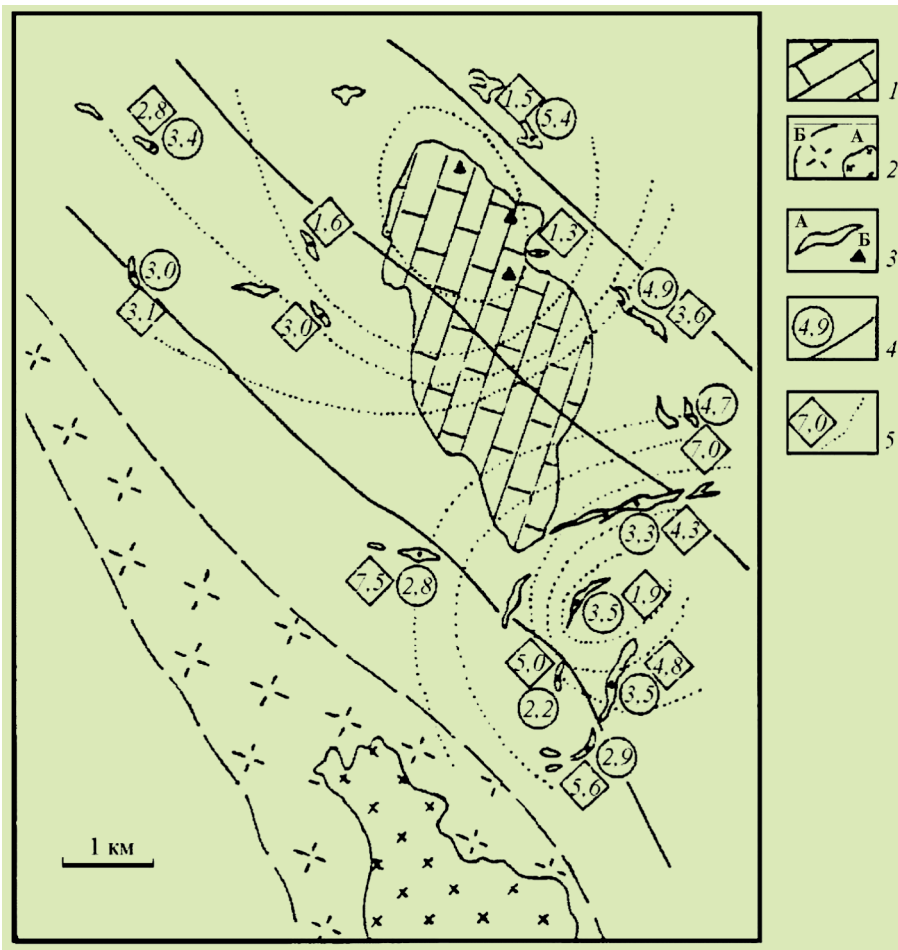
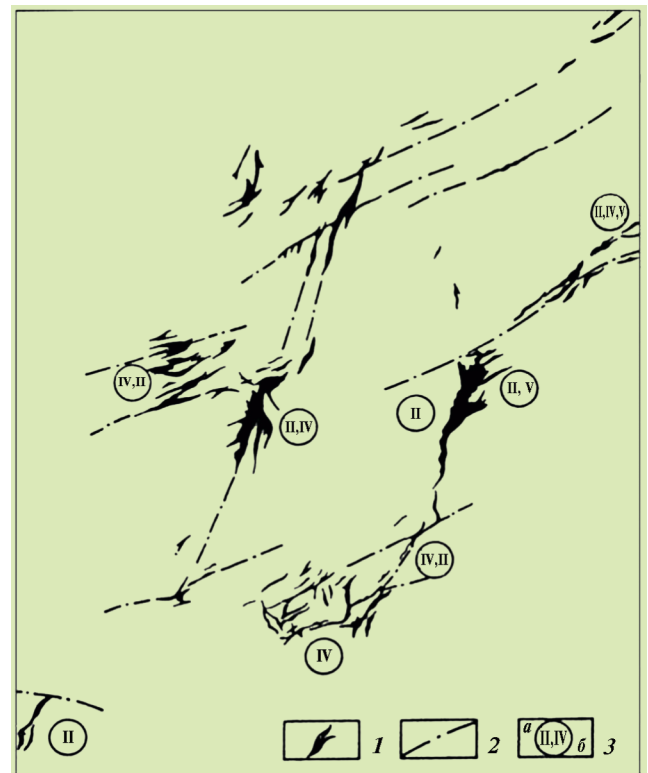


Рис. 2. Распределение сермышьякового и золотосеребряного отношений в месторождениях Кокчетавского рудного поля: 1 — известняки; 2 — гранодиориты, выходящие на поверхность (А) и скрытые (Б); 3 — месторождения золотосульфидные (А) и сурьмяно-серебряные (Б); 4 — соотношение S/As в рудах; 5 — соотношение Au/Ag в рудах

Рис. 3. Размещение минеральных ассоциаций в разноориентированных рудолокализирующих разрывах Даугызтауского рудного поля: 1 — минерализованные тела; 2 — основные разрывы; 3 — минеральные ассоциации: а — ведущие, б — подчиненные (номера соответствуют ассоциациям: II — основная золотоносная пирит-арсенопиритовая; IV — сульфосолевая сереброносная)



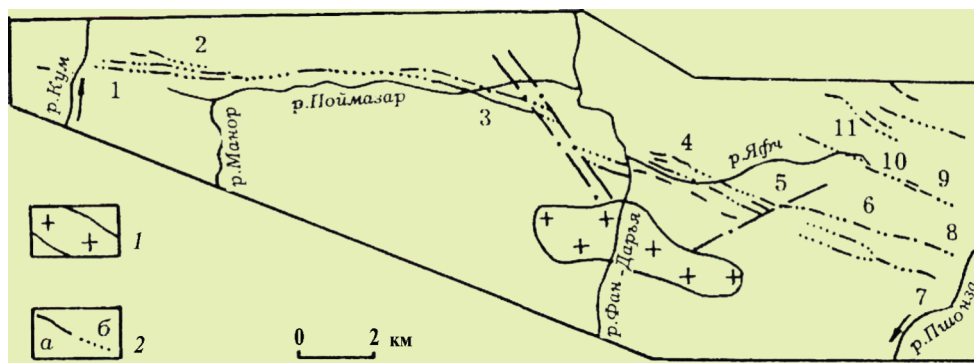


Рис. 4. Размещение месторождений золотосульфидных прожилково-вкрапленных руд в Поймазар-Яфчской рудоносной зоне: 1 — граниты Петинского плутона; 2 — рудолокализирующие разрывы: а — прослеженные канавами, б — прослеженные по делювиально-элювиальным образованиям; месторождения и рудопроявления: 1 — Кум, 2 — Монор, 3 — Чоре, 4 — Яфч, 5 — Восточная Дуба, 6 — Пшонза, 7 — Южная Пшонза, 8 — Водопадное, 9 — Водораздельное, 10 — Альбититовое, 11 — Верхний Кумарг

тостромовой толщи. На территории рудного поля отсутствуют интрузивные породы, не обнаружено ни одной дайки. В рудном поле размещены месторождения золотосульфидных и золотосеребряных руд. Месторождения тех и других представляют собой продукт единого пульсационного процесса рудообразования. Руды золотосульфидных месторождений представлены преимущественно ранней золотопродуктивной пирит-арсенопиритовой ассоциацией; в золотосеребряных месторождениях интенсивно проявлена поздняя ассоциация сульфидов Ag, Sb и полиметаллов. Месторождения золотосульфидных руд (Даугызтау, Асаукак, Сарыбатыр, Карасай) локализованы в субмеридиональных зонах разломов, а золотосеребряных (Высоковольное, Джусалинское, Тумшуктауское) — в субширотных.

Поймазар-Яфчская рудоносная зона размещается в бассейне р. Фандарья (рис. 4), в образованиях мальгузарской свиты (C_2), представляющих мелкообломочный олистостром. Широко развиты дайки СМТ. Преобладают гранодиорит- и тоналит-порфиры, реже отмечаются диоритовые порфиры и лампрофиры, единичные — оливиновые диабазовые порфиры. Гранитоидные дайки имеют субсогласное с рудоносной зоной простираие. Дайки иного состава характеризуются преимущественно поперечным по отношению к зоне северо-восточным направлением. Рудоносная зона протягивается в северо-западном направлении и приурочена к приосевой части сжатой антиклинальной складки субширотной ориентировки. Рудолокализирующие разрывы рудоносной зоны пересекают рудовмещающую толщу и падают под углами $65-85^\circ$ к северу. Зона состоит из многочисленных субпараллельных или кулисных разрывов мощностью до нескольких десятков метров, в которых развиты брекчии и милониты, обволакивающие менее нарушенные блоки-будины. В большинстве разрывных зон присутствуют дайки порфировых гранитоидов. Золото-

сульфидная минерализация установлена во многих отдельных разрывных зонах, но промышленно значимая обычно сосредоточена в одном-трех из них и непрерывно прослеживается на расстоянии до 3 км. В Поймазар-Яфчской зоне выявлены однотипные месторождения Чоре, Яфч, Восточная Дуба, несколько недоизученных рудопроявлений.

Месторождения *золото кварцевого* типа присутствуют во всех сегментах Южного Тянь-Шаня. Руды наиболее ярких представителей этого типа (Мурунтау, Джилао, Гужумсай) резко отличаются от руд золотосульфидных месторождений. В месторождениях золото кварцевого типа Au находится в свободном состоянии; с сульфидами связано не более нескольких процентов суммарного его количества. Количество сульфидов обычно не превышает 2—3 %, чаще — 1 % и менее. Главными являются пирит, арсенопирит и часто пирротин. Присутствуют сульфосоли, минералы Bi, Te, Sn, Mo. Практически постоянно отмечается шеелит, нередко содержание W достигает промышленных значений. Пириту и арсенопириту руд свойственны высокие содержания золота. Характерной чертой является вертикальная минерально-структурная не зональность месторождений: на верхних уровнях сравнительно многочисленны так называемые стержневые золото кварцевые жилы (Мурунтау, Джилао), число которых с глубиной резко сокращается, а кварц присутствует в седловидных и сигмоидной формы жилах и прожилках (Мурунтау). Количество сульфидов с глубиной увеличивается (рис. 5, табл. 2).

В Южном Тянь-Шане многие месторождения золото кварцевого типа близки к *золотосульфидно-кварцевым* (Чармитан, Амантай, Сармич, Марджанбулак и др.). Они также характеризуются наличием преимущественно свободного золота, стержневых золото кварцевых жил, минералами Bi, Te, Sn, нередко высокими содержаниями W, Ag, (месторождения Каратауской зоны Южного Нуратау —

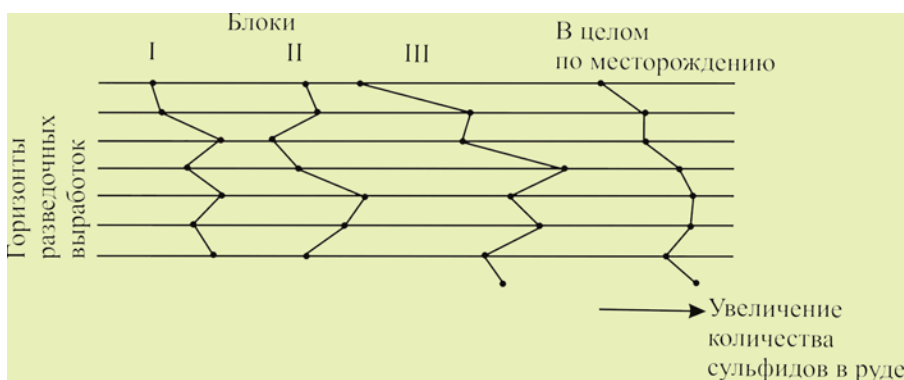


Рис. 5. Тренд содержания серы сульфидной в рудах месторождения Мурунтау

Таблица 2

**Некоторые характеристики руды месторождения Джилао,
отражающие его вертикальную зональность**

Уровни отбора материала	Содержание золота, г/т*		Содержание в руде, %		Содержание золота в руде, г/т
	пирит	арсенопирит	арсенопирит	пирит	
Поверхность	Полуокисленный 202,8 (ср. по 4 пробам)		0,0074	0,0004	5,2 (технологическая проба № 2)
Горизонт шт. 7 (– 30 м)	8,4				
Горизонт шт. 13 (– 80 м)			0,2231	0,0022	4,5 (технологическая проба № 1)
Горизонт шт. 14 (– 130 м)	106,0; 28,5; 26,3; 3,1 / ср. 41,0				
Горизонт шт. 12 (– 230 м)	50,3; 21,9; 18,9; 2,0 / ср. 23,3	405; 131,5	0,3087	0,0168	3,7 (технологическая проба № 7)
Скважины (– 320) ÷ (– 360 м)	2,3	71,7; 29,5; 11,1			2,4–2,8 (опробование керна скважин)

Примечание: * Образцы Б.Я. Вихтера. ИНАА. Аналитик В.М. Кулигин, ЦНИГРИ.

Пирали, Октепа, Бакачинар — относятся к сереброзолотым). В них количество сульфидов до 5–7 % и более, связанное с которыми золото иногда составляет около 20 % от общего количества.

Месторождения золотокварцевого типа размещены в отложениях терригенного и олистостромового СФК, а также в гранитоидных массивах, прорывающих эти комплексы. Почти все они локализованы в протяжённых зонах разломов субширотной ориентировки, субпараллельно общей ориентировке региональных складчатых структур Южного Тянь-Шаня. Одна из наиболее протяжённых зон прослежена более чем на 200 км — от западной части Южно-Нуратинских гор до Туркестанского хребта на востоке. Она контролирует более 10 средних и мелких месторождений и рудопроявлений золото(сульфидно)кварцевого типа (Субаши, Пирали, Сармич, Биран, Учколь и др.). Зона сопровождается дайками диоритовых порфиров, реже — лампрофиров, встречаются дайкообразные штоки биотитовых гранитов. Несколько отличный характер имеют структуры, в которых

локализованы месторождения в Кызылкумском блоке — Мурунтау и Амантай. Уникальное месторождение Мурунтау размещается в терригенных отложениях (О—S) на восточном периклинальном замыкании Тасказганской широтной антиформы. В районе месторождения широко развиты дайки. Преобладают гранит-порфиры и аплитовидные граниты, встречаются диоритовые порфиры, сиенито-диориты, лампрофиры. Ориентированы дайки различно. Месторождение вытянуто примерно на 5 км в северо-западном направлении. На юго-востоке месторождения участок Триада ориентирован по азимуту 320°, продолжающие его на северо-запад участки Мютенбай и Мурунтау Центральный ориентированы по азимуту примерно 300°. Далее в 5 км к северо-западу размещается месторождение того же типа Восточный Бесапантау, рудная минерализация которого распределяется в линзах, ориентированных согласно кливажу сланцеватости, преимущественно по азимуту 290–300°, золотокварцевые жилы и прожилки — по азимуту 270–285°. Таким образом, месторожде-

ние Мурунтау и однотипное с ним Восточно-Беспапнтауское, которые в целом следует рассматривать как единое рудное поле, образуют слабо изогнутую дугу, расположенную согласно кливажу сланцеватости на едином стратиграфическом уровне относительно ядра Тасказганской антиформы. На участке Центральный Мурунтау наиболее обогащенные золотом тела вытянуты в северо-восточном направлении, подчиняясь дорудным разрывам этого направления. Последнее сходно с направлением большинства даек в районе месторождения. По-видимому, участок Мурунтау Центральный находится на пересечении наиболее интенсивно проявленных в рудном поле продольных (кливаж сланцеватости) и поперечных (восток—северо-восточных) рудоокалывающих структур.

Определяя позицию Мурунтау следует отметить также два обстоятельства. Во-первых, оно находится в пределах северо-восточного Даугызтау-Мурунтауского тренда [2], отражающего глубинный разлом. Во-вторых, к юго-востоку от него находится Шарыктинский гранитоидный плутон, который по геофизическим данным вытянут в северо-западном направлении, его магмоподводящий корень находится в удаленной от месторождения юго-восточной части плутона, а под месторождением на глубине 4 км скважиной вскрыты граниты в крайней западной его части. Возможно, что на масштаб месторождения повлияли расположенные к востоку известняки карбонатного СФК, которые, судя по характеру залегания, до эродирования могли перекрывать участок во время рудоотложения и играли экранирующую роль.

Месторождение Амантай, также как и Мурунтау, находится в пределах тренда Даугызтау-Мурунтау. Рудные тела месторождения подчиняются системе разнонаправленных разрывов. Наиболее распространены азимуты: 320—330°, 350—10°, 300° и 80°.

Соотношение золоторудной минерализации и магматизма. Анализ возрастных и пространственных соотношений интрузивного магматизма и золоторудной минерализации в Южном Тянь-Шане показал, что их образование происходило синхронно.

На Кокпатасском рудном поле руды *золотосульфидных* месторождений, и прежде всего главная продуктивная пирит-арсенопиритовая вкрапленная минерализация, накладываются на дайки СМТ «пестрого состава». Золоторудная минерализация отчетливо накладывается на дайки диоритов и диоритовых порфиритов. Дайки лампрофиров преимущественно являются дорудными. Золоторудная минерализация отмечается в керсантитах и в спессартитах; нередко эти дайки экранируют рудную минерализацию, при этом в контакте с дайками наблюдается повышенное содержание золота. Отмечаются случаи пересечения рудной минерализации дайками спессартитов. Отношение S/As

(рис. 2) в рудах четко связано с их положением относительно плутона гранитоидов дорудного раннего комплекса гомодромной серии, что свидетельствует о влиянии сохраняющегося в период рудообразования теплового поля, вызванного плутоном.

В Поймазар-Яфчской рудоносной зоне дайки гранодиорит- и тоналит-порфиров СМТ «пестрого состава» часто присутствуют в рудоокалывающих разрывных структурах. Они являются наиболее благоприятной средой рудоотложения, контролируя богатые участки рудных тел. Во второй группе даек СМТ золоторудная минерализация не установлена; на месторождении Чоре наблюдалось пересечение дайкой лампрофиров рудного тела. К югу от Поймазар-Яфчской рудоносной зоны в непосредственной близости от нее обнажается Петинский массив биотитовых гранитов (рис. 4). Он сложен породами позднего плутонического комплекса гомодромной серии и является самым молодым интрузивным образованием в пределах рудоносной зоны. Это было подтверждено Rb-Sr определениями их возраста [5]. На месторождении Чоре установлено [4], что с приближением к Петинскому массиву в пирите и арсенопирите руд закономерно уменьшается содержание Au при сохранении его средних содержаний в руде; увеличивается число включений пирротина в пирите и арсенопирите, что можно рассматривать как результат диссоциации этих сульфидов под влиянием высокой температуры. С приближением к массиву увеличивается число кварцевых прожилков; иногда вдоль них наблюдается укрупнение кристаллов пирита, изредка по их границе отмечаются тонкие выделения самородного Au; с глубиной появляются аномальные концентрации W. Отмечается также устойчивое увеличение содержаний As в пирите и арсенопирите по мере приближения к плутону, которые резко уменьшаются в непосредственной близости от него. На рудном поле с привлечением данных анализа технологических проб установлено: с приближением к гранитам массива растёт в рудах количество сульфидов, уменьшается содержание дисперсного («упорного») золота и увеличивается содержание «свободного» (цианируемого) (рис. 6).

Таким образом, руды месторождений золотосульфидного типа в Южном Тянь-Шане формировались в интервале времени от внедрения даек второй группы антидромной СМТ «пестрого состава» до внедрения гранитов позднего плутонического комплекса гомодромной плутонической серии. Воздействие последних приводило к высвобождению золота из пирита и арсенопирита, вероятного его укрупнения, золото становилось более доступным для транспортирующих агентов. Месторождения золотокварцевые (и золотосульфидно-кварцевые) типа размещаются в отложениях терригенно-

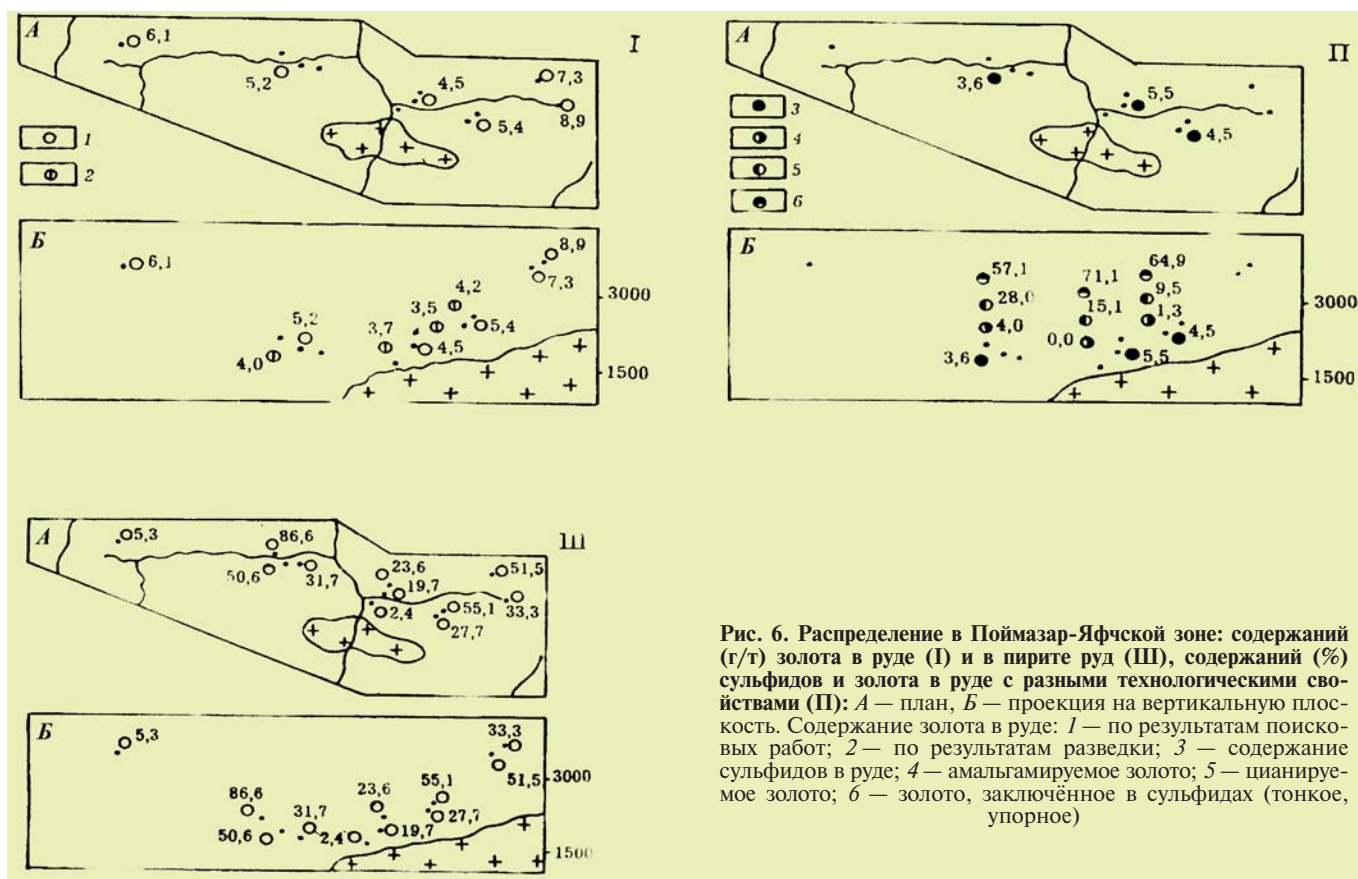


Рис. 6. Распределение в Поймазар-Яфчской зоне: содержаний (г/т) золота в руде (I) и в пирите руд (II), содержаний (%) сульфидов и золота в руде с разными технологическими свойствами (III): А — план, Б — проекция на вертикальную плоскость. Содержание золота в руде: 1 — по результатам поисковых работ; 2 — по результатам разведки; 3 — содержание сульфидов в руде; 4 — амальгируемое золото; 5 — цианируемое золото; 6 — золото, заключённое в сульфиды (тонкое, упорное)

го и олистостромового СФК, а также в интрузивных породах раннего плутонического комплекса. В породах позднего плутонического комплекса даже мелких рудопоявлений золоторудной минерализации (как и других характерных для Южного Тянь-Шаня металлов) не обнаружено. Как упоминалось, под месторождением Мурунтау на глубине 4 км вскрыты скважиной биотитовые и лейкократовые граниты западной части Шарыктинского плутона. По описаниям И.Х. Хамрабаева и др. [9], они относятся к позднему плутоническому комплексу гомодромной серии. В горных выработках шахты «М» Центрального Мурунтау наблюдалось наложение золотокварцевой с шеелитом жилы на дайку диоритовых порфириров.

Золотокварцевое месторождение Джилао размещена в восточной краевой части одноимённого гранодиоритового массива; вблизи месторождения развиты дайки среднего состава. К западу от месторождения среди гранодиоритов картируется изометричный участок биотитовых гранитов, представляющих породы позднего плутонического комплекса.

Золотосульфидно-кварцевые месторождения Пирали, Субаши, Бирани, Сармич и др. в Южном Нурау контролируются Каратауской субширотной зоной разломов. Зона сопровождается дайками диоритовых порфириров, лампрофиров. В Субаши-Сармичском рудном поле в рудоносной зоне раз-

мещается дайкообразный шток биотитовых гранитов размером 700×70 м. К югу от месторождений Каратауской зоны в широтном же направлении расположены выходы массивов биотитовых гранитов (Четтыкский, Каратауский) позднего плутонического комплекса.

Иногда промышленно значимые содержания золота отмечаются в *скарново-шеелитовых* месторождениях. По материалам И.Х. Хамрабаева и М.И. Измаилова, на участке «Западном» месторождения Лянгар известково-силикатные роговики прорваны штоком лейкократовых гранитов. В экзоконтакте штока развита кварцевая оторочка с вкраплённостью пирита, арсенопирита, молибденита, пирротина, халькопирита, висмутита и золота. В кварце выделяется тело протяжённостью несколько метров с содержанием Au 4 г/т и более. В целом скарны, мусковит-хлорит-полевошпат-кварцевые метасоматиты и мрамора, развитые вблизи месторождения Лянгар, пересечены кварцевыми и кварц-полевошпатовыми жилами, содержащими убогосульфидную вкраплённость, гнезда и просечки, на глубине они переходят в тела массивных сульфидов. В этом они сходны с золотокварцевыми месторождениями, на которых стержневые убогосульфидные жилы верхних уровней сменяются более сульфидными рудами на глубине. В продуктах этих руд на месторождении Лянгар установлены высокие содержания Cu, Bi, Mo, Sn, Te, Ag

(до 200 г/т) и Au (до 0,9 г/т). Таким образом, золотокварцевые месторождения, как правило, пространственно ассоциируют с гранитами позднего комплекса гомодромной плутонической серии.

На золотосурьмяно-ртутном рудном поле Кончоч-Скальное в Центральном Таджикистане из магматических пород присутствуют только штокообразные тела гранит-порфиров, редкие дайки кварцевых порфиров, лампрофиров и оливиновых диабазовых порфиринов. Выявлены руды нескольких типов: золотосульфидные, золотофлюорит-антимонитовые, золотосульфидантимонитовые, золотокиноварные. Эти типы минерализации представляют продукты эволюции единого потока рудоносных флюидов, отлагавшихся в разрывных структурах разных, определенных для каждого типа направлений, подчеркивая пульсационный характер процесса. Самая ранняя золотосульфидно-вкрапленная минерализация, представленная пиритом и арсенопиритом, и более поздние Sb и Hg содержащие типы руд, аналогичны тем, что отмечаются в золотосульфидном типе месторождений. Высокая флюоритоносность руд месторождения Кончоч связана с широким развитием рудопроявлений и месторождений флюорита в районе. На рудном поле Кончоч-Скальное отсутствуют заметные концентрации, характерные для золотокварцевого типа месторождений и типоморфные для провинции W, Sn, а также Bi и Te. Это коррелирует с отсутствием на рудном поле и в ближайшем окружении гранитоидов поздней формации биотитовых гранитов гомодромной плутонической серии.

Биотитизация. На золотоносных (и не только) площадях Южного Тянь-Шаня часто интенсивно развиты скопления мелкочешуйчатого (1–3 мм) биотита (флогопита). На Кокпатасском рудном поле местами золотосульфидная вкрапленность сопровождается интенсивной биотитизацией; в других участках той же рудолокализирующей зоны золотосульфидная вкрапленность не сопровождается биотитизацией. Есть случаи, когда одновременно увеличивается интенсивность золотосульфидной вкрапленности и биотита с приближением рудоносной зоны к экранирующей поперечной дайке.

Интенсивно мелкочешуйчатый биотит проявлен на месторождении Мурунтау и на рудном поле в целом. Вмещающей средой рудного мегаштокверка служит кварц-полевошпат-биотитовая порода, имеющая за счёт биотита характерный тёмно-сиреневый цвет. По мнению С.Д. Шера и И.М. Юдина [10], биотит относится к роговиковым преобразованиям, а калиевый полевошпат и кварц являются новообразованиями, сопровождающими золотокварцевые жилы и прожилки. С.Г. Кряжев [7] на Мурунтау выделяет зональное строение метасоматитов (от внешних зон к внутренним): (кварц+калиевый полевошпат+биотит+альбит) (кварц+калиевый полевошпат+биотит)

(кварц+калиевый полевошпат) (кварц+золото). «Сиреневые метасоматиты» (кварц-калиевый полевошпат-биотит) отмечаются также на месторождении Восточный Беспапан. В других местах Мурунтауского рудного поля они не образуют заметных скоплений. В то же время, кварц-калиево-полевошпатовые метасоматиты очень широко распространены вокруг месторождения; участки их развития картируются на расстоянии до 5 км от карьера. Связи известных точек золоторудной минерализации в рудном поле с этими участками не установлено.

«Сиреневые метасоматиты» присутствуют на небольшом золотокварцевом месторождении Турбай в Южном Букантау. Месторождение приурочено к экзоконтакту одноимённого массива, сложенного по периферии гранодиоритами раннего комплекса гомодромной плутонической серии, центральную часть занимают биотитовые граниты позднего комплекса той же серии.

Однако «сиреневые метасоматиты» не всегда являются признаком золоторудных объектов. Участок интенсивного развития, «сиреневых метасоматитов», например, был обнаружен в Ауминзатау, в северном экзоконтакте Захкудукского (Шокетауского) гранитоидного массива. Участок был разбурен скважинами колонкового бурения, но золото не обнаружено.

Кратко рассмотренная локализация распространения повышенных количеств биотита (флогопита) в Южном Тянь-Шане свидетельствует об отсутствии прямой связи минерала (как и кварц-калиево-шпатовых метасоматитов) с золоторудной минерализацией. Его высокие концентрации связаны с интрузивной деятельностью, начиная с формирования антидромной серии малых тел, и активно сопровождали внедрение гранитов позднего комплекса гомодромной плутонической серии.

Выводы

1. Структурно-формационные комплексы слоистых толщ Южного Тянь-Шаня отражают единый цикл формирования. Первый, океанический, этап длился примерно 250–300 млн. лет, от венд-кембрийского времени до московского. Это время формирования вулканогенно-карбонатно-кремнистого, аспидного, терригенного и карбонатного СФК. Второй этап — формирования континентальной коры, начавшийся с проявления сжимающих горизонтальных напряжений, длился примерно 30 млн. лет. В этот период происходило образование олистостромовых толщ и шарьяжей, главных складчатых и разрывных структур. Шарьированные покровы часто перекрывают верхнекаменноугольный олистостром. В период от позднего карбона до ранней перми, т. е. в интервале не более 10 млн лет, в условиях релаксации развивал-

ся ороген, вызванный интрузивным магматизмом. Последний представлен двумя сериями — гомодромной и антидромной, связанными с разными очагами магмогенерации.

2. Месторождения золотосульфидного типа формировались синхронно со становлением пород антидромной СМТ «пёстрого» состава. При этом они испытывали влияние теплового поля плутонов, сложенных дорудными магматитами раннего комплекса гомодромной серии. Самая ранняя вкрапленная, основная золотопродуктивная пирит-арсенопиритовая ассоциация сформировалась вслед за внедрением группы порфир-порфириновых тел. Минералы поздних минеральных ассоциаций — сульфосоли Pb, Cu, Ag, антимонит, киноварь — отлагались при снижении температуры рудоносных флюидов в условиях тектонической активности; на некоторых объектах при этом происходило образование аномальных (до промышленных) концентраций Ag, Sb, Hg. В рудах месторождений золотосульфидного типа не отмечается заметных количеств таких характерных для Южного Тянь-Шаня металлов, как W, Sn, а также Bi, Te.

Месторождения золотокварцевого типа пространственно и генетически связаны с интрузией пород поздней плутонической формации биотитовых гранитов. Их формирование завершало становление пород формации, являясь как бы продолжением тренда гомодромного развития плутоногенного магматизма. Для последнего, как известно, характерно устойчивое повышение в процессе развития в породах калия и кремнезема. Именно в кварцевых жилах (особенно в так называемых стержневых) отмечаются наиболее высокие содержания золота. В руде, как правило, присут-

ствуют аномальные концентрации W (часто до промышленных значений), Sn, Bi, Mo, Te.

3. Калиево-полевошпат-кварцевые или биотит-калиево-полевошпат-кварцевые метасоматиты завершают формирование гомодромной плутонической серии. Они сопровождают золотокварцевые руды месторождений, но также отмечаются вне связи с рудной минерализацией.

4. Руды золотосульфидного типа являются донорными для золотокварцевых руд. Как минимум два довода можно привести в пользу этого положения.

Во-первых, типичные золотокварцевые месторождения Мурунтау, Восточный Бесаян, Турбай сопровождаются биотит-калиево-полевошпат-кварцевыми метасоматитами («сиреневыми» метасоматитами), продолжающими развитие гомодромного тренда плутоногенного магматизма, на завершающей стадии которого формируются золотокварцевые жилы. Подобные метасоматиты на северном экзоконтакте Ауминзатауского массива не несут золотое оруденение. Причиной этого может являться отсутствие на этом участке (и ниже) донорной золотой минерализации на путях миграции растворов, определяющих метасоматоз.

Во-вторых, на золотокварцевых месторождениях Южного Тянь-Шаня установлено отчётливое увеличение количества сульфидов с глубиной (Мурунтау, Джиллао). При этом, содержание золота в пирите и арсенопирите с глубиной устойчиво падает (Джиллао, табл. 2), что, учитывая данные по воздействию Петинского плутона биотитовых гранитов на золотосульфидные руды месторождения Чоре, может свидетельствовать об извлечении дисперсного золота из сульфидов и перераспределении его в кварцевые жилы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдуазимова З.М. Стратиграфия домезозойских отложений Западного Тянь-Шаня в свете новых палеонтологических данных // Тез. докл. XXVIII сессии ВПО. Ташкент, 1982. ч. 1. С. 86–87.
2. Вихтер Б.Я. Золото-мышьяково-сульфидные месторождения терригенных комплексов складчато-орогенных областей. М.: ЦНИГРИ, 2009. 108 с.
3. Вихтер Б.Я. Сто крупнейших золотых и золотосодержащих месторождений Мира (типы, геотектоническая позиция, минерально-геохимический парагенез золота). М.: Миттель Пресс, 2012. 73 с.
4. Вихтер Б.Я., Хазан К.Е. Зональность золото-сульфидного месторождения на основе распределения золота и других элементов в пирите и арсенопирите // Тр. ЦНИГРИ. 1982. Вып. 167. С. 38–44.
5. Вихтер Б.Я., Хазан К.Е., Дзайнуков А.Б., Журавлев Д.З. О Rb-Sr возрасте интрузивных образований и золотого оруденения Чоринского рудного района (Центральный Таджикистан) // Руды и металлы. 1995. № 1. С. 36–40.
6. Вихтер Б.Я., Шер С.Д. К истории геологического развития Южно-Тянь-Шаньской складчатой системы // Геотектоника. 1980. № 3. С. 72–84.
7. Кряжев С.Г. Изотопно-геохимический режим формирования золоторудного месторождения Мурунтау. М.: ЦНИГРИ, 2002. 91 с.
8. Савчук Ю.С., Мухин П.А. Эволюция рудных процессов в структуре аккреционной призм Южного Тянь-Шаня (Кызылкумский геодинамический полигон) // Геотектоника. 1993. № 6. С. 63–81.
9. Хамрабаев И.Х., Зуев Ю.Н., Азимов П.Т., Сидорова И.П. Скрытый Мурунтауский гранитоидный интрузив (по данным мурунтауской сверхглубокой скважины СГ-10) // Узб. геол. журн. 1995. № 4. С. 45–59.
10. Шер С.Д., Юдин И.М. Полиморфические преобразования рудовмещающих пород на золоторудном месторождении Мурунтау // Тр. ЦНИГРИ. 1971. Вып. 91. Ч. 2. С. 30–48.
11. Goldfarb R.J., Ayuso R., Miller M.L. et al. The Late Cretaceous Donlin Creek Gold Deposit, Southwestern Alaska: Controls on Epizonal Ore Formation // Economic Geology. 2004. V. 99. P. 643–671.
12. Hart C.D.R. and Goldfarb R.J. Distinguishing Intrusion-related from orogenic gold systems // New Zealand Minerals Conference. 2005. P. 125–133.
13. Lang J.R., Baker T., Hart C.J.R., Mortensen J.K. An Exploration Model for Intrusion-Related Gold Systems SEG // Newsletter. 2000. V. 40. P. 1–15.
14. McCoy D., Newberry R.J., Leyer P. et al. Plutonic-related gold deposits of interior Alaska // Economic Geology. Monograph 9. P. 191–241.
15. Thompson J.F. and Newberry R.J. Gold deposits related to reduced granitic intrusions // Reviews in Economic Geology. 2000. 13. P. 377–400.