

УДК 553.411:550.93(575.2)  
DOI: 10.52349/0869-7892\_2023\_96\_71-91

Н. Т. Пак, Е. А. Ивлева (ИГ НАН КР),  
Н. В. Шатова, В. В. Шатов, С. А. Сергеев (Институт Карпинского),  
И. М. Раимжанов (ОсОО «Альянс Алтын»)

## МЕСТОРОЖДЕНИЕ ЗОЛОТА ДЖЕРУЙ (СЕВЕРНЫЙ ТЯНЬ-ШАНЬ, КЫРГЫЗСТАН): U-PB SIMS ГЕОХРОНОЛОГИЯ ИНТРУЗИВНЫХ КОМПЛЕКСОВ, ГИДРОТЕРМАЛЬНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКИЕ ОБРАЗОВАНИЯ И МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ

В статье обсуждаются новые данные, полученные в ходе минералого-петрографического, петрогеохимического и изотопно-геохронологического изучения магматических пород Джеруйского рудного поля, расположенного в западной части Северного Тянь-Шаня. Крупное золоторудное месторождение Джеруй золото-кварцевого типа приурочено к диоритам джеруйского комплекса. Результаты геохронологических исследований (U-Pb SIMS методом по акцессорным цирконам) выявили возраст магматической кристаллизации диоритов джеруйского комплекса, вмещающих золотое оруденение, в интервале 462–469 млн лет, а более древних докембрийских гранитов табалькского комплекса – в интервале 1160–1161 млн лет. Приводится петрохимическая и геохимическая характеристика интрузивных пород, участвующих в геологическом строении Джеруйского рудного поля. Предложена модель формирования месторождения Джеруй и определена его геодинамическая позиция.

*Ключевые слова:* золоторудное месторождение, интрузивные комплексы, U-Pb SIMS геохронология, гидротермальные изменения, модель формирования.

N. T. Pak, E. A. Ivleva (IG NAS KR),  
N. V. Shatova, V. V. Shatov, S. A. Sergeev (Karpinsky Institute),  
I. M. Raimzhanov (Alliance Altyn LLC)

## JEROOY GOLD DEPOSIT (NORTHERN TIEN SHAN, KYRGYZSTAN): U-PB SIMS GEOCHRONOLOGY OF INTRUSIVE COMPLEXES, HYDROTHERMALLY ALTERED FORMATIONS AND FORMATION MODEL

The article discusses new data obtained during the mineralogical, petrographic, petrogeochemical, and isotope geochronological study of igneous rocks of the Jerooy ore field, located in the western part of the Northern Tien Shan. The large Jerooy gold deposit of the gold-quartz type is confined to the diorites of the Jerooy complex. The results of geochronological studies (U-Pb SIMS study of accessory zircons) revealed the age of magmatic crystallization of the Jerooy complex diorites, which host gold mineralization, in the range of 462–469 Ma, and the more ancient Precambrian granites of the Tabalyk complex, in the range of 1160–1161 Ma. The petrochemical and geochemical characteristics of intrusive rocks participating in the geological structure of the Jerooy ore field are given. A model for the formation of the Jerooy deposit is proposed and its geodynamic position is determined.

*Keywords:* gold deposit, intrusive complexes, U-Pb SIMS geochronology, hydrothermal alteration, formation model.

**Для цитирования:** Пак Н. Т. Месторождение золота Джеруй (Северный Тянь-Шань, Кыргызстан): U-Pb SIMS геохронология интрузивных комплексов, гидротермально-метасоматические образования и модель формирования / Н. Т. Пак, Е. А. Ивлева, Н. В. Шатова, В. В. Шатов, С. А. Сергеев, И. М. Раимжанов // Региональная геология и металлогения. – 2023. – № 96. – С. 71–91. DOI: 10.52349/0869-7892\_2023\_96\_71-91

**Введение.** Месторождение золота Джеруй находится в Северном Тянь-Шане (рис. 1) на северо-западе Кыргызстана. Месторождение расположено в верховьях бассейна р. Талас в восточной части Таласского хребта. Месторождение было

открыто А. Л. Черепановым, В. Г. Разбойниковым и др. в 1968 г. в процессе проведения площадных поисковых работ, выполненных Колбинской партией. В 1970–1980-е годы на месторождении Л. И. Сатыбалдиевым, И. И. Рябко и многими

другими геологами были проведены оценочные работы, а также предварительная и детальная разведка. В 2021 г. российская компания ОсОО «Альянс Алтын» начала отработку месторождения карьерным способом и получила первое золото.

Джеруйское рудное поле, в котором находится месторождение, вытянуто в северо-западном направлении в междуречье Бала-Чичкан-Чон-Чичкан, впадающих в р. Уч-Кошой – левый приток р. Талас.

Рудное поле входит в состав одноименного Джеруйского рудного района, включающего в себя также Балачичканское и Китайторское рудные поля [15]. В пределах рудного района известно 25 золоторудных объектов, в том числе крупное месторождение Джеруй (90 т Au), среднее месторождение – Ашутор и ряд других, более мелких месторождений и рудопроявлений.

В районе месторождения Джеруй и на самом месторождении развиты интрузивные комплексы, имеющие различную интерпретацию геологов в отношении их возраста и петрогенезиса. В данной статье приводятся результаты исследований, полученные в ходе минералого-петрографического, петрогеохимического и изотопно-геохронологического изучения магматических пород этих комплексов и их других характеристик.

**Геологическое строение.** Территория Джеруйского рудного района и прилегающих территорий разбита на тектонические блоки, в которых фрагменты сложнодислоцированных стратифицированных толщ прорываются несколькими интрузивными комплексами (рис 1). Стратифицированные

толщи представлены в различной степени метаморфизованными осадочными и вулканогенными отложениями ортотауской свиты среднего рифея, а также осадочно-вулканическими отложениями ордовика и девона-карбона. Выходы палеозойских пород в районе приурочены к Ичкелетау-Сусамырской тектонической зоне (рис. 2), представляющей собой грабенообразную структуру шириной от 500 до 1500 м, ограниченной двумя крупными краевыми субпараллельными разломами. Простираение этой структуры северо-западное, в восточной части – близкое к субширотному. Тектоническая зона заполнена осадочно-вулканогенными отложениями палеозоя: среднеордовиковскими туфопесчаниками, туфами андезитов, песчаниками, алевролитами с прослоями известняков и девон-каменноугольными алевролитами, песчаниками и туфопесчаниками.

В региональном плане эта тектоническая зона разделяет два крупных блока: Северный и Южный [9]. Южный блок является безрудным в отношении золотой минерализации, большую его часть слагают породы ордовиковских гранитов сусамырского (O<sub>3</sub>) и баламурдинского (O<sub>2-3</sub>) комплексов. Северный блок насыщен золоторудными объектами, в нем располагается Джеруйский рудный район [10].

Почти все более или менее значимые проявления золота в Северном блоке, в том числе рудные тела месторождения Джеруй, находятся в единой геолого-структурной позиции и размещаются в виде полосы вблизи Ичкелетау-Сусамырской тектонической зоны или приурочены к оперяющим ее разломам. Так, южной границей оруденения на месторождении Джеруй является Рудоконтролирующий разлом (рис. 3), оперяющий

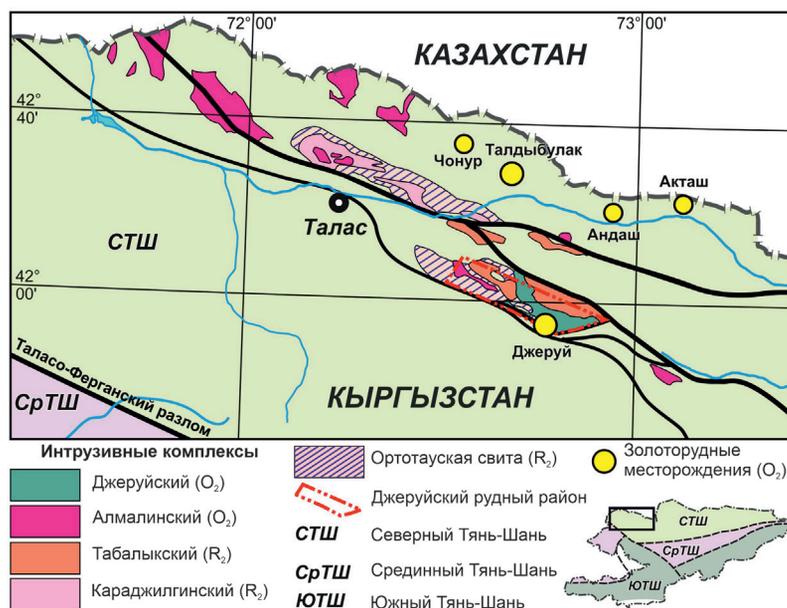


Рис. 1. Положение Джеруйского рудного района в геологических структурах западной части Северного Тянь-Шаня (с местоположением золоторудных месторождений и интрузивных комплексов, обсуждаемых в тексте статьи)

северный краевой разлом Ичкелетау-Сусамырской тектонической зоны и располагающийся почти субпараллельно относительно него [22].

Джеруйское рудное поле расположено в центральной части рудного района. Большая его часть сложена диоритами, кварцевыми диоритами и монцонитами джеруйского и гранитоидами табалыкского комплексов.

Из вмещающих пород непосредственное участие в строении месторождения Джеруй и его рудного поля принимает *ортотауская свита* среднего рифея (рис. 3). За пределами месторождения, в Киргизском хребте установлены случаи прорывания пород ортотауской свиты среднерифейскими гранитоидами караджилгинского комплекса со среднерифейскими свинец-свинцовыми и уран-свинцовыми возрастными по циркону.

К северу от месторождения Джеруй, в Таласком хребте эта свита также прорывается среднерифейскими гранитами табалыкского комплекса. По литологическому составу в ее строении выделяются существенно сланцевая и существенно карбонатная части. Возле месторождения Джеруй ортотауская свита сильно метаморфизована. Первоначально флишеидые породы свиты были превращены в кварц-слюдистые сланцы и кварц-полевошпат-биотитовые, кварц-полевошпат-роговообмановые, кварц-пироксен-полевошпатовые гнейсы. Среди этих пород развиты прослои и линзы известковистых сланцев, доломитов и мраморов. Породами свиты нередко сложены

тектонические блоки и ксенолитоподобные обособления внутри интрузивных тел джеруйского комплекса. На контакте с диоритами и монцонитами породы ороговикованы, местами мигматизированы, карбонатные разности часто рассланцованы и скарнированы, вплоть до образования везувиан-клинопироксен-гранатовых скарнов.

К северу и северо-востоку от месторождения Джеруй территория рудного поля сложена в основном гранитоидами табалыкского комплекса, а в его южной части и непосредственно на самом месторождении интрузивные породы представлены диоритами, кварцевыми диоритами, кварцевыми диорит-порфирами и монцодиоритами джеруйского комплекса (рис. 2). Соотношения между двумя этими интрузивными комплексами, их возраст и геодинамическое положение долгое время оставались не до конца понятными и вызывали споры среди геологов.

На месторождении также широко развиты разновозрастные и различные по составу дайковые тела, прорывающие диориты джеруйского комплекса и породы ортотауской свиты (рис. 3). Это – долериты, спессартиты, гранодиорит-порфиры, гранит-порфиры, кварцевые порфиры, аплиты и др. Петрографические особенности и возрастные соотношения даек между собой довольно сложные и в данной статье не рассматриваются.

**Табалыкский интрузивный комплекс** впервые выделен А. Л. Черепановым в 1971 г. как позднекембрийско-раннеордовикский. В составе



Рис. 2. Схема геологического строения Джеруйского рудного поля с местоположением пунктов отбора проб на радиологический возраст

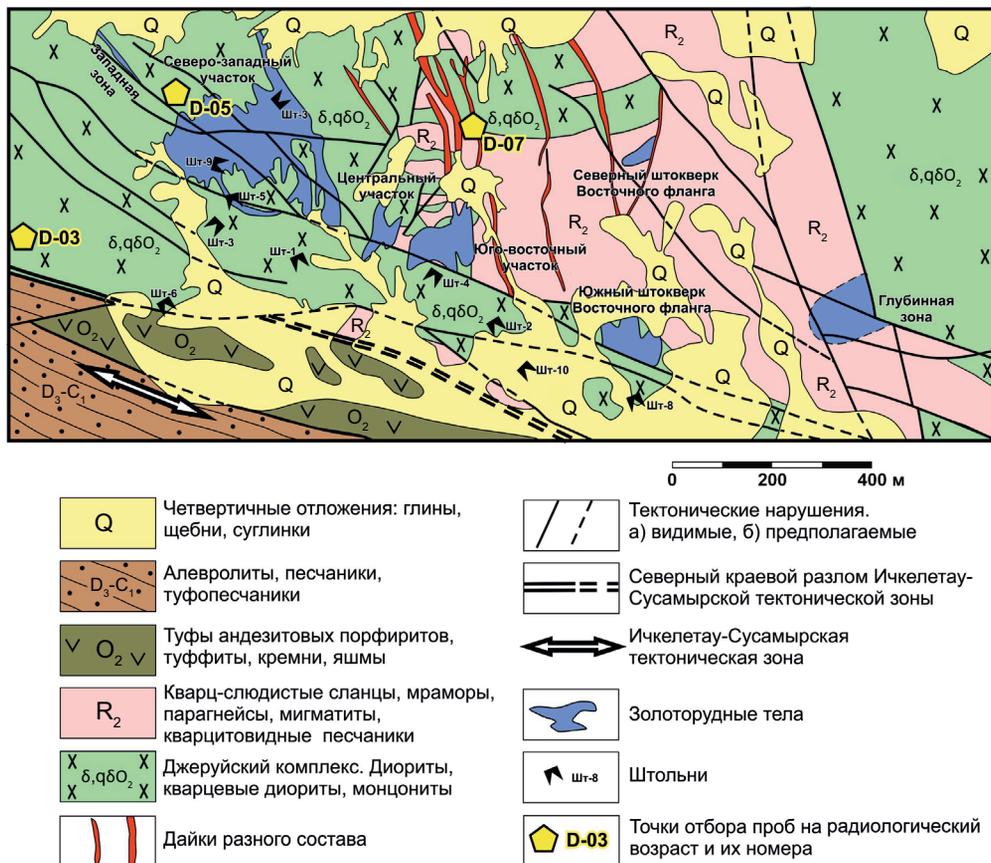


Рис. 3. Схематическая геологическая карта месторождения Джеруй

комплекса выделяются четыре фазы [18]: 1-я фаза представлена диоритами, кварцевыми диоритами и габбро, образующими мелкие штокообразные тела площадью до 5 км<sup>2</sup>; 2-я фаза – гранодиориты и часто порфировидные и гнейсовидные граниты; 3-я фаза – порфировидные граниты и гранодиориты (рис. 4, а, б); 4-я фаза представлена крупнокристаллическими биотитовыми гранитами. Интрузивные породы данного комплекса прорывают среднерифейские отложения ортоэтауской свиты. Для гранитоидов местами характерна слабая пропилитизация, выраженная в образовании эпидот-клиноцоизитовых агрегатов с хлоритом.

Проблема возраста гранитоидов табалыкского комплекса долгие годы оставалась открытой. Так, В. В. Киселев и др. [12] получили U-Pb возраст цирконов из гранитов табалыкского комплекса 1105 ± 20 млн лет, что соответствует среднему рифею. В разведочных отчетах И. И. Рябко и др. (1990 г.) и В. Н. Коцаренко и др. (1993 г.) указан позднерифейский возраст. На Геологической карте Кыргызской Республики масштаба 1 : 500 000 [4] гранитоиды табалыкского комплекса показаны среднерифейскими образованиями. В более поздних отчетах Ф. Х. Апаярлова и др. (2016 г.) и А. В. Миколайчука и др. (2017 г.) возраст табалыкского комплекса представлен как поздний ордовик – ранний силур.

**Джеруйский интрузивный комплекс.** Магматические породы данного комплекса распростра-

нены на большей части месторождения. В пределах самого месторождения породы более развиты на поверхности в его западной части, а в восточной они погружаются на глубину (рис. 3). Комплекс представлен интрузивами преимущественно среднего состава – диоритами, кварцевыми диоритами, монцодиоритами, моноцонитами и т. п. (рис. 4, с, d, f, g), слагающими штокообразные и силлоподобные тела.

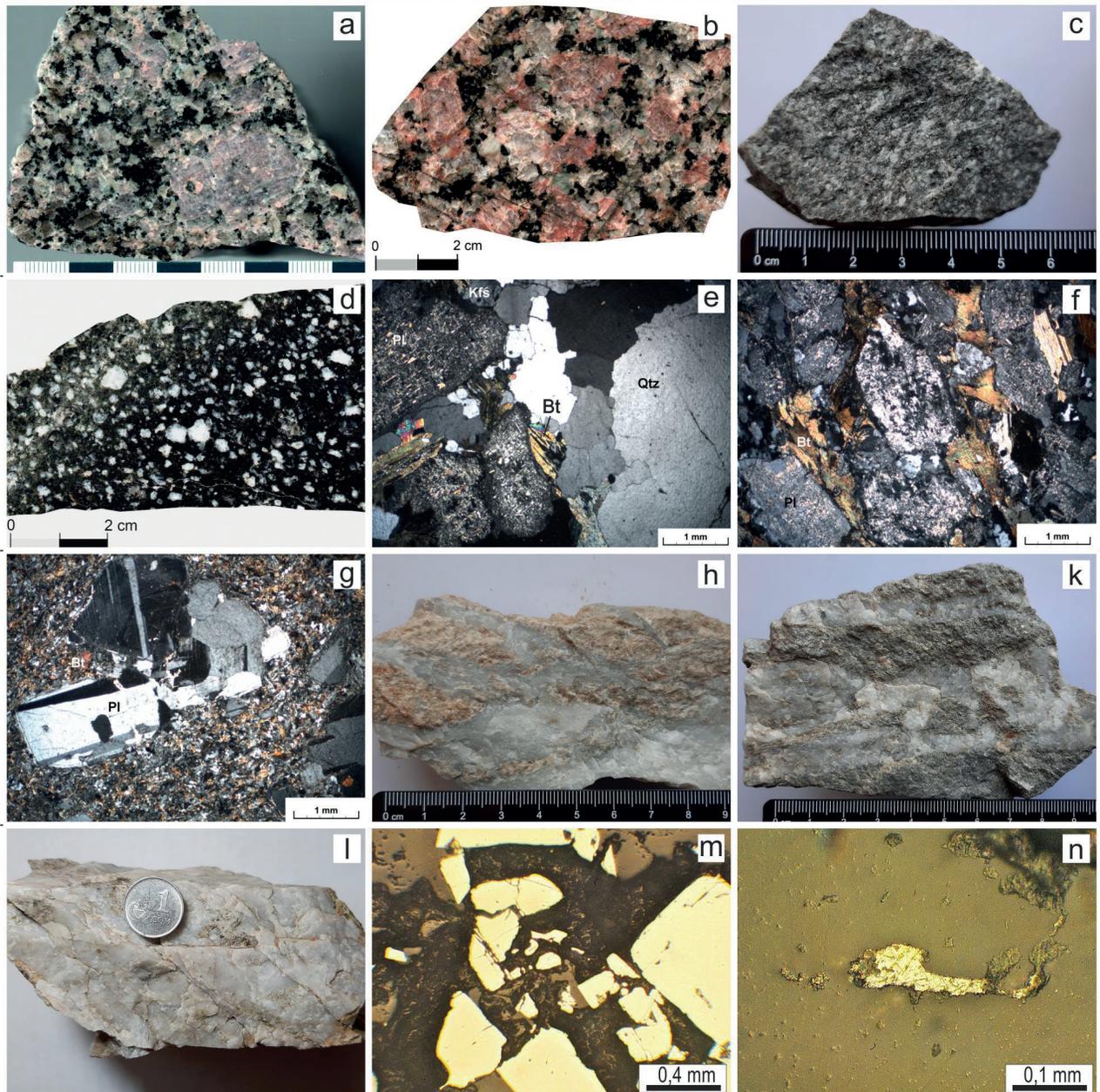
Породы комплекса отличаются большой изменчивостью состава и облика, образуя ряд переходных разностей между собой – от темно-серых меланократовых диоритов до розовато-серых монцодиоритов и гранодиоритов. Породы состоят из плагиоклаза (50–65%), роговой обманки и биотита (от 20 до 40%), калиевого полевого шпата (от первых процентов до 20–25%), кварца (от 5 до 20%) и клинопироксена (до 5%, иногда более). Акцессорные минералы представлены сфеном, апатитом, магнетитом и цирконом. По размерам зерен диориты делятся на мелко- и среднекристаллические. Структура пород диоритовая, монцонитовая с элементами диоритовой. Текстура, как правило, массивная или гнейсовидная, что обусловлено плоскопараллельной ориентировкой зерен минералов.

В отношении возраста диоритов джеруйского комплекса среди геологов существует еще более широкий разброс мнений по сравнению с табалыкским интрузивным комплексом.

Рудоносные диориты месторождения Джеруй некоторыми исследователями относились не только к различному возрасту, но и к различным комплексам.

Так, А. Л. Черепановым (1971 г.) диориты месторождения рассматривались как кембрийские образования, в статье Г. В. Ломакиной [14] – как

позднекембрийские–раннеордовикские породы, а позже в 1990 г. В. Н. Сорокин и Г. В. Ломакина [17] уже отнесли их к позднерифейскому табалыкскому комплексу. В. Н. Коцаренко и др. (1993 г.) также отнесли их к позднерифейским образованиям балачичканского комплекса. У В. В. Никонорова [15] возраст диоритов месторождения Джеруй



**Рис. 4.** Фотографии образцов и микрофотографии шлифов и аншлифов с месторождения Джеруй:

- a, b – порфириовидные граниты 3-й фазы табалыкского комплекса (обр. D-01 и D-02);
- c, d – диориты (обр. D-03) и кварцевые диориты (обр. D-07) джеруйского комплекса;
- e, f, g – микрофотографии шлифов при анализаторе. Bt – биотит, Kfs – калиевый полевой шпат, Qtz – кварц, Pl – плагиоклаз;
- e – гранит табалыкского комплекса (обр. D-01);
- f – диорит джеруйского комплекса (обр. D-03);
- g – кварцевый диорит-порфир джеруйского комплекса (обр. D-07). Порфировая структура, в основной массе – биотит и плагиоклаз, в порфирировых выделениях – плагиоклаз;
- h – золотоносные кварц-калишлатовые метасоматиты;
- k – золотоносные березиты с кварцем;
- l – золотоносный кварц;
- m – гнездовое скопление пирита (желтое) в березитах, аншлиф;
- n – самородное золото, аншлиф

принят как ранний–средний ордовик. В отчете Ю. В. Жукова и др. (1996 г.) и на Геологической карте Кыргызской республики масштаба 1 : 500 000 [4] в районе месторождения интрузивы диоритов отнесены к алмалинскому комплексу среднего ордовика. Ф. Х. Апаяров (2016 г.) в отчете по Джеруйской площади объединил все породы диоритового и монцонитового состава в самостоятельный **джеруйский комплекс**, имеющий позднеордовикский возраст, а А. В. Миколайчук (2017 г.) по результатам своих работ на Джеруйской площади для диоритов джеруйского комплекса принял возраст как среднерифейский.

Авторы данной статьи вслед за Ф. Х. Апаяровым на основе анализа новых изотопно-геохронологических и петрогеохимических данных также доказывают принадлежность диоритов, развитых на месторождении Джеруй, к самостоятельному джеруйскому интрузивному комплексу.

**Результаты изотопно-геохронологических и геохимических исследований.** Для определения и уточнения изотопного возраста магматической кристаллизации интрузивных пород табалыкского и джеруйского комплексов в 2019 г. были отобраны представительные образцы для выделения цирконов и получения радиологических датировок. Всего было отобрано пять образцов. Их места отбора показаны на рис. 2 и 3, а координаты и результаты датирования приведены в табл. 1.

К северу от месторождения Джеруй (рис. 2; табл. 1) отобрано два образца под номерами D-01 и D-02 из порфиридных гранитов 3-й фазы **табалыкского комплекса**. Минеральный состав (%) гранитов следующий: кварц – 30–35, плагиоклаз – 30–35, микроклин – 20–22, биотит – 10–15. Размеры зерен от 0,3 до 4 мм, порфиридные выделения, состоящие из калиевого полевого

шпата, достигают размеров 10–20 мм (рис. 4, а, b, e). Структура породы порфиридная. Из акцессорных минералов присутствует идиоморфный апатит до 0,8 мм в длину, сфен и циркон.

Из диоритов **джеруйского комплекса** отобрано три образца под номерами D-03, D-05 и D-07, местоположение которых находилось за пределами рудных зон либо на их флангах (рис. 3; табл. 1).

Выделение цирконов из пяти образцов было проведено в ЦЛ с использованием стандартных методик плотностной и магнитной сепарации, а возраст цирконов определялся локальным U-Pb SIMS методом на вторично-ионном микрозонде SHRIMP-IIe в ЦИИ Института Карпинского по стандартной методике [25], в среднем по 10–11 анализов в каждом образце.

Для выбора мест датирования в зернах использовались оптические (в проходящем и отраженном свете), катодолюминесцентные (CL) и в обратно-отраженных электронах (BSE) изображения циркона. Отмечено, что для всех цирконов из образцов джеруйского комплекса содержание урана остается невысоким: на одном уровне в 227–1141 г/т, а тория – 71–734 г/т. В облике цирконов преобладают совершенные кристаллографические формы и тонкая осцилляционная зональность.

Выделенные цирконы имеют следующие характеристики (рис. 5; табл. 2).

**Обр. D-01 – биотитовый гранит.** Монофракция циркона представлена коричневыми прозрачными и полупрозрачными призматическими идиоморфными кристаллами. Длина зерен 180–300 мкм, коэффициент удлинения ( $K_u$ ) 1,8–3,0. В катодолюминесцентном (CL) изображении зерна циркона демонстрируют тонкозональное и грубозональное строение с ярким и умеренным свечением. В результате датирования по 11 анализам получен конкордантный U-Pb возраст **1160 ± 5 млн лет.**

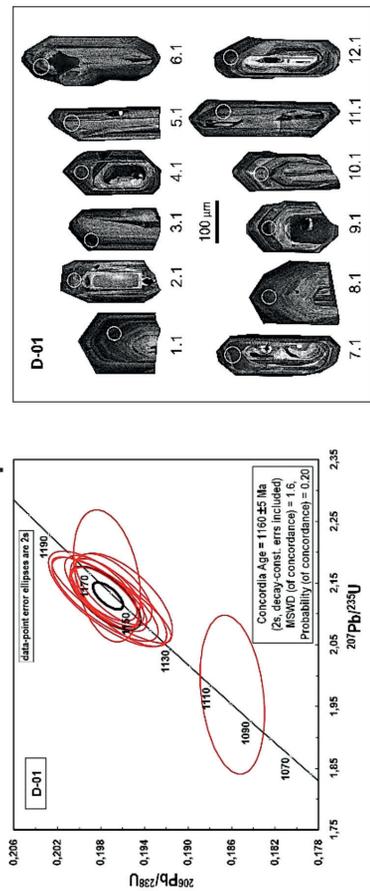
Таблица 1

Координаты точек пробоотбора и радиологический (U-Pb SIMS) возраст кристаллизации интрузивных пород табалыкского и джеруйского комплексов, участвующих в геологическом строении Джеруйского рудного поля

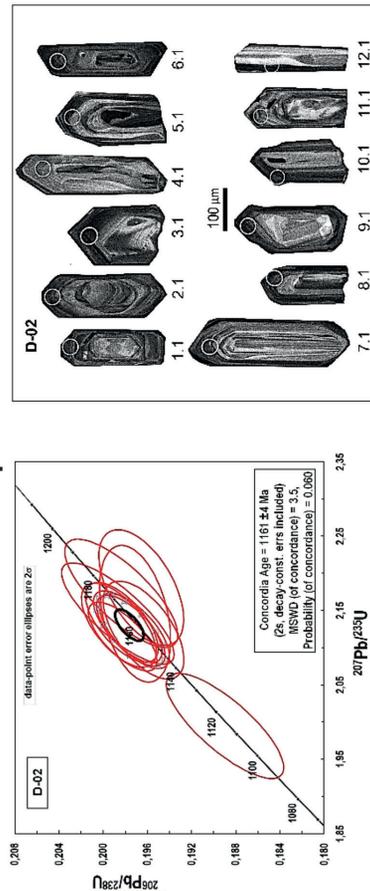
Образец	Координаты N, E	Интрузивный комплекс	Порода	Радиологический возраст, млн лет	Возраст
D-01	42° 20' 16" 72° 45' 56"	Табалыкский	Гранит-биотитовый порфиридный	1160 ± 5,0	RF <sub>2</sub>
D-02	42° 20' 06" 72° 45' 32'	Табалыкский		1161 ± 4,0	RF <sub>2</sub>
D-03	42° 17' 23" 72° 43' 41"	Джеруйский	Монцодиорит	462,2 ± 3,0	O <sub>2</sub>
D-05	42° 17' 30" 72° 43' 55"	Джеруйский	Монцонит	466,9 ± 3,0	O <sub>2</sub>
D-07	42° 17' 27" 72° 44' 16'	Джеруйский	Кварцевый диорит	465,0 ± 2,0	O <sub>2</sub>

Табалькский комплекс

Обр. D-01

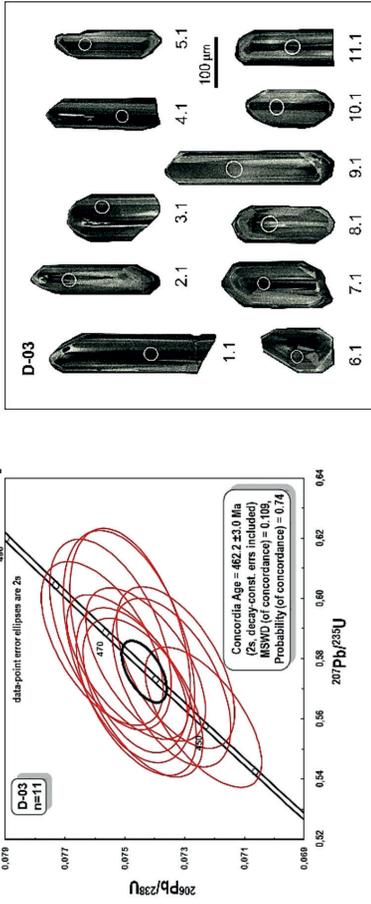


Обр. D-02

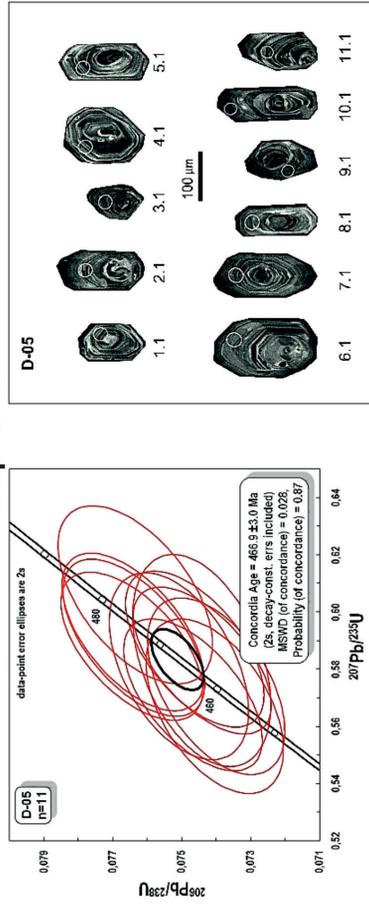


Джеруйский комплекс

Обр. D-03



Обр. D-05



Обр. D-07

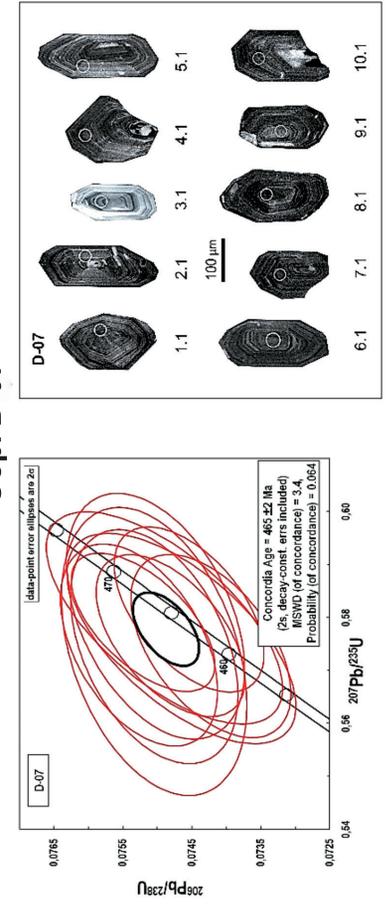


Рис. 5. Результаты U-Pb датирования интрузивных пород табалькского (обр. D-01, D-02) и джеруйского (обр. D-03, D-05, D-07) комплексов и СL изображения цирконов с местоположением кратеров пробоотбора (25 мкм)

Для каждого из изученных образцов: слева – диаграммы с конкордиями ( $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  –  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ ) для цирконов из интрузивных пород, характеризующих возраст их магматической кристаллизации; справа – катодолуминисцентные изображения изученных зерен цирконов с местоположением кратеров пробоотбора (25 мкм)

Таблица 2

Результаты изучения U-Rb изотопной системы аксессуарных цирконов из интрузивных пород табальжского (обр. D-01, D-02) и джеруйского (обр. D-03, D-05, D-07) комплексов

Образец, зерно, кратер	<sup>206</sup> Rb <sub>c</sub> , %	Содержание, г/т			<sup>232</sup> Th/ <sup>238</sup> U	Возраст (1), млн лет	Изотопные отношения (1)			kk
		U	Th	<sup>206</sup> Pb*			<sup>207</sup> Rb/ <sup>235</sup> U ± %	<sup>206</sup> Rb/ <sup>238</sup> U ± %	<sup>207</sup> Rb/ <sup>235</sup> U ± %	
<b>D-01</b>	1,1	602	114	96,2	0,20	1099 ± 7	0,0768 ± 2,6	1,97 ± 2,7	0,186 ± 0,65	0,2
	2,1	336	126	56,8	0,39	1158 ± 8	0,0789 ± 0,8	2,14 ± 1,1	0,197 ± 0,72	0,7
	3,1	636	132	108	0,22	1162 ± 7	0,0794 ± 1,9	2,16 ± 2,0	0,197 ± 0,63	0,3
	4,1	519	235	88	0,47	1160 ± 8	0,0781 ± 0,7	2,12 ± 1,0	0,197 ± 0,72	0,7
	5,1	421	164	71,6	0,40	1165 ± 7	0,0784 ± 0,8	2,14 ± 1,0	0,198 ± 0,69	0,7
	6,1	442	79	75	0,19	1162 ± 11	0,0779 ± 0,8	2,12 ± 1,3	0,198 ± 1,01	0,8
	7,1	512	252	86,7	0,51	1159 ± 12	0,0781 ± 0,7	2,12 ± 1,3	0,197 ± 1,14	0,8
	8,1	395	75	67	0,20	1161 ± 7	0,0784 ± 0,8	2,13 ± 1,1	0,197 ± 0,70	0,7
	9,1	199	94	33,5	0,49	1153 ± 10	0,0786 ± 1,1	2,12 ± 1,5	0,196 ± 0,93	0,6
	10,1	445	110	75,5	0,26	1162 ± 7	0,0780 ± 0,7	2,13 ± 1,0	0,198 ± 0,68	0,7
	11,1	295	95	50	0,33	1161 ± 12	0,0781 ± 1,0	2,12 ± 1,5	0,197 ± 1,12	0,8
	12,1	506	79	85,9	0,16	1163 ± 7	0,0780 ± 0,7	2,13 ± 1,0	0,198 ± 0,66	0,7
<b>D-02</b>	1,1	543	201	91,9	0,38	1160 ± 7	0,0781 ± 0,7	2,12 ± 1,0	0,197 ± 0,66	0,7
	2,1	429	71	73,3	0,17	1168 ± 11	0,0783 ± 0,8	2,15 ± 1,3	0,199 ± 1,05	0,8
	3,1	605	85	103	0,15	1162 ± 7	0,0780 ± 0,7	2,12 ± 0,9	0,198 ± 0,64	0,7
	4,1	232	134	39,1	0,60	1157 ± 8	0,0805 ± 1,2	2,18 ± 1,5	0,197 ± 0,80	0,5
	5,1	279	124	47,1	0,46	1156 ± 8	0,0784 ± 1,0	2,12 ± 1,3	0,196 ± 0,76	0,6
	6,1	634	83	108	0,14	1166 ± 7	0,0774 ± 0,6	2,11 ± 0,9	0,198 ± 0,64	0,7
	7,1	392	82	66,8	0,22	1168 ± 7	0,0778 ± 0,8	2,13 ± 1,1	0,199 ± 0,70	0,6
	8,1	451	211	76,9	0,48	1166 ± 7	0,0780 ± 0,8	2,13 ± 1,0	0,198 ± 0,68	0,7
	9,1	533	126	90,3	0,24	1160 ± 7	0,0789 ± 1,6	2,15 ± 1,8	0,197 ± 0,67	0,4
	10,1	601	122	102	0,21	1163 ± 7	0,0780 ± 0,7	2,13 ± 0,9	0,198 ± 0,64	0,7
	11,1	336	175	57,2	0,54	1167 ± 11	0,0795 ± 0,9	2,17 ± 1,4	0,198 ± 1,05	0,8
	12,1	381	113	61,9	0,31	1116 ± 12	0,0766 ± 0,9	1,99 ± 1,4	0,189 ± 1,15	0,8
<b>D-07</b>	1,1	928	367	59,1	0,41	461,6 ± 3,0	0,0561 ± 1,1	0,57 ± 1,2	0,074 ± 0,64	0,5
	2,1	754	285	48,7	0,39	467,8 ± 3,0	0,0554 ± 1,2	0,57 ± 1,4	0,075 ± 0,62	0,5
	3,1	318	176	20,5	0,57	466,5 ± 3,0	0,0554 ± 1,8	0,57 ± 1,9	0,075 ± 0,73	0,4

4,1	0,04	790	333	50,7	0,43	464,1 ± 4,0	0,0560 ± 1,1	0,58 ± 1,4	0,075 ± 0,91	0,6
5,1	0,31	781	352	50,4	0,47	466,5 ± 3,0	0,0555 ± 1,4	0,57 ± 1,6	0,075 ± 0,66	0,4
6,1	0,11	939	325	60,4	0,36	465,6 ± 4,0	0,0562 ± 1,1	0,58 ± 1,4	0,075 ± 0,93	0,7
7,1	0,01	1141	438	73,3	0,40	465,1 ± 3,0	0,0559 ± 0,9	0,58 ± 1,1	0,075 ± 0,59	0,5
8,1	0,08	1759	734	114	0,43	467,5 ± 3,0	0,0558 ± 0,7	0,58 ± 0,9	0,075 ± 0,56	0,6
9,1	0,14	546	191	35,2	0,36	466,4 ± 3,0	0,0561 ± 1,5	0,58 ± 1,6	0,075 ± 0,70	0,4
10,1	0,01	1103	367	70,6	0,34	463,5 ± 3,0	0,0566 ± 0,9	0,58 ± 1,1	0,075 ± 0,59	0,5
<b>D-03</b>										
1,1	0,01	530	483	34,1	0,94	465,8 ± 4,9	0,05587 ± 1,3	0,5772 ± 1,7	0,07492 ± 1,1	0,6
2,1	0,01	240	163	15,6	0,70	469,1 ± 5,2	0,0565 ± 1,9	0,588 ± 2,2	0,07548 ± 1,1	0,5
3,1	0,01	318	208	20,4	0,67	463,9 ± 5,0	0,05533 ± 1,7	0,569 ± 2,0	0,07461 ± 1,1	0,5
4,1	0,01	554	519	34,4	0,97	450,4 ± 4,7	0,05617 ± 1,3	0,5605 ± 1,7	0,07237 ± 1,1	0,6
5,1	0,05	388	319	24,5	0,85	456,0 ± 4,8	0,05708 ± 1,6	0,577 ± 1,9	0,0733 ± 1,1	0,6
6,1	0,05	339	247	21,4	0,75	456,8 ± 4,9	0,05651 ± 1,7	0,572 ± 2,0	0,07343 ± 1,1	0,5
7,1	0,01	427	354	27,2	0,86	462,0 ± 4,8	0,05644 ± 1,5	0,578 ± 1,8	0,0743 ± 1,1	0,6
8,1	0,03	373	272	23,8	0,75	462,5 ± 4,9	0,05532 ± 1,6	0,567 ± 1,9	0,07439 ± 1,1	0,6
9,1	0,17	227	165	14,6	0,75	465,4 ± 5,4	0,0566 ± 2,5	0,584 ± 2,7	0,07486 ± 1,2	0,4
10,1	0,21	258	172	16,6	0,69	465,1 ± 5,1	0,0568 ± 2,3	0,586 ± 2,6	0,07482 ± 1,1	0,4
11,1	0,01	358	285	23,3	0,82	470,7 ± 5,0	0,05602 ± 1,6	0,585 ± 1,9	0,07575 ± 1,1	0,6
<b>D-05</b>										
1,1	0,01	375	194	24,6	0,53	474,6 ± 5,1	0,05606 ± 1,5	0,591 ± 1,9	0,07639 ± 1,1	0,6
2,1	0,05	399	198	25,6	0,51	464,0 ± 5,0	0,05702 ± 1,5	0,587 ± 1,9	0,07462 ± 1,1	0,6
3,1	0,01	363	167	23,8	0,48	474,7 ± 5,2	0,05632 ± 1,5	0,593 ± 1,9	0,07642 ± 1,1	0,6
4,1	0,16	441	194	28,2	0,46	462,8 ± 4,8	0,0568 ± 2,4	0,583 ± 2,6	0,07442 ± 1,1	0,4
5,1	0,01	392	202	25,8	0,53	474,9 ± 5,0	0,05578 ± 1,5	0,588 ± 1,8	0,07645 ± 1,1	0,6
6,1	0,12	272	130	17,6	0,49	466,7 ± 5,1	0,0561 ± 2,1	0,581 ± 2,3	0,07508 ± 1,1	0,5
7,1	0,03	408	221	26,2	0,56	464,2 ± 5,0	0,05548 ± 1,5	0,571 ± 1,9	0,07467 ± 1,1	0,6
8,1	0,01	275	125	18,0	0,47	474,3 ± 5,3	0,0576 ± 1,8	0,606 ± 2,1	0,07635 ± 1,2	0,6
9,1	0,11	350	157	22,2	0,46	460,2 ± 4,9	0,0562 ± 1,8	0,574 ± 2,2	0,074 ± 1,1	0,5
10,1	0,01	459	173	29,4	0,39	462,6 ± 4,8	0,05682 ± 1,4	0,583 ± 1,8	0,0744 ± 1,1	0,6
11,1	0,11	332	169	21,2	0,52	460,5 ± 4,9	0,0555 ± 1,9	0,567 ± 2,2	0,07404 ± 1,1	0,5

Примечание. Погрешности приведены на уровне 1 $\sigma$ . **Pb<sub>c</sub>** и **Pb\*** – свинец нерадиоогенный и свинец радиоогенный соответственно. (1) – скорректировано на измеренный нерадиоогенный Pb. Погрешность калибровки по стандарту Темога 0,43%. КК – коэффициент корреляции между ошибками определения изотопных отношений <sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U и <sup>207</sup>Pb/<sup>235</sup>U. Номера кратеров соответствуют номерам кратеров пробоботбора (диаметр 25 мкм) в цирконах, приведенных на рис. 5.

**Обр. D-02 – биотитовый гранит.** Монофракция циркона представлена коричневыми прозрачными и полупрозрачными призматическими идиоморфными кристаллами. Длина зерен 200–300 мкм,  $K_u$  1,8–3,8. В CL изображении зерна циркона демонстрируют тонко- и грубозональное строение с ярким свечением. В результате датирования по 11 анализам получен конкордантный возраст  $1161 \pm 4$  млн лет.

**Обр. D-03 – монцодиорит.** Монофракция циркона представлена призматическими и длиннопризматическими идиоморфными прозрачными кристаллами розоватого и коричневатого цветов. Длина зерен 130–400 мкм,  $K_u$  1,7–5,0. В CL изображении зерна циркона демонстрируют грубую зональность с умеренным и ярким свечением. В результате датирования по 11 анализам получен конкордантный возраст  $462,2 \pm 3,0$  млн лет.

**Обр. D-05 – монцонит.** Монофракция циркона представлена призматическими прозрачными идиоморфными и субидиоморфными кристаллами желтого цвета. Длина зерен 120–200 мкм,  $K_u$  1,4–3,3. В CL изображении зерна циркона демонстрируют тонкозональное строение со слабым и умеренным свечением и секториальное строение с ярким свечением. В результате датирования по 11 анализам получен конкордантный возраст  $466,9 \pm 3,0$  млн лет.

**Обр. D-07 – кварцевый диорит.** Монофракция циркона представлена коричневыми полупрозрачными призматическими идиоморфными кристаллами. Длина зерен 180–300 мкм,  $K_u$  1,8–3,0. В CL изображении зерна циркона демонстрируют тонкозональное строение с ярким и умеренным свечением. В результате датирования по 10 анализам получен конкордантный возраст  $465 \pm 2$  млн лет.

Таким образом, возраст магматической кристаллизации гранитов табалыкского комплекса составил  $1160 \pm 5$  и  $1161 \pm 4$  млн лет, что соответствует **среднему рифею** (рис. 5, обр. D-01 и D-02). А возраст диоритов джеруйского комплекса составил  $462,2 \pm 3,0$ ;  $466,9 \pm 3,0$  и  $465,0 \pm 2,0$  млн лет, что окончательно определяет их возраст как **средний ордовик** – дарривильский век (рис. 5, обр. D-03, D-05, D-07).

Химический состав интрузивных пород, развитых в районе месторождения Джеруй, в разные годы анализировался разными авторами. В процессе проведения разведочных работ в 1978–1982 гг. состав пород изучался геологами Джеруйской ГРП (В. Н. Сорокин и др.). При проведении тематических работ состав диоритов анализировался Н. Т. Паком в 1985 г. Одно из последних комплексных исследований проведено авторами данной статьи по образцам, отобраным в 2019 г. Петрохимическая и геохимическая характеристики пород табалыкского и джеруйского комплексов приведена в табл. 3 и 4.

Положение фигуративных точек по данным анализов на классификационной диаграмме TAS  $SiO_2 - (Na_2O + K_2O)$  показано на рис. 6. Почти все породы табалыкского комплекса расположены

в поле нормальных гранитов. Составы пород джеруйского комплекса, в основном сложенного диоритами, кварцевыми диоритами и монцонитами (в единичных случаях – монцодиориты), попали в поле нормальных и субщелочных диоритов и кварцевых диоритов.

**Гидротермально-метасоматические изменения.** На месторождении Джеруй широко развиты метасоматически измененные породы. В первую очередь на контакте диоритов с вмещающими породами наряду с ороговикованием проявлены процессы скарнирования по карбонатным породам. По доломитам ортоауской свиты формируются магнезиальные скарны, а впоследствии по ним развивалась серпентинизация и флогопитизация. На контакте же с известняками и мраморами формируются известковые скарны и скарнированные породы с гранатом, реже с клинопироксеном и везувианом. Скарны на месторождении развиты эпизодически ввиду незначительного развития карбонатных пород.

На месторождении наиболее сильно проявлено разнообразное окварцевание, в основном в диоритах и, в меньшей степени, во вмещающих породах. Наблюдается совмещение в рудных зонах кварца различных генераций: в ассоциации с полевошпатовыми метасоматитами и березитами. Процесс окварцевания происходил в несколько стадий, или импульсов, при которых формировался кварц нескольких генераций. Часто кварц разных генераций имеет между собой сложные соотношения, так что некоторые исследователи выделяли до 10 и более генераций кварца. Метасоматический кварц сопровождается сильно измененными породами, то есть он выполняет центральные (ядерные) части метасоматической зональности, а также составляет часть, иногда существенную, в самих измененных породах вместе с другими метасоматическими минералами.

Среди метасоматических околорудных золотоносных образований отметим две основные разновидности: кварц-калишпатовые метасоматиты и березиты.

Кварц-калишпатовые метасоматиты развиваются в диоритах и являются более ранними, чем березиты. В ядерных частях они сложены кварцем в виде жил или прожилков мощностью в несколько сантиметров, иногда десятки сантиметров в местах сопряжения нескольких жил. В составе жил присутствуют калишпатовые агрегаты, чередующиеся с кварцем (рис. 4, *h*). Часто калиевый полевой шпат выделяется в виде каемки розоватых оттенков в зальбандах кварцевых жил. Мощность калишпатовой каемки составляет около 10–30% от мощности кварцевой жилы. Калишпат имеет размеры от долей до нескольких миллиметров. Форма выделений – вытянутая субпараллельно жиле, иногда образуются ромбовидные кристаллы. Более внешняя зона кварц-калишпатовых метасоматитов состоит из измененных калишпатизированных диоритов. Внешне это осветленные породы ввиду отсутствия темноцветных минералов и появления

Химический состав (вес. %) диоритов джеруйского и гранитов табалыкского комплексов

№ п/п	Проба	Авторы	Порода	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	ппп	Сумма
1	10	Сорокин	Диорит	57,20	17,00	0,83	1,04	5,18	0,13	4,83	4,48	2,34	3,47	0,24	2,87	99,61
2	11	Джеруйская ГРП	Диорит	56,60	14,30	0,90	1,84	4,71	0,07	2,93	6,30	1,50	4,00	0,14	6,40	99,69
3	13	Джеруйская ГРП	Диорит	56,93	13,76	0,70	1,05	5,43	0,10	7,44	5,74	2,28	3,10	0,17	8,90	99,60
4	15	Джеруйская ГРП	Диорит	57,60	12,65	0,60	1,20	4,71	0,13	7,07	5,70	1,88	3,16	0,12	4,73	99,55
5	19	Джеруйская ГРП	Диорит	58,52	14,61	0,80	0,20	5,43	0,09	4,22	5,84	2,86	4,16	0,16	2,62	99,51
6	20	Джеруйская ГРП	Диорит	58,89	12,93	0,60	1,20	4,89	0,13	6,97	5,24	1,98	3,70	0,12	2,90	99,55
7	24	Джеруйская ГРП	Диорит	59,13	14,23	0,70	1,16	4,35	0,09	2,83	5,49	1,46	4,10	0,16	5,86	98,55
8	25	Джеруйская ГРП	Диорит	59,44	14,87	0,80	0,70	5,32	0,09	3,43	5,35	2,70	3,92	0,18	3,30	100,10
9	26	Джеруйская ГРП	Диорит	59,98	14,00	0,60	1,18	4,16	0,07	2,34	5,62	1,86	4,50	0,14	5,05	99,50
10	28	Джеруйская ГРП	Диорит	60,48	15,46	0,70	1,09	5,00	0,09	4,43	3,92	3,06	3,60	0,18	1,77	99,78
11	29	Джеруйская ГРП	Диорит	60,69	13,76	0,90	1,84	4,71	0,05	2,22	4,72	0,95	3,52	0,02	6,53	99,91
12	31	Джеруйская ГРП	Диорит	61,01	13,60	0,70	1,24	4,28	0,05	3,13	5,21	1,80	4,00	0,14	4,28	99,44
13	34	Джеруйская ГРП	Диорит	62,54	13,40	0,70	0,91	3,31	0,05	2,72	4,40	2,56	4,26	0,15	4,66	99,66
14	35	Джеруйская ГРП	Диорит	62,63	13,96	0,60	0,79	3,49	0,06	2,83	4,30	2,78	3,97	0,15	3,95	99,51
15	46	Черепанов	Гранит	71,78	16,00	0,20	1,08	2,31	0,07	0,65	1,19	1,83	3,98	0,07	1,00	100,16
16	47	Черепанов	Гранит	71,78	12,60	0,70	0,62	3,06	0,05	0,90	2,93	2,85	4,00	0,13	0,90	100,52
17	48	Каткова	Гранит	72,42	12,83	0,44	0,69	2,92	0,08	0,46	1,47	1,40	5,85	0,03	1,00	99,67
18	49	Черепанов	Гранит	73,78	11,79	0,20	0,89	2,57	0,05	1,41	2,03	2,76	3,56	0,10	0,40	99,54
19	50	Черепанов	Гранит	74,72	12,44	0,10	0,62	1,64	0,04	0,98	1,68	3,02	2,34	0,02	2,03	99,63
20	51	Черепанов	Гранит	74,89	11,90	0,15	0,01	2,75	0,04	0,65	2,24	2,04	4,30	0,03	1,11	100,11
21	52	Каткова	Гранит	75,16	12,47	0,15	1,16	1,39	0,02	0,84	0,75	2,52	4,67	0,06		99,19
22	53	Каткова	Гранит	74,22	13,00	0,32	0,38	1,83	0,06	0,45	1,21	2,59	5,16	0,05		99,27
23	54	Каткова	Гранит	75,76	12,79	0,23	0,49	1,11	0,06	0,25	0,70	2,50	6,23	0,03		100,15
24	170	Пак, 1985	Диорит	56,48	15,25	1,64	0,10	7,12	0,06	2,42	3,00	1,10	3,80	0,66	8,64	100,27
25	175	Пак, 1985	Диорит	61,57	13,75	0,90	0,00	6,00	0,06	2,56	0,64	1,30	3,30	0,60	9,56	100,24
26	179	Пак, 1985	Диорит	60,00	14,50	0,82	0,00	5,95	0,04	2,30	4,00	0,40	4,40	0,24	7,40	100,05
27	183	Пак, 1985	Диорит	53,73	13,25	0,76	0,00	4,87	0,13	2,74	6,56	1,40	4,00	0,56	11,42	99,42
28	191	Пак, 1985	Диорит	59,30	17,80	0,89	0,30	1,26	0,06	1,06	5,94	2,00	4,60	0,21	6,59	100,01

Примечание. Интрузивные породы: 1–14 и 24–28 – джеруйский комплекс; 15–23 – табалыкский комплекс.

Содержания петрогенных и малых элементов в изученных образцах интрузивных пород джеруйского и табалыкского комплексов

Оксиды, элементы	Табалыкский комплекс (граниты)		Джеруйский комплекс (диориты)		
	D-01	D-02	D-03	D-05	D-07
SiO <sub>2</sub>	71,2	70,4	55,8	61,1	62
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,3	13,7	16,2	15,6	14,8
TiO <sub>2</sub>	0,49	0,54	0,96	0,71	0,59
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,17	4,33	7,99	5,27	4,74
MnO	0,06	0,06	0,16	0,08	0,09
MgO	0,53	0,64	4,76	3,16	4,26
CaO	1,65	1,71	5,64	4,16	5,81
Na <sub>2</sub> O	2,06	2,28	2,34	2,69	2,91
K <sub>2</sub> O	5,01	4,82	3,36	4,62	2,53
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,14	0,16	0,21	0,17	0,13
ппп	1,39	1,33	2,25	2,11	2,02
Сумма	100	100	99,7	99,6	99,9
Au	<0,002	0,0049	0,0067	0,067	0,18
Ag	0,034	0,028	0,022	0,019	0,033
Pt	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040
Pd	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
As	12	8,1	13,3	11,9	23,1
Sb	2,73	3,31	2,75	4,13	2,69
Cu	5,29	7,41	13,9	2,77	4,95
Pb	40,6	44,3	18,4	14,7	15
Zn	61,5	53,4	71	35,7	45,9
Bi	0,28	0,32	0,27	1,04	0,29
Cd	0,067	0,076	0,073	0,041	0,09
Te	<0,2	<0,2	<0,2	0,24	<0,2
Re	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Sc	8,14	9,12	19,3	12,5	9,8
V	<50	<50	170	100	67
Cr	10,3	13,1	131	102	214
Co	4,5	4,48	18,4	12,6	14,1
Ni	2,37	2,79	26,2	14,6	70,5
Ba	699	894	555	816	527
Sr	102	123	376	359	388
Rb	228	161	126	150	82,1
Li	19,8	14,1	22,4	14,5	19,7
Zr	266	299	168	146	130
Hf	7,45	7,76	4,57	4,14	3,42
Ta	1,65	1,63	0,91	1,27	0,92
Nb	20,6	21,2	11,6	13,6	11,2
Be	3,44	3,02	3,46	5,44	4,15
Mo	<0,6	<0,6	<0,6	0,71	<0,6
W	1,47	1,09	1,01	1,07	0,62
Sn	4,38	3,54	2,69	1,89	1,89

Окончание табл. 4

Оксиды, элементы	Табалыкский комплекс (граниты)		Джеруйский комплекс (диориты)		
	D-01	D-02	D-03	D-05	D-07
Th	30,1	38,8	11,7	15,2	12,5
U	2	2,29	1,91	2,49	3,13
Y	52,8	49,3	25,9	23,8	14,7
La	64,1	90,8	31,8	34,5	28,3
Ce	126	181	62,6	65	49,3
Pr	13,8	19,3	7,45	7,53	5,4
Nd	53,3	74,6	30,2	28,5	20,6
Sm	9,18	11,8	5,42	5,07	3,36
Eu	1,32	1,74	1,32	1,26	0,95
Gd	9,06	11,2	5,53	5,01	3,3
Tb	1,44	1,66	0,79	0,72	0,44
Dy	8,84	9,06	4,6	4,24	2,6
Ho	1,85	1,76	0,93	0,86	0,5
Er	5,71	4,97	2,71	2,38	1,45
Tm	0,71	0,66	0,33	0,3	0,2
Yb	5,08	4,49	2,48	2,39	1,38
Lu	0,7	0,66	0,35	0,34	0,19
ΣREE	301,09	413,7	156,51	158,1	117,97

Примечание. Лабораторно-аналитические исследования были выполнены в ЦЛ Института Карпинского методами RFA, AA и ICP-MS (методы кислотного, царско-водочного и полного кислотного вскрытия).

светлого метасоматического калишпата. В целом эта зональность четко наблюдается визуально и хорошо распознается в полевых условиях.

Наибольшую распространенность получили процессы березитизации – от слабо проявленной степени до сильной вплоть до развития полно проявленных внутренних зон березитов, состоящих полностью из кварца (рис. 4, *k, l*). Березиты являются золотоносными метасоматитами. Березитизация затрагивает как вмещающие породы – гнейсы, так и интрузивные – кварцевые диориты, монцодиориты и др.

При гидротермальном изменении гнейсов плагиоклаз начинает замещаться серицитом и карбонатом (кальцитом), биотит – анкеритом, пиритом и цоизитом. Кварц местами перекристаллизовывается, уменьшаясь в размерах, границы зерен кварца при этом становятся волнистыми, с заливами, а формы вытянутые в том же направлении что и гнейсовидность. При более интенсивной березитизации плагиоклаз нацело замещается серицитом (на 60–80%) и карбонатом (20–40%), пирит образует гнездовые скопления (см. рис. 4, *m*) в местах развития чешуек биотита. Форма кристаллов пирита в основном кубическая, размеры – 0,2–0,3 мм. Его количество в отдельных случаях достигает 5–7%. Ядерные части представлены кварцем,

имеющим субпараллельную ориентировку, унаследованную от первичной гнейсовой текстуры вмещающих пород [16].

При замещении интрузивных пород процесс березитизации происходит почти аналогично. Отличие состоит в незначительном развитии хлорита во внешней зоне и в меньшем количестве пирита (1–2%). Кроме того, текстура березитов массивная.

Обобщенная метасоматическая колонка березитов выглядит следующим образом.

0. Гнейс или кварцевый диорит.

1. Кварц, плагиоклаз, биотит, серицит, карбонат, хлорит, пирит.

2. Кварц, плагиоклаз, серицит, карбонат, пирит.

3. Кварц, серицит, карбонат, пирит.

4. Кварц, серицит, пирит.

5. Кварц, серицит.

6. Кварц.

Приведенная колонка соответствует кварц-серицит-карбонатной фации березитовой формации. Мощность березитов составляет десятки сантиметров до первых метров. В местах сопряжения отдельных зон мощность может увеличиваться до 10–15 м. Интенсивность золотого оруденения увеличивается от внешних к внутренним зонам метасоматической колонки. Березиты на

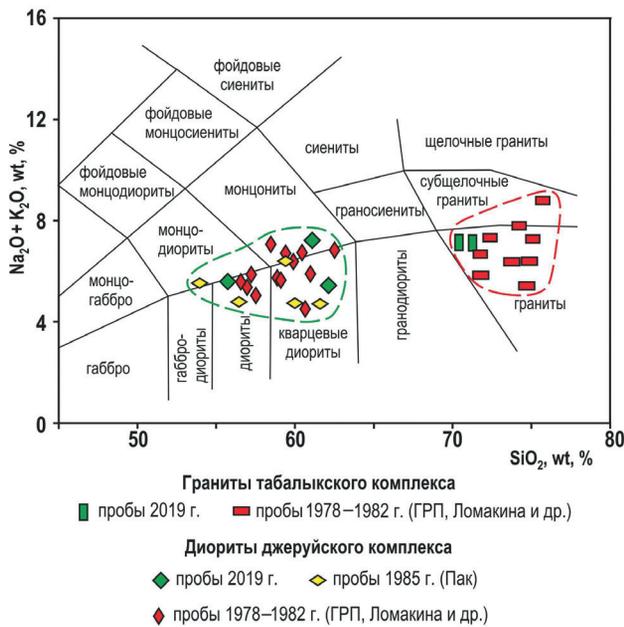


Рис. 6. Положение составов интрузивных пород табалькского и джеруйского комплексов на петрохимической диаграмме TAS ( $SiO_2-Na_2O + K_2O$ )

месторождении образуют линейные околотрещинные тела различных направлений. Часто в местах сопряжения образуют сетчатый или ветвистый рисунок. Они являются составными частями золоторудных штокверков.

В целом на месторождении наблюдается зависимость золотого оруденения от степени окварцевания и березитизации пород. По данным разведочных работ, это выражается следующим образом: в центральных сильно окварцованных участках рудных тел и в кварцевых ядрах содержание золота обычно колеблется от 5 до 30 г/т, очень редко поднимаясь до 50–100 г/т (рис. 7); в средне-

и слабо окварцованных периферийных участках рудных тел оно снижается до 1–5 г/т.

**Золотое оруденение.** Оруденение на месторождении Джеруй относится к золото-кварцевой формации и представляет собой ряд штокверковых золоторудных тел, вытянутых цепочковидно в северо-западном направлении на 2 км (см. рис. 3). Штокверки образуют отдельные рудные участки. С северо-запада на юго-восток это – Западный участок, Северо-Западный и Центральный, Юго-Восточный, Восточный фланг, Глубинный и др. Также имеются мелкие рудные тела вне этой цепочки – к северу от нее.

Наиболее богатым по запасам рудным участком является Северо-Западный, в котором сосредоточено до 80–90% всех запасов золота месторождения. Средние содержания золота по месторождению составляют 6–7 г/т.

Участки в основном расположены в пределах диоритов джеруйского комплекса, в апикальных и в приконтактовых, надкупольных частях диоритового массива, реже в блоках или ксенолитах мигматитов, парагнейсов и сланцев ортоауской свиты. Штокверки представляют собой серии золотоносных кварцевых жил и интенсивные зоны окварцевания, которые обрамляются околорудными метасоматитами (рис. 7). Форма штокверков конусообразная, трубообразная, на поверхности в плане чаще всего изометричная, иногда усложненной формы. Размеры штокверков на поверхности составляют до 250 м в поперечнике, на глубину прослежены до 850–900 м (Северо-Западный участок).

По количеству рудных минералов руды месторождения относятся к убогосульфидному типу со средним содержанием сульфидов около 1% [14; 17]. Редко встречаются образцы с содержанием сульфидов до 5%, в основном пирита (см. рис. 4, *m*).

Основной промышленный компонент месторождения это – золото, которое находится в само-

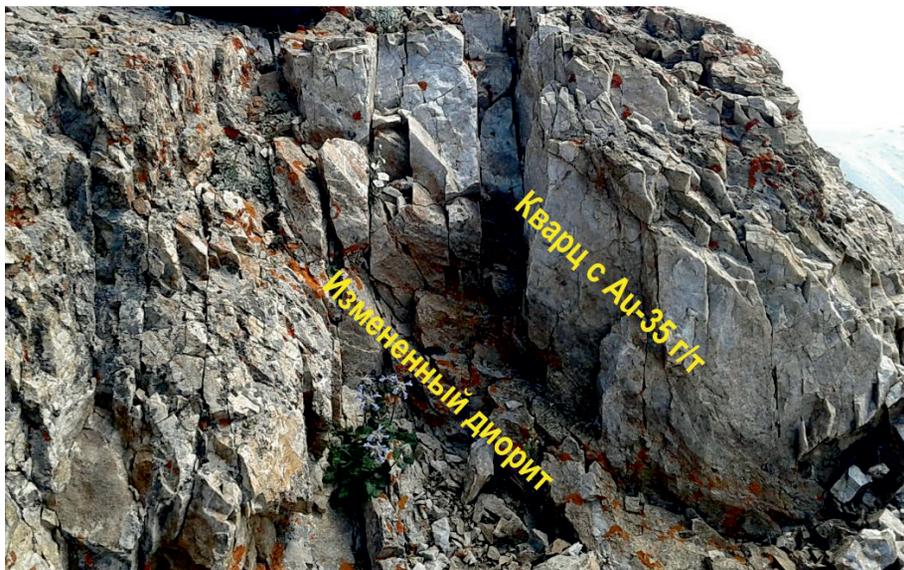


Рис. 7. Золотоносный кварц в измененных диоритах джеруйского комплекса

родном виде (рис. 4, *n*). Оно относительно равномерно распределено в рудном кварце в виде тонкой вкрапленности размерами от 0,001 до 0,2 мм. Цвет золотинок желтый, оранжево-желтый, красновато-желтый, зеленовато-желтый. Форма зерен золота комковатая, пластинчатая, таблитчато-удлиненная и октаэдрическая. Золото образует три генерации, пробность золота от ранней генерации к поздней меняется от весьма высокопробного до низкопробного. Вкрапленность золота в кварце находится в тесной парагенетической ассоциации со столь же тонкой вкрапленностью минералов висмута и теллура: висмутином, тетрадимитом, сульфосолями висмута и др. В аншлифах наблюдаются также выделения пирита, свинцово-сурьмяных сульфосолей, галенита, халькопирита, арсенопирита и других минералов [14]. Впрочем, все эти минералы не представляют практического интереса в связи с их весьма незначительным количеством.

**Модель формирования месторождения Джеруй.** Как уже отмечалось выше, диориты и монцитониты джеруйского комплекса образуют мелкие штокообразные, местами силлоподобные массивы, которые сливаются в более крупные тела, что хорошо видно на схематическом продольном разрезе через Джеруйское рудное поле (рис. 8). Эти тела перемежаются с блоками метаморфизованных пород ортатауской свиты. Для интрузивов джеруйского комплекса в целом характерны многочисленные ксенолиты вмещающих пород различного размера. Вокруг интрузивных пород в ортатауской свите часто образуются роговики, местами мигматиты и скарны. Золоторудная минерализация связана с интенсивной метасоматической переработкой пород и отмечается чаще внутри интрузивных пород, реже во вмещающих породах. Рудные тела чаще всего имеют субвертикальное залегание, образуя конические и трубообразные

тела, в значительной степени контролируемые зонами пересечения разломов и трещиноватости, уходящими на глубину.

Как показано на рис. 9 рудно-магматическая система, вероятно, имела несколько уровней. На площади месторождения обнажается только ее верхняя апикальная часть, представленная только малыми силлоподобными телами и штоками, а на глубоких горизонтах должно находиться крупное интрузивное рудоносное тело. В пользу этого говорит тот факт, что такой объем золотого оруденения вряд ли мог быть сформирован только из располагающихся в верхней части месторождения тел диоритов и монцитонитов.

Мы предполагаем, что под месторождением находится крупный интрузив, который явился источником штокообразных и силлоподобных тел монцитонитов и кварцевых диоритов. Этот же интрузив был поставщиком большого флюидного потока, который поднимался вверх, неся в себе рудную минерализацию. Источником флюидов, из которых формируются околорудные метасоматиты и золотое оруденение, являются корневые участки рудно-магматической системы, располагавшиеся на значительной глубине (рис. 9). В силу этого обстоятельства на месторождении развиты конусообразные и столбообразные штокверки со значительным вертикальным размахом золотого оруденения. На верхнем уровне образованные здесь силлоподобные тела и мелкие штоки также являются источником собственных гидротерм.

Отложение рудного вещества на месторождении Джеруй контролировалось участками трещиноватости, развитыми в зоне влияния крупного Рудоконтролирующего разлома и других разломов, оперяющих Ичкелетау-Сусамырскую тектоническую зону.

Формирование этой рудно-магматической системы происходило в среднем ордовике в островодужной обстановке, которая возникла из-за

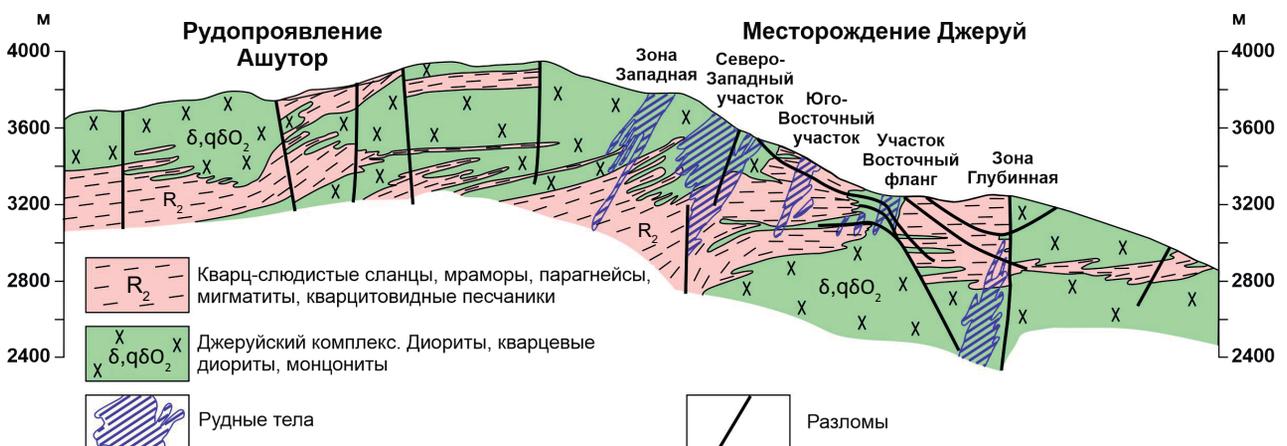


Рис. 8. Продольный разрез через Джеруйское рудное поле

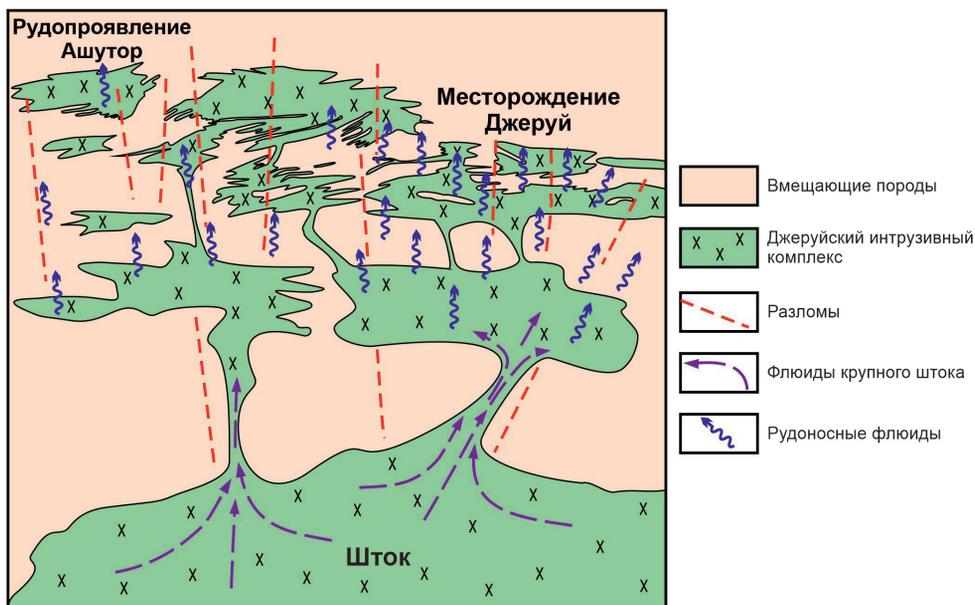


Рис. 9. Модель формирования месторождения Джеруй

субдукции океанической коры под Северо-Тяньшаньский микроконтинент. Островодужные магматические системы, как правило, являются очень благоприятными для формирования золотых месторождений. Помимо месторождения Джеруй в этой островной дуге сформировался целый ряд месторождений, в том числе золото-медно-порфировых, которые приурочены преимущественно к мелким штокам алмалинского комплекса. Привнос металлов в островодужные магмы могла содействовать субдукция. Также рудные компоненты могли привноситься во время миграции магмы через земную кору [21].

**Обсуждение результатов исследования.**

Джеруйский рудный район в течение длительного времени входил в состав Северо-Тяньшанского (Иссык-Кульского) массива, который являлся частью суперконтинента, существовавшего в раннем и среднем рифее [3; 19]. В это время в Северо-Тяньшанском микроконтиненте формировались различные осадочные и вулканогенные комплексы внутриплитной и рифтогенной обстановок. Во внутриплитных условиях в среднем рифее внедрились интрузивы караджилгинского и табалыкского комплексов.

Караджилгинский комплекс представлен гранитами, гранитогнейсами, гранодиоритами, которые под воздействием тектонических процессов приобрели в разной степени гнейсовидность. Имеющиеся радиологические определения возраста магматической кристаллизации интрузивных пород караджилгинского комплекса, полученными различными исследователями, показывают значения в 1090–1135 млн лет [13],  $1131 \pm 4$  [6],  $1102 \pm 7$  и  $1094 \pm 8$  [24], 1070–1150–1275 млн лет [11], что сопоставимо с полученным нами возрастом пород табалыкского комплекса (1160–1161 млн лет).

Однако надо учесть то обстоятельство, что породы табалыкского комплекса прорывают интрузии караджилгинского комплекса [18], кроме того, имеются ксенолиты гранитов караджилгинского комплекса в Табалыкском массиве. Поэтому, вероятнее всего, интрузивные массивы караджилгинского комплекса формировались в течение длительного времени, а табалыкский комплекс прорывает только наиболее древние породы караджилгинского комплекса. Тектонически возраст и табалыкских, и караджилгинских гранитов отвечает гренвильской орогении, признаки которой широко проявлены в Тянь-Шане [24]. По химическому составу граниты тяготеют к полям внутриплитных гранитов и могут отражать обстановки постколлизии растяжения [6].

Как показано на рис. 10, на диаграммах, предложенных Дж. Пирсом и др. [23], изученные породы табалыкского комплекса попадают в поле развития внутриплитных гранитоидов, а диаграмма  $A/NK - A/CNK$  указывает на их принадлежность к I типу гранитов (рис. 11). Для сравнения на этих диаграммах приведены данные по караджилгинскому комплексу, заимствованные из литературных источников, которые дают широкий разброс точек составов, так как в этом комплексе присутствует большое количество ксенолитов вмещающих пород различного состава и размеров. К тому же интрузивные породы этого комплекса часто ассимилируют вмещающие породы, поэтому состав караджилгинских гнейсо-гранитов в какой-то степени зависит от состава вмещающих пород [3; 5; 8; 24].

График нормированного распределения РЗЭ для пород табалыкского и джеруйского комплексов (рис. 12) характеризуется уменьшением содержания элементов от La к Ce и Sm ( $La/Sm = 3-5$ ), слабой дифференцированностью ряда РЗЭ от

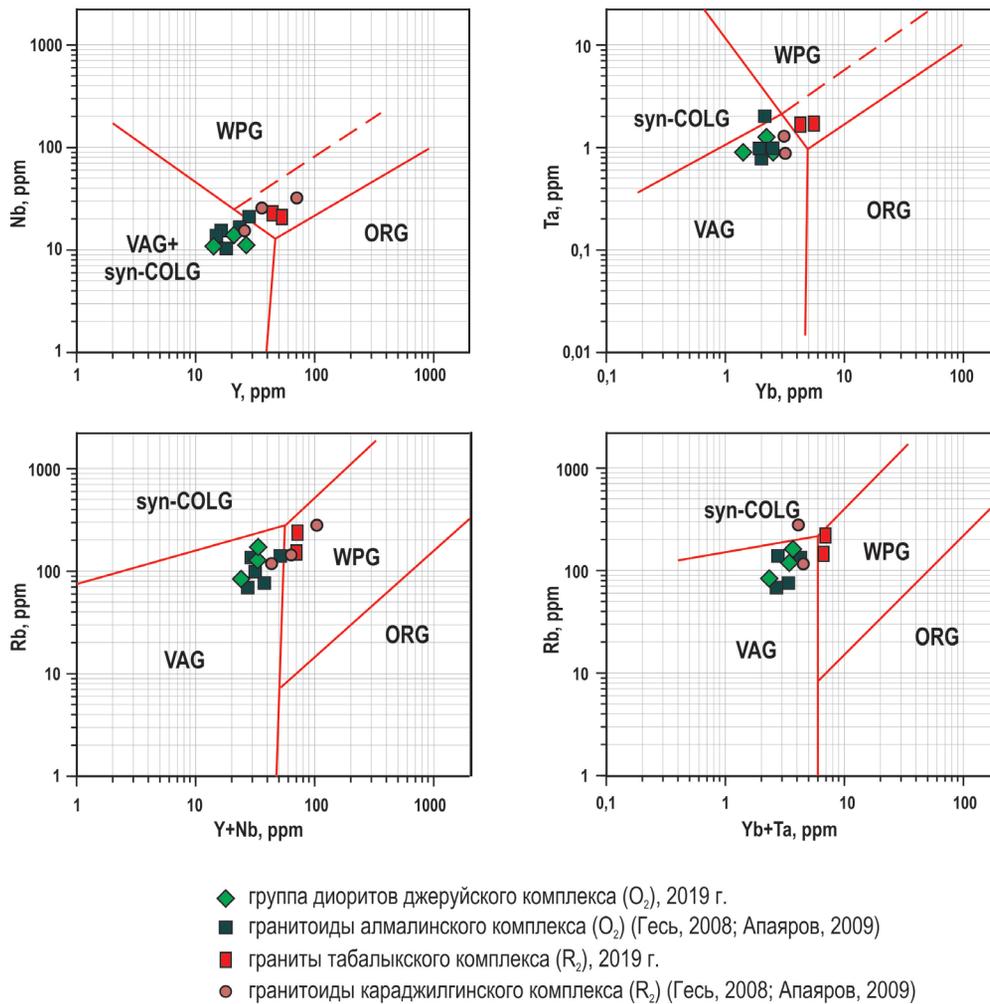


Рис. 10. Положение составов интрузивных пород Джеруйского рудного района на дискриминационных диаграммах Nb–Y, Ta–Yb, Rb–(Y + Nb), Rb–(Yb + Ta), предложенных Дж. Пирсом и др. [23] для геодинамической интерпретации гранитоидных пород

Поля на диаграммах: ORG – гранитоиды океанических хребтов, WPG – внутриплитные гранитоиды, VAG – гранитоиды вулканических дуг, syn-COLG – синколлизийные гранитоиды

Du до Lu и хорошо выраженной отрицательной Eu аномалией ( $Eu^* = 0,4$  для обр. D-01, D-02), и слабо выраженной европиевой аномалией для обр. D-03, D-05 и D-07 ( $Eu^* = 0,76–0,87$ ), сопровождающейся меньшей дифференциацией легких, относительно средних и тяжелых редкоземельных элементов в джеруйском комплексе. Данное распределение позволяет соотнести принадлежность формирования пород из джеруйского комплекса к периоду завершающего этапа развития островной дуги. При сравнении графиков можно сделать вывод о том, что для древних гранитов из табалыкского комплекса спектры распределения редкоземельных элементов соответствуют типичному распределению, характерному для гранитов I типа [26].

В позднем рифее – венде в регионе широко проявились процессы растяжения и дробления континентальной коры, были заложены крупные рифтогенные структуры, которые затем трансформировались в океанические [1; 3; 7]. В раннем палеозое происходит развитие активных окраин и островодужных систем [3; 6; 20; 24]. По

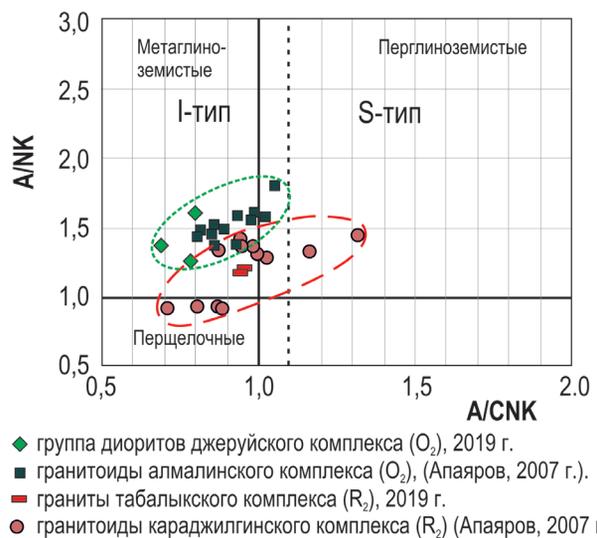


Рис. 11. Положение составов интрузивных пород Джеруйского рудного района на диаграмме с полями гранитоидов I типа и S типа

$A/CNK = Al_2O_3 / (CaO + Na_2O + K_2O)$  мол.;  $A/NK = Al_2O_3 / (Na_2O + K_2O)$  мол.

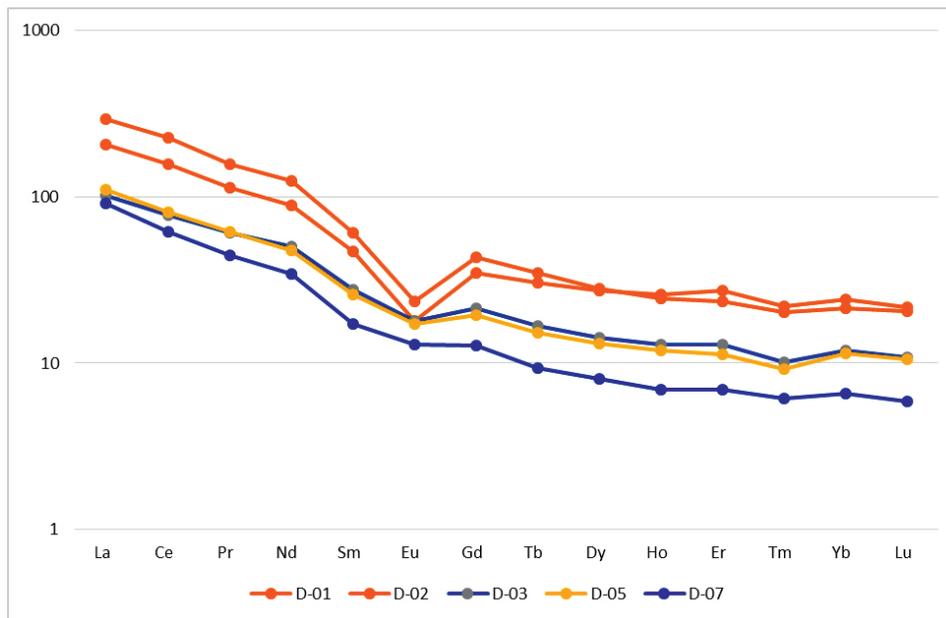


Рис. 12. Спектры распределения редкоземельных элементов, нормированных на хондрит C1, для интрузивных пород табалыкского (обр. D-01, D-02) и джеруйского комплексов (обр. D-03, D-05, D-07)

сравнению с имеющимися датировками диориты джеруйского комплекса формировались в вулканической дуге, вероятно, сформированной на энциалическом фундаменте и образованной при субдукции Ишим-Нарынского (Сакского) океанического бассейна, существовавшего на окраине Северо-Тяньшанского микроконтинента [3]. Эти диориты по возрасту и по геохимическим особенностям довольно близки к породам алмалинского комплекса, которые были образованы в островодужной обстановке [2; 3; 9; 10]. В конце ордовика Ишим-Нарынский океанический бассейн был закрыт в процессе коллизии Северо-Тяньшанского и Срединно-Тяньшанского микроконтинентов [3].

Золоторудная минерализация, в том числе золото-медно-порфирового типа, наиболее интенсивно проявлена в западной части Кыргызского хребта (золото-медно-порфировые месторождения Талдыбулак и Андаш, скарновое месторождение Акташ, золото-кварцевое месторождение Чонур и ряд более мелких месторождений и рудопроявлений). Большая часть золоторудной минерализации приурочена к небольшим штокам алмалинского интрузивного комплекса, представленных преимущественно гранодиоритами, гранодиорит-порфирами и кварцевыми монцонитами. По данным Ф. Х. Апаярова [2], U-Pb датировки циркона из алмалинского комплекса дают значения возраста  $458,7 \pm 2,1$  млн лет. Возраст алмалинского комплекса также надежно подтверждается геологическими и палеонтологическими наблюдениями и соответствует среднему ордовика. Этот возраст очень близок к возрасту образования джеруйского комплекса.

Джеруйский интрузивный комплекс по петрографическим и петрохимическим характери-

кам во многом аналогичен породам алмалинского комплекса, что позволило Ю. В. Жукову отнести его к данному комплексу и отразить это на Геологической карте [4]. На диаграммах Дж. Пирса и соавторов [23] породы обоих комплексов довольно компактно попадают в поле гранитоидов вулканических дуг. Согласно диаграмме A/NK – A/CNK (рис. 11), эти комплексы относятся к I типу гранитов, так же как и караджилгинский и табалыкский комплексы, но образуют отдельный от них рой точек.

### Выводы

1. Интрузивные породы табалыкского и джеруйского комплексов, развитые в районе месторождения Джеруй, долгое время были предметом дискуссий. Нами по циркону U-Pb SIMS методом установлен возраст гранитов табалыкского комплекса 1160–1161 млн лет и диоритов джеруйского комплекса – 462–467 млн лет.

2. Развитые в западной части Северного Тяньшаня интрузивные породы караджилгинского комплекса среднего рифея имеют возраст и петрохимические характеристики, схожие с табалыкским комплексом, и оба комплекса были сформированы во внутриплитной геодинамической обстановке. Интрузивные породы джеруйского комплекса имеют близкий возраст, а также схожие петрографические и петрохимические характеристики с алмалинским комплексом. Оба этих комплекса были сформированы в условиях существования вулканических дуг в среднем ордовике. Таким образом, на месторождении Джеруй, ранее имевшие различную интерпретацию по возрастам и соотношениям, граниты табалыкского комплекса и диориты джеруйского комплекса четко ранжируются по возрасту и петрогеохимическим характеристикам.

3. Формирование интрузивных тел джеруйского комплекса происходило на завершающем этапе развития островной дуги в среднем ордовике. Островодужные магматические системы, как правило, являются очень благоприятными для формирования золотых, золото-медных и других месторождений. В описываемом районе в островодужной обстановке был сформирован еще целый ряд месторождений и рудопроявлений различного типа, в том числе крупные золото-медно-порфиновые месторождения Талдыбулак, Андаш и др.

4. Установлено, что материнскими породами для золоторудной минерализации на месторождении являлся джеруйский интрузивный комплекс, который породил гидротермальные флюиды и связанную с ними рудную минерализацию. Формирование скарнов, широкое развитие метасоматитов кварц-калишпатового и березитового состава, сопровождающих рудные зоны в диоритах и надинтрузивных частях интрузива диоритов, говорит об интенсивной гидротермальной деятельности постмагматических растворов, связанных с внедрением и длительным становлением диоритовых массивов именно джеруйского комплекса.

5. Месторождение Джеруй располагается в верхней (апикальной) части этой рудно-магматической системы и является типичным гидротермальным золото-кварцевым убогосульфидным месторождением, связанным с магматическим очагом. Формирование месторождения предполагает двухуровневую модель рудно-магматической системы. На нижнем уровне на глубине предполагается наличие более крупного штока интрузивных пород, который на момент формирования месторождения мог служить источником расплава для образования вышерасположенных силлоподобных и мелких штокообразных интрузивных тел диоритов и монзонитов. Он же является источником глубинных гидротермальных растворов, которые в верхних горизонтах в зонах разгрузки формировали метасоматически измененные породы и золотое оруденение.

Авторы благодарят доктора геол.-минерал. наук, проф. А. К. Худолея за помощь в подготовке данной статьи и кандидата геол.-минерал. наук Ф. Х. Апаева за консультативную помощь при проведении полевых работ на месторождении Джеруй в 2019 г. Также выражаем благодарность руководству ОсОО «Альянс Алтын» за предоставленную возможность проведения полевых исследований на территории Джеруйского рудного поля.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеев А. В., Ковалев А. А. Офиолиты и эволюция юго-западной части Урало-Монгольского складчатого пояса. – М. : Изд-во МГУ, 1989. – 228 с.
2. Апаев Ф. Х. Алмалысайский массив (строение, состав, возраст) и его значение как возрастного репера в каледонидах Тянь-Шаня // Геология и полезные ископаемые. – Бишкек, 2009. – С. 141–151.
3. Геодинамика и оруденение Тянь-Шаня (Кыргызстан) / А. Б. Бакиров, Р. Д. Дженчураева, Р. А. Мак-

сумова, В. В. Киселев, Н. Т. Пак, С. Е. Сабельников, К. С. Сакиев; отв. ред. А. Б. Бакиров. – Бишкек : Илим, 2014. – 280 с.

4. Геологическая карта Кыргызской республики. Масштаб 1 : 500 000 / Ю. В. Жуков, И. Л. Захаров, А. В. Березанский, Р. М. Израилева; гл. ред. Б. Т. Турсунгазиев, О. В. Петров. – СПб. : Картогр. ф-ка ВСЕГЕИ, 2008.

5. Гесь М. Д. Террейновая структура и геодинамическая эволюция каледонид Тянь-Шаня. – Бишкек, 2008. – 159 с.

6. Дегтярев К. Е. Среднерифейские гранитоиды западной части Кыргызского хребта (Северный Тянь-Шань): структурное положение, строение, обоснование возраста / К. Е. Дегтярев, А. А. Третьяков, А. В. Рязанцев, А. Б. Котов, Е. Б. Сальникова, П. А. Александров, И. В. Анисимова // Докл. РАН. – 2011. – Т. 441, № 2. – С. 219–223.

7. Дегтярев К. Е. Строение каледонид Кыргызского хребта и тектоническая эволюция Северного Тянь-Шаня в позднем докембрии-раннем палеозое / К. Е. Дегтярев, А. В. Рязанцев, А. А. Третьяков и др. // Геотектоника. – 2014. – № 6. – С. 3–38.

8. Дженчураева А. В. Стратифицированные образования Кыргызстана / А. В. Дженчураева, И. Л. Захаров, Ю. В. Жуков и др. – Бишкек : Изд-во КРСУ, 2015. – 338 с.

9. Дженчураева Р. Д. Геодинамика, металлогения и рудогенез. – Бишкек : Илим, 2010. – 223 с.

10. Дженчураева Р. Д. Золоторудные месторождения Кыргызстана / Р. Д. Дженчураева, Н. Т. Пак, В. В. Никоноров, Е. А. Ивлева. – Бишкек, 2020. – 494 с.

11. Киселев В. В. Изотопно-геохронологические данные и термально-геодинамическая история Тянь-Шаня // Геодинамика и геоэкология высокогорных регионов в XXI веке. Вып. 1. – М. : Бишкек, 2006. – С. 29–38.

12. Киселев В. В. Радиологическое подтверждение гренвилльского тектоно-магматического этапа в Северном Тянь-Шане / В. В. Киселев, Ю. В. Жуков, Р. М. Израилева, В. Т. Комаревцев, Э. Н. Цыганок // Изв. АН Кирг. ССР. – 1982. – № 6. – С. 26–30.

13. Кушнарера А. В. Структурная позиция и неоднородные деформации мезопротерозойских гранито-гнейсов Северного Тянь-Шаня на примере Караджилгинского массива (Кыргызстан) / А. В. Кушнарера, А. К. Худолей, Д. В. Алексеев, Е. О. Петров // Докл. РАН. Науки о Земле. – 2022. – Т. 507, № 1. – С. 5–12.

14. Ломакина Г. В. Типоморфные особенности самородного золота месторождения в каледонских гранитоидах Тянь-Шаня // Золотоносность Тянь-Шаня. – М. : ЦНИГРИ. – 1984. – С. 34–40.

15. Никоноров В. В. Золото Кыргызстана / В. В. Никоноров, Ю. В. Караев, Ф. И. Борисов, В. И. Тольский, Т. С. Замалетдинов, Т. В. Ларина, Т. В. Горбанева. – Бишкек : Наси, 2004. – Кн. 1. – 271 с.

16. Пак Н. Т. Околорудные метасоматиты на месторождении золота Джеруй (Кыргызская Республика) // Проблемы геологии и разведки месторождений полезных ископаемых. – Томск : ТПУ, 2005. – С. 106–110.

17. Сорокин В. Н., Ломакина Г. В. Критерии прогнозирования золото-кварцевого оруденения в рифейских гранитоидах Северного Тянь-Шаня // Геологическая служба Киргизии. – Фрунзе, 1990. – С. 77–83.

18. Стратифицированные и интрузивные образования Киргизии. Кн. II. – Фрунзе, 1982. – 243 с.

19. Хаин В. К. Тектоника континентов и океанов. – М. : Научный мир, 2001. – 606 с.

20. Alexeiev D. V. 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. Kroner, V. P. Kovach, A. A. Tretyakov, Y. Rojas-Agramonte, K. E. Degtyarev, A. V. Mikolaichuk, J. Wong, V. V. Kiselev // Gondwana Res. – 2019. – Vol. 66. – Pp. 93–115.

21. Hedenquist J. W., Lowenstern J. B. The role of magmas in the formation of hydrothermal ore deposits // Nature. – 1994. – Vol. 370, no. 6490. – Pp. 519–527.

22. Jenchuraeva R., Oakes B. Ore deposit Jerooy // Paleozoic geodynamics and intrusion-related Au deposits in the Althaid. – London, 2001. – Pp. 153–160.

23. Pearce J. A. Sources and settings of granitic rocks // Episodes. – 1996. – Vol. 19, no. 4. – Pp. 120–125.

24. Kröner A. Mesoproterozoic (Grenville-age) terranes in the Kyrgyz North Tianshan: zircon ages, Nd-Hf isotopic constraints on the origin, evolution of basement blocks in the southern Central Asian Orogen / A. Kröner, D. V. Alexeiev, Y. Rojas-Agramonte, E. Hegner, J. Wong, X. Xia, E. Belousova, A. V. Mikolaichuk, R. Seltmann, D. Liu, V. V. Kiselev // *Gondwana Res.* – 2013. – Vol. 23. – Pp. 272–295.

25. Schuth S. Early Proterozoic U-Pb Zircon Ages from Basement Gneiss at the Solovetsky Archipelago, White Sea, Russia / S. Schuth, V. I. Gornyy, J. Berndt, S. S. Shevchenko, S. A. Sergeev, A. F. Karpuzov, T. Mansfeldt // *International Journal of Geosciences.* – 2012. – Vol. 3 (2). – Pp. 289–296. DOI: <https://doi.org/10.4236/ijg.2012.32030>

26. Snachev V. I., Snachev A. V., Prokofiev V. Yu. Physicochemical conditions of the formation of the Larino granite-gneiss dome (South Ural) // *Georesources.* – 2022. – No. 24 (1). – Pp. 74–83. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2022.1.7>

## REFERENCES

1. Avdeev A. V., Kovalev A. A. Ophiolity i evolyutsiya yugo-zapadnoy chasti Uralo-Mongol'skogo skladchatogo poyasa [Ophiolites and evolution of the southwestern part of the Ural-Mongolian fold belt]. Moscow, Izd-vo Mosk. un-ta, 1989, 228 p.

2. Apayarov F. Kh. Almalysayskiy massiv (stroenie, sostav, vozrast) i ego znachenie kak vozrastnogo repera v kaledonidakh Tyan'-Shanya [Almalysai massif (structure, composition, age) and its significance as an age rapper in the Tien Shan Caledonides]. *Geologiya i poleznye iskopayemye*. Bishkek, 2009, pp. 141–151.

3. Geodinamika i orudnenie Tyan'-Shanya (Kyrgyzstan) [Geodynamics and mineralization of the Tien Shan (Kyrgyzstan)]. A. B. Bakirov, R. D. Dzhenchuraeva, R. A. Maksimova, V. V. Kiselev, N. T. Pak, S. E. Sabel'nikov, K. S. Sakiyev; Editors in chief A. B. Bakirov. Bishkek, Ilim, 2014, 280 p.

4. Geologicheskaya karta Kyrgyzskoy respubliky. Mashtab 1 : 500 000 [Geological map of the Kyrgyz Republic. Scale 1 : 500 000]. Eds. by Yu. V. Zhukov, I. L. Zaharov, A. V. Berezanskiy, R. M. zraileva; Editors in chief B. T. Tursungaziev, O. V. Petrov. St. Petersburg, Kartograficheskaya fabrika VSEGEI, 2008.

5. Ges' M. D. Terreyenovaya struktura i geodinamicheskaya evolyutsiya kaledonid Tyan'-Shanya [Structure of terrane and geodynamic evolution of Tien Shan Caledonides]. Bishkek, 2008, 159 p.

6. Degtyarev K. E. Srednerifeyskie granitoidy zapadnoy chasti Kirgizskogo khrebt (Severnnyy Tyan'-Shan'): strukturnoe polozhenie, stroenie, obosnovanie vozrasta [Middle Riphean granitoids of the western part of the Kyrgyz ridge (Northern Tien Shan): structural position, structure, justification of age]. K. E. Degtyarev, A. A. Tret'yakov, A. V. Ryazantsev, A. B. Kotov, E. B. Sal'nikova, P. A. Aleksandrov, I. V. Anisimova. *Dokl. RAN*, 2011, vol. 441, no. 2, pp. 219–223.

7. Degtyarev K. E. Stroenie kaledonid Kirgizskogo khrebt i tektonicheskaya evolyutsiya Severnogo Tyan'-Shanya v pozdnem dokembrii-rannem paleozoe [The structure of the Caledonides of the Kirgiz Range and the tectonic evolution of the Northern Tien Shan in the Late Precambrian-Early Paleozoic]. K. E. Degtyarev, A. V. Ryazantsev, A. A. Tret'yakov et al. *Geotektonika*, 2014, no. 6, pp. 3–38.

8. Dzhenchuraeva A. V. Stratifitsirovannyye obrazovaniya Kyrgyzstana [Stratified formations of Kyrgyzstan]. A. V. Dzhenchuraeva, I. L. Zakharov, Yu. V. Zhukov et al. Bishkek, Izd-vo KRSU, 2015, 338 p.

9. Dzhenchuraeva R. D. Geodinamika, metallogeniya i rudogenez [Geodynamics, metallogeny and ore genesis]. Bishkek, Ilim, 2010, 223 p.

10. Dzhenchuraeva R. D. Zolotorudnyye mestorozhdeniya Kyrgyzstana [Gold deposits of Kyrgyzstan]. R. D. Dzhenchuraeva, N. T. Pak, V. V. Nikonorov, E. A. Ivleva. Bishkek, 2020, 494 p.

11. Kiselev V. V. Izotopno-geokhronologicheskie dannyye i termal'no-geodinamicheskaya istoriya Tyan'-Shanya [Isotope-geochronological data and thermal-geodynamic history of the Tien Shan]. *Geodinamika i geoekologiya vysokogornnykh regionov v XXI veke*. Vol. 1. Moscow, Bishkek, 2006, pp. 29–38.

12. Kiselev V. V. Radiologicheskoe podtverzhdenie grenvil'skogo tektono-magmaticheskogo etapa v Severnom Tyan'-Shane [Radiological confirmation of the Grenville tectonic-magmatic stage in the Northern Tien Shan]. V. V. Kiselev, Yu. V. Zhukov, R. M. Izraileva, V. T. Komarevtsev, E. N. Tsyganok. *Izv. AN Kirg. SSSR*, 1982, no. 6, pp. 26–30.

13. Kushnareva A. V. Strukturnaya pozitsiya i neodnorodnyye deformatsii mezoproterozoyskikh granito-gneysov Severnogo Tyan'-Shanya na primere Karadzhilginskogo massiva (Kyrgyzstan) [Structural position and heterogeneous deformations of Mesoproterozoic granite-gneisses of the Northern Tien Shan using the example of the Karadzhilga massif (Kyrgyzstan)]. A. V. Kushnareva, A. K. Khudoley, D. V. Alekseev, E. O. Petrov. *Dokl. RAN. Nauki o Zemle*, 2022, vol. 507, no. 1, pp. 5–12.

14. Lomakina G. V. Tipomorfnyye osobennosti samorodnogo zolota mestorozhdeniya v kaledonskikh granitoidakh Tyan'-Shanya [Typomorphic features of native gold deposits in the Caledonian granitoids of the Tien Shan]. *Zolotonosnost' Tyan'-Shanya*. Moscow, TsNIGRI, 1984, pp. 34–40.

15. Nikonorov V. V. Zoloto Kyrgyzstana [Gold of Kyrgyzstan]. V. V. Nikonorov, Yu. V. Karaev, F. I. Borisov, V. I. Tol'skiy, T. S. Zamaletdinov, T. V. Larina, T. V. Gorbaneva. Bishkek, Nasi, 2004, iss. 1, 271 p.

16. Pak N. T. Okolorudnyye metasomatity na mestorozhdenii zolota Dzheruy (Kyrgyzskaya Respublika) [Wallrock alteration at the Jerooy gold deposit (Kyrgyz Republic)]. *Problemy geologii i razvedki mestorozhdeniy poleznykh iskopayemykh*. Tomsk, TPU, 2005, pp. 106–110.

17. Sorokin V. N., Lomakina G. V. Kriterii prognozirovaniya zoloto-kvartsevogo orudneniya v rifeyskikh granitoidakh Severnogo Tyan'-Shanya [Criteria for predicting gold-quartz mineralization in the Riphean granitoids of the Northern Tien Shan]. *Geologicheskaya sluzhba Kirgizii*, Frunze, 1990, pp. 77–83.

18. Stratifitsirovannyye i intruzivnyye obrazovaniya Kirgizii. Kn. II [Stratified and intrusive formations of Kyrgyzstan. Book II]. Frunze, 1982, 243 p.

19. Khain V. K. Tektonika kontinentov i okeanov [Tectonics of continents and oceans]. Moscow, Nauchnyy mir, 2001, 606 p.

20. Alexeiev D. V. Evolution of Cambrian and Early Ordovician arcs in the Kyrgyz North Tianshan: Insights from U-Pb zircon ages and geochemical data [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. Kroner, V. P. Kovach, A. A. Tret'yakov, Y. Rojas-Agramonte, K. E. Degtyarev, A. V. Mikolaichuk, J. Wong, V. V. Kiselev. *Gondwana Res.*, 2019, vol. 66, pp. 93–115.

21. Hedenquist J. W., Lowenstern J. B. The role of magmas in the formation of hydrothermal ore deposits [The role of magmas in the formation of hydrothermal ore deposits]. *Nature*, 1994, vol. 370, no. 6490, pp. 519–527.

22. Jenchuraeva R., Oakes B. Ore deposit Jerooy. Paleozoic geodynamics and intrusion-related Au deposits in the Althaid. London, 2001, pp. 153–160.

23. Pearce J. A. Sources and settings of granitic rocks. *Episodes*, 1996, vol. 19, no. 4, pp. 120–125.

24. Kröner A. Mesoproterozoic (Grenville-age) terranes in the Kyrgyz North Tianshan: zircon ages, Nd-Hf isotopic constraints on the origin, evolution of basement blocks in the southern Central Asian Orogen. A. Kröner, D. V. Alexeiev, Y. Rojas-Agramonte, E. Hegner, J. Wong, X. Xia, E. Belousova, A. V. Mikolaichuk, R. Seltmann, D. Liu, V. V. Kiselev. *Gondwana Res.*, 2013, vol. 23, pp. 272–295.

25. Schuth S., Gornyy V. I., Berndt J., Shevchenko S. S., Sergeev S. A., Karpuzov A. F., Mansfeldt T. Early

Proterozoic U-Pb Zircon Ages from Basement Gneiss at the Solovetsky Archipelago, White Sea, Russia. *International Journal of Geosciences*, 2012, vol. 3 (2), pp. 289–296. DOI: <https://doi.org/10.4236/ijg.2012.32030>

26. Snachev V. I., Snachev A. V., Prokofiev V. Yu. Physicochemical conditions of the formation of the Larino granite-gneiss dome (South Ural). *Georesources*, 2022, no. 24 (1), pp. 74–83. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2022.1.7>

*Пак Николай Тимофеевич* – канд. геол.-минерал. наук, ст. науч. сотрудник, зав. лабораторией<sup>1</sup>. <paknikolay50@mail.ru>  
*Ивлева Елена Александровна* – ст. науч. сотрудник<sup>1</sup>. <violgold@mail.ru>

*Шатова Надежда Витальевна* – канд. геол.-минерал. наук, ст. науч. сотрудник<sup>2</sup>. <narlin.ros@mail.ru>

*Шатов Виталий Витальевич* – канд. геол.-минерал. наук, директор, Центр прогнозно-металлогенических исследований<sup>2</sup>. <vitaly\_shatov@vsegei.ru>

*Сергеев Сергей Андреевич* – канд. геол.-минерал. наук, директор, Центр изотопных исследований<sup>2</sup>. <sergey\_sergeev@vsegei.ru>

*Раимжанов Ильяс Маматеминович* – гл. геолог<sup>3</sup>. <raimzhanov@alliance-altyn.kg>

*Pak Nikolay Timofeevich* Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Senior Researcher, Head of Laboratory<sup>1</sup>. <paknikolay50@mail.ru>

*Ivleva Elena Aleksandrovna* – Senior Researcher<sup>1</sup>. <violgold@mail.ru>

*Shatova Nadezhda Vitalievna* – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Senior Researcher<sup>2</sup>. <narlin.ros@mail.ru>

*Shatov Vitaliy Vitalievich* – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Director, Centre of Prognostic-Metallogenic Research<sup>2</sup>. <vitaly\_shatov@vsegei.ru>

*Sergeev Sergey Andreevich* – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Director, Centre of Isotopic Research<sup>2</sup>. <sergey\_sergeev@vsegei.ru>

*Raimzhanov Il'yas Mamateminovich* – Chief Geologist<sup>3</sup>. <raimzhanov@alliance-altyn.kg>

<sup>1</sup> Институт геологии им. М. М. Адышева Национальной академии наук Кыргызской Республики (ИГ НАН КР). Б-р Эркиндик, 30, Бишкек, Кыргызская Республика, 720040.

<sup>2</sup> Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского (Институт Карпинского). Средний пр., 74, Санкт-Петербург, Россия, 199106.

<sup>3</sup> ОсОО «Альянс Алтын». Пр. Чингиза Айтматова, 48, Бишкек, Кыргызская Республика, 720040.

<sup>1</sup> M. M. Adyshev Institute of Geology of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic (IG NAS KR). 30 B-r Erkindik, Bishkek, Kyrgyz Republic, 720040.

<sup>2</sup> A. P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (Karpinsky Institute). 74 Sredny Prospect, St. Petersburg, Russia, 199106.

<sup>3</sup> Alliance Altyn LLC. 48 Pr. Chingiz Aitmatov, Bishkek, Kyrgyz Republic, 720040.