

УДК 553.061.2:553.4(235.216)
DOI: 10.36979/1694-500X-2022-22-4-180-191

**ЗОЛОТОЕ ОРУДЕНЕНИЕ В СВЯЗИ С ПЕРМСКИМ МАГМАТИЗМОМ
ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЮЖНОГО И СРЕДИННОГО ТЯНЬ-ШАНЯ (КЫРГЫЗСТАН)**

*Е.А. Ивлева, Н.Т. Пак, К.А. Асилбеков,
Э. Скрзипек, К. Хаузенбергер, Р.Т. Орозбаев*

Аннотация. Район исследований охватывает территорию Срединного и Южного Тянь-Шаня к востоку от Таласо-Ферганского разлома в пределах Кыргызстана. Дается краткая характеристика месторождений золота в связи с пермскими интрузиями. Сделано обобщение по возрастам интрузивных массивов пермского возраста. Формирование интрузий связывается с постколлизийным режимом развития Тянь-Шаня. Рассмотрены вопросы взаимосвязи месторождения Кумтор с интрузивным магматизмом. Приводятся новые данные по возрасту гранитов (292 ± 3 млн лет) в районе месторождения Кумтор. Предложена модель формирования рудной минерализации месторождения Кумтор в связи с глубинной гранитной интрузией, сделано предположение о принадлежности этой интрузии к теректинскому интрузивному комплексу. Спрогнозирована глубина залегания интрузии 3–4 км.

Ключевые слова: интрузивный комплекс; массив; абсолютный возраст; ранняя пермь; месторождение золота; Кумтор; модель.

**ТҮШТҮК ЖАНА ОРТОҢКУ ТЯНЬ-ШАНДЫН ЧЫГЫШ
БӨЛҮГҮНДӨ ПЕРМЬ МАГМАТИЗМИНЕ БАЙЛАНЫШТУУ
АЛТЫНДЫН МИНЕРАЛДАНЫШЫ (КЫРГЫЗСТАН)**

*Е.А. Ивлева, Н.Т. Пак, К.А. Асилбеков,
Э. Скрзипек, К. Хаузенбергер, Р.Т. Орозбаев*

Аннотация. Изилдөө аймагы Кыргызстандын чегинде Талас-Фергана жаракасынын чыгышындагы Ортоңку жана Түштүк Тянь-Шандын аймагын камтыйт. Пермь интрузияларына байланыштуу алтын кендеринин кыскача мүнөздөмөсү берилген. Пермь интрузивдик массивдери жашы боюнча жалпыланган. Интрузиялардын пайда болушу Тянь-Шандын кагылышудан кийинки өнүгүү режиминен байланышкан. Кумтор кени менен интрузивдик магматизмдин өз ара байланышы боюнча маселелер каралат. Кумтор кенинин аймагындагы граниттердин жашы боюнча жаңы маалыматтар (292 ± 3 млн. жыл) берилген. Терең гранит интрузиясына байланыштуу Кумтор кенинде рудалык минералдашуунун пайда болушунун модели сунушталып, бул интрузия Теректин интрузивдик комплексине таандык деген божомол бар. Интрузиянын тереңдиги 3–4 км деп болжолдонууда.

Түйүндүү сөздөр: интрузивдик комплекс; массив; абсолюттук жашы; эрте пермь; алтын кени; Кумтор; модель.

GOLD MINERALIZATION ASSOCIATED WITH PERMIAN MAGMATISM IN THE EASTERN PART OF SOUTHERN AND MIDDLE TIEN SHAN (KYRGYZSTAN)

*E.A. Ivleva, N.T. Pak, K.A. Asilbekov,
E. Skrzypek, K. Hauzenberger, R.T. Orozbaev*

Abstract. The study area covers the territory of the Middle and Southern Tien Shan to the east of the Talas-Fergana fault within Kyrgyzstan. A brief description of gold deposits in connection with the Permian magmatism is given. A generalization by age of Permian intrusive massifs is made. The formation of intrusions is associated with the post-collisional settings in the Tien Shan evolution. The issues on the relationship between the Kumtor gold deposit and intrusive magmatism are considered. New data on the age of granites (292 ± 3 Ma) in the Kumtor deposit area are presented. A model for ore mineralization formation at the Kumtor deposit, in connection with a deep granite intrusion, is proposed, and an assumption is made that this intrusion belongs to the Terektyi intrusive complex. The depth of the intrusion is predicted to be 3-4 km.

Keywords: intrusive complex; massif; absolute age; Early Permian; gold deposit; Kumtor; model.

Введение. Постколлизонная пермская внутриплитная активизация привела к внедрению большого количества интрузий преимущественно кислого и щелочного состава по всему Тянь-Шаню, протянувшемуся через территорию Узбекистана, Кыргызстана, северной части Таджикистана и Синь-зянь-Уйгурского района в Китае [1–5]. К этому же временному интервалу приурочено возникновение множества золоторудных месторождений, в том числе крупных и суперкрупных (Мурунтау, Кумтор и др.) (рисунок 1).

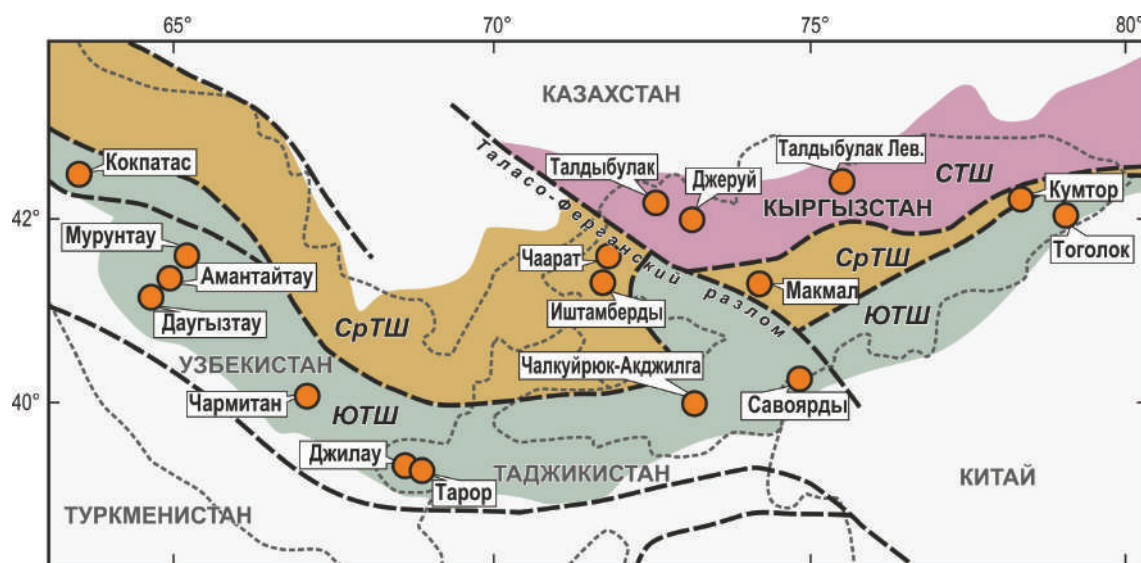


Рисунок 1 – Схематическая карта Тянь-Шаня: СТШ – Северный Тянь-Шань; СрТШ – Срединный Северный Тянь-Шань; ЮТШ – Южный Тянь-Шань. Оранжевые кружки – крупные месторождения золота

На территории Кыргызстана восточнее Таласо-Ферганского разлома в Срединном и Южном Тянь-Шане широко развит пермский магматизм, представленный многочисленными интрузивными комплексами. За последние годы вышло несколько статей (таблица 1), доказывающих пермский возраст нескольких интрузивных комплексов этого региона, расположенных в Срединном Тянь-Шане, которые ранее относились к карбону [3, 6, 7].

Для ряда интрузивных массивов Южного Тянь-Шаня также были сделаны определения возраста по циркону, которые уточнили и подтвердили их пермский возраст (рисунок 2А; таблица 1). Большая часть пермских интрузий сформировалась в относительно короткий промежуток времени в интервале 297–278 млн лет.

Таблица 1 – Золоторудные месторождения, приуроченные к интрузиям пермского возраста, в восточной части Срединного и Южного Тянь-Шаня (Кыргызстан)

| Месторождение, Au | Массив, номер на карте, состав | Возраст, млн лет, метод, автор | Комплекс | Индекс |
|----------------------------|--|--|---------------|----------------|
| Срединный Тянь-Шань | | | | |
| | Кыргышский (1), Граниты | 279±5 U-Pb Seltmann et al., 2011 | Кыргышский | P ₁ |
| Макмал, Ойкаин | Чаарташский (2), граниты | 286±5 U-Pb Seltmann et al., 2011 290 до 274 K-Ar Каталог..., 1972 | Чаарташский | P ₁ |
| Кумбель, Первенец | Сонкульский, граниты (3), гранодиориты | 293±1 U-Pb Alekseev et al., 2009 291±3,9 U-Pb Johan et al., 2011. | Сонкульский | P ₁ |
| Моренное, Шаркыратма | Адырторский (5), граниты | 296 K-Ar Соломович, 1996 | Адырторский | P ₁ |
| | Теректинский (4), граниты | 291±5 U-Pb Konopelko et al., 2009 | Теректинский | P ₁ |
| | Теректинский (4), диориты | 294±5 U-Pb Konopelko et al., 2009 | | |
| Кумтор | Рудная зона | 284-288 Ar-Ar Mao et al., 2004 По серициту из рудных зон | | |
| | Кумторский ? лейкограниты | 292±3 U-Pb Эта статья, 2022 | | |
| Южный Тянь-Шань | | | | |
| Каратор | Коккиинский (6), Караторский, граниты | 278,9±2,7 U-Pb Konopelko et al., 2007 | Майдаадырский | P ₁ |
| | Мудрюмский (7), граниты | 281,4±2,2 U-Pb Konopelko et al., 2007 | | |
| | Учкошкон (8), лейкограниты | 279,8±8,1 Mao et al., 2004 U-Pb Konopelko et al., 2007 | | |
| | Ташкоро (9), граниты | 299±4 U-Pb Konopelko et al., 2009 | | |
| | Инльчек (10), граниты | 295±4 U-Pb Konopelko et al., 2009 | | |
| | Майдаадырский (11), Лейкограниты | 289±6 U-Pb Konopelko et al., 2009 | | |
| | Акшийрак (14) Граниты-рапакиви | 296±4 U-Pb Mao et al., 2004 292±4 U-Pb Konopelko et al., 2007 | | |
| | Суртеке (12), щелочные гвббро | 284±1 U-Pb Seltmann et al., 2011 | Суртекинский | P ₁ |
| Джангарт, Тоголок | Джангартский (13), граниты-рапакиви | 296,7±4,2 U-Pb Mao et al., 2004 | Джангартский | P ₁ |

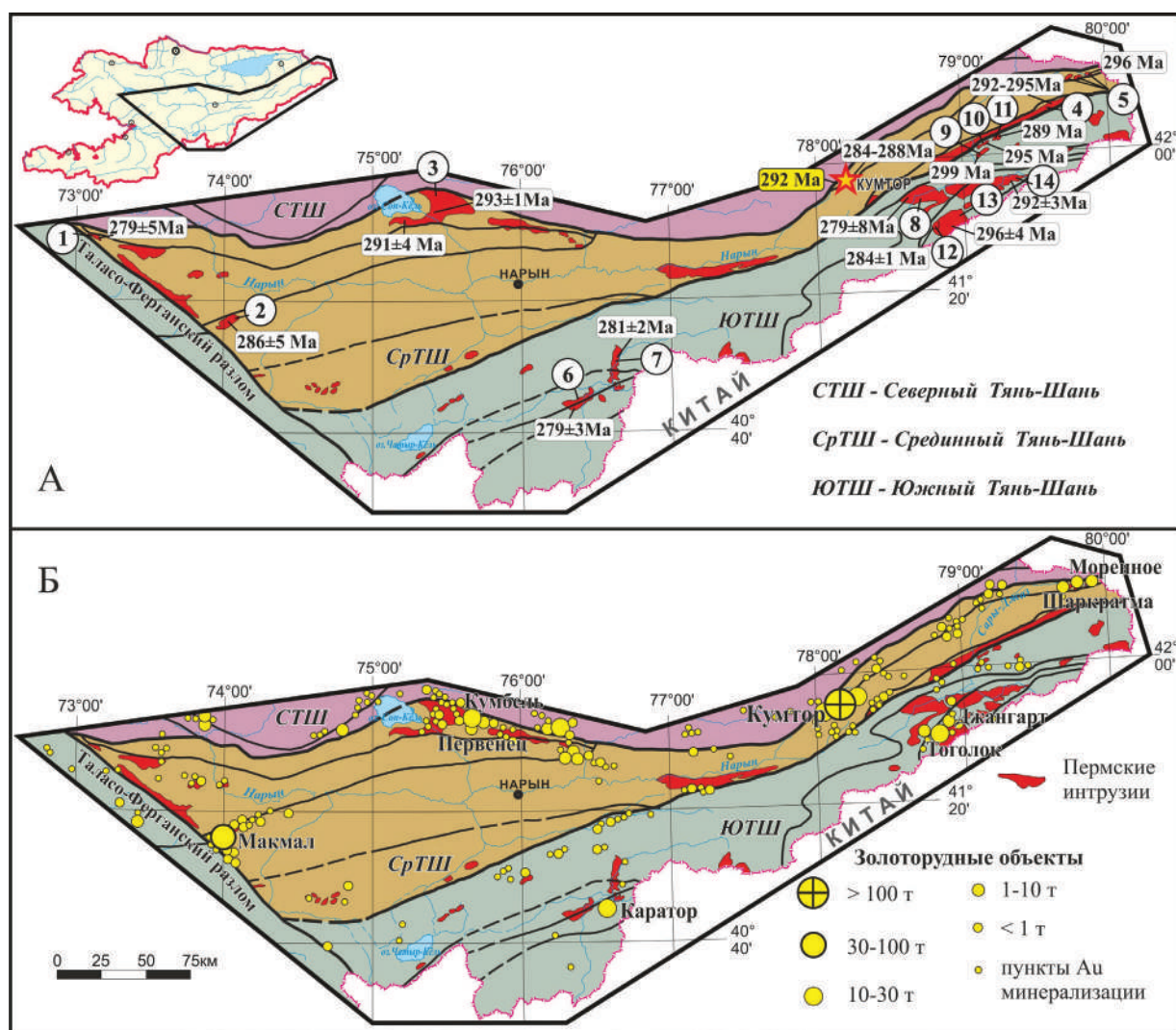


Рисунок 2 – Схематическая карта с обозначением абсолютных возрастов пермских интрузий (А).

Цифрами в кружках обозначены названия интрузивных массивов:

- 1 – Кыргышский; 2 – Чаарташский; 3 – Сонкульский; 4 – Теректинский;
 5 – Адырторский; 6 – Коккиинский; 7 – Мудрюмский; 8 – Учкошконский;
 9 – Ташкоринский; 10 – Иныльчекский; 11 – Майдадырский;
 12 – Суртекинский; 13 – Джангартский; 14 – Акшийракский.

Схематическая карта размещения золоторудных месторождений (Б)

Пермские интрузии данного региона имеют различную металлогеническую специализацию: редкометальную (Sn, W), редкометально-редкоземельную (Ta, Nb, TR), золотую (Au, Au-W) и др. Но даже в продуктивных на золото интрузивных комплексах золоторудная минерализация распространена крайне неравномерно. Золотое оруденение чаще всего расположено или пространственно тяготеет к Чаарташскому, Сонкульскому, Майдадырскому, Джангартскому, Адырторскому и Теректинскому интрузивным комплексам (таблица 1). В некоторых интрузивных массивах оруденение рассредоточено в виде многочисленных пунктов минерализации и мелких рудопроявлений, в других же формирует крупные и средние по величине месторождения (рисунок 2, Б). Наиболее крупными пермскими месторождениями золота в данном регионе являются Макмал, Кумбель, Первенец, Тоголок, Джангарт

и др. Связь крупнейшего в регионе месторождения золота Кумтор с конкретной интрузией до сих пор не установлена. Однако есть все предпосылки считать, что на глубине от 3 до 4 км под месторождением существует материнская интрузия, ставшая источником золотого оруденения для этого гигантского месторождения. Возраст оруденения на месторождении Кумтор считается пермским [8].

Месторождения и рудопроявления золота

Месторождение Макмал сформировано на контакте нижнекарбонных карбонатных пород с прорывающими их гранитами Чаарташского массива. При внедрении гранитов сначала были образованы известковые скарны. Затем под воздействием постмагматических растворов в стадию кислотного выщелачивания по гранитам и скарнам образовались богатые и мощные золотоносные кварц-полевошпатовые метасоматиты, по гранитам – золотоносные березиты, по скарнам и вмещающим карбонатным породам – золотоносные кварцевые метасоматиты [9]. Возраст гранитов определен как раннепермский – 286 ± 5 млн лет [5]. Радиологический возраст по калий-аргоновому соотношению в биотитах колеблется от 290 до 274 млн лет [10]. На контакте Чаарташской интрузии имеются подобные месторождению Макмал рудопроявления Ойкаин, Аирташ, Восточный.

Месторождение Кумбель связано с гранитами, гранодиоритами Сонкульского интрузивного комплекса. На контакте интрузий с терригенно-карбонатными отложениями нижнего карбона образовались золотоносные скарны и кварцево-жилные золоторудные тела. На юго-западном продолжении месторождения Кумбель в тех же интрузиях находится месторождение золота Первенец золото-кварцевого типа. Возраст гранитов Сонкульского комплекса раннепермский – 291 ± 1 млн лет [5], 293 ± 1 млн лет [11], $291 \pm 3,9$ млн лет [12].

Месторождение Каратор в Южном Тянь-Шане представляет золото-медное оруденение в скарнах, сформированными на контакте монцодиоритов Караторского массива, прорывающих известняки нижнего карбона. В самих монцодиоритах также развито золото-кварцевое оруденение, сопровождаемое березитизацией. Караторский массив площадью около 2,5 кв. км, относящееся к Майдаадырскому комплексу. Возраст соседних массивов определен как раннепермский $281,4 \pm 2,2$ млн лет для Мудрюмского массива и $278,9 \pm 2,7$ млн лет – для Коккиинского массива [13].

Рудопроявления Моренное и Шаркыратма находятся на самом крайнем востоке Срединного Тянь-Шаня, и связаны с интрузиями Адырторского комплекса [14]. Оруденение приурочено к кварц-сульфидным жилам и кварц-полевошпатовым и кварцевым метасоматитам. Адырторский комплекс датируется как ранняя пермь по К-Аг методу по биотиту – 296 млн лет [15].

Месторождение Кумтор является суперкрупным месторождением золота в углеродистых толщах и пока не обнаруживает прямой связи с магматическим очагом. Предполагается наличие интрузии на глубине до 4 км [16–19]. Возраст оруденения, определенный по окolorудным серицитам, составляет 284–288 млн лет [8].

Месторождение Тоголок находится в пределах Джангартского массива гранитов, гранитов-рапакиви. Золото-кварц-сульфидные жилы приурочены к крутопадающим разрывам и сопровождаются березитами. Возраст гранитов раннепермский 296 млн лет [8, 13].

Месторождение Джангарт формировалось под влиянием Джангартского массива гранитов во вмещающих мраморах и роговиках карбон-раннепермского возраста. Золоторудные кварц-сульфидные жилы обрамляются кварцевыми метасоматитами с вкрапленной сульфидной минерализацией. Минеральный тип – золото-арсенопирит-пирит-пирротинный.

Связь месторождения Кумтор с интрузией

Месторождение Кумтор относится к суперкрупным месторождениям золота в черных сланцах. Запасы месторождения оценивались в 717 т при среднем содержании 4,4 г/т [14]. За последние 20 лет запасы и ресурсы в Кумторском рудном поле увеличены примерно до 1000 т. За время эксплуатации добыто более 410 т золота. Пермский этап постколлизийной тектоно-магматической активизации явился основным для формирования промышленного оруденения золота [20, 21].

Оруденение приурочено к Кумторской зоне смятия, сложенной преимущественно отложениями венда – джетымтауская, джакболотская, байконурская свиты, которые чередуются с небольшими блоками кембрийских пород (рисунок 3). Докембрийские породы представлены алевролитами, тиллоидами, углеродистыми кремнистыми сланцами, ритмитами карбонат-сланцевого и пирит-микрокварцитового состава. Основной рудовмещающей формацией являются вендские углеродсодержащие породы с рассеянной пиритовой минерализацией. Золотая минерализация сопровождается различными сочетаниями кварц-калишпатовых, кварц-альбитовых и кварц-карбонатных метасоматитов. В них развит золотоносный пирит в виде тонких прожилков и вкрапленности. Около 90 % всего золота приурочено к гидротермальному пириту, остальное находится в кварце, карбонате, полевоом шпате, шеелите. Золото в рудах находится в самородном, тонкодисперсном виде и в форме теллуридов золота. Рудные тела образуют штокверки и минерализованные зоны [14, 22, 23].

Золотое оруденение, расположенное в черносланцевых толщах, образует крупные и гигантские месторождения золота с запасами в несколько сот тонн золота и до первых тысяч тонн. К таковым относится ряд месторождений в Узбекистане – Кокпатас, Амантайтау, Даугызтау, Мурунтау и др. Запасы золота на месторождении Мурунтау достигают 4–5 тыс. т. Месторождение Кумтор в Кыргызстане имеет запасы золота до 1000 тонн. В России имеется ряд крупных месторождений в углеродистых породах: Нежданинское, Сухой Лог и др. В Казахстане представителями этого типа являются месторождения Суздальское, Бакырчик и др.

Интрузивный или магматический фактор в образовании гигантских месторождений в черных сланцах играет исключительно важную роль. Здесь магматический очаг является источником крупно-объемных гидротермальных флюидов, источником тепла, источником рудного вещества, является структурообразующим фактором формирования зон растяжения и повышенной проницаемости, благоприятных для движения флюидов и внедрения даек.

Значение магматического фактора возросло благодаря новым геолого-геофизическим реконструкциям, целенаправленному использованию материала по сверхглубокой скважине СГ-10, вскрывшей граниты на глубине 4 км на Мурунтау, углубленному изучению геохимии и петрохимии интрузивных пород [24]. Геолого-геофизические модели Сухого Лога, Бакырчика и Кумтора объединяют наличие скрытых под рудными полями очагов гранитизации и присутствие в зоне рудоотложения даек среднего, кислого и субщелочного состава. Месторождения Кокпатас, Нежданинское, Суздальское располагаются в 1,5–3,0 км выше апикальной части интрузий гранит-гранодиоритов и диоритов [18].

Сравнивая основные характеристики хорошо изученных месторождений Кызылкумов черносланцевого типа с месторождением Кумтор, находим многие черты сходства (таблица 2). По аналогии с ними на месторождении Кумтор Н. Паком прогнозировалось существование материнской гранитоидной интрузии на глубине около 3–4 км [16, 17].

Согласно геофизическим данным в 5 км северо-западнее месторождения предполагается наличие крупного интрузивного тела гранитоидного состава на глубине 1–3 км. Объект полого погружается на юго-восток в сторону месторождения Кумтор. Н.К Курбанов на своей геолого-геофизической модели также предполагает наличие интрузии на глубине [19].

По данным Мао et al. [8], в относительной близости от рудного поля расположены выходы пермских гранитоидов с возрастом 268 и 280 млн лет, однако их расположение показано к северу от линии Николаева, т. е. в Северном Тянь-Шане [25]. По мнению А. Башкирова (консультант-геолог КГК) место расположения точек отбора требует уточнения, возможно, что они расположены в Срединном Тянь-Шане. Из-за развития в этом районе чехла мезозойских отложений, линия Николаева, которая отделяет Северный и Срединный Тянь-Шань, точно не картируется.

Непосредственно в рудном поле отмечены единичные дайки кислого и основного составов (в том числе монцонитоидов).

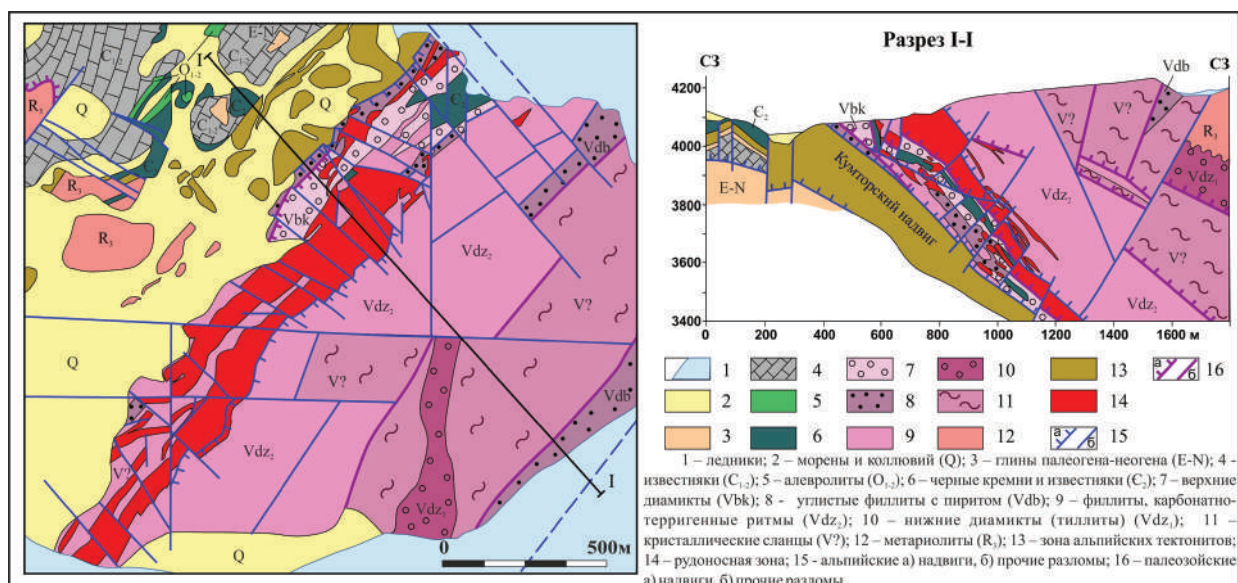


Рисунок 3 – Схематическая геологическая карта месторождения Кумтор (по материалам Кумтор Голд Компани, КГК)

Таблица 2 – Сравнительная характеристика золоторудных месторождений Кызылкумов и месторождения Кумтор [16, 17]

| Месторождение | Даугызтау | Амантайтау | Мурунтау | Кумтор |
|--|---|--|--|--|
| Вмещающие породы | Беспанская свита (O ₂ -S ₁): углеродисто-кремнистые, углеродисто-сланцевые сланцы, алевролиты, кремнистые прослои, песчаники, углеродисто-сланцевые-кварцевые, карбонатные, аргиллитовые сланцы, андезиты и их туфы, линзы известняков и кремней | | | Джетымтауская свита (Vdz): алевролиты, углеродисто-кремнистые сланцы, тиллоиды, углеродистые филлиты |
| Интрузивные породы | Бельтауский и Сардаринский гранитоидные массивы (C ₃ -P ₁) | | Мурунтауская гранитоидная интрузия, P ₁ | Граниты, P ₁ |
| Золоторудная формация | Золото-сульфидная | Золото-кварц-сульфидная | Золото-кварцевая | Золото-сульфидная |
| Кольцевые структуры, диам. км | 10–11 | 8 | 3 | ? |
| Глубина залегания гранитных интрузий, км | 5 | 3-4 | 4 | Прогноз 3–4 км |
| Дайки, кол-во | Единицы | Десяток | Комплексы даек | Единицы |
| Метасоматиты и изменения | Серицитолиты Альбититы Карбонатные метасоматиты, графитизация | Серицитолиты Альбититы Карбонатные метасоматиты, графитизация | Биотитизация Альбититы Калишпатиты Карбонатные метасоматиты | Серицитолиты Калишпатиты Альбититы Карбонатные метасоматиты |
| Сульфиды, % | 5–6 | 15 | 1–1,5 | 12 |
| Кварц в рудах, % | 30–35 | 40–45 | 90–95 | 20–30 |
| Доля самородного золота в рудах, % | Единицы | 40 | 80 | До 20 |
| As в пирите, % | 2,8 | 0,45 | 0,18 | 0,4 |
| Температура, T°С | 200–250 | 300–350 | 350–450 | 180–340 |

На глубинный магматический источник рудного вещества также указывает изотопный состав серы пирита метасоматитов в осевых зонах рудных тел во всем объеме месторождения (сотни метров по простиранию и падению) – $\delta^{34}\text{S}=0\pm 2.5\text{‰}$ [26].

Недавними буровыми работами к северо-западу от месторождения Кумтор были вскрыты гранитоидные породы под чехлом кайнозойских отложений (устное сообщение А. Башкирова, 2022).

Они представляют собой лейкократовые граниты среднезернистые, неравномернозернистые, распространенные размеры зерен 1–5 мм (рисунок 4, а). Иногда встречаются более крупные зерна ортоклаза, пертита размером до 1–2 см. Структура становится слабо порфировидной. Граниты имеют переменчивый состав: плагиоклаз – 25–35 %, КПШ – 35–40 %, кварц – 25–30 %, темные минералы – до 5 %. Химический состав приведен в таблице 3.

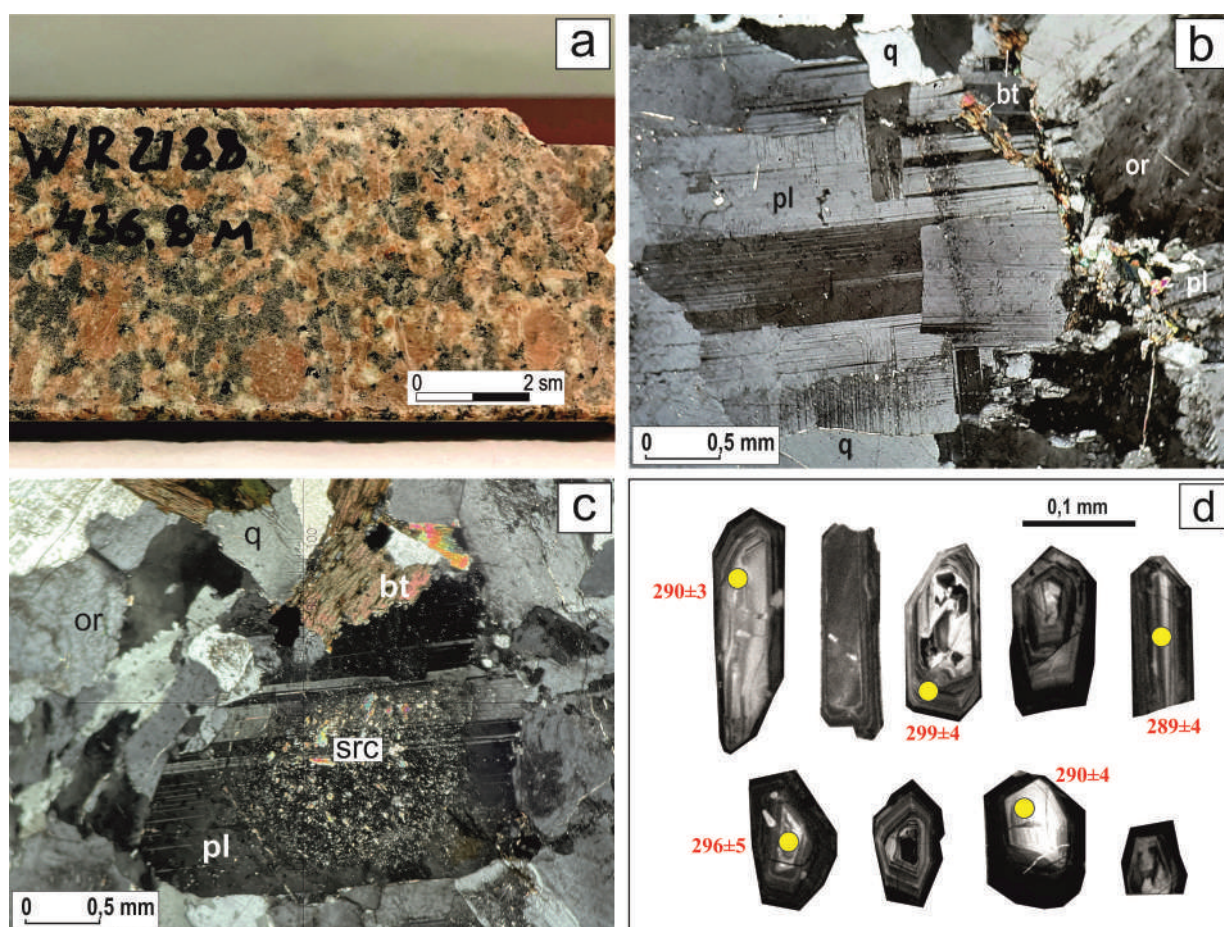


Рисунок 4 – Граниты из района месторождения Кумтор:

а – лейкократовый гранит, фото среза зерна скважины; видна порфировидная структура, порфиновые выделения состоят из розового калишпата; б, с – микрофотографии шлифов из гранита, показывающие соотношение плагиоклаза (pl), ортоклаза (or), биотита (bt) и кварца (q), видно развитие серицита (src) по плагиоклазу; д – микрофотографии цирконов из гранитов, выполненные в режиме катодоллюминесценции (CL) и результаты определения возраста (млн лет)

Таблица 3 – Химический состав гранитов, %

| № пробы | Порода | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | K ₂ O | CaO | Fe ₂ O ₃ | Na ₂ O | MgO | TiO ₂ |
|---------|--------|------------------|--------------------------------|------------------|------|--------------------------------|-------------------|------|------------------|
| KG-1-1 | Гранит | 74,82 | 13,05 | 5,30 | 1,14 | 1,43 | 3,18 | 0,27 | 0,13 |
| KG-1-2 | Гранит | 74,96 | 13,15 | 4,89 | 1,10 | 1,53 | 3,28 | 0,30 | 0,13 |
| KD-2-1 | Гранит | 71,75 | 12,80 | 3,87 | 1,70 | 2,00 | 3,90 | 0,74 | 0,17 |

Продолжение таблицы 3

| № пробы | P ₂ O ₅ | BaO | MnO | SrO | Cr ₂ O ₃ | LOI | Сумма |
|---------|-------------------------------|------|------|-------|--------------------------------|------|--------------|
| KG-1-1 | 0,04 | 0,02 | 0,04 | 0,01 | <0.01 | 0,41 | 99,84 |
| KG-1-2 | 0,04 | 0,02 | 0,06 | <0.01 | <0.01 | 0,41 | 99,87 |
| KD-2-1 | 0,05 | 0,09 | 0,05 | 0,02 | <0.01 | 2,68 | 99,82 |

Примечание: Анализы выполнены методом XRF в лаборатории ОсОО «Stewart Assay and Environmental Laboratories».

Плагиоклаз имеет тонкие полисинтетические двойники, местами слабо серицитизирован. Реже он имеет малозаметное зональное строение, и тогда зоны более среднего состава подвергаются серицитизации (рисунок 4, b, c). Калиевый полевой шпат в основном представлен ортоклазом, который в ряде случаев образует пертитовые сростки с альбитом и содержит пойкилитовые включения кварца и плагиоклаза размером до 0,3 мм. В подчиненном количестве присутствует микроклин. Кварц изометричный с неровными краями, часто более мелкий, чем полевые шпаты. Темноцветные минералы слабо развиты, имеют чаще всего мелкие размеры 0,1–0,4 мм. Представлены они в основном биотитом, местами хлоритизированы, расположены в интерстициях более крупных зерен полевого шпата и кварца (рисунок 4, b, c). Отдельные участки гранитов подвергнуты слабой карбонатизации.

Из описанных выше гранитов района месторождения Кумтор были выделены зерна цирконов. Форма зерен удлинённая призматическая или короткостолбчатая с коэффициентами удлинения от 1,5 до 3,8. Размеры зерен от 0,05 до 0,2 мм в длину. В катодоллюминесцентном изображении наблюдается зональное строение зерен (рисунок 4, d).

Датировка выделенных цирконов проводилась U-Pb методом с применением масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (LA-ICP-MS) (модель Nu Plasma II HR-MS-ICP-MS, Wrexham, U.K.) в Центральной лаборатории воды, минералов и горных пород NAWI Граца (Университет Граца и Технологический университет Граца, Австрия). Часть точек, где определялся возраст, показана на рисунке 4, d.

Не вдаваясь в подробности деталей исследования цирконов, в данной работе констатируем лишь заключительную часть, в результате которой по 23 анализам была построена конкордия, показавшая возраст 292 ± 3 млн лет.

По минеральному и химическому составу, по возрасту, а также структурным особенностям эти граниты аналогичны лейкократовым гранитам 2-й фазы теректинского комплекса, имеющие выходы севернее хребта Акшийрак. Известково-щелочной теректинский комплекс состоит из ряда массивов трещинного типа, приуроченных к крупным тектоническим разрывам и зонам региональных мега-сдвигов, в том числе вдоль Атбаши-Иныльчекского разлома и вдоль Линии Николаева (рисунок 5).

В составе комплекса выделяются три фазы: 1 фаза – крупнозернистые порфиоровидные граниты, гранодиориты; 2 фаза – среднезернистые лейкограниты, граниты, гранодиориты; 3 – мелкозернистые граниты. Лейкограниты 2-й фазы характеризуются среднезернистой слабо порфиоровидной структурой с преобладанием калишпата над плагиоклазом и с содержанием биотита менее 5–7 %.

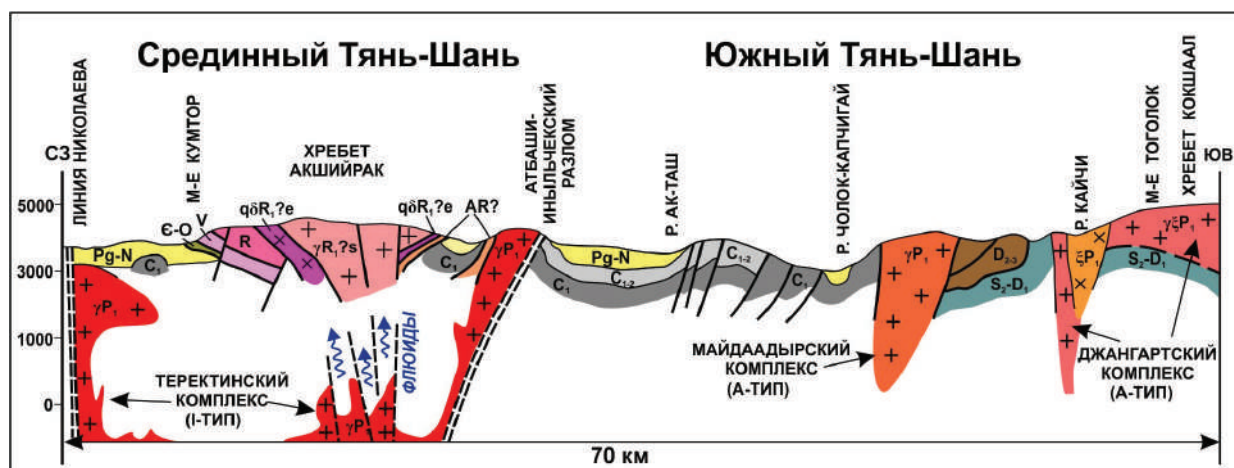


Рисунок 5 – Схематический геологический разрез по линии Кумтор–Тоголок

Заключение. Пермский период в данном регионе, и в целом для всего Тянь-Шаня характеризуется внедрением многочисленных интрузий, различающихся друг от друга по своему составу и металлогенической специализации. Так в Нарынском секторе Срединного Тянь-Шаня преобладают известково-щелочные гранитоиды I типа; пермский гранитоидный магматизм в Южном Тянь-Шане, восточнее Таласо-Ферганского разлома представлен, в основном, А-типом; в то же время в Туркестано-Алайском сегменте Южного Тянь-Шаня магматизм представлен многочисленными массивами известково-щелочных гранитов I типа, гранитами S-типа и небольшими щелочными (шошонитовыми) интрузиями. Причина возникновения такого большого разнообразия интрузивных комплексов неоднократно обсуждалось в печати [4, 5, 13, 27, 28]. Пермский постколлизийный магматизм достиг своей кульминации после закрытия Палео-Туркестанского океана, и затронул весь Тянь-Шань, невзирая на границы террейнов. После коллизии астеносферный материал, сопровождаемый потоками гидротермальных флюидов, по глубинным разломам проникал в земную кору. Эти флюидопотоки, попадая в коровые условия, порождали формирование различных магматических расплавов [4, 20, 21, 29], а также служили источником формирования месторождений.

Глубинная сutura Туркестанского палеоокеана могла служить главным проводником для глубинных флюидов в земную кору, а региональные разломы 2-го порядка облегчали проникновение магматического материала и сопутствующих им флюидов по территории Тянь-Шаня. Поэтому внедрение постколлизийных интрузий и последующее формирование орогенных месторождений золота чаще всего приурочено к региональным разломам и зонам расщепления, а также к оперяющим их разломам. В результате постколлизийные интрузии и орогенные месторождения золота формировались практически одновременно и имели единый тектонический контроль [5]. В это время было сформировано большое количество орогенных месторождений золота, как в Срединном, так и в Южном Тянь-Шане. Наиболее продуктивными на золото в Кыргызстане явились граниты I-типа, в единичных случаях небольшие золоторудные объекты отмечается в гранитоидных интрузиях других типов, в том числе в гибридных интрузиях А-типа (рисунок 5).

Как следствие, из всего сказанного выше, не стоит ожидать обнаружения крупных месторождений золота в Сарыджазском секторе Южного Тянь-Шаня. В то же время, представляется закономерным выдвигаемое нами предположение о приуроченности гигантского месторождения Кумтор к надинтрузивной зоне гранитоидного массива теректинского комплекса, который формировался непосредственно в глубинных разломах, являющихся сатурами палеоокеанов. А относительная убогая золоторудная

минерализация, отмечаемая в выходящих на дневную поверхность массивах теректинского комплекса, может объясняться большим эрозийным срезом последних.

Авторы благодарят сотрудников «Кумтор Голд Компани» А. Баширова, А. Шевкунова, Д. Баширова за предоставленные образцы гранитов из Кумторского рудного поля и консультации, а также ОсОО «Stewart Assay and Environmental Laboratories» за проведенные анализы.

Поступила: 01.03.22; рецензирована: 14.03.22; принята: 18.03.22.

Литература

1. Бискэ Ю.С. Палеозойская структура и история Южного Тянь-Шаня / Ю.С. Бискэ. СПб: Изд. СПб. ун-та, 1996. 192 с.
2. Буртман В.С. Тянь-Шань и Высокая Азия. Тектоника и геодинамика в палеозое / В.С. Буртман. М.: Геос, 2006. 216 с.
3. Геодинамика и оруденение Тянь-Шаня (Кыргызстан): коллективная монография / отв. ред. А.Б. Бакиров; ред. Н.Т. Пак. Бишкек: Илим, 2014. 280 с.
4. Konopelko D. 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. Lepekhina, S. Sergeev // Ore Geology Reviews. 2009. 35. Pp. 206–216.
5. Seltmann R. Hercynian post-collisional magmatism in the context of Paleozoic magmatic evolution of the Tien Shan orogenic belt / R. Seltmann, D. Konopelko, G. Biske, F. Divaev, S. Sergeev // J. Asian Earth Sci. 2011. № 42. Pp. 821–838.
6. Стратифицированные и интрузивные образования Киргизии. Кн. II. Фрунзе, 1982. 243 с.
7. Геологическая карта Кыргызской Республики М-6 1:500 000 / гл. ред. Б.Т. Турсунгазиев, О.В. Петров. СПб: Картофабрика ВСЕГЕИ, 2008.
8. Mao J. Postcollisional age of the Kumtor gold deposit and timing of Hercynian events in Tien Shan, Kyrgyzstan / J. Mao, D. Konopelko, R. Seltmann, B. Lehmann, W. Chen, O. Eklund, T. Usabaliev // Economic Geology. 2004. Vol. 99. Pp.1771–1780.
9. Пак Н.Т. Формации рудоносных метасоматитов Чаарташских гор / Н.Т. Пак. Бишкек: Илим, 1992. 124 с.
10. Каталог определения возраста горных пород СССР радиологическим методом. Средняя Азия. Л.: ВСЕГЕИ, 1972.
11. Alekseev D.V. Late Paleozoic subductional and collisional igneous complexes in the Naryn Segment of the Middle Tien Shan (Kyrgyzstan) / D.V. Alekseev, K.E. Degtyarev, A.B. Kotov, E.B. Sal'nikova, A.A. Tret'yakov, S.Z. Yakovleva, I.V. Anisimova, K.N. Shatagin // Doklady Earth Sciences. 2009. 427. Pp. 760–763.
12. Johan De Gravea. The thermo-tectonic history of the Song-Kul plateau, Kyrgyz Tien Shan: Constraints by apatite and titanite thermochronometry and zircon U/Pb dating / Johan De Gravea, Stijn Glorie, Mikhail M. Buslov, Andrei Izmer, Alena Fournier-Carrie, Vladislav Yu. Batalev, Frank Vanhaecke, Marlina Elburg, Peter Van den haute // Gondwana Research. 2011. V. 20. Pp. 745–763.
13. Konopelko D. Hercynian postcollisional A-type granites of Kokshaal range, Southern Tien Shan, Kyrgyzstan / D. Konopelko, G. Biske, R. Seltmann, O. Eklund, B. Belyatsky // Lithos. 2007. 97. Pp. 140–160.
14. Никоноров В.В. Золото Кыргызстана. Геология. Условия локализации. Кн. 1 / В.В. Никоноров, Ю.В. Караев, Ф.И. Борисов и др. Бишкек, 2004. 271 с.
15. Соломович Л.И. Герцинский интрузивный магматизм Кыргызстана: дис. ... д-ра геол.-минерал. наук / Л.И. Соломович. Бишкек, 1996.
16. Пак Н.Т. Крупные месторождения золота в черносланцевых толщах Тянь-Шаня / Н.Т. Пак // Рудогенез. Миасс-Екатеринбург, 2008. С. 238–241.
17. Пак Н.Т. Суперкрупные месторождения золота в черносланцевых толщах Средней Азии / Н.Т. Пак, Е.А. Ивлева // Петрология и минерагения Центральной Азии. Душанбе, 2015. С. 94–101.
18. Рафаилович М.С. Крупные месторождения золота в черносланцевых толщах: условия формирования, признаки сходства / М.С. Рафаилович, М.А. Мизерная, Б.А. Дьячков. Алматы, 2011. 272 с.
19. Курбанов Н.К. Геолого-генетические модели формирования золоторудных месторождений в углеродисто-терригенных комплексах / Н.К. Курбанов // Рудоносность осадочных комплексов. Л., 1988. С. 138–147.

20. *Ивлева Е.А.* Модель формирования суперкрупного месторождения золота Кумтор Центральной Азии / Е.А. Ивлева, Н.Т. Пак // Гигантские месторождения золота Центральной Азии. Укрепление золоторудного потенциала Казахстана // Матер. межд. симп. Алматы, 2014. С. 107–110.
21. *Дженчураева Р.Д.* Золоторудные месторождения Кыргызстана / Р.Д. Дженчураева, Н.Т. Пак, В.В. Никоноров, Е.А. Ивлева. Бишкек, 2020. 494 с.
22. *Аникин С.И.* Геология и минералого-геохимические особенности золото-теллур-редкометалльного оруднения в углеродистых толщах венда Кумторского рудного поля (Срединный Тянь-Шань): дис. ... канд. геол.-минерал. наук / С.И. Аникин. Бишкек: БПИ, 1992. 250 с.
23. *Башкиров А.П.* Отчет ЗАО “Кумтор Голд Компани” о результатах работ, проведенных в 1998–2009 гг. на Кумторской лицензионной площади. Кн. 1. / А.П. Башкиров, А.Г. Шевкунов и др. Бишкек, 2010. 289 с.
24. *Шаякубов Т.Ш.* Мурунтауская сверхглубокая скважина / Т.Ш. Шаякубов, Р.В. Цой, И.М. Голованов и др. // Сов. геология. 1991. № 10. С. 10–20.
25. *Abeira A.* U-Pb and Nd isotope constraints on the evolution of the Tien Shan, Kumtor region, Kyrgyzstan [abs.] / A. Abeira, K.M. Ansdell and L. Heaman // Geological Society of America Abstracts with Programs. 2000. V. 32. № 7. Pp. A-32.
26. *Кряжев С.Г.* Генетические модели и критерии прогноза золоторудных месторождений в углеродисто-терригенных комплексах: дис. ... д-ра геол.-минерал. наук / С.Г. Кряжев. М., 2017. 288 с.
27. *Solomovich L.* 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 / L. Solomovich, B. Trifonov // Journal of Asian Earth Sciences. 2014. V. 96. Pp. 332–343.
28. *Бискэ Ю.С.* Южный Тянь-Шань: к новому геологическому синтезу // Вестник Санкт-Петербургского университета / Ю.С. Бискэ // Науки о Земле. 2018. Т. 63. Вып. 4. С. 416–462. URL: <https://doi.org/10.21638/spbu07.2018.403>.
29. *Коробейников А.Ф.* Мантийные магмо-термофлюидодинамические и внутрикоровые гранитоидно-гидротермально-матасоматические золотоносные системы / А.Ф. Коробейников // Известия Томского политехн. ун-та. 2007. Т. 311. № 1. С. 36–45 с.