DOI:10.47765/0869-7175-2023-10013

УДК 553.078:553.41
© Е. А. Ивлева, Н. Т. Пак, 2023

Этапы формирования золотого оруденения и крупные месторождения золота в Кыргызстане

В Кыргызстане имеется около 100 месторождений золота, в том числе крупные и суперкрупные. По времени их формирования выделяется несколько этапов, основными из которых являются палеозойские. Приводится краткий обзор этих этапов, геодинамическая обстановка, примеры месторождений с описанием нескольких крупных объектов.

Ключевые слова: Тянь-Шань, геодинамическая обстановка, интрузия, возраст, запасы.

ИВЛЕВА ЕЛЕНА АЛЕКСАНДРОВНА, старший научный сотрудник

ПАК НИКОЛАЙ ТИМОФЕЕВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией, paknikolay50@mail.ru

Институт геологии Национальной академии наук Кыргызской Республики, г. Бишкек

Stages of formation of gold mineralization and large gold ore deposits in Kyrgyzstan

E. A. IVLEVA, N. T. PAK

Institute of Geology, National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Bishkek.

There are about 100 gold deposits in Kyrgyzstan, including large and super large ones. According to the time of their formation, several stages are distinguished, the main of which are Paleozoic. A brief overview of these stages, the geodynamic setting, and examples of the gold deposits with description of several large objects are provided.

Key words: Tien-Shan, geodynamic setting, intrusion, age, reserve.

Кыргызстан расположен в Тянь-Шаньской горной системе, входящей в состав Урало-Монгольского складчатого пояса, а в современных трактовках в Центрально-Азиатский орогенный пояс. По особенностям геологического строения Тянь-Шань делится на Северный, Срединный и Южный Тянь-Шань, которые отделены друг от друга сутурами древних океанических палеобассейнов. На территории Кыргызстана известно множество золотых месторождений, в том числе крупных и суперкрупных (рис. 1).

В последние годы появились новые датировки возраста магматизма и рудообразования, которые позволили несколько по-иному ранжировать золотое оруденение Кыргызстана. Выделяется несколько основных этапов формирования месторождений золота.

В докембрии известны два золоторудных месторождения Джамгыр и Бекбулактор и несколько рудопроявлений, расположенных в Северном Тянь-Шане.

Месторождение Джамгыр золото-кварцевого типа находится в среднерифейских гранитоидах Бешторского комплекса. U-Pb возраст гранитов по циркону составляет 815 ± 6 млн лет, а Ar-Ar датировка мусковита из ореолов изменения золотоносных кварцевых жил в гранитах – 804 ± 3 и 805 ± 3 млн лет [9].

Месторождение Бекбулактор представляет собой минерализованную зону, сложенную золотоносными кварц-полевошпатовыми и кварц-серицитовыми метасоматитами в среднерифейских гранитоидах Оттукского массива Сарыджазского комплекса, который является аналогом вышеупомянутого Бешторского комплекса [6].

В докембрийских породах известны также несколько зон с повышенным геохимическим фоном золота, особенно в углеродистых отложениях.

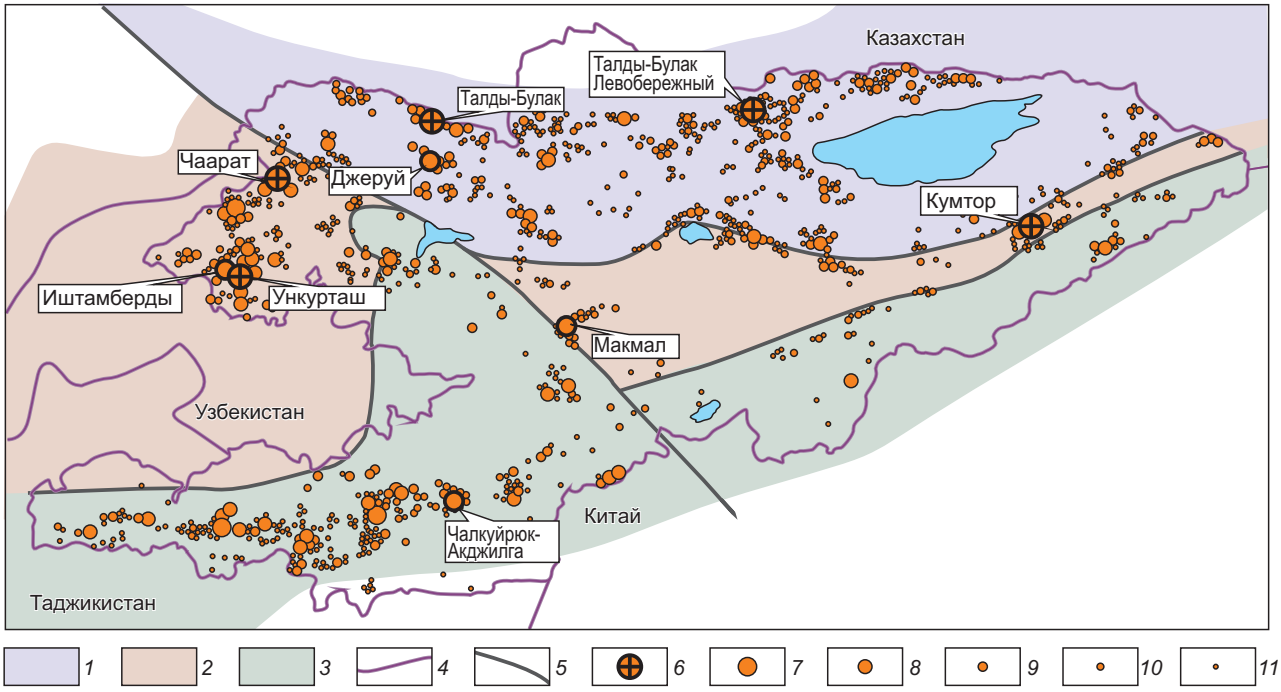


Рис. 1. Месторождения золота в Кыргызстане:

1 – Северный Тянь-Шань; *2* – Срединный Тянь-Шань; *3* – Южный Тянь-Шань; *4* – государственные границы; *5* – региональные разломы; запасы и прогнозные ресурсы (в т) : *6* – >100, *7* – 30–100, *8* – 10–30, *9* – 1–10, *10* – <1; *11* – пункты минерализации Au

Кембрий–средний ордовик (Є–O_2). Золотоносность данного этапа широко проявлена в Северном Тянь-Шане и связана с субдукционными процессами, приведшими к образованию островодужных комплексов [1, 2].

В среднем ордовике благодаря известково-щелочному островодужному магматизму была сформирована золото-медно-порфировая система, к которой приурочена большая группа месторождений в Таласском регионе. Золото-медно-порфировые месторождения размещаются, как правило, в небольших порфировых субинтрузиях и во вмещающих вулканогенно-осадочных образованиях ордовика. К ним относятся месторождения Талды-Булак (крупное), Андаш, Узунбулак, Каракол и др. К золото-медно-порфировой системе приурочены также скарновые месторождения (Тохтонысай, Акташ и др.). Особо в островодужной обстановке сформированы крупное золото-кварцевое месторождение Джеруй и ряд других месторождений и рудопроявлений [3]. Все эти месторождения принадлежат к порфировой мантийно-коровой рудообразующей системе с комбинированными источниками рудного вещества.

Месторождение Талды-Булак является типичным медно-порфировым объектом, сформированным в островодужной обстановке. Ведущую роль на месторождении играет золото, запасы и ресурсы которого оцениваются в 250 т золота при среднем содержании 0,64 г/т и 750 тыс. т меди. Месторождение приурочено к ордовикскому штоку монцодиорит-порфиров, прорывающему породы нижнего ордовика. Абсолютный возраст штока по циркону (данные Schloderer, J. в отчёте для компании Gold Fileds Ltd., 2009) составляет 467–473 млн лет. Вмещающие породы представлены туфоалевролитами, аргиллитами, туфопесчаниками и гравелитами (рис. 2), среди них в подчинённом количестве отмечены горизонты и линзы туфов, андезитовых порфиритов, реже базальтовых порфиритов.

Монцодиорит-порфиры содержат в себе многочисленные ороговикованные ксенолиты вмещающих пород размером от первых сантиметров до 120 м в поперечнике. Их количество возрастает

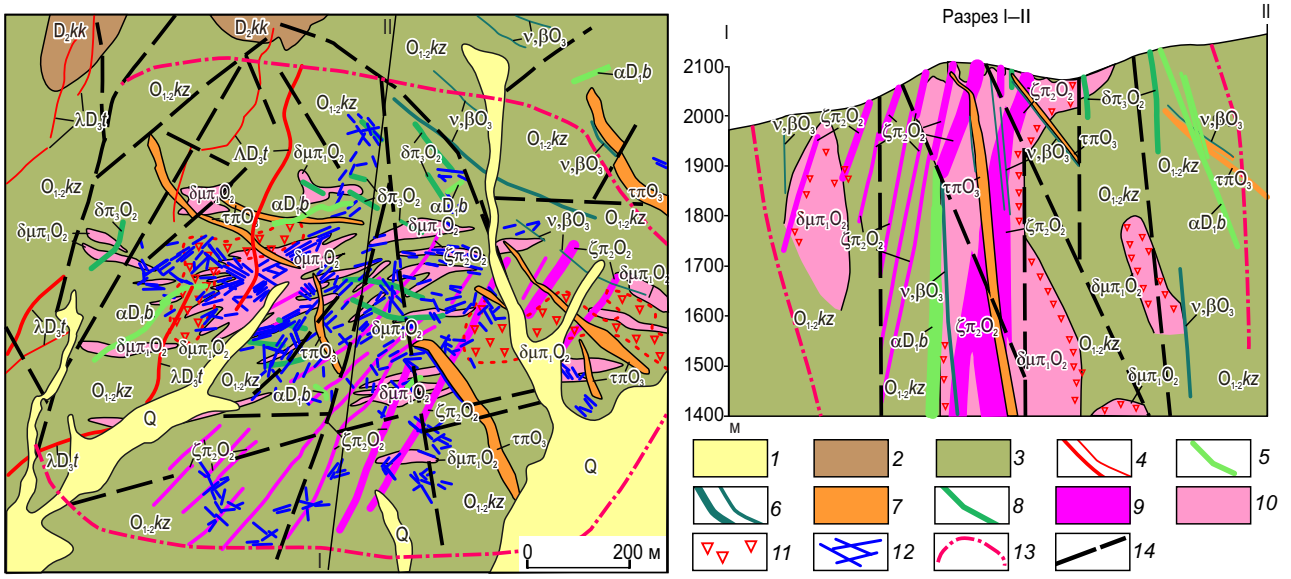


Рис. 2. Схематическая геологическая карта месторождения Талды-Булак. *По данным Gold Fileds Ltd., 2009*:

1 – четвертичные отложения (Q); *2* – каракольская свита: конгломераты, гравелиты, песчаники (D_2kk); *3* – кызылкайнарская свита: алевролиты, песчаники, туфопесчаники, туфоалевролиты ($Q_{1-2}kz$); *4* – талдысуйский субвулканический комплекс: риолит-порфиры, микрограниты, граниты, аплиты (λD_3t); *5* – баркольский субвулканический комплекс: андезитовые порфириты (αD_1b); талдыбулакский субвулканический комплекс: *6* – габбро-диабазы, диабазовые порфириты ($\nu, \beta O_3$); *7* – трахиты, трахит-порфиры ($\tau\pi O_3$); алмалинский субвулканический комплекс, фазы: *8* – третья: диоритовые и монцодиоритовые порфириты и микрограниты ($\delta\pi_3O_2$), *9* – вторая: дайки дацит-порфиров ($\zeta\pi_2O_2$), *10* – первая: шток и дайки монцодиорит-порфиров ($\delta\mu\pi_1O_2$); *11* – брекчии разные; *12* – штокверки рудоносных кварцевых прожилков; *13* – контуры порфировой рудоносной зоны; *14* – разрывные нарушения

до 80% ближе к контактам с вмещающими породами и в апикальных частях апофиз штока. В центральной части штока количество ксенолитов уменьшается до 5–7% от общего объёма породы. Породы штока вблизи ксенолитов и контактов с вмещающими породами становятся более порфировидными, а базис – более мелкозернистым; размеры же и количество порфировых вкрапленников крайне изменчивы. Эта резко выраженная неоднородность является одной из характерных черт этого штока монцодиорит-порфиров. В апикальных частях штока сформированы эруптивные брекчии [3].

Оруденение развито в прожилковой зоне окварцевания, приуроченной к эруптивным брекчиям и метасоматитам в монцодиоритах. На месторождении отчётливо проявлена гидротермально-метасоматическая зональность. Самую внешнюю зону изменений слагают аргиллизиты, затем следуют альбит-хлорит-эпидотовые с серицитом пропилиты и филлизиты. Во внутренней части интрузии встречаются кварц-калишпатовые метасоматиты, на которые наложены пропилиты альбит-хлорит-эпидотовой фации. Помимо этого на месторождении наблюдаются кварц-турмалиновые прожилки и зоны кварц-турмалиновых метасоматитов, которые пространственно тяготеют к приконтактовым частям интрузии, апикальным частям её даек-апофиз и служат цементом в эруптивных брекчиях.

Рудная минерализация, развитая в штокверковой прожилковой зоне окварцевания и приуроченная к эруптивным брекчиям и метасоматитам, занимает центральную часть в штокообразном теле монцодиоритов. Зона окварцевания сложена крутопадающими прожилками и жилами серого кварца мощностью до 10 см. Общая масса прожилков составляет 3–7%. Рудная минерализация находится в прямой зависимости от степени окварцевания. Текстуры руд – вкрапленная, прожилково-

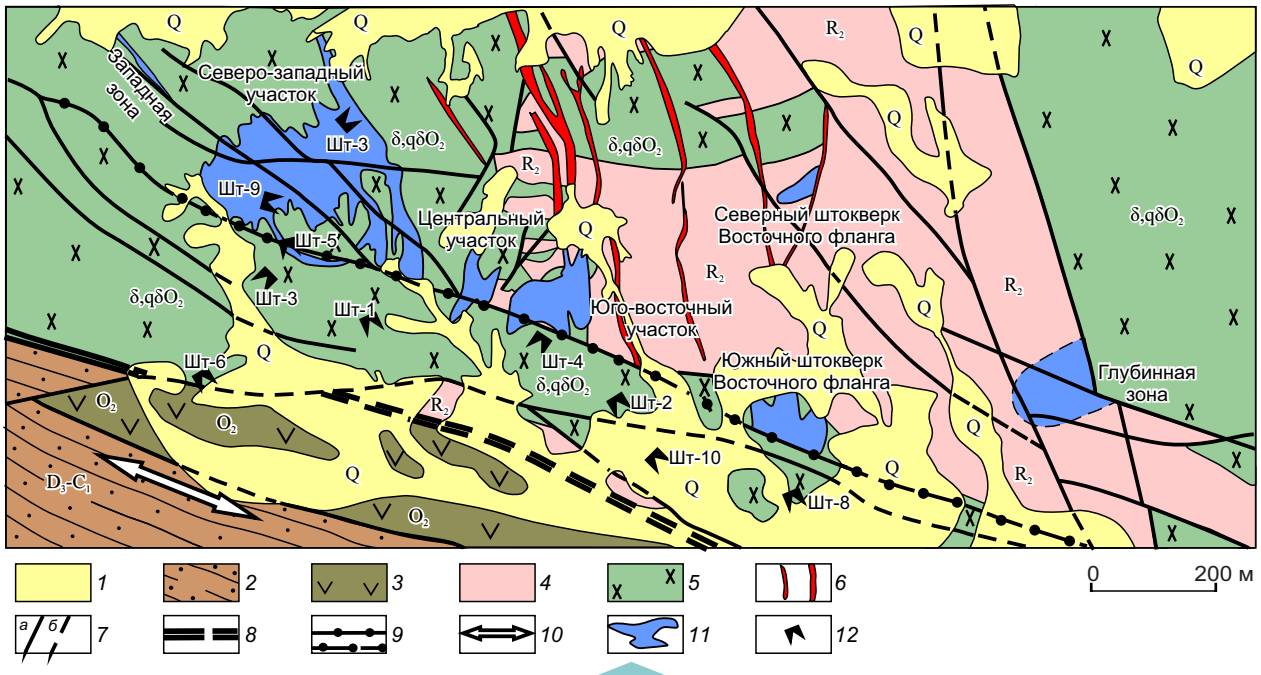


Рис. 3. Схематическая карта месторождения Джеруй. *Составлена с использованием материалов Джеруйской ГРП*:

1 – четвертичные отложения: глины, щебни, суглинки (Q); *2* – алевролиты, песчаники, туфопесчаники (D_3–C_1); *3* – туфы андезитовых порфиритов, туффиты, кремни (O_2); *4* – кварц-слюдистые сланцы, мраморы, парагнейсы, мигматиты, кварцитовидные песчаники (R_2); *5* – джеруйский комплекс: диориты, кварцевые диориты, монцониты (δ, qδ O_2); *6* – дайки разного состава; *7* – тектонические нарушения: *а* – видимые, *б* – предполагаемые; *8* – северный краевой разлом Ичкелетау-Сусамырской тектонической зоны; *9* – рудоконтролирующий разлом; *10* – Ичкелетау-Сусамырская тектоническая зона; *11* – золоторудные тела; *12* – штольни

вкрапленная, прожилковая. Главные рудные минералы представлены золотом, халькопиритом, молибденитом, хризоколлой, малахитом, азуритом, реже встречаются борнит, халькозин, сфалерит, лимонит. Золото в основном содержится в халькопирите, реже встречается самородное золото в кварцевых жилах и в зоне аргиллизации. Содержание золота на месторождении составляет от 0,04 до 1,5 г/т, меди от 0,13 до 0,4 %, молибдена от следов до 0,17 %.

Месторождение Джеруй было сформировано на окраине островной дуги в среднем ордовике и, вероятно, поэтому является не совсем типичным для порфировых систем. Оно относится к золото-кварцевому типу и имеет запасы золота около 90 т при среднем содержании 6,5 г/т. В строении месторождения (рис. 3) принимают участие породы ортотауской свиты (R_2or), представленные кварцево-слюдистыми гнейсами, мигматитами, известковистыми сланцами. Они прорываются кварцевыми диоритами и монцодиоритами, имеющими U-Pb возраст (O_2) по циркону 462,2–466,9 млн лет [7], и серией разновозрастных даек различного состава.

На месторождении широко развиты метасоматически изменённые породы. На контакте диоритов с вмещающими породами наряду с ороговикованием проявлены процессы скарнирования. На контакте с известняками и мраморами формируются известковые скарны и скарнированные породы с гранатом, реже с пироксеном. По доломитам образуются магнезиальные скарны, а впоследствии по ним развиваются серпентинизация и флогопитизация. Среди метасоматических околорудных золотоносных образований выделяются две основные разновидности: кварц-калишпатовые метасоматиты и березиты. Наибольшую распространённость получили процессы березитизации – от слабопроявленной степени до сильной переработки вплоть до развития внутренних зон березитов, состоящих полностью из кварца. Березитизация затрагивает в основном интрузивные

тела: кварцевые диориты, монцодиориты и др., реже вмещающие породы: гнейсы, сланцы и др.

Оруденение на месторождении сосредоточено на нескольких участках, вытянутых цепочковидно в северо-западном направлении на два километра. Участки представляют собой конусообразные перевёрнутые и трубообразные штокверковые тела, сложенные сетью золотоносных кварцевых жил, прожилков и зонами окварцевания, сопровождающихся кварц-калишпатовыми метасоматитами и березитами. Большая часть штокверков находится в пределах интрузивных пород – кварцевых диоритов и монцодиоритов, но на отдельных участках штокверки располагаются и во вмещающих терригенно-карбонатных породах. Наибольшее практическое значение имеет Северо-Западный участок, содержащий около 90% запасов золота.

Основной промышленный компонент – золото. Оно находится в самородном виде и относительно равномерно распределено в рудном кварце в виде тонкой вкрапленности размерами от 0,001 до 0,2 мм. Количество сульфидов составляет всего 1–2%. Они весьма разнообразны и представлены висмутином, пиритом, галенитом, халькопиритом, арсенопиритом, тетрадимитом, пирротином. Среди рудных минералов встречаются также сульфосоли висмута, свинцово-сурьмяные сульфосоли, теллуриды.

Поздний ордовик–силур (O_3–S). Этот этап в Северном Тянь-Шане характеризуется внедрением крупных коллизионных гранитоидных батолитов (O_3) и более мелких постколлизионных интрузий лейкогранитов, сиенитов и монцонитов (S). Золотая минерализация, связанная с этими интрузиями, концентрируется в основном в Актюз-Боординском рудном районе, Кунгейском хребте, реже встречаются мелкие рудопроявления в Кыргызском хребте.

Месторождение Талды-Булак Левобережный является самым крупным месторождением этого возрастного интервала с запасами до 130 т золота при средних содержаниях 6–7 г/т. Оно характеризуется многостадийным развитием, но основное промышленное оруденение было сформировано в условиях постколлизионной активизации в силурийское время. В строении месторождения участвуют докембрийские метаморфические породы: амфиболиты, биотит-амфиболовые и хлорит-амфиболовые сланцы, мигматиты, слюдистые сланцы и гнейсы и др. Метаморфические породы прорываются дайками, мелкими штоками и силлами монцодиоритов, U-Pb возраст которых по циркону составляет 440 млн лет (S), и палеогеновыми дайками долеритов. Считается, что силурийские интрузивные породы являются материнскими для золоторудной минерализации, Re-Os возраст золотоносного пирита на месторождении составляет 434 млн лет [12].

Золотое оруденение располагается в крупной зоне смятия, общей мощностью более 700 м. Зона смятия представляет собой хаотичное нагромождение обломков различных пород: сланцев, амфиболитов, гнейсов и др. В этой зоне выделяются три локальные зоны дробления: Нижняя, Средняя и Верхняя. Основное промышленное оруденение приурочено к Нижней зоне, а верхи рудных залежей размещаются в средней зоне дробления. Рудные тела не имеют чётких границ, представлены сульфидной вкрапленной и прожилково-вкрапленной минерализацией. Наблюдаются две системы рудных тел – крутопадающие и пологие. Система пологих рудных тел имеет главное значение, рудные тела этой системы пластообразные и в целом субсогласны элементам зоны смятия. Система крутопадающих тел имеет резко подчинённое значение, она контролируется в основном разрывными структурами. Золото-сульфидное вкрапленное оруденение тяготеет к кровле зоны смятия и часто контролируется кварц-турмалиновыми жилами, которые имеют единый структурный план со штоками и дайками монцодиоритов.

На месторождении развиты интенсивные метасоматические изменения. Березитизация затрагивает интрузивные образования, сланцы, гнейсы, мигматиты, а по амфиболитам развивается лиственитизация. Затем образовались кварц-турмалиновые метасоматиты с золото-пирит-халькопиритовой минерализацией. Далее формировались кварцевые, кварц-турмалиновые прожилки с интенсивной сульфидной минерализацией. Закончился процесс отложением безрудных кварцевых и карбонатных прожилков. В рудах месторождения содержание сульфидов достигает 12–15%. Наиболее распространённый минерал – пирит, это главный минерал-концентратор золота. Гораздо в меньших количествах встречаются халькопирит, пирротин, арсенопирит, галенит, сфалерит, молибденит и другие рудные минералы

Девон–карбон (D–C). Золотое оруденение этого возраста наиболее развито в Срединном

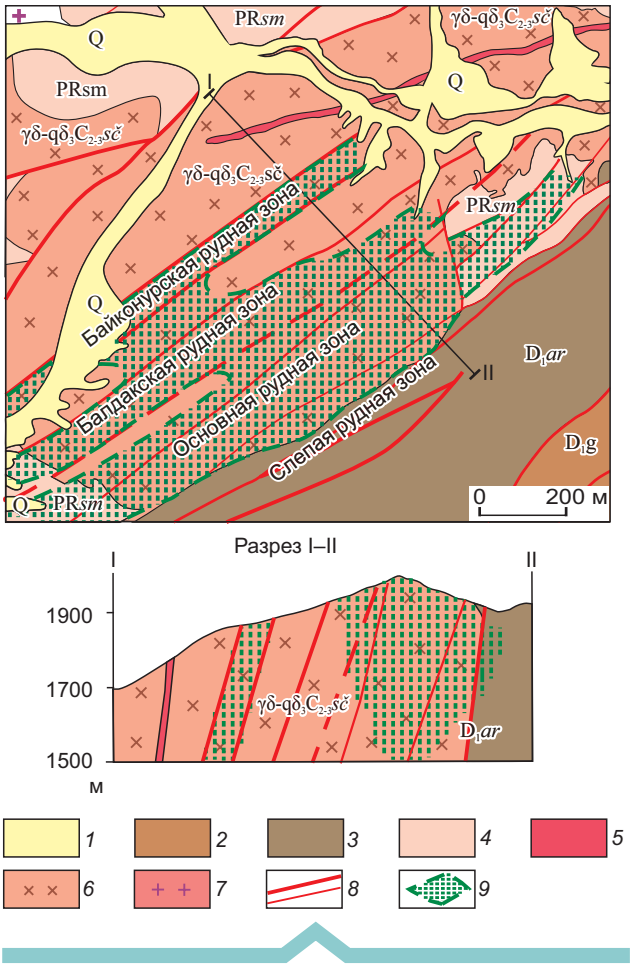


Рис. 4. Схематическая карта месторождения Ункурташ [11]:

1 – четвертичные отложения (Q); *2* – живетский ярус: алевролиты, известняки, с прослоями мергелей, глинистых сланцев, доломитов и известняков (D_1g); *3* – арчаконушская свита: андезиты, трахидациты, и их туфы, конгломераты, песчаники (D_1ar); *4* – семизсайская свита: метаморфические породы (PR*sm*); сандалаш-чаткальский комплекс: *5* – кварцевые диорит-порфириты, гранит-порфиры ($q\delta\pi$-$\gamma\pi C_{2-3}s\check{c}$), *6* – гранодиориты, кварцевые диориты ($\gamma\delta$-$q\delta_3C_{2-3}s\check{c}$); *7* – зексайский комплекс: гранодиориты, тоналиты ($\gamma\delta C_1z$); *8* – разломы; *9* – рудная зона

(Чаткальский регион), реже в Северном и Южном Тянь-Шане (Туркестано-Алай).

В Северном Тянь-Шане в этот период сформировался ряд месторождений и рудопроявлений в обстановке активной континентальной окраины – Мироновское (D_2), Куранджайляу (C_2) и др.

В Срединном Тянь-Шане наиболее богатое золотое оруденение формировалось при субдукционных процессах в Бельтау-Кураминском окраинно-континентальном вулкано-плутоническом комплексе, где в золотообразующей системе выделяются два типа месторождений: плутоногенные и вулканогенные. Для плутоногенных месторождений карбонового возраста наиболее характерна золото-медно-сульфидная минерализация в скарнах (Бозымчак, Каратюбе, Куру-Тегерек, Сулу-Тегерек и др.), золото-кварцевая и золото-сульфидно-кварцевая минерализация в метасоматически переработанных гранитоидах (Ункурташ, Андагул), золото-сульфидно-кварцевая и золото-сульфидная во вмещающих их породах (Иштамберды, Джалама и др.). Вулканогенная золоторудная минерализация на территории Кыргызстана проявлена слабо, известны лишь мелкие месторождения золота в вулканитах девона и карбона (Кызылташ и др.).

Месторождение Ункурташ имеет запасы и ресурсы 150 т золота при среднем содержании 2–3 г/т. Золотое оруденение находится в гранодиоритах Андагульского массива, имеющего возраст по циркону 306,9 ± 2,3 [8] и 305,1 ± 2,7 млн лет [11] и прорывающего кристаллические сланцы, гнейсы, амфиболиты семизсайской свиты (PR_1?) и алевролиты, туфопесчаники, туфы дацитов арчаконушской свиты (D_1). Гранодиориты секутся несколькими разломами северо-восточного простирания, вдоль которых развиты гидротермальные изменения: калишпатизация, окварцевание, каолинизация, березитизация, пропилитизация.

На месторождении выделены 4 зоны с промышленной золоторудной минерализацией между этими разломами (рис. 4). В случаях сопровождения гидротермальных изменений вкрапленностью мелкокристаллического пирита содержания золота в породе могут достигать 5–7 г/т. Без пирита и прожилкового окварцевания содержания золота не превышают 1,0–1,5 г/т. В гранодиоритах, не затронутых процессами метасоматоза, даже с вкрапленностью крупнокристаллического пирита содержание золота не достигает промышленных параметров, рядовые же содержания обычно не превышают первых десятых долей г/т. Рудные тела представляет собой систему золотоносных кварцевых и кварц-полевошпатовых метасоматических прожилков с сульфидами, выполняющих субпараллельные или ветвящиеся трещины (см. рис. 4). Строение жил и прожилков зональное: центральная часть обычно выполнена светло-серым кварцем, нередко с тонкими прожилками

мелкокристаллического пирита, краевые части – розовым калишпатом. Границы зон расплывчатые. Мелкие прожилки могут не содержать кварцевой сердцевины, а состоять только из калишпата. Протяжённость отдельных прожилков и жил достигает десятка метров, мощность от миллиметров до 0,5 м. Основная часть золота связана с такими жилами и прожилками, но повышенные содержания обнаруживаются и вне таких жил. Прожилкованию подвергнуты не только гранодиориты, но и сланцы семизсайской свиты, реже породы девона.

В совокупности рудные тела слагают минерализованные зоны, которые все вместе образуют крупное штокверкообразное тело. Наиболее мощной и богатой является минерализованная зона «Основная». Её протяжённость составляет 1150 м, мощность – 100–200 м, длина по падению прослежена до 600 м. Верхняя часть месторождения состоит из зоны окисленных руд мощностью от 20 до 50 м, а по зонам тектонических нарушений граница распространения зоны окисления опускается до глубин 50–80 м.

В целом по минеральному составу руды на месторождении относятся к золото-кварцевому малосульфидному типу. Рудные минералы представлены золотом, пиритом, молибденитом, арсенопиритом, антимонитом, шеелитом и др. Выделяются две основные золотосодержащие минеральные ассоциации: ранняя золото-арсенопиритовая и поздняя золото-кварцевая. Последняя – наиболее продуктивная на месторождении. В небольших количествах золото наблюдается также в кварц-молибденитовой ассоциации. Рудная минерализация образует прожилково-вкрапленные руды, реже пятнистые текстуры. Золото самородное, размеры золотин мелкие (0,1–0,9 мм) и пылевидные (0,1–0,05 мм), в основном менее 0,25 мм, но иногда встречаются до 2 мм.

В Южном Тянь-Шане имеется лишь несколько золоторудных объектов приуроченных к малым гранитоидным интрузиям карбона и андезито-базальтам ($D–C_1$).

Пермь–ранний триас ($P–T_1$). В этот интервал на всей территории Тянь-Шаня происходили коллизионные процессы, связанные с закрытием Палеоазиатского океана и последующей постколлизионной тектоно-магматической активизацией на всей территории Тянь-Шаня. На этом этапе образовалось большое количество разнообразных золоторудных месторождений в Срединном и Южном Тянь-Шане, гораздо реже в Северном Тянь-Шане.

Наиболее крупным месторождением пермского возраста в Северном Тянь-Шане является золото-кварцевое малосульфидное месторождение Солтон-Сары.

В Срединном Тянь-Шане известен ряд крупных месторождений и рудопроявлений, связанный с постколлизионными процессами. Благодаря ремобилизации рудного вещества из вмещающих черносланцевых толщ и привносу золотосодержащих гидротерм с глубины в это время в Срединном Тянь-Шане было сформировано гигантское месторождение Кумтор. Возраст гранитной интрузии, вскрытой скважиной в районе месторождения, составляет 292 ± 3 млн лет [4], а возраст околорудного серицита 284–288 млн лет [10]. Наиболее крупными объектами в скарнах на контакте с пермскими интрузиями являются месторождения Макмал с запасами золота 80 т и Кумбель.

Месторождение Кумтор относится к суперкрупным месторождениям золота в чёрных сланцах (рис. 5). Золотое оруденение на месторождении является полигенным и полихронным, но пермский этап постколлизионной тектоно-магматической активизации явился основным для формирования промышленного оруденения золота. Главная особенность геологической структуры Кумторского рудного поля – многочисленные шарьяжи, по которым древние породы надвинуты на более молодые. Нижнепротерозойские метаморфические породы совместно с древними гранитоидами надвинуты на верхнерифейские метаэффузивы, зеленокаменные толщи и метапесчаники, а они, в свою очередь, по пологому надвигу надвинуты на вендские толщи и отложения кембрия–ордовика, под которыми под другим надвигом вскрываются терригенные каменноугольные отложения. Среди многочисленных надвигов в районе выделяется Кумторский надвиг, являющийся рудоконтролирующим.

Золотая минерализация концентрируется в рудоносной зоне, вытянутой вдоль Кумторского надвига почти на 20 км. Эту зону принято делить на несколько участков. С поверхности участки разделены ледниками, под которыми рудоносная зона практически не изучена. Наиболее богатыми участками являются: Центральный (см. рис. 5, А), Юго-Западный, Сарытор и Северо-Восточный (см. рис. 5, Б). Эти участки расположены рядом

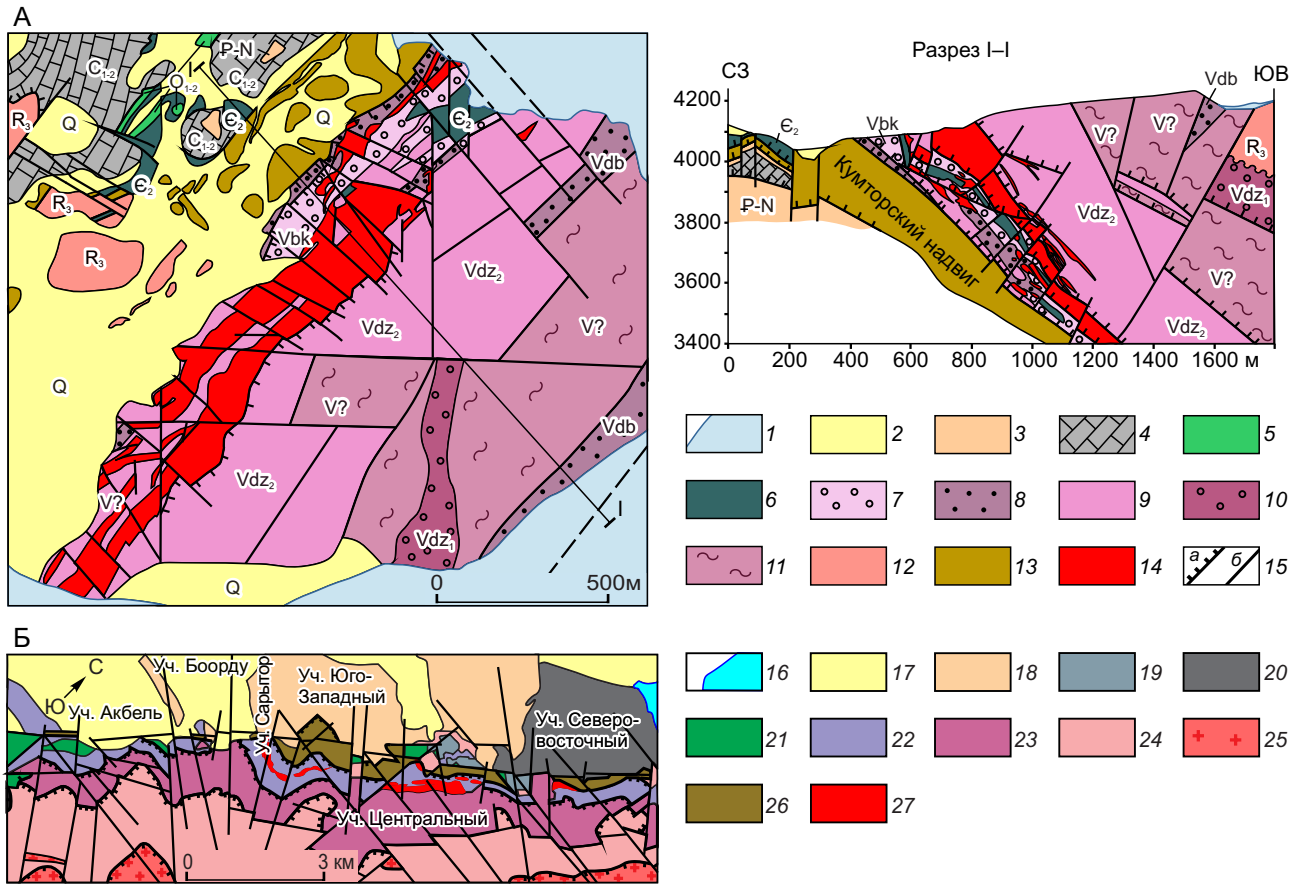


Рис. 5. Схематические карты участка Центральный месторождения Кумтор (А) и Кумторского рудного поля (Б). *По материалам Кумтор Оперейтинг Компани*:

А: *1* – ледники; *2* – морены и коллювий (Q); *3* – глины палеогена–неогена (₽–N); *4* – известняки (C_{1-2}); *5* – алевролиты (O_{1-2}); *6* – чёрные кремни и известняки ($Є_2$); *7* – верхние диамикты (Vbk); *8* – углистые филлиты с пиритом (Vdb); *9* – филлиты, карбонатно-терригенные ритмы (Vdz_2); *10* – нижние диамикты (тиллиты) (Vdz_1); *11* – кристаллические сланцы (V?); *12* – метариолиты (R_3); *13* – зона альпийских тектонитов; *14* – рудоносная зона; *15* – тектонические нарушения: *а* – надвиги, *б* – прочие разломы; Б: *16* – озеро; *17* – четвертичные отложения; *18* – глины, конгломераты, брекчии (₽–N); *19* – известняки (C_{1-2}); *20* – алевролиты, песчаники (C_1); *21* – алевролиты (O_{1-2}), лидиты, чёрные кремни (Є–O_1); *22* – рудовмещающие тиллитоподобные конгломераты, филлиты (V–Є); *23* – тиллитоподобные конгломераты, филлиты (V); *24* – аркозы, туфы, базальты, риолиты (R_3–V); *25* – граниты, диориты (R_2); *26* – альпийский тектонический меланж; *27* – зона оруденения, выходящая на поверхность

друг с другом и содержат основную часть разведанных запасов золота месторождения Кумтор. Разработка месторождения Кумтор начиналась с участка «Центральный» (см. рис. 5, А), запасы по которому составляли 717 т при среднем содержании 4,4 г/т. [5]. На данный момент добыто около 420 т золота. В последнее десятилетие запасы и ресурсы на месторождении Кумтор увеличены до 1000 т, во многом благодаря разведке соседних участков.

Рудные тела на месторождении находятся в висячем боку Кумторского надвига, сложенного породами джетымской серии венда: алевролитами, тиллоидами, углеродистыми и кремнистыми сланцами, филлитами, ритмитами карбонат-сланцевого состава (см. рис. 5). В лежачем боку Кумторского надвига находятся мелкие глыбы известняков и кремней нижнего палеозоя и песчаники нижнего карбона, которые в свою очередь надвинуты на палеоген-неогеновые отложения.

Кумторский надвиг выражен мощной (100–250 м) зоной дробления, будинажа и лимонитизации пород, возникшей на месте более древнего надвига и неоднократно возобновлявшийся в позднегерцинское и альпийское время. Рудные тела образуют штокверки и минерализованные зоны преимущественно в углеродсодержащих породах с рассеянной пиритовой минерализацией. На месторождении широко проявлены гидротермальные изменения пород, здесь выделяются четыре этапа формирования метасоматических пород: дорудный, предрудный, рудный и пострудный. Золотая минерализация, образованная в рудный этап, сопровождается кварц-альбит-калишпат-карбонатными, кварц-калишпат-карбонатными и кварц-карбонатными метасоматитами. Совмещение в пространстве этих метасоматитов даёт наиболее богатое оруденение. Месторождение относится золото-сульфидному типу. Около 90% всего золота приурочены к гидротермальному пириту, остальное находится в кварце, карбонате, полевом шпате, шеелите. В метасоматитах золотоносный пирит развит в виде гнёзд, прожилков и вкрапленности. Золото в рудах находится в самородном, тонкодисперсном виде и в форме теллуридов золота. Перспективы всего Кумторского рудного поля нами оцениваются в 2000 т золота.

В Чаткальском секторе Срединного Тянь-Шаня большее значение имеют золото-антимонитовые месторождения. На некоторых из них выявлена связь оруденения с пермскими интрузивными комплексами (сиенитами, диоритами, гранитами) (крупное месторождение Чаарат, Тереккан и др.), на других интрузивные тела этого возраста не обнаружены (Терек, Кассан, Чапчама).

На ***месторождении Чаарат*** запасы и ресурсы золота составляют более 140 т, при среднем содержании 4,2 г/т. Вторым по значимости металлом является сурьма, запасы которой составляют 240 т. В строении месторождения принимают участие породы сандалашской серии: кремни, доломиты, известняки чакмакской свиты (Є) и песчаники с прослоями кремней, алевролитов чааратской свиты (O_1), а также аркозовые и кварцевые песчаники тюлькубашской свиты (D_{2-3}). Породы узкими полосами вытянуты в северо-восточном направлении, отделены друг от друга разломами и имеют крутое северо-западное падение. На северо-востоке месторождения обнажаются диориты чалмансайского комплекса (Р), с которым связывается образование месторождения. Породы этого комплекса представлены в основном дайками и небольшими вытянутыми телами диоритов, реже гранодиоритов и сиенитов. Наиболее крупное тело диоритов этого комплекса расположено в северо-восточной части месторождения Чаарат в виде вытянутого тела протяжённостью около одного километра. В диоритах вдоль разломов субширотного и субмеридионального простирания имеются зоны дробления, в которых отмечается окварцевание, калишпатизация, хлоритизация и березитизация пород. В окварцованных и березитизированных диоритах часто присутствует рудная минерализация, представленная арсенопиритом, пиритом, антимонитом, пирротином, реже молибденитом. В таких породах установлены и значимые содержания золота.

Определяющую роль в рудолокализации на месторождении играют разрывные структуры надвигового или взбросо-надвигового характера. Швы этих разломов сопровождаются аргиллизацией, березитизацией и осветлением вмещающих стратифицированных толщ. Все без исключения рудные зоны приурочены к зонам дробления и милонитизации пород. Протяжённость зон минерализации до 6 км при мощности 120–160 м. Глубина рудных зон прослежена до 600 м. На месторождении выделены три наиболее крупные рудные зоны (Основная, Контактовая, Северная) и ряд более мелких рудных тел, при этом для Основной рудной зоны характерен золото-антимонит-арсенопиритовый тип оруденения, для Контактовой зоны – халькопирит-арсенопирит-антимонитовый золотосодержащий тип и для Северной зоны – антимонит-кварцевый золотосодержащий тип.

По минеральному составу руды относятся к кварц-золото-сульфидному типу. Рудные минералы представлены золотом, арсенопиритом, антимонитом, скородитом, марказитом, пиритом, гидроксидами железа, реже отмечаются халькопирит, сфалерит, блёклые руды, буланжерит, галенит и шеелит. Золото встречается в арсенопирите, кварце и редко в пирите. Оно представлено двумя разновидностями: видимым (мелким и пылевидным) и тонкодисперсным.

Большая часть известных в Южном Тянь-Шане промышленных золоторудных месторождений образовались в пермское время, и основная их часть сосредоточена в Туркестано-Алайском секторе. Чаще всего месторождения приурочены к эндо- и экзоконтактовым зонам (в том числе скарнам) вокруг гранитоидных и сиенит-монцонитоидных

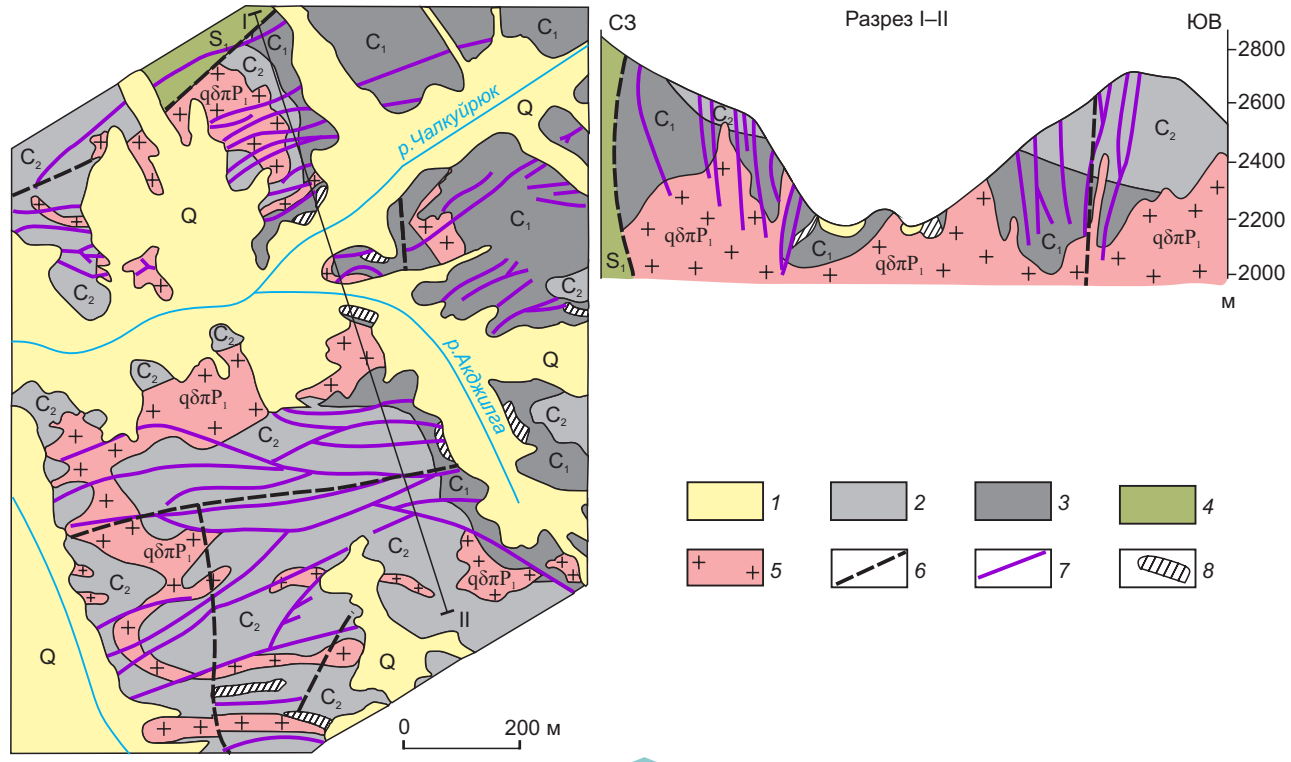


Рис. 6. Схематическая геологическая карта месторождения Чалкуйрук-Акджилга [5]:

1 – четвертичные отложения (Q); *2* – конгломераты вулканомиктовые (C_2); *3* – алевролиты с прослоями и глыбами известняков, олистостромовый горизонт (C_1); *4* – сланцы углеродистые (S_1); *5* – кварцевые диоритовые порфириты ($q\delta\pi P_1$); *6* – разрывные нарушения; *7* – кварц-карбонатные жилы с полисульфидной минерализацией; *8* – скарновые залежи

массивов, прорывающих карбонатно-терригенные, реже вулканогенные и углеродистые толщи среднего–позднего палеозоя (месторождения Алтын-Джилга, Ничкесу, Апрельское, Караказык, Джангарт и др.). На крупном месторождении Чалкуйрук-Акджилга золото содержится в кварц-карбонатных жилах и в скарнах.

Месторождение Чалкуйрук-Акджилга является крупнейшим в Туркестано-Алайском регионе. Запасы золота на нём составляют 112 т при среднем содержании 5,75 г/т. В геологическом строении месторождения принимают участие сланцево-алевролитовые толщи с прослоями и линзами известняков (C_1) и несогласно перекрывающие их конгломераты (C_2). Осадочные породы прорваны большим количеством мелких интрузивных тел (рис. 6), представленных штокообразными и дайковыми телами кварцевых диоритов, порфиритов и гранодиоритов чалкуйрюкского комплекса (P_1). Контакты интрузивных пород сопровождаются роговиками и гранат-эпидот-пироксеновыми скарнами. Осадочные и интрузивные породы разбиты большим количеством субширотных и северо-восточных разломов, по которым развиты кварц-карбонатные жилы [3].

Рудные тела месторождения представлены крутопадающими жилами и скарново-рудными залежами, протяжённость которых составляет десятки метров при мощности до одного метра. Основную роль в локализации оруденения на месторождении играют крутопадающие разрывные нарушения субширотного простирания, выполненные кварц-карбонатными жилами с преобладанием карбонатной составляющей. Жилы несут неравномерную, иногда очень богатую, сульфидную минерализацию. Золотая минерализация отмечается также в скарнах. В общей сложности на месторождении выявлены более 150 кварц-карбонатных жил и скарновых залежей. Однако только 9 кварц-карбонатных жил на сегодняшний день

имеют практическое значение. Наиболее крупные жилы и скарновые тела имеют протяжённость 45–1500 м при мощности 0,1–2,2 м. Для рудных тел характерно неравномерное распределение мышьяковых и кобальтсодержащих минералов. В зависимости от преобладания этих минералов жилы делятся на арсенопиритовые и кобальтсодержащие. Руды – золото-сульфидные, на отдельных участках с промышленными скоплениями и содержаниями кобальта присутствуют теллуриды золота. Содержание золота в жилах неравномерное и колеблется от десятых долей до 19,5 г/т, в обогащённых гнездах содержание достигает 40–90 г/т, в единичных линзах с арсенидами кобальта золота может быть более 2000,0 г/т. На месторождении обнаружено большое количество разнообразных рудных минералов, среди которых преобладают сульфиды. Главные рудные минералы: пирротин, арсенопирит, пирит, скородит; второстепенные: саффлорит, данаит, тетрадимит, сильванит, эритрин, калаверит, леллингит, халькопирит; редкие: скуттерудит, висмут, фармаколит, станнин, сфалерит, галенит, борнит, антимонит, джемсонит. По всем жилам с поверхности развита зона окисления, представленная глинисто-лимонитовой массой.

Небольшая группа месторождений в Южном Тянь-Шане располагается в метаморфических сланцах нижнего палеозоя прорванных пермскими интрузиями (Тохтазан, Акджол, Курпсай). На этих месторождениях развито золото-кварцевое, золото-сульфидное, золото-сульфидно-сульфосольное, золото-редкометалльное и золото-сурьмяно-полиметаллическое оруденение. Существует также ряд месторождений, которые оторваны от породивших их интрузий на большие расстояния, такие месторождения часто находятся среди среднепалеозойских терригенных и карбонатных отложений и контролируются крупными зонами разломов (месторождения Савоярды, Иркеташ, Каракала и др.). Иногда золото-сурьмяная минерализация развивается в меж- и внутриформационных джаспероидных залежах (месторождение Абшир). В Атбаши-Кокшальском секторе Южного Тянь-Шаня наиболее значимыми месторождениями являются кварц-сульфидные жильные месторождения Джангарт и Тоголок и скарновое месторождение Каратор.

Юра–мел (J–K). Для этого этапа известно лишь несколько небольших коренных проявлений золота в Южном Тянь-Шане: в Ферганском, Алайском и Заалайском хребтах. Это либо кварцевые жилы с сульфидами, либо окварцованные и сульфидизированные зоны дробления среди юрских и меловых отложений [5].

Выводы. Металлогения золота Кыргызстана определяется сложным и многоэтапным геодинамическим развитием территории. На такой ограниченной площади (0,2 млн км^2) сформировано многочисленное разнотипное, разновременное (начиная с докембрия и кончая мезозоем) золотое оруденение в связи с различными геодинамическими процессами: субдукционными, коллизионными, а также с внутриплитной тектоно-магматической активизацией.

Выделение докембрийского этапа является новым в металлогении золота Кыргызстана. Наиболее продуктивным на золото был палеозойский интервал, в котором сосредоточены основные запасы золота Кыргызстана (см. таблицу). Однако

Типизация крупных месторождений золота Кыргызстана

Геодинамические обстановки, возраст	Золото-медно-порфировые	В парагенезисе с интрузиями	В осадочных и метаморфических толщах
Островодужные обстановки раннего палеозоя	Талды-Булак	Джеруй	
Внутриплитная активизация среднего палеозоя		Талдыбулак Левобережный	
Активные континентальные окраины среднего палеозоя		Ункурташ	Иштамберды
Пермская внутриплитная тектоно-магматическая активизация		Макмал, Чалкуйрюк-Акджилга	Чаарат, Кумтор

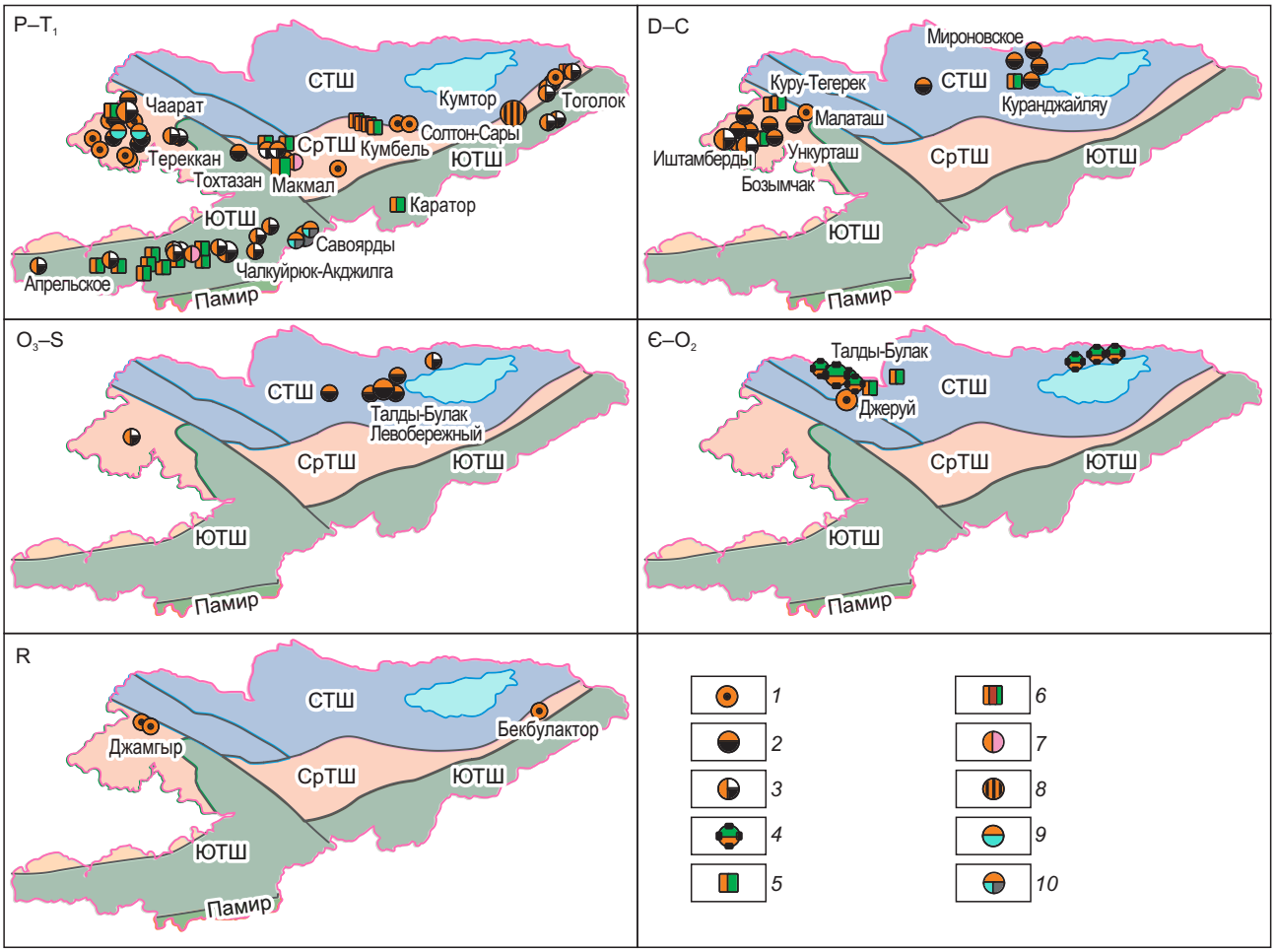


Рис. 7. Этапы формирования золоторудных месторождений Кыргызстана:

1 – золото-кварцевые; *2* – золото-сульфидные; *3* – золото-сульфидно-кварцевые; *4* – золото-медно-порфировые; *5* – золото-медные в скарнах; *6* – золото-медно-вольфрамовые в скарнах; *7* – золото-вольфрамовые; *8* – золото-сульфидные в чёрных сланцах; *9* – золото-антимонитовые в джаспероидах; *10* – золото-антимонит-сульфосольные; СТШ – Сверный Тянь-Шань, СрТШ – Срединный Тянь-Шань, ЮТШ – Южный Тянь-Шань

в течение палеозоя золотые месторождения формировались не равномерно по всей территории, а были приурочены к определённым геодинамическим обстановкам, существовавшим в различных областях современного Тянь-Шаня (рис. 7).

Подробное изучение времени образования месторождений и их связь с той или иной геодинамической обстановкой позволяют совершенствовать металлогенические построения и дают дополнительные критерии для поисковых работ на золото.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Геодинамика* и оруденение Тянь-Шаня (Кыргызстан) : коллективная монография // Отв. ред. А. Б. Бакиров, ред. Н. Т. Пак. – Бишкек : Илим, 2014. – 280 с.
2. *Дегтярев К. Е., Рязанцев А. В., Третьяков А. А.* и др. Строение каледонид Киргизского хребта и тектоническая эволюция Северного Тянь-Шаня в позднем докембрии–раннем палеозое // Геотектоника. – 2014. – № 6. – С. 3–38.
3. *Дженчураева Р. Д., Пак Н. Т., Никоноров В. В., Ивлева Е. А.* Золоторудные месторождения Кыргызстана. – Бишкек : НАН КР, 2020. – 494 с.
4. *Ивлева Е. А., Пак Н. Т., Асилбеков К. А., Скрзипек Э., Хаузенбергер К., Орозбаев Р. Т.* Золотое оруденение

в связи с пермским магматизмом восточной части Южного и Срединного Тянь-Шаня (Кыргызстан) // Вестник КРСУ. – 2022. – Т. 22, № 4. – С. 180–191.
5. *Никоноров В. В., Караев Ю. В.* и др. Золото Кыргызстана. В 2 кн. Кн. 1. – Бишкек : Наси, 2004. – 271 с.
6. *Пак Н. Т.* Золотоносные метасоматиты в раннерифейских гранитоидах Кыргызстана // Актуальные проблемы современной геологии и минерагении Казахстана. – Алматы : Институт Геологических Наук Им. К. И. Сатпаева, 2012. – С. 283–291.
7. *Пак Н. Т., Ивлева Е. А., Шатова Н. В., Шатов В. В.* Возраст интрузий табалыкского и джеруйского комплексов месторождения золота Джеруй (Кыргызстан) // Актуальные вопросы геологии, инновационные методы прогнозирования, добычи и технологии обогащения полезных ископаемых. – Ташкент : УГГ, 2022. – С. 105–108.
8. *Bo Zu, Chunji Xue, Guoxiang Chi, Nikolay Pak, Xiaobo Zhao, Xinli Wang.* Age and petrogenesis of the Andagul granodiorite and its implications on gold mineralization of the Kassan region, western Kyrgyzstan Tian Shan // Ore Geology Reviews. – 2018. – V. 101. – P. 54–73.
9. *Konopelko D., Klemd R., Petrov S. V., Apayarov F.* et al. Precambrian gold mineralization at Djamgyr in the Kyrgyz Tien Shan: Tectonic and metallogenic implications // Ore Geology Reviews. – 2017. – V. 86. – P. 537–547.
10. *Mao J., Konopelko D., Seltmann R., Lehmann B., Chen W., Eklund O., Usubaliev T.* Postcollisional age of the Kumtor gold deposit and timing of Hercinian events in Tien Shan, Kyrgyzstan // Economic Geology. – 2004. – V. 99. – P. 1771–1780.
11. *Zhao X., Xue C., Bo Zu, Seltmann R., Chi G., Dolgopolova A, Jens C., Andersen O., Pak N., Ivleva E.* Geology and Genesis of the Unkurtash Intrusion-Related Gold Deposit, Tien Shan, Kyrgyzstan // Society of Economic Geologists, Inc. Economic Geology, 2022. – V. 117. – P. 1073–1103.
12. *Zhao X., Xue C., Chi C.* et al. Multi-stage gold mineralization in the Taldybulak Levoberezhny deposit, Tien Shan, Kyrgyzstan // Ore Geology Reviews. – 2017. – V. 82. – P. 217–231.

REFERENCES

1. *Geodinamika* i orudeneniye Tyan'-Shanya (Kyrgyzstan) : kollektivnaya monografiya [Geodynamics and mineralization of the Tien Shan (Kyrgyzstan): collective monograph]. ed. A. B. Bakirov, N. T. Pak, Bishkek, Ilim publ., 2014, 280 p. (In Russ.)
2. *Degtyarev K. Ye., Ryazantsev A. V., Tret'yakov A. A.* et al. Stroyeniye kaledonid Kirgizskogo khrebta i tektonicheskaya evolyutsiya Severnogo Tyan'-Shanya v pozdnem dokembrii-rannem paleozoye [The structure of the Caledonides of the Kirghiz Range and the tectonic evolution of the Northern Tien Shan in the Late Precambrian-Early Paleozoic], Geotektonika, 2014, No. 6, pp. 3–38. (In Russ.)
3. *Dzhenchurayeva R. D., Pak N. T., Nikonorov V. V., Ivleva Ye. A.* Zolotorudnyye mestorozhdeniya Kyrgyzstana [Gold deposits of Kyrgyzstan], Bishkek, NAN KR publ., 2020, 494 p. (In Russ.)
4. *Ivleva Ye. A., Pak N. T., Asilbekov K. A., Skrzipek E., Khauzenberger K., Orozbayev R. T.* Zolotoye orudeneniye v svyazi s permskim magmatizmom vostochnoy chasti Yuzhnogo i Sredinnogo Tyan'-Shanya (Kyrgyzstan) [Gold mineralization in connection with Permian magmatism in the eastern part of the Southern and Middle Tien Shan (Kyrgyzstan)], Vestnik KRSU, 2022, V. 22, No. 4, pp. 180–191. (In Russ.)
5. *Nikonorov V. V., Karayev Yu. V.* et al. Zoloto Kyrgyzstana [Nikonorov V.V., Karaev Yu.V. and others. Gold of Kyrgyzstan]. In two books. Book one, Bishkek, Nasi publ., 2004, 271 p. (In Russ.)
6. *Pak N. T.* Zolotonosnyye metasomatity v ranneriфeyskikh granitoidakh Kyrgyzstana, Aktual'nyye problemy sovremennoy geologii i minerageniі Kazakhstana [Gold-bearing metasomatites in the early Riphean granitoids of Kyrgyzstan, Actual problems of modern geology and minerageny of Kazakhstan], Almaty, Institut Geologicheskikh Nauk Im. K. I. Satpayeva publ., 2012, pp. 283–291. (In Russ.)
7. *Pak N. T., Ivleva Ye. A., Shatova N. V., Shatov V. V.* Vozrast intruziy tabalykskogo i dzheruyskogo kompleksov mestorozhdeniya zolota Dzheruy (Kyrgyzstan), Aktual'nyye voprosy geologii, innovatsionnyye metody prognozirovaniya, dobychi i tekhnologii obogashcheniya poleznykh iskopayemykh [Age of intrusions of the Tabalyk and Dzherui complexes of the Dzherui gold deposit (Kyrgyzstan), Actual issues of geology, innovative methods of forecasting, mining and technology of mineral processing], Tashkent, UGG publ., 2022, pp. 105–108. (In Russ.)
8. *Bo Zu, Chunji Xue, Guoxiang Chi, Nikolay Pak, Xiaobo Zhao, Xinli Wang.* Age and petrogenesis of the Andagul granodiorite and its implications on gold mineralization of the Kassan region, western Kyrgyzstan Tian Shan, Ore Geology Reviews, 2018, V. 101, pp. 54–73.

9. *Konopelko D., Klemd R., Petrov S. V., Apayarov F.* et al. Precambrian gold mineralization at Djamgyr in the Kyrgyz Tien Shan: Tectonic and metallogenic implications, Ore Geology Reviews, 2017, V. 86, pp. 537–547.
10. *Mao J., Konopelko D., Seltmann R., Lehmann B., Chen W., Eklund O., Usubaliev T.* Postcollisional age of the Kumtor gold deposit and timing of Hercinian events in Tien Shan, Kyrgyzstan, Economic Geology, 2004, V. 99, pp. 1771–1780.
11. *Zhao X., Xue C., Bo Zu, Seltmann R., Chi G., Dolgopolova A, Jens C., Andersen O., Pak N., Ivleva E.* Geology and Genesis of the Unkurtash Intrusion-Related Gold Deposit, Tien Shan, Kyrgyzstan, Society of Economic Geologists, Inc. Economic Geology, 2022, V. 117, 5, pp. 1073–1103.
12. *Zhao X., Xue C., Chi C.* et al. Multi-stage gold mineralization in the Taldybulak Levoberezhny deposit, Tien Shan, Kyrgyzstan, Ore Geology Reviews, 2017, V. 82, pp. 217–231.

Статья поступила в редакцию 17.05.23; одобрена после рецензирования 29.05.23; принята к публикации 29.05.23.
The article was submitted 17.05.23; approved after reviewing 29.05.23; accepted for publication 29.05.23.

По всем вопросам, связанными со статьями, следует обращаться в редакцию
по тел. +7 (495)315-28-47,
E-mail: ogeo@tsnigri.ru

Адрес редакции: 117545, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 129, корп. 1