

## Рудные месторождения Кыргызстана, контролируемые структурами надвиговой тектоники

В статье приводится краткое описание геолого-структурных особенностей нескольких разнотипных месторождений Тянь-Шаня в Кыргызстане, связанных со структурами надвиговой тектоники. Проанализированы отдельные представители двух структурных подгрупп: месторождения, контролируемые надвигами и складчато-покровными структурами. В первой подгруппе рассмотрены золото-порфировое месторождение Талдыбулак Левобережный (Северный Тянь-Шань) и золоторудное месторождение в углеродистых сланцах Кумтор (Срединный Тянь-Шань). Во второй подгруппе охарактеризованы месторождения Южного Тянь-Шаня: золото-вольфрам-оловянные Сарыджазского рудного района и золото-ртутно-сурьмяные Катранского рудного района.

*Ключевые слова:* рудные месторождения, рудоконтролирующие структуры, надвиговая тектоника, Тянь-Шань, Кыргызстан.

B. A. TRIFONOV (VSEGEI)

## Ore deposits of Kyrgyzstan controlled by thrust tectonics structures

The article provides a brief description of geological and structural features of several different types deposits of the Tien Shan in Kyrgyzstan, associated with the structures of thrust tectonics. Separate representatives of two structural subgroups are considered: deposits controlled by thrusts and fold-nappe structures. The first subgroup includes the Taldybulak Levoberezhny porphyry gold deposit (Northern Tien Shan) and the Kumtor gold deposit in carbonaceous shale (Middle Tien Shan). In the second subgroup, deposits of the Southern Tien Shan are characterized: gold-tungsten-tin deposits of the Sarydzhaz ore district and gold-mercury-antimony deposits of the Katran ore district.

*Keywords:* ore deposits, ore-controlling structures, thrust tectonics, the Tien Shan, Kyrgyzstan.

*Для цитирования:* Трифонов Б. А. Рудные месторождения Кыргызстана, контролируемые структурами надвиговой тектоники // Региональная геология и металлогения. – 2022. – № 90. – С. 91–106. DOI: 10.52349/0869-7892\_2022\_90\_91-106

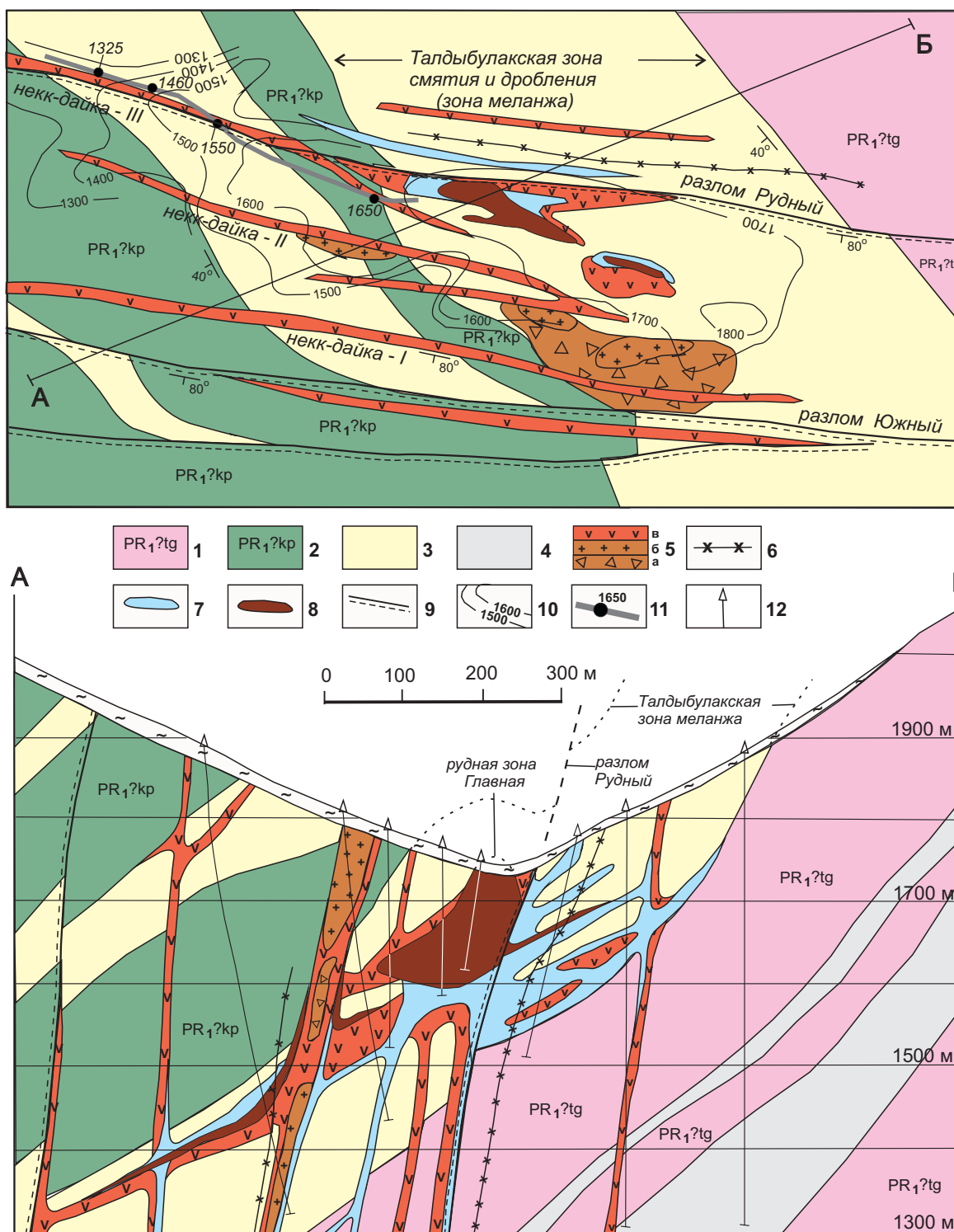
Надвиговая тектоника аккреционно-коллизонных областей имеет большое значение в образовании в земной коре благоприятных структурных обстановок для локализации рудных месторождений разнообразных рудно-формационных типов. С учетом этого большой интерес представляет рассмотрение конкретных примеров месторождений из разных регионов, связанных с надвиговой тектоникой. Среди множества таких месторождений Кыргызстана можно выделить две структурные подгруппы: месторождения, контролируемые надвигами или надвиговыми зонами дислокаций и складчато-покровными структурами. Из первой структурной подгруппы рассмотрены золоторудные месторождения Талдыбулак Левобережный и Кумтор, расположенные в Северном и Срединном Тянь-Шане. Из второй подгруппы описаны золото-вольфрам-оловянные и золото-ртутно-сурьмяные месторождения Южного Тянь-Шаня.

**Региональная позиция месторождений.** Территория Кыргызстана находится в юго-западной

части Центрально-Азиатского складчатого пояса [15; 16; 27; 41]. В пределах Кыргызстана (рис. 1) традиционно выделяются тектонические области Северного, Срединного и Южного Тянь-Шаня [4–6; 20].

Северный Тянь-Шань состоит из фрагментов докембрийской коры, раннепалеозойских офиолитовых, магматических и метаморфических комплексов. Здесь проявлен интенсивный раннепалеозойский (О, S) магматизм. Пик гранитоидного магматизма (450–435 млн лет) отвечает коллизонному этапу и окончательному объединению разнородных блоков, которое привело к возникновению Казахского континента [2; 9; 27; 41]. В постколлизонные этапы на каледонское основание были наложены девонские и пермо-раннетриасовые вулканоплутонические комплексы. В Актюз-Боординском рудном районе Северного Тянь-Шаня находится золото-порфировое месторождение Талдыбулак Левобережный, контролируемое надвиговой зоной дислокаций в протерозойских метамор-





**Рис. 2. Схематическая геологическая карта месторождения Талдыбулак Левобережный.** Составлена по первичным геологоразведочным данным Северо-Киргизской геологической экспедиции Управления геологии Киргизской ССР (Трифонов Б. А., Коледа А. Я., Комиссаров В. А., Фунт Б. Б. и др., 1987 г.)

1 – (параавтохтон) слюдястые сланцы, гнейсы, гранито-гнейсы нижнепротерозойской тегерментинской свиты (PR<sub>1</sub>?tg); 2 – (аллохтон) мигматизированные хлоритовые сланцы, амфиболиты нижнепротерозойской куперлисайской свиты (PR<sub>1</sub>?kp); 3 – зоны смятия и дробления (меланж) с кварц-карбонатно-серичитовыми метасоматитами и лиственитами; 4 – зоны смятия и дробления с проявлениями полиметаллической минерализации; 5 – палеозойский субвулканический комплекс: эруптивные брекчии (а), диориты, диоритовые порфириты (б), субщелочные диорит-монцонитовые порфириты (в); 6 – палеогеновые долериты и трахидолериты; 7 – кварц-турмалиновые метасоматиты с убогой золотой минерализацией; 8 – зоны золоторудной минерализации основной продуктивной стадии – кварц-карбонатно-сульфидной; 9 – основные магмо- и рудопоподводящие разломы; 10 – изогипсы кровли гребневидного рудоконтролирующего интрузивно-метасоматического тела, выделяемого в Талдыбулакской зоне меланжа по интервалам повышенной мощности (более 100 м) порфиритов с наложенными турмалинитами; 11 – горизонтальная проекция осевой линии кровли рудной зоны Главной с высотными отметками ниже дневной поверхности; 12 – разведочные скважины

терозойская толща слюдистых сланцев, гнейсов и гнейсо-гранитов тегерментинской свиты. В пользу надвиговой природы зоны меланжа свидетельствует региональная позиция куперлисайской и тегерментинской свит, относящихся к кеминской серии метаморфических комплексов Актюзского района. В первичном залегании пород кеминской серии куперлисайская свита занимает нижнее положение, надстраивая разрез нижележащей актюзской серии. Верхним членом кеминской серии отвечают тегерментинская свита и переходная онарыкская [20].

Зона меланжа, расслоенная на несколько пластин, имеет северо-западное простирание и падение на юго-запад под углом в среднем  $45^\circ$ . Мощность нижней основной зоны Талдыбулакской – 150–300 м. Рудоконтролирующее значение этой тектонической зоны проявляется в том, что она выступает в роли мощной межформационной зоны смятия и дробления, благоприятной для нагнетания в нее больших масс порфировых интрузий. Кроме того, разделяя литологически контрастные толщи, она играет роль геохимического барьера и структурного экрана. Главная рудная зона месторождения тяготеет к кровле Талдыбулакской зоны меланжа, где контролируется приапикальными частями гребневидного тела интенсивно турмалинизированных порфировых диорит-монзонитов. Ось зоны полого падает на запад-северо-запад, соответствуя линии пересечения крутопадающих магмоподводящих каналов субширотного простирания с плоскостью кровли основной зоны меланжа (см. рис. 2).

По ранним геологическим данным с K-Ar датировкой пород (377–320 млн лет) прерудный субвулканический комплекс датировался как девон-среднекарбонный, а продуктивная рудная минерализация – как позднепалеозойская [24; 28; 38]. Согласно последним геохронологическим данным рудно-магматическая система месторождения имеет более древний возраст. Re-Os возраст пиритов, ассоциирующих с золотой минерализацией, свидетельствует о многостадийности золоторудной минерализации: ранней кембрийской ( $511 \pm 18$  млн лет) и основной продуктивной силурийской ( $434 \pm 18$  млн лет) [43; 44]. Силурийский возраст основной продуктивной минерализации, наложенной на монцодиоритовые порфириды, коррелируется с данными U-Pb возраста цирконов из этих порфиров (444  $\pm$  3 и 440  $\pm$  4 млн лет) [40].

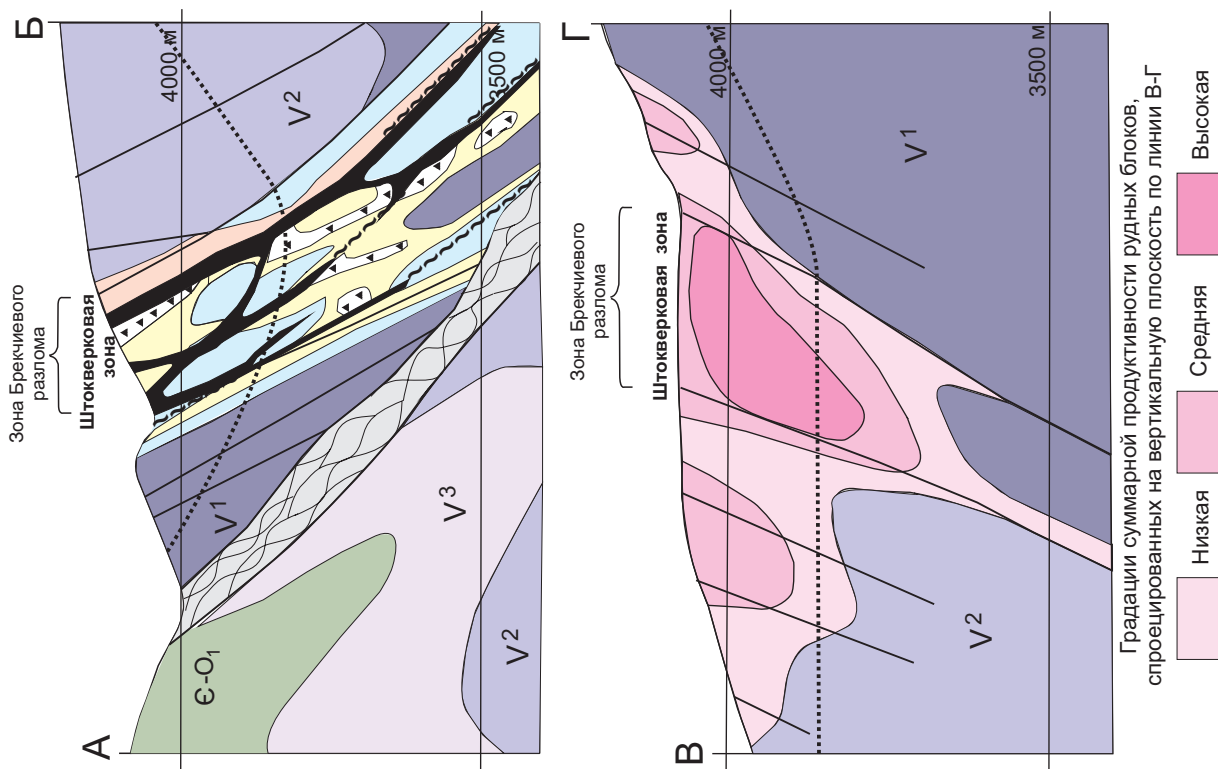
Запасы месторождения по категориям C<sub>1</sub> + C<sub>2</sub> оценены в 65 т при среднем содержании золота в руде 6 г/т [13; 14]. В 2015 г. запущено кыргызско-китайское предприятие ОсОО «Алтынкен» по разработке месторождения с годовым производством золота более 3 т (<https://www.altynken.kg>).

**Золоторудное месторождение Кумтор** (рис. 3) было открыто в 1978 г. Геофизической экспедицией Управления геологии Киргизской ССР и детально разведано горными и буровыми работами Учкошконской геологической экспедиции в 1979–1986 гг. Месторождение находится

в Среднем Тянь-Шане, в пределах Сарыджазского рудного района (рис. 4). Оно относится к орогенному типу золоторудных месторождений в углеродистых толщах и характеризуется золото-сульфидной безмышьяковой минерализацией с теллурием и вольфрамом. Месторождение не имеет доказанной связи с магматическими породами. Отнесение его к Сарыджазскому рудному району, включающему серию месторождений и рудопроявлений, связанных с гранитами и находящимися в Южном Тянь-Шане, объясняется общей структурной связью генетически различных месторождений с единой системой постколлизонных трансзональных зон разломов [22; 25; 39]. Рудное поле месторождения Кумтор находится в узле сопряжения меридиональной Кумтор-Карасайской и широтной Акшийракской трансзональных зон разломов (см. рис. 4).

Породы, вмещающие рудную минерализацию месторождения Кумтор, представлены углеродистыми филлитами вендского возраста, интенсивно дислоцированными в зоне Кумторского разлома [1; 6; 13; 14; 19; 21]. Последний представляет собой нижнюю часть мощной надвиговой зоны многоэтапных дислокаций шириной до 4 км, состоящую из серии тектонических пластин (чешуй), сложенных протерозойскими породами и надвинутыми на дислоцированные толщи пород разного возраста – от раннепалеозойского до кайнозойского. Простирание зоны – северо-восточное, падение на юго-восток под углом  $30\text{--}50^\circ$ . Рудная минерализация установлена вдоль зоны Кумторского разлома на расстоянии более 15 км от рудопроявления оз. Петрова на северо-востоке до рудопроявления Акбель на юго-западе. Рудоконтролирующая зона Кумторского разлома осложнена серией разно ориентированных локальных разломов, из которых особенно большое значение имеют субширотные разломы, связанные с Акшийракской трансзональной зоной разломов (см. рис. 4) и контролирующие в рудном поле размещение рудных столбов и отдельных рудопроявлений.

Месторождение Кумтор занимает центральную часть одноименной надвиговой зоны, в которой ширина выхода рудовмещающих вендских углеродистых сланцев максимальная – до 2,5 км. Месторождение делится на участки Центральный, Юго-Западный и Сарытор. Центральный участок – самый крупный, с общей шириной 0,3 км, протяженностью 2,5 км и с вертикальным размахом рудной минерализации до 1 км (см. рис. 3). Рудная минерализация размещена в локальной зоне смятия и дробления вендских углеродистых сланцев, в висячем крыле зоны Кумторского разлома. Эта рудоконтролирующая зона интенсивных дислокаций шириной 300 м и с падением на юго-восток под углом  $45\text{--}60^\circ$  залегает между литологически различными пачками пород: известковых филлитов сверху и известковых филлитов с тиллитами и алевро-псаммитовыми сланцами внизу. Серия широтных и меридиональных локальных разломов разбивает зону



**Рис. 3. Схематическая геологическая карта Центрального участка месторождения Кумтор.** Составлена по первичным геологическим данным Учхозской геологической экспедиции Управления геологии Киргизской ССР (Трифонов Б. А., Гончаренко А. В., Перельман И. М., Шатемиров С. К., Шетников Н. Н. и др., 1987 г.). Контуры карьера по данным технических отчетов канадской горнодобывающей компании «Кумтор Голд Компани» (<https://www.kumtor.kg/>)

1 – мраморизованные известняки, лилиты (E-O<sub>1</sub>); 2 – пестроцветные филлиты, известняки, тиллиты (V<sup>3</sup>); 3 – известковые филлиты (V<sup>2</sup>); 4 – известковые песчано-алевритовые филлиты, тиллиты (V<sup>1</sup>); 5 – долериты (P); 6 – зоны смятия и дробления; 7 – разломы; 8 – тектонические швы рудоносных зон смятия и дробления; 9 – брекчии (фиолдно-эксплозивные?); 10 – предрудные изменения: серицитизация (a), альбитизация (b), калишпатизация (c); 11 – золоторудные тела (кварц-карбонатно-пиритовые); 12 – контуры современного карьера



Рис. 4. Схематическая геологическая карта Сарыдžазского рудного района (по Trifonov and Solomovich, 2018)

1 – Казахский палеоконтинент; 2 – Иньельчекский покров (S–D) вулканогенно-кремнисто-карбонатно-терригенный; 3 – Борколдой-Учукульский покров (D–C<sub>2</sub>) вулканогенно-карбонатный; 4 – Кокшаальский покров (D–P<sub>1</sub>) кремнисто-карбонатно-терригенный; 5 – мегамеланж с блоками пород разного размера и возраста (PR–P<sub>1</sub>); 6 – граниты I-типа, Теректинский комплекс (диориты, гранодиориты); 7–9 – граниты A-типа: 7 – Иньельчекский комплекс (лейкограниты, Li-граниты), массивы (1 – Комсомольский, 2 – Майдадыр, 3 – Лесистый, 4 – Суходол, 5 – Ташкоро, 6 – Атджайляу), 8 – Учкошконский комплекс (лейкограниты), массивы (7 – Учкошконский, 8 – Акташ, 9 – Сарыбулак, 10 – Пикертык), 9 – Джангартский комплекс (граниты рапакиви, граниты, лейкограниты), массивы (11 – Майбаш, 12 – Айрансу, 13 – Ара, 14 – Акширрак, 15 – Карагайты, 16 – Джетыкайт, 17 – Сауктор, 18 – Джангарт); 10 – щелочные и нефелиновые сиениты с карбонатами; 11 – офиолиты; 12 – разломы (а), сдвиги (b), надвиги (c); 13 – оси постколлизиионных трансзональных зон разломов: I – Иньельчекская, II – Каиндинская, III – Акширракская, IV – Иштыкская, V – Кумтор-Карасайская, VI – Пикертыкская, VII – Сарыдžазская; 14 – кольцевые морфоструктуры: Ак – Акширракская, Ср – Сарыдžазская; 15 – месторождения; 16 – ледники

смятия на отдельные блоки. Рудоконтролирующая зона смятия характеризуется интенсивным динамометаморфизмом и предрудным метасоматозом вмещающих пород. Характерны ранняя серицитизация пород и поздняя фельдшпатизация пород с альбитизацией в нижних и калишпатизацией в верхних частях рудоконтролирующей зоны смятия. В зоне субширотного Брекчиевого разлома встречается большое количество сложных по морфологии брекчиевых тел спорного генезиса (тектонические или флюидно-эксплозивные?). На все перечисленные типы измененных пород наложена прожилково-вкрапленная и штокверковая рудная минерализация. Жильные рудные тела встречаются редко. На Центральном участке месторождения выделяются Северная, Южная и Штокверковая рудные зоны. Линейно вытянутые Северная и Южная рудные зоны контролируются

зонами предрудной альбитизации и калишпатизации вмещающих пород. Штокверковая зона находится на пересечении рудоконтролирующей северо-восточной зоны дислокаций с широтной зоной Брекчиевого разлома, и относится к корневой системе месторождения (см. рис. 3, разрез по линии В–Г).

Рудная минерализация месторождения Кумтор многостадийная [6; 14; 19; 39]. Главные рудные минералы – пирит, гематит и шеелит. Содержание пирита в руде – до 10–20%. Содержание золота в пирите – 0,05–280 г/т. Второстепенные рудные минералы – халькопирит, сфалерит, самородное золото, теллуриды, тетраэдрит, теннантит, галенит, висмутин, тетрадимит, самородное серебро. Жильные минералы – карбонаты (анкерит, доломит, кальцит, сидерит), микроклин, альбит, кварц, серицит, целестин-барит, антракосилит-графит.

Главный экономический компонент руд – золото (2–10 г/т в рядовых и десятки г/т в богатых рудах). Потенциальные попутные компоненты – Ag (0, n – 13 г/т), WO<sub>3</sub> (0,05–0,57 %), Te (1–83 г/т), S (1–13 %). Самородное золото и золото-серебряные теллуриды содержатся главным образом в пирите в виде микровключений (средний размер – 10 микрон). Геохимические индикаторы руд: Au/Ag – (2 : 1 – 7 : 1), Au/Te – (1 : 2 – 1 : 9). Возраст продуктивной рудной минерализации – 288–284 млн лет [32].

Запасы месторождения (категорий В + С<sub>1</sub> + С<sub>2</sub>) были оценены в 516 т [13]. Промышленное освоение месторождения начато в 1992 г. канадской горнодобывающей компанией Camoco Corporation и продолжается с 2004 г. канадской золотодобывающей компанией Centerra Gold Inc. В период 1997–2020 гг. Кумторский рудник произвел открытыми карьерами 410,6 т золота со средним содержанием его в руде 4 г/т при среднем извлечении золота 79 % (<https://www.kumtor.kg/ru/deposit/production>).

**Месторождения, контролируемые складчато-покровными структурами. Золото-вольфрам-оловянные месторождения Сарыджазского рудного района**, расположенного в восточной части Кокшаальского сектора Южного Тянь-Шаня (см. рис. 1), генетически связаны с постколлизийными гранитами А-типа [30; 35]. В табл. 1 приведена общая характеристика месторождений района. Детальные описания магматических комплексов и связанных с ними месторождений представлены в многочисленных публикациях [7; 10; 12; 22; 23; 25; 35–37; 39]. В данной статье делается акцент на общие закономерности в размещении месторождений, которые связаны с особенностями многоэтажной складчато-покровной структуры района.

Формирование складчато-покровных структур в Кокшаальском сегменте Южного Тянь-Шаня с утолщением коры до 60–65 км завершилось в позднем карбоне по типу континентальной субдукции Тарима под Казахский палеоконтинент. В Сарыджазском рудном районе (см. рис. 4), в пределах Южного Тянь-Шаня выделяются верхняя, средняя и нижняя серии покровов [3]. Верхняя Иньльчекская серия покровов (S–D) сложена вулканогенными и кремнисто-терригенно-карбонатными комплексами. Она объединяет три покрова, каждый из которых отличается своим типом разреза при мощности 3–5 км каждый. Средняя Борколдойско-Учкульская покровная серия (D–C<sub>2</sub>) также состоит из нескольких покровов. Основной объем серии приходится на средний покров, сложенный преимущественно карбонатными толщами Борколдойского (D<sub>3</sub>–C<sub>2</sub>, мощность 4,5 км) и Учкульского (D–C<sub>1</sub>, мощность 4,5 км) разрезов. В основании карбонатных разрезов развиты мощные толщи основных вулканитов (до 800–900 м). Нижняя Кокшаальская покровная серия (D–P<sub>1</sub>) мощностью 4–5 км включает монотонные тонкообломочные

флишоидные толщи с подчиненными кремнисто-карбонатными и грубообломочными фациями. В совокупности покровные серии отражают переход в южном направлении от вулканогенно-осадочных комплексов Туркестанского океана (верхняя и средняя серии) к осадочным комплексам континентального склона Таримского континента (нижняя серия). В основании складчато-покровного сооружения выделяется Кокшаальский мегамеланжевый террейн, сложенный гетерогенными блоками докембрийских метаморфических пород фундамента и разновозрастными породами (PZ<sub>1</sub>–P<sub>1</sub>) чехла Таримской платформы. Гипотетически этот террейн связан с зоной срыва (детachment), возникшей в ходе субдукции Таримского континента под Южный Тянь-Шань [36; 39].

В Южно-Тянь-Шаньской части Сарыджазского рудного района выделяются три гранитных комплекса: Джангартский, Учкошконский и Иньльчекский (см. рис. 4). Внедрение гранитов контролировалось постколлизийной системой сквозных разломов с поэтажным распределением отдельных комплексов в разноуровневых складчато-покровных структурах.

*Джангартский комплекс* локализован в основании складчато-покровного сооружения, представленного мегамеланжевой зоной, и частично захватывает нижнюю Кокшаальскую покровную серию. Он включает в себя два крупных батолитоподобных плутона (Акшийракский, Джангартский) и ряд более мелких массивов (Карагайтинский, Джетыкайтский, Саукторский, Майбашский, Айрансу и Ара). В составе Джангартского комплекса выделяются три фазы: 1 (главная по объему) – крупнозернистые граниты и граносиениты рапакиви; 2 – крупно- и среднезернистые гастингситсодержащие субщелочные двуполевошпатовые граниты; 3 – мелкозернистые субщелочные двуполевошпатовые граниты близкие по вещественному составу к геохимическому типу субщелочных редкометалльных гранитов (по Л. В. Таусону). В парагенетической связи с Джангартским массивом гранитов рапакиви находятся небольшие интрузии щелочных и нефелиновых сиенитов с карбонатитами.

*Учкошконский комплекс* локализован в пределах нижней (Кокшаальской) и средней (Борколдой-Учкульской) покровных серий. Крупный батолитоподобный Учкошконский массив и средние Акташский и Пикертыкский массивы залегают в Кокшаальском покрове, а небольшой Сарыбулакский массив – в Борколдой-Учкульском покрове. Учкошконский комплекс представлен амфибол-биотитовыми диоритами и монцодиоритами (1-я фаза) и субщелочными двуполевошпатовыми биотитовыми и реже амфибол- и турмалиносодержащими биотитовыми лейкогранитами (2-я основная фаза). Граниты главной фазы по содержанию летучих и редких элементов близки к геохимическому типу плюмазитовых редкометалльных лейкогранитов по Л. В. Таусону.

Таблица 1

**Особенности месторождений Сарыджазского рудного района**

| Месторождение, его геолого-структурная позиция  | Вмещающие породы, связь с гранитами  | Морфология рудных тел      | Минеральные ассоциации  | Разведанные запасы (средние содержания), источник данных   |
|---|--|----------------------------|---|--|
| <p><b>Трудовое (W-Sn)</b><br/>Верхняя серия покровов. Вулканогенно-кремнисто-карбонатные породы (S-D). Узел сопряжения широтной Каиндинской и меридиональной Сарыджазской трансзональных зон разломов в западной краевой части Сарыджазской кольцевой структуры. Лейкограниты и граниты литий-фтористой фации Иньльчекского комплекса</p> | Граниты Ташкоринского, Иньльчекского и Лесистого массивов  | Жилы                       | Кварц-касситерит-вольфрамит; кварц-турмалин-касситерит; кварц-турмалин-флюорит-касситерит; мусковит-флюорит-шеелит-касситерит; кварц-касситерит-флюорит-арсенипит-пирротин-касситерит                                     | Sn – 126,1 тыс. т (0,55 %) WO <sub>3</sub> – 87,7 тыс. т (0,38 %) CaF <sub>2</sub> – 572,3 тыс. т (12,3 %) www.geoport.kg/org/ |
| <p><b>Алджайлуу (W-Sn)</b><br/>Верхняя серия покровов. Вулканогенно-кремнисто-карбонатные породы (S-D). Широтная трансзональная Каиндинская зона разломов. Лейкограниты и граниты литий-фтористой фации Иньльчекского комплекса</p>   | Эндо- и экзозоны локального гранитного штока   | Грейзены, скарны           | Кварц-турмалин-флюорит-касситерит   | Sn – 1,3 тыс. т (0,5–1,2 %) www.kig.kg/investors/minerals  |
| <p><b>Сарыбулак Sn (Pb, Zn, Ag)</b><br/>Средняя серия покровов. Вулканогенные и карбонатные породы (D-C<sub>2</sub>). Узел сопряжения широтной Иштыкской и меридиональной Пикертыкской трансзональных зон разломов. Лейкограниты Учкошконского комплекса</p>  | Метаморфизованные известняки и доломиты в экзозоне Сарыбулакского гранитного массива                                   | Столбообразные рудные тела | Окисленные руды. Ассоциации внешней зоны – каламин-гидрогит; пиррозит-пирролит. Ассоциации внутренней зоны (олово-полиметаллической) – варламовит-плумбобаярозит; бédантит-миметизит-конихальцит                          | Sn – 17,2 тыс. т (0,82 %) Sb – 2,2 тыс. т Pb – 55,4 тыс. т Zn – 50,9 тыс. т Cu – 5,3 тыс. т Ag – 37,8 т www.geoport.kg/org/    |
| <p><b>Учкошкон Sn (Mo, W)</b><br/>Нижняя серия покровов. Кремнисто-карбонатно-терригенные породы (D-P<sub>1</sub>). Узел сопряжения широтной Ақшыйракской и меридиональной Пикертыкской трансзональных зон разломов. Лейкограниты Учкошконского комплекса</p>   | Скаполитизированные роговики в экзозоне Учкошконского массива, экзоплоские брекчии и апикальные части гранитного штока | Жилы, штокверки, скарны    | 1) Ранняя стадия: кварц-молибденит; кварц-шеелит.<br>2) Главная продуктивная стадия: кварц-турмалин-флюорит-касситерит с арсенопиритом и халькопиритом (жилы и штокверки); боросиликаты-норденшельдит-касситерит (скарны) | Sn – 60,6 тыс. т (0,53 %) www.geoport.kg/org/  |
| <p><b>Тоголок (Au)</b><br/>Основание складчато-покровного сооружения Южного Тянь-Шаня. Кокшаальский террейн – мегамеланж с блоками пород разного размера и возраста (PR-P<sub>1</sub>). Широтная Иштыкская трансзональная зона разломов. Джангартский комплекс гранитов рапакиви</p>  | Граниты рапакиви Джангартского массива   | Жилы                       | Пирит-марказит-арсенопирит; халькопирит-кубанит-пирротин-молибденит-вольфрамит  | Au – 19,6 т (4,7 г/т) (Никоноров и др., 2004)  |

*Иныльчекский комплекс* локализован в одноименной верхней покровной серии. Он представлен средними по размеру (Ташкоринский, Комсомольский) и мелкими (Майдадыр, Лесистый, Суходол, Агджайляу) массивами. В составе Иныльчекского комплекса выделяются три фазы: 1) биотитовые и амфибол-биотитовые гранодиориты; 2) (главная) порфиридные субщелочные двуполевошпатовые граниты и лейкограниты; 3) двуполевошпатовые, субщелочные двуполевошпатовые и микроклин-альбитовые лейкограниты. В составе третьей фазы широко развиты граниты литий-фтористой геохимической фации. По содержанию летучих и редких элементов граниты Иныльчекского комплекса, как и Учкошконского, относятся к плюмазитовым редкометалльным лейкогранитам, но с более высоким уровнем дифференциации и редкометалльности гранитов [25; 35–37].

Данные Rb-Sr датировки  $269 \pm 21$ ,  $273 \pm 34$ ,  $269 \pm 8$  млн лет [35] и U-Pb возраста цирконов  $292 \pm 3$ ,  $279 \pm 8$ ,  $289–299$  млн лет [30; 31] соответствуют в целом раннепермскому возрасту гранитных комплексов.

Вещественный состав и геолого-структурные особенности гранитных комплексов указывают на разные уровни глубинной дифференциации единой магматической системы района. Граниты рапакиви Джангартского комплекса формировались в ходе постколлизивной эксгумации и плавления перегретых блоков Таримского кратона, ранее субдцированных в мантию [36]. Учкошконский и Иныльчекский лейкогранитовые комплексы формировались при взаимодействии фракционирования магмы рапакиви с последующим плавлением коры под воздействием температурного влияния Таримского мантийного плюма. Геохимические данные подчеркивают определенную металлогеническую дифференциацию гранитов в ходе их эволюции. Так, концентрации в гранитах таких индикаторных элементов, как Rb, Li, Sn, F, В прогрессивно увеличиваются при переходе от гранитов рапакиви Джангартского комплекса к лейкогранитам Учкошконского и Иныльчекского комплексов [35–37].

Гранитные комплексы, локализованные на разных структурных уровнях многоэтажного складчато-покровного сооружения, образуют индивидуальные рудно-магматические системы, что обуславливает определенную металлогеническую зональность района [25; 39]. Конкретная позиция рудоконтролирующих комплексов в современных структурах зависит от скорости их эксгумации в различные стадии многоэтапного орогенеза, вследствие чего на современном уровне эрозии могут находиться разноглубинные рудно-магматические системы.

В основании складчато-покровного сооружения, отвечающего зоне мегамеланжа, на первично мезоабиссальном-нижегипабиссальном уровне, рудная минерализация контролируется интрузивными массивами Джангартского комплекса

гранитов рапакиви. Металлогения мегамеланжевого террейна, вмещающего граниты рапакиви, изучена плохо из-за трудной доступности этого высокогорного района. В настоящее время здесь известны месторождение золота Тоголок и проявления редких металлов, олова и редкоземельных металлов. Редкометалльно-оловянная минерализация незначительна из-за слабой магматической дифференциации Джангартского комплекса. На верхних структурных этапах рудная минерализация контролируется гранитами Учкошконского и Иныльчекского комплексов, отличающихся от гранитов рапакиви более высоким уровнем магматической дифференциации и редкометалльности. С гранитами этих комплексов генетически связано разнообразное и разномасштабное редкометалльно-оловянное оруденение. На первично нижнем гипабиссальном уровне (3–6 км?), соответствующему нижней Кокшаальской и средней Борколдойско-Учкульской покровным сериям, рудная минерализация контролируется массивами Учкошконского комплекса плюмазитовых лейкогранитов. Магматическая система этого гипсометрического уровня отличается средней эманационной дифференциацией и умеренной редкометалльностью. Практическое значение здесь имеет оруденение позднего гидротермального этапа (оловянной формации по А. Б. Павловскому), генерируемое эльвановыми остаточными очагами отдельных средних и крупных по размерам интрузивных массивов [25; 37; 39]. Это оруденение локализуется предпочтительно в экзозонах рудогенерирующих интрузивных массивов, т. е. в условиях резкого скачка физико-химических параметров флюидов остаточных очагов (оловорудное месторождение Учкошкон в экзозоне одноименного массива, оловянно-полиметаллическое месторождение Сарыбулак и Темирташ в экзозоне Сарыбулакского массива). На верхнем гипабиссальном уровне (1–3 км?), соответствующему верхней Иныльчекской покровной серии, рудная минерализация контролируется гранитными массивами Иныльчекского интрузивного комплекса плюмазитовых редкометалльных лейкогранитов с широким развитием их литий-фтористых фаций. Этот интрузивный комплекс, как уже отмечалось, отличается от Учкошконского более высокой степенью дифференцированности и более высоким уровнем редкометалльности. Соответственно, с ним ассоциирует более широкая гамма типов оруденения. Здесь промышленное оруденение характеризуется структурным совмещением продуктов раннего грейзеново-гидротермального (вольфрам-оловянной формации по А. Б. Павловскому) и позднего гидротермального (оловянной формации) этапов минерализации. Характерна также преимущественная локализация продуктивного оруденения в эндозонах интрузивных массивов.

В табл. 1 и на рис. 5 отражены общие особенности металлогенической зональности Сарыджазского рудного района. Региональная металлогеническая зональность проявляется в наложении

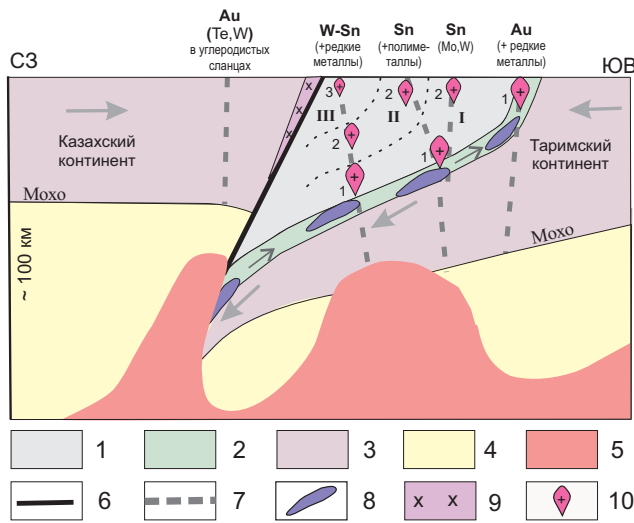


Рис. 5. Гипотетическая модель зональности Сарыджанского рудного района (по Trifonov and Solomovich, 2018 с изм.)

1 – складчато-покровное сооружение Южного Тянь-Шаня (I – кремнисто-карбонатно-терригенные породы (D–P<sub>1</sub>) нижней серии покровов, II – вулканогенно-карбонатные породы (D–C<sub>2</sub>) средней серии покровов, III – вулканогенно-кремнисто-карбонатные породы (S–D) верхней серии покровов); 2 – зона меланжа в основании складчато-покровных структур Южного Тянь-Шаня; 3 – континентальная кора; 4 – мантия; 5 – Таримский мантийный плюм; 6 – Атбаши-Иньльчекский разлом; 7 – зоны постколлизийных трансзональных разломов; 8 – эксгумированные из мантии перегретые блоки континентальной коры; 9 – автохтонные граниты I-типа (диориты, гранодиориты); 10 – аллохтонные граниты А-типа (1 – граниты рапакиви, 2 – лейкограниты, 3 – лейкограниты и литий-фтористые граниты)

на разные тектонические зоны Среднего и Южного Тянь-Шаня рудных процессов, гипотетически связанных с Таримским мантийным плюмом по единой системе постколлизийных зон трансзональных разломов. Зональность Au-Sn-W рудной минерализации, генетически связанной с постколлизийными гранитами, в первую очередь определяется структурным фактором, выражающимся в локализации разноглубинных рудоуправляющих гранитных комплексов с разной металлогенической спецификой в определенных складчато-покровных сериях, отвечающих разным уровням многоэтажного складчато-покровного сооружения Южного Тянь-Шаня [25; 36; 39].

**Золото-ртутно-сурьмяные месторождения Катранского рудного района.** Катранский рудный район находится в Алайском сегменте Южного Тянь-Шаня (см. рис. 1) и относится к Центральной рудоносной зоне Южно-Ферганского рудно-

го пояса [8; 17; 26]. В районе обнаружено большое количество древних выработок, относящихся к X–XIII вв. н. э. В новейшее время ртутно-сурьмяные месторождения были открыты в период 1914–1926 гг., а их промышленная разработка ведется с 1941 г.

Катранский рудный район (рис. 6) вмещает сурьмяные и ртутно-сурьмяные рудные поля джаспероидного типа: Хайдарканское (Hg, Sb), Кадамжайское (Sb), Чаувайское (Sb, Hg), Абширское (Sb) и большое количество ртутных рудопроявлений [17; 26]. Несмотря на наличие в районе множества признаков проявлений золоторудной минерализации, ее промышленная значимость долгое время была неопределенной. Вместе с тем, по многим геолого-геохимическим показателям было отмечено сходство месторождений района с золоторудными месторождениями карлинского типа [42]. В 2007–2008 гг. кыргызско-

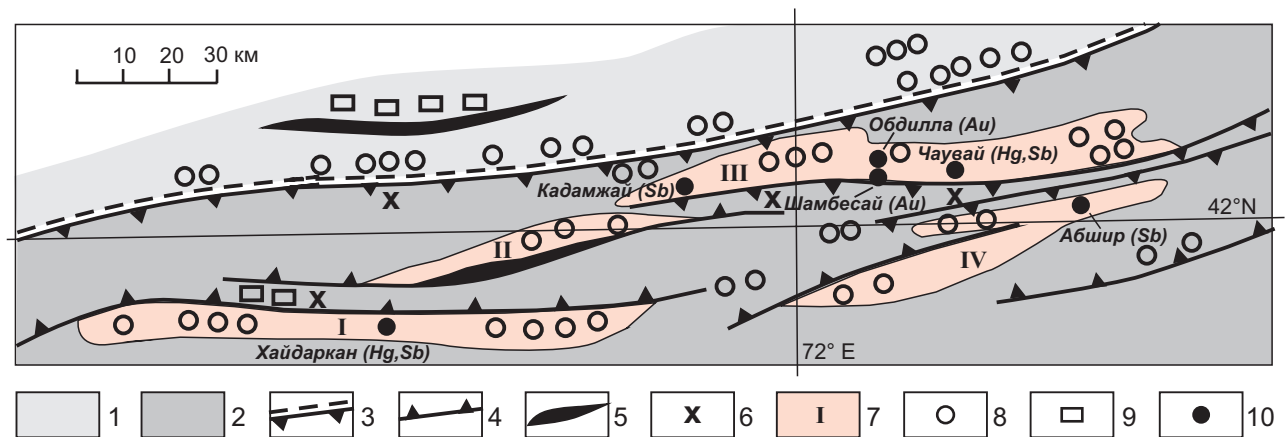


Рис. 6. Схематическая карта Катранского рудного района (по Федорчуку В. П., 1985. Месторождения Обдилла и Шамбесай добавлены по Rickleman D. E. et al., 2011)

1 – Северная рудоносная зона Южно-Ферганского ртутно-сурьмяного пояса; 2 – Центральная рудоносная зона Южно-Ферганского ртутно-сурьмяного пояса; 3 – Северо-Катранский взбросо-надви, глубинный рудоконтролирующий разлом первого порядка; 4 – рудоконтролирующие разломы второго порядка; 5 – офиолиты; 6 – штоки сиенит-диоритов с дайками диабазовых порфиритов; 7 – рудные кулисы (зоны) джаспероидного типа (I – Ишметаская, II – Охна-Котурбулакская, III – Акташ-Боардинская, IV – Абширская); 8 – ртутные проявления; 9 – полиметаллические проявления; 10 – месторождения

австралийской компанией Manas Resources Ltd. при помощи специализированных геохимических поисков в западной части Чаувайской рудной зоны были открыты два золоторудных месторождения Обдилла и Шамбесай [34]. По особенностям околорудных изменений и минералогеохимическим ассоциациям они были отнесены к месторождениям карлинского типа. Открытие этих месторождений значительно расширяет металлогенический потенциал Южно-Ферганского рудного пояса, как комплексного золото-ртутно-сурьмяного [14; 29; 33; 34], где разные типы рудной минерализации образуют единый непрерывный ряд, крайними членами которого являются, с одной стороны, джаспероидный тип сурьмяно-ртутных месторождений, а с другой — золоторудные месторождения карлинского типа [11; 14].

Катранский рудный район (см. рис. 6) приурочен к тектонической зоне высоких предгорий Алая и в структурном отношении представляет собой мегаантиклинорий со сложным складчато-чешуйчатым строением [8; 17; 18; 26; 29; 33; 34].

В структуре мегаантиклинория выделяются две основные тектонические единицы: автохтонные и аллохтонные пакеты. Автохтонные пакеты сложены мощными девон-карбонными карбонатными толщами, которые относятся к алайскому типу разрезов (по Г. С. Поршнякову). В основании алайского разреза залегают доломиты и доломитизированные известняки средне-позднедевонского возраста, общей мощностью более 1500 м. Выше залегают грубослоистые визейские известняки (300–400 м), на которых с размывом зале-

гают среднекаменноугольные слоистые известняки (до 100 м). Карбонатные толщи перекрыты среднекарбонным синороженным флишем толубайской свиты (50–300 м). Верхние части синороженной формации включают олистостромовые комплексы. Аллохтонные тектонические пакеты сложены терригенными толщами, представленными силурийскими граптолитовыми сланцами и песчаниками (до 1200 м) и ниже-среднедевонскими песчаниками, сланцами и конгломератами (до 500 м). Вдоль основного надвига, разделяющего автохтонные и аллохтонные пакеты, развит меланж, матрикс которого представлен нижнесилурийскими углеродистыми сланцами.

Зона основного надвига и все осадочные толщи автохтонных и аллохтонных пакетов в поздний коллизионный этап были подвержены интенсивным складчато-разрывным деформациям. В качестве складчато-покровной структуры первого порядка выступает Катранский антиклинорий, который сложной системой разломов разбит на многочисленные блоки с образованием антиформных и синформных структур высших порядков. Субширотные продольные взбросо-надвигов и диагональные крутопадающие разломы имеют важное рудоконтролирующее значение в качестве рудоподводящих и рудораспределяющих структур. Глубинная природа продольных рудоподводящих разломов подчеркивается отдельными выходами офиолитов и сиенит-диоритовых штоков с дайками диабазовых порфириров. Северо-Катранский взбросо-надвиг, представляющий рудоконтролирующую структуру первого порядка, ограничивает с севера рудный район. Серия взбросо-надвигов второго порядка

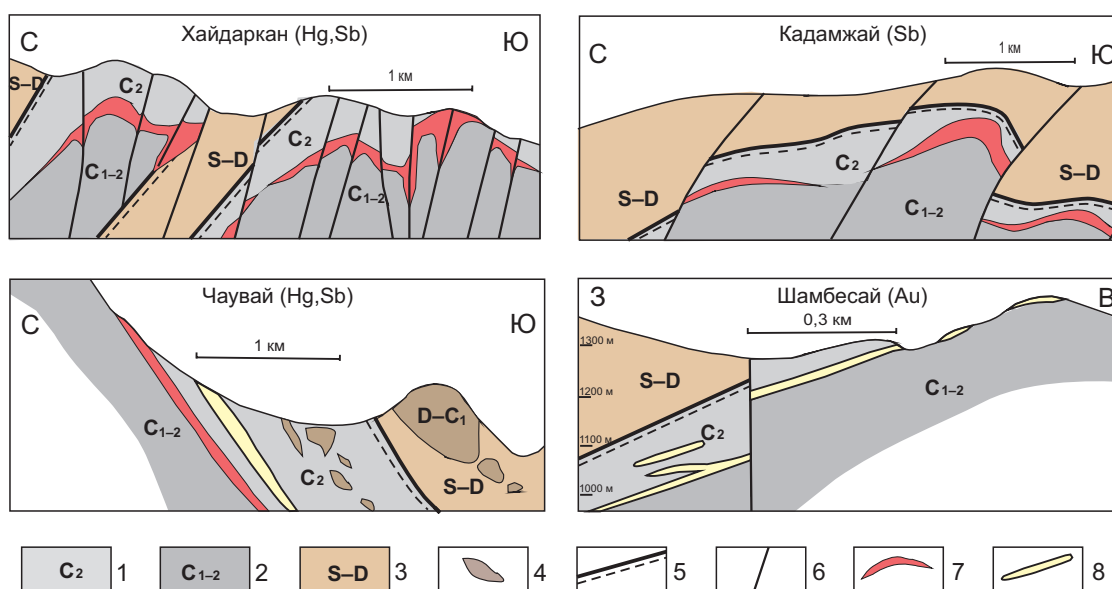


Рис. 7. Схематические геологические разрезы месторождений Катранского рудного района (Хайдаркан — по Никифорову Н. А., 1969. Кадамжай — по Федорчуку В. П., 1985. Чаувай — по Kirvin et al., 2017; Nevolko et al., 2019. Шамбесай — по Rickleman et al., 2011)

1 — песчаники и сланцы  $C_2$ ; 2 — известняки  $C_{1-2}$ ; 3 — углисто-глинистые сланцы S-D; 4 — глыбы известняков D-C<sub>1</sub> в олистостромовых  $C_2$  и меланжевых S-D пакетах; 5 — надвиги; 6 — вбросы и сбросы; 7 — джаспероиды с ртутно-сурьмяной минерализацией; 8 — зоны брекчированных пород с золотой минерализацией

## Особенности месторождений Катранского рудного района

| Месторождение, его геолого-структурная позиция   | Изменения вмещающих пород  | Морфология рудных тел  | Минеральные ассоциации:<br>1 – минералы рудные, 2 – минералы жильные, 3 – ассоциации элементов   | Разведанные запасы (среднее содержание), источник данных  |
|--|--|--|--|---|
| <b>Хайларкан (Hg, Sb)</b><br>Ишмегауская рудная кулиса, расположенная в пределах северной ветви Адыгено-Кичикалайского антиклинория. Оруденение в основном объеме приурочено к джаспероидным брекчиям в зоне главного контакта среднекаменноугольных известняков с перекрывающими их сланцами в интервале от нескольких метров до 100 и более метров | Декарбонатизация и силификация известняков, серицитизация сланцев    | 1) Согласные тела (пласто- и линзообразные) в зонах расслоения и дробления вблизи контакта известняков со сланцами.<br>2) Секущие тела (жило- и линзообразные) в приразломных зонах дробления. 3) Сложные тела (гнездовые, штокерковые)    | 1) Киноварь, антимонит, гематит, пирит, арсенопирит, халькопирит, реальгар, аурипигмент, метациннабарит, гетчелит, галлацит, самородная ртуть.<br>2) Кварц, флюорит, кальцит, барит, серицит, дикиит, каолин.<br>3) Hg-Sb-Au                           | 10,5 тыс. т ртути, 60,3 тыс. т сурьмы и 614 тыс. т плавикового шпата при среднем содержании 0,15, 1,46 и 15,2%<br><a href="https://geoporttal-kg.org/gu/">https://geoporttal-kg.org/gu/</a>     |
| <b>Кадамжай (Sb)</b><br>Западная часть Акташ-Боардинской рудной кулисы, расположенная в пределах Каузанского антиклинория. Оруденение в основном объеме приурочено к джаспероидным брекчиям в зоне главного контакта среднекаменноугольных известняков с перекрывающими их сланцами  | Декарбонатизация и силификация известняков, серицитизация сланцев    | 1) Согласные тела (пласто- и линзообразные) в зонах расслоения и дробления вблизи контакта известняков со сланцами.<br>2) Секущие тела (жило- и линзообразные) в приразломных зонах дробления.<br>3) Сложные тела (гнездовые, штокерковые) | 1) Антимонит, пирит, марказит, реальгар, халькопирит, сфалерит, галенит.<br>2) Кварц, флюорит, кальцит, барит, серицит, дикиит.<br>3) Sb-Hg-Au-Π   | 77,6 тыс. т сурьмы при среднем содержании 2,6%<br><a href="https://geoporttal-kg.org/gu/">https://geoporttal-kg.org/gu/</a>   |
| <b>Чаувай (Hg, Sb)</b><br>Восточная часть Акташ-Боардинской рудной кулисы, расположенная в пределах Каузанского антиклинория. Оруденение приурочено к джаспероидным брекчиям в кровле среднекаменноугольных известняков и к зонам брекчированных терригенных пород толубайской свиты   | Декарбонатизация и силификация известняков, серицитизация сланцев    | 1) Согласные тела (пласто- и линзообразные) в зонах расслоения и дробления вблизи контакта известняков со сланцами.<br>2) Секущие тела (жило- и линзообразные) в приразломных зонах дробления.<br>3) Сложные тела (гнездовые, штокерковые) | 1) Киноварь, антимонит, пирит, арсенопирит, халькопирит, реальгар, аурипигмент, гетчелит, ливингстонит, фаматинит, тетраэдрит, теннантит, золото, самородная ртуть.<br>2) Кварц, флюорит, кальцит, барит, серицит, дикиит, каолин.<br>3) Hg-Sb-Au-As-Π | Месторождение разрабатывалось до 1994 года. Остаток разведанных запасов – 875 т ртути при среднем содержании 0,28%<br><a href="https://geoporttal-kg.org/gu/">https://geoporttal-kg.org/gu/</a> |
| <b>Шамбесай (Au)</b><br>Центральная часть Акташ-Боардинской рудной кулисы, расположенная в пределах Каузанского антиклинория. Оруденение приурочено к брекчированным терригенным породам толубайской свиты в зоне главного контакта с подстилающими среднекаменноугольными известняками  | Декарбонитизация и аргиллизация известковистых сланцев и алевролитов | Согласные пластообразные залежи и желобообразные залежи в местах перегибов главного контакта   | 1) Пирит, арсенопирит, халькопирит, реальгар, аурипигмент, марказит.<br>2) Кварц, кальцит, барит, серицит, биотит, хлорит.<br>3) Au-As-Π   | 6,25 т золота при среднем содержании 4,78 г/т<br><a href="https://geoporttal-kg.org/gu/">https://geoporttal-kg.org/gu/</a>  |

значительно осложняет складчато-покровную структуру Катранского антиклинория и контролирует в его пределах рудные кулисы (зоны) с оруденением джаспероидного типа, среди которых выделяются с запада на восток Ишметауская кулиса с месторождением Хайдаркан, Охна-Котурбулакская кулиса, Акташ-Боардинская кулиса с месторождениями Кадамжай, Чаувай, Обдилла, Шамбесай и Абширская кулиса с одноименным месторождением (см. рис. 6).

Общие геолого-структурные и минерало-геохимические особенности месторождений Катранского рудного района отражены на рис. 7 и в табл. 2. В целом все месторождения района характеризуются однотипными геолого-структурными обстановками. Продуктивная минерализация на месторождениях концентрируется в поднадвиговой верхней части автохтонных пакетов при ведущей рудоконтролирующей роли структурного и литологического факторов. Структурный фактор проявляется в том, что надвиговая тектоника сопровождалась образованием внутри- и межформационных зон дробления и брекчирования, благоприятных для локализации рудоносных гидротермально-метасоматических процессов. Литологический контроль выражается в концентрации рудных процессов в приконтактных зонах алайских известняков  $S_{1-2}$  с песчано-сланцевыми отложениями толубайской свиты  $S_2$ . С учетом общей литолого-структурной обстановки морфология рудных тел характеризуется сочетанием согласных и жилообразных залежей. Основной объем приходится на согласные залежи, связанные с межформационными и внутриформационными зонами дислокаций. Наиболее масштабное оруденение характерно для прирамковых зон антиформальных складок, где мощность седловидных залежей рудомещающих джаспероидов достигает нескольких десятков метров. Жилообразные тела структурно связаны с системой крутопадающих рудоподводящих разломов разных порядков.

Возраст продуктивной минерализации месторождений Южной Ферганы большинство исследователей связывают с позднегерцинским этапом тектоно-магматической активизации района, в пределах 280–240 млн лет, что подтверждается данными изотопного анализа жильного кинварьсодержащего серицита [26].

**Заключение.** Месторождения, связанные с надвиговой тектоникой, заслуживают большого внимания, т. к. с ними связаны значительные минеральные ресурсы. Месторождения, контролируемые надвигами и складчато-покровными структурами, охватывают большое множество генетических и рудноформационных типов рудной минерализации. В первой структурной подгруппе месторождений надвиги или надвиговые зоны дислокаций в разнообразных формах проявлений непосредственно выступают в роли основных рудоконтролирующих структур. Во второй подгруппе структурный контроль рудной

минерализации более сложный и комплексный, зависящий от внутренних особенностей геологического строения тектонических покровов и распределения в них складчато-разрывных деформаций. Месторождения первой подгруппы могут встречаться как отдельно в некоторых террейнах, так и в сложной комбинации с месторождениями второй подгруппы. Месторождения, связанные со складчато-покровными структурами, в большей мере отражают региональную зональность в распределении рудной минерализации, обусловленную тектонической расслоенностью земной коры. Рассмотренные в статье примеры отдельных месторождений Кыргызстана, связанных с надвиговой тектоникой, могут быть полезными при металлогенических исследованиях и поисковых работах в аккреционно-коллизионных областях.

1. Асаналиев У. А., Богдецкий В. Н., Турдукеев И. Д. Новые данные о закономерностях распределения золота в вендских углеродистых отложениях Тянь-Шаня // ДАН СССР. — 1986. — Т. 285, № 2. — С. 413–416.
2. Бакиров А. Б., Максумова Р. А. Геодинамическая эволюция литосферы Тянь-Шаня // Геология и геофизика. — 2001. — Т. 42, № 10. — С. 1435–1443.
3. Бискэ Ю. С. Герциниды Атбаш-Кокшаальского района Южного Тянь-Шаня / Ю. С. Бискэ, С. Е. Зубцов, Г. С. Поршняков. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1985. — 190 с.
4. Бискэ Ю. С., Конопелько Д. Л., Зельтман Р. Геодинамика позднепалеозойского магматизма Тянь-Шаня и его обрамления // Геотектоника. — 2013. — № 4. — С. 61–81.
5. Буртман В. С. Тектоника и геодинамика Тянь-Шаня в среднем и позднем палеозое // Геотектоника. — 2015. — № 4. — С. 67–85.
6. Геодинамика и оруденение Тянь-Шаня (Кыргызстан) / А. Б. Бакиров, М. Д. Гесь, Р. Д. Дженчураева и др. / отв. ред. А. Б. Бакиров, ред. Н. Т. Пак. — Бишкек: Илим, 2014. — 280 с.
7. Геология оловорудных месторождений Восточной Киргизии / А. Б. Павловский, А. С. Крючков, Н. К. Маршукова и др. — М.: Недра, 1977. — 192 с.
8. Геология СССР. Т. XXV. Киргизская ССР. Полезные ископаемые / под ред. С. А. Игембердиева. — М.: Недра, 1985. — 226 с.
9. Гесь М. Д. Террейновая структура и геодинамическая эволюция каледонид Тянь-Шаня. — Бишкек, 2008. — 158 с.
10. Гранитоиды восточной части Южного Тянь-Шаня / Э. Б. Байбулатов, К. Д. Боконбаев, С. Е. Сабельников, Л. И. Соломович / отв. ред. В. В. Малыгин. — Фрунзе: Илим, 1973. — 242 с.
11. Дженчураева Р. Д., Жаанбаева А. А. Сурьмяно-ртутные и золоторудные месторождения — крайние члены единого непрерывного ряда джаспероидных месторождений Тянь-Шаня // Известия НАН КР. — 2019. — № 3. — С. 78–101.
12. Дорошенко Н. И., Синайский С. А., Ставинский В. А. Условия локализации оловянного оруденения в Сарыджазском рудном районе // Советская геология. — 1970. — № 11. — С. 102–115.
13. Золото Кыргызстана. Кн. 2: Описание месторождений. Рудные / В. В. Никоноров, Ю. В. Караев, Ф. И. Борисов и др. — Бишкек: Насти, 2004. — 342 с.
14. Золоторудные месторождения Кыргызстана / Р. Д. Дженчураева, Н. Т. Пак, В. В. Никоноров и др. — Бишкек, 2020. — 534 с.
15. Зоненшайн Л. П., Кузьмин М. И., Натапов Л. М. Тектоника литосферных плит территории СССР: в 2 кн. — М.: Недра, 1990. — Кн. 1. — 328 с.

16. Моссаковский А. А. Центральнo-Азиатский складчатый пояс: геодинамическая эволюция и история формирования / А. А. Моссаковский, С. В. Руженцев, С. Г. Самыгин, Т. Н. Хераскова // Геотектоника. — 1993. — № 6. — С. 3–32.
17. Никифоров Н. А. Ртутно-сурьмяное оруденение Южного Тянь-Шаня: Условия размещения и вопросы методики прогнозирования. — Фрунзе: Илим, 1969. — 239 с.
18. Никифоров Н. А., Поршняков Г. С. Опыт геологического обоснования перспектив ртутной и ртутно-сурьмяной рудоносности центральной части Южной Ферганы // Ученые записки САИГИМС. — 1962. — Вып. 7. — С. 165–170.
19. Никоноров В. В. Новый тип золотого оруденения в Кыргызстане // Геология рудных месторождений. — 1993. — Т. 35, № 5. — С. 450–454.
20. Стратифицированные и интрузивные образования Киргизии: в 2 кн. / под ред. К. О. Осмонбетова. — Фрунзе: Илим, 1982. — Кн. 1. — 371 с.
21. Трифонов Б. А. О рудоконтролирующих взбросо-надвиговых зонах смятия в Киргизии // I Всесоюзная научная конференция «Металлогения Тянь-Шаня» (г. Фрунзе, 16–18 июня 1987 г.): тезисы докладов. — Фрунзе: Фрунз. политехн. ин-т, 1987. — С. 174–176.
22. Трифонов Б. А. и др. Особенности герцинской металлогении Восточной Киргизии / Б. А. Трифонов, Л. И. Соломович, Н. И. Дорошенко, В. А. Ставинский // Советская геология. — 1984. — № 9. — С. 62–72.
23. Трифонов Б. А., Дорошенко Н. И., Шкиль Н. М. Геолого-структурные особенности оловорудного месторождения Учкoшкон // Советская геология. — 1984. — № 2. — С. 32–40.
24. Трифонов Б. А., Коледа А. Я., Колосков В. П. Проявление нового золото-порфиорового типа оруденения в Киргизии // I Всесоюзная научная конференция «Металлогения Тянь-Шаня» (г. Фрунзе, 16–18 июня 1987 г.): тезисы докладов. — Фрунзе: Фрунз. политехн. ин-т, 1987. — С. 203–205.
25. Трифонов Б. А., Соломович Л. И. Геологическое строение и рудно-магматическая зональность Сарыджазского оловорудного района // Геология рудных месторождений. — 1993. — Т. 35, № 1. — С. 44–52.
26. Федорчук В. П. Геология сурьмы. — М.: Недра. — 1985. — 267с.
27. Alexeiev D. V. et al. Evolution of Cambrian and Early Ordovician arcs in the Kyrgyz North Tianshan: Insights from U-Pb zircon ages and geochemical data / D. V. Alexeiev, A. Kröner, V. P. Kovach, A. A. Tretiyakov, Y. Rojas-Agramonte, K. E. Degtyarev, A. V. Mikolaichuk, J. Wong, V. V. Kiselev // Gondwana Research. — 2019. — Vol. 66. — Pp. 93–115.
28. Djenchuraeva R. D. et al. Metallogeny and geodynamics of the Aktuz-Boordu mining District, Northern Tien Shan, Kyrgyzstan / R. D. Djenchuraeva, N. T. Pak, F. I. Borisov, N. N. Malyukova // Journal of Asian Earth Sciences. — 2008. — Vol. 32, No. 2–4. — Pp. 280–299.
29. Kirvin D. J. et al. The Carlin-type Hg, Sb, As, Au, F, Tl deposits of the southwest Kyrgyz Republic / D. J. Kirvin, A. Becker, I. Bandurak, B. Lueck // Society of Economic Geologists Newsletter. — 2017. — Vol. 110. — Pp. 14–18.
30. Konopelko D. Hercynian post-collisional A-type granites of the Kokshaal Range, Southern Tien Shan, Kyrgyzstan / D. Konopelko, G. Biske, R. Seltmann, O. Eklund, B. Belyatsky // Lithos. — 2007. — Vol. 97. — Pp. 140–160.
31. Konopelko D. et al. Possible source dichotomy of contemporaneous post-collisional barren I-type versus tin-bearing A-type granites, lying on opposite sides of the South Tien Shan suture / D. Konopelko, R. Seltmann, G. Biske, E. Lepekina, S. Sergeev // Ore Geology Reviews. — 2009. — Vol. 35. Iss. 2. — Pp. 206–216.
32. Mao J. et al. Postcollisional age of the Kumtor gold deposit and timing of hercynian events in the Tien Shan, Kyrgyzstan / J. Mao, D. Konopelko, R. Seltmann, B. Lehmann, W. Chen, Y. Wang, O. Eklund, T. Usabaliyev // Economic Geology. — 2004. — Vol. 99. Iss. 8. — Pp. 1771–1780.
33. Nevolko P. A. et al. Geology and geochemistry of the Kadamzhai and Chauvai gold-antimony-mercury deposits: Implications for new province of Carlin-type gold deposits at the Southern Tien Shan (Kyrgyzstan) / P. A. Nevolko, O. M. Hnylko, V. P. Mokrushnikov, A. S. Gibsher, Yu. O. Redin, F. I. Zhimulev, A. E. Drovzhak, T. V. Svetlitskaya, P. A. Fomynikh, M. I. Karavashkin // Ore Geology Reviews. — 2019. — Vol. 105. — Pp. 551–571.
34. Rickleman D. E., Archangelski A., Jackson M., Lysenko V., Story J., Zholdoshev T., Atabaev O. Carlin type Au deposit potential of the Central Asia Hg-Sb belt // Abstract of 34th Mineral Deposits Study Group winter meeting – 14th CERCAMS Workshop: Ore Giants of Asia, London, 5–7 January 2011.
35. Solomovich L. I., Trifonov B. A. Postcollisional granites in the South Tien Shan Variscan collisional belt, Kyrgyzstan // Journal of Asian Earth Sciences. — 2002. — Vol. 21. — Pp. 7–21.
36. Solomovich L. I., Trifonov B. A. Rapakivi granites within Phanerozoic collisional orogens as a possible consequence of continental subduction and following exhumation of the Precambrian crust: Evidences from the Permian Jangart rapakivi in South Tien Shan collisional belt, Eastern Kyrgyzstan // Journal of Asian Earth Sciences. — 2014. — Vol. 96. — Pp. 332–343.
37. Solomovich L. I., Trifonov B. A., Sabelnikov S. E. Geology and mineralization of the Uchkoshkon tin deposit associated with a breccia pipe, Eastern Kyrgyzstan // Ore Geology Reviews. — 2012. — Vol. 44. — Pp. 59–69.
38. Trifonov B. A. Comment on “Re-Os pyrite and U-Pb zircon geochronology from the Taldybulak Levoberezhny gold deposit: Insight for Cambrian metallogeny of the Kyrgyz northern Tien Shan” by Xiaobo Zhao, Chunji Xue, Guoxiang Chi, Nikolay Pak, Bo Zu [Geol. Rev. 2015, vol. 67, pp. 78–89] // Ore Geology Reviews. — 2019. — Vol. 106. — Pp. 464–467. — DOI: 10.1016/j.oregeorev.2016.10.041
39. Trifonov B. A., Solomovich L. I. Metallogeny of the Saryjaz ore district, eastern Kyrgyz Tien Shan // Ore Geology Reviews. — 2018. — Vol. 99. — Pp. 380–397.
40. Wei Xi et al. Geochronological Constraint on the Evolution of the Aktuz Terrane, Kyrgyz North Tianshan, and the Fate of the Taldybulak Levoberezhny Gold Deposit / Xi Wei, Li Nuo, Xia Xiaohong, Ling Xiaoxiao, Wu Yanshuang // Frontiers in Earth Science. — 2021. — Vol. 9. — Pp. 1–16.
41. Windley B. F. et al. Tectonic models for accretion of the Central Asian Orogenic Belt / B. F. Windley, D. V. Alexeiev, W. Xiao, A. Kröner, G. Badarch // Journal of the Geological Society, London. — 2007. — Vol. 164. — Pp. 31–47. — DOI: 10.1144/0016-76492006-022.
42. Yakubchuk A. S. et al. Tectonic setting, characteristics and regional exploration criteria for gold mineralization in the Altaid orogenic collage: the Tien Shan province as a key example / A. S. Yakubchuk, A. Cole, R. Seltmann, V. V. Shatov // SEG Special Publication. — 2002. — No. 9. — Pp. 177–201.
43. Zhao X. et al. Re-Os pyrite and U-Pb zircon geochronology from the Taldybulak Levoberezhny gold deposit: insight for Cambrian metallogeny of the Kyrgyz northern Tien Shan / X. Zhao, C. Xue, G. Chi, N. Pak, B. Zu // Ore Geology Reviews. — 2015. — Vol. 67. — Pp. 78–89.
44. Zhao X. et al. Multi-stage gold mineralization in the Taldybulak Levoberezhny deposit, Tien Shan, Kyrgyzstan: reply to comment by Boris Trifonov on “Re-Os pyrite and U-Pb zircon geochronology from the Taldybulak Levoberezhny gold deposit: insight for Cambrian metallogeny of the Kyrgyz northern Tien Shan” / X. Zhao, C. Xue, G. Chi, H. Chu, Z. Li, N. Pak // Ore Geology Reviews. — 2017. — Vol. 82. — Pp. 217–231.

1. Asanaliyev U. A., Bogdetskiy V. N., Turdukeyev I. D. Novye dannye o zakonomernostyakh raspredeleniya zolota v vendskikh uglerodistykh otlozheniyakh Tyan'-Shanya. DAN SSSR, 1986, vol. 285, no. 2, pp. 413–416. (In Russian).

2. Bakirov A. B., Maksumova R. A. Geodinamicheskaya evolyutsiya litosfery Tyan'-Shanya. *Geologiya i geofizika*, 2001, vol. 42, no. 10, pp. 1435–1443. (In Russian).
3. Biske G. S., Zubtsov S. E., Porshnyakov G. S. Gertsinidy Atbashi-Kokshaal'skogo rayona Yuzhnogo Tyan'-Shanya. Leningrad: LGU, 1985, 190 p.
4. Biske G. S., Konopel'ko D. L., Zel'tman R. Geodinamika pozdnepaleozoyskogo magmatizma Tyan'-Shanya i yego obramleniya. *Geotektonika*, 2013, no. 4, pp. 61–81. (In Russian).
5. Burtman V. S. Tektonika i geodinamika Tyan'-Shanya v srednem i pozdнем paleozoye. *Geotektonika*, 2015, no. 4, pp. 67–85 (In Russian).
6. Bakirov A. B., Ges' M. D., Dzhenchurayeva R. D., Kiselev V. V., Maksumova R. A., Pak N. T., Sabelnikov S. E., Sakiyev K. S. Geodinamika i orudneniye Tyan'-Shanya (Kyrgyzstan). Bishkek, 2014, 280 p.
7. Pavlovskiy A. B., Kryuchkov A. S., Marshukova N. K., Doroshenko N. I., Stavinskiy V. A., Shkil' N. M. Geologiya olovorudnykh mestorozhdeniy Vostochnoy Kirgizii. Moscow: Nedra, 1977, 192 p.
8. Geologiya SSSR. Vol. XXV. Kirgizskaya SSR. Poleznye iskopaemye. Ed. by S. A. Igemberdieva. Moscow: Nedra, 1985, 226 p.
9. Ges' M. D. Terreynovaya struktura i geodinamicheskaya evolyutsiya kaledonid Tyan'-Shanya. Bishkek, 2008, 158 p.
10. Baybulatov E. B., Bokonbayev K. D., Sabel'nikov S. E., Solomovich L. I. Granitoidy vostochnoy chasti Yuzhnogo Tyan'-Shanya. In V. V. Malygin (ed.). Frunze: Ilim, 1973, 242 p.
11. Dzhenchurayeva R. D., Zhaanbayeva A. A. Sur'myanorutnyye i zolotrudnyye mestorozhdeniya – krainiye chleny yedinogo nepreryvnogo ryada dzhasperoidnykh mestorozhdeniy Tyan'-Shanya. *Izvestiya NAN KR*, 2019, no. 3, pp. 78–101. (In Russian).
12. Doroshenko N. I., Sinayskiy S. A., Stavinskiy V. A. Usloviya lokalizatsii olovyannogo orudneniya v Sarydzhaskom rudnom rayone. *Sovetskaya geologiya*, 1970, no. 11, pp. 102–115. (In Russian).
13. Nikonorov V. V., Karayev Yu. V., Borisov F. I., Tolskiy V. I., Zamaletdinov T. S., Larina T. V., Gorbaneva T. V. Zoloto Kirgizstana. Book 2. Opisaniye mestorozhdeniy. Rudnye. Bishkek: Nasi, 2004, 342 p.
14. Dzhenchurayeva R. D., Pak N. T., Nikonorov V. V., Ivleva Ye. A. Zolotorudnyye mestorozhdeniya Kirgizstana. Bishkek, 2020, 534 p.
15. Zonenshyn L. P., Kuzmin M. I., Natapov L. M. Tektonika litosfernykh plit territorii SSSR. In 2 book. Moscow: Nedra, 1990, vol. 1, 328 p.
16. Mossakovskiy A. A., Ruzhentsev S. V., Samygin S. G., Kheraskova T. N. (1993) Tsentral'no-Aziatskiy skladchatyy poyas: geodinamicheskaya evolyutsiya i istoriya formirovaniya. *Geotektonika*, 1993, no. 6, pp. 3–32. (In Russian).
17. Nikiforov N. A. Rtutno-surmyanoye orudneniye Yuzhnogo Tyan'-Shanya: Usloviya razmeshcheniya i voprosy metodiki prognozirovaniya. Frunze, 1969, 239 p.
18. Nikiforov N. A., Porshnyakov G. S. Opyt geologicheskogo obosnovaniya perspektiv rtutnoy i rtutno-sur'myanoy rudonosnosti tsentral'noy chasti Yuzhnoy Fergany. *Uchenye zapiski SAIGIMS*, 1962, vol. 7, pp. 165–170. (In Russian).
19. Nikonorov V. V. Novyy tip zolotogo orudneniya v Kirgizstane. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy*, 1993, vol. 35, no. 5, pp. 450–454. (In Russian).
20. Stratifitsirovaniye i intruzivnyye obrazovaniya Kirgizii. In 2 book. Ed. by K. O. Osmonbetova. Frunze: Ilim, 1982, book 1, 371 p.
21. Trifonov B. A. O rudokontroliruyushchikh vzbrosodnadvigovykh zonakh smyatiya v Kirgizii. *I Vsesoyuznaya nauchnaya konferentsiya «Metallogeniya Tyan'-Shanya» (g. Frunze, 16–18 iyunya 1987 g.): tezisy dokladov*. Frunze, 1987, pp. 174–176. (In Russian).
22. Trifonov B. A., Solomovich L. I., Doroshenko N. I., Stavinskiy V. A. Osobennosti gertsinskoy metallogenii Vostochnoy Kirgizii. *Sovetskaya geologiya*, 1984, no. 9, pp. 62–72. (In Russian).
23. Trifonov B. A., Doroshenko N. I., Shkil' N. M. Geologo-strukturnye osobennosti olovorudnogo mestorozhdeniya Uchkoshkon. *Sovetskaya geologiya*, 1984, no. 2, pp. 32–40. (In Russian).
24. Trifonov B. A., Koleda A. Ya., Koloskov V. P. Proyavleniye novogo zoloto-porfirovogo tipa orudneniya v Kirgizii. *I Vsesoyuznaya nauchnaya konferentsiya «Metallogeniya Tyan'-Shanya» (g. Frunze, 16–18 iyunya 1987 g.): tezisy dokladov*. Frunze, 1987, pp. 203–205. (In Russian).
25. Trifonov B. A., Solomovich L. I. Geologicheskoye stroeniye i rudno-magmaticheskaya zonalnost' Sarydzhaskogo olovorudnogo rayona. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy*, 1993, vol. 35, no. 1, pp. 44–52. (In Russian).
26. Fedorchuk V. P. Geologiya sur'my. Moscow: Nedra, 1985, 267p.
27. Alexeiev D. V., Kröner A., Kovach V. P., Tretyakov A. A., Y. Rojas-Agramonte Y., Degtyarev K. E., Mikolai-chuk A. V., Wong J., Kiselev V. V. Evolution of Cambrian and Early Ordovician arcs in the Kyrgyz North Tianshan: Insights from U-Pb zircon ages and geochemical data. *Gondwana Research*, 2019, vol. 66, pp. 93–115.
28. Djenchuraeva R. D., Pak N. T., Borisov F. I., Malyukova N. N. Metallogeny and geodynamics of the Aktuz-Boordu mining District, Northern Tien Shan, Kyrgyzstan. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2008, vol. 32, no. 2–4, pp. 280–299.
29. Kirvin D., Becker A., Bandurak I., Lueck B. The Carlin-type Hg, Sb, As, Au, F, Tl deposits of the southwest Kyrgyz Republic. *Society of Economic Geologists Newsletter*, 2017, vol. 110, pp. 14–18.
30. Konopelko D., Biske G., Seltmann R., Eklund O., Belyatsky B. Hercynian post-collisional A-type granites of Kokshaal Range, Southern Tien Shan, Kyrgyzstan. *Lithos*, 2007, vol. 97, pp. 140–160.
31. Konopelko D., Seltmann R., Biske G., Lepekina E., Sergeev S. Possible source dichotomy of contemporaneous post-collisional barren I-type versus tinbearing A-type granites, lying on opposite sides of the South Tien Shan suture. *Ore Geology Reviews*, 2009, vol. 35 (2), pp. 206–216.
32. Mao J., Konopelko D., Seltmann R., Lehmann B., Chen W., Wang Y., Eklund O., Usabaliev T. Postcollisional age of the Kumtor gold deposit and timing of hercynian events in the Tien Shan, Kyrgyzstan. *Economic Geology*, 2004, vol. 99 (8), pp. 1771–1780.
33. Nevolko P. A., Hnylko O. M., Mokrushnikov V. P., Gibsher A. S., Redin Yu. O., Zhimulev F. I., Drovzhak A. E., Svetlitskaya T. V., Fomynikh P. A., Karavashkin M. I. Geology and geochemistry of the Kadamzhai and Chauvai gold-antimony-mercury deposits: Implications for new province of Carlin-type gold deposits at the Southern Tien Shan (Kyrgyzstan). *Ore Geology Reviews*, 2019, vol. 105, pp. 551–571.
34. Rickelman D. E., Archangelski A., Jackson M., Ly-senko V., Story J., Zholdoshev T., Atabaev O. Carlin type Au deposit potential of the Central Asia Hg-Sb belt. *Abstract of 34th Mineral Deposits Study Group winter meeting – 14th CERCAMS Workshop: Ore Giants of Asia*, London, 5–7 January 2011.
35. Solomovich L. I., Trifonov B. A. Postcollisional granites in the South Tien Shan Variscan collisional belt, Kyrgyzstan. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2002, vol. 21, pp. 7–21.
36. Solomovich L. I., Trifonov B. A. Rapakivi granites within Phanerozoic collisional orogens as a possible consequence of continental subduction and following exhumation of the Precambrian crust: Evidences from the Permian Jangart rapakivi in South Tien Shan collisional belt, Eastern Kyrgyzstan. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2014, vol. 96, pp. 332–343.
37. Solomovich L. I., Trifonov B. A., Sabelnikov S. E. Geology and mineralization of the Uchkoshkon tin deposit associated with breccia pipe, Eastern Kyrgyzstan. *Ore Geology Reviews*, 2012, vol. 44, pp. 59–69.
38. Trifonov B. A. Comment on “Re–Os pyrite and U–Pb zircon geochronology from the Taldybulak Levoberezhny gold deposit: Insight for Cambrian metallogeny of the Kyrgyz north Tien Shan” by Xiaobo Zhao, Chunji Xue, Guoxiang Chi, Nikolay Pak, Bo Zu [Geol. Rev., 2015, vol. 67, pp. 78–89]. Ore

Geology Reviews, 2019, vol. 106, pp. 464–467. DOI: 10.1016/j.oregeorev.2016.10.041

39. Trifonov B. A., Solomovich L. I. Metallogeny of the Saryjaz ore district, eastern Kyrgyz Tien Shan. *Ore Geology Reviews*, 2018, vol. 99, pp. 380–397.

40. Wei Xi, Nuo Li, Xiaohong Xia, Xiaoxiao Ling, Yanshuang Wu. Geochronological Constraint on the Evolution of the Aktyuz Terrane, Kyrgyz North Tianshan, and the Fate of the Taldybulak Levoberezhny Gold Deposit. *Frontiers in Earth Science*, 2021, vol. 9, pp. 1–16.

41. Windley B. F., Alexeiev D. V., Xiao W., Kröner A., Badarch G. Tectonic models for accretion of the Central Asian Orogenic Belt. *Journal of the Geological Society*, London, 2007, vol. 164, pp. 31–47. DOI: 10.1144/0016-76492006-022.

42. Yakubchuk A. S., Cole A., Seltmann R., Shatov V. V. Tectonic setting, characteristics and regional exploration criteria

for gold mineralization in the Altaid orogenic collage: the Tien Shan province as a key example. *SEG Special Publication*, 2002, no. 9, pp. 177–201.

43. Zhao X., Xue C., Chi G., Pak N., Zu B. Re-Os pyrite and U-Pb zircon geochronology from the Taldybulak Levoberezhny gold deposit: insight for Cambrian metallogeny of the Kyrgyz northern Tien Shan. *Ore Geology Reviews*, 2015, vol. 67, pp. 78–89.

44. Zhao X., Xue C., Chi G., Chu H., Li Z., Pak N. et al. (2017). Multi-stage gold mineralization in the Taldybulak Levoberezhny deposit, Tien Shan, Kyrgyzstan: reply to comment by Boris Trifonov on “Re-Os pyrite and U-Pb zircon geochronology from the Taldybulak Levoberezhny gold deposit: insight for Cambrian metallogeny of the Kyrgyz northern Tien Shan”. *Ore Geology Reviews*, 2017, vol. 82, pp. 217–231.

---

Трифонов Борис Александрович – канд. геол.-минерал. наук, вед. науч. сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского (ВСЕГЕИ). Средний пр., 74, Санкт-Петербург, Россия, 199106. <Boris\_Trifonov@vsegei.ru>

Trifonov Boris Aleksandrovich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Researcher, A. P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI). 74 Sredny prospect, St. Petersburg, Russia, 199106. <Boris\_Trifonov@vsegei.ru>