

Научная статья

УДК 553.411.078(571.620)

doi:10.52349/0869-7892_2026_105_91-107

**Геолого-минерагеническая характеристика
новой Уркачикской золоторудонесной
площади Ульбанского террейна
(Хабаровский край, Россия)****В. Е. Кириллов^{1✉}, В. В. Иванов²,
С. И. Трушин³, П. В. Домнин⁴**

¹ Институт тектоники и геофизики им. Ю. А. Косыгина
Дальневосточного отделения Российской академии наук,
Хабаровск, Россия,
kirillov@itig.as.khb.ru✉

² Дальневосточный геологический институт
Дальневосточного отделения Российской академии наук,
Владивосток, Россия

³ АО «Полиметалл УК», Санкт-Петербург, Россия

⁴ Хабаровский филиал АО «Полиметалл УК», Хабаровск, Россия

Ключевые слова: кварцевые диориты, березитовые метасоматиты, линейные штокверки, тонкое и дисперсное золото, интерметаллиды, тонковкрапленная минерализация, самородные элементы, сульфиды, сульфосоли

Благодарности: работа выполнена в рамках государственного задания Института тектоники и геофизики им. Ю. А. Косыгина Дальневосточного отделения Российской академии наук (тема научно-исследовательской работы № 126020216323-2).

Для цитирования: Кириллов В. Е., Иванов В. В., Трушин С. И., Домнин П. В. Геолого-минерагеническая характеристика новой Уркачикской золоторудонесной площади Ульбанского террейна (Хабаровский край, Россия) // Региональная геология и металлогения. 2026. Т. 33, № 1. С. 91–107. https://doi.org/10.52349/0869-7892_2026_105_91-107

Аннотация. В статье приводится геолого-металлогеническая характеристика Уркачикской рудонесной площади в южном обрамлении Магуйского вулкана. Описаны петрографические и минералого-геохимические особенности металлонесных метасоматитов и прожилково-вкрапленных гидротермалитов (штокверков) золоторудного месторождения Талгий и рудопроявления Пихтовое. Показано, что оруденение приурочено к линейным штокверкам кварц-карбонатных прожилков в ореолах березитов в зонах разломов и парагенетически связано с малыми интрузиями кварцевых диоритов, формирующими штоки или вдольразломные интрузии среди осадочных пород юрского возраста (песчаников, алевролитов, кремнистых пород). Рудная минерализация контролируется крутопадающими нарушениями преимущественно в эндоконтактах интрузий. Золото-редкометалльные руды отличаются значительным разнообразием минерального состава, в том числе присутствием различных самородных элементов, интерметаллидов, сульфосолей и халькогенидов благородных металлов. Для руд характерно сквозное развитие золото-серебряной субмикронной рассеянной вкрапленности во всех типах эпипород. Самородные минералы благородных металлов встречаются в виде природных сплавов Au–Ag, Au–Cu–Ag и Au–Cu, а также самородного золота и серебра. С глубиной в метасоматитах увеличиваются содержания Cu, Sn, редкоземельных и сидерофильных элементов, однако уменьшаются As, Se и Sb. Руды характеризуются высокими содержаниями Au и повышенными Cu, Bi, Ag, As, Sb, Te и относятся к золото-висмутовому геохимическому подтипу золото-редкометалльных гидротермальных месторождений, сформировавшихся на субвулканическом уровне. По уровню содержания сульфидов руды Уркачикской рудонесной площади соответствуют убого- и малосульфидному типам металлонесных образований.



Original article

UDC 553.411.078(571.620)

doi:10.52349/0869-7892_2026_105_91-107

Geological and mineragenic characteristics of the new Urkachik gold-bearing area of the Ulban terrane (Khabarovsk Krai, Russia)

V. E. Kirillov¹✉, V. V. Ivanov², S. I. Trushin³, P. V. Domnin⁴

¹Yu. A. Kosygin Institute of Tectonics and Geophysics, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia, kirillov@itig.as.khb.ru✉

²Far East Geological Institute, Far East Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia

³Polymetal Management, Saint Petersburg, Russia

⁴Polymetal Management, Khabarovsk branch, Khabarovsk, Russia

Keywords: quartz diorites, beresite metasomatites, linear stockworks, fine and dispersed gold, intermetallides, finely disseminated mineralization, native elements, sulfides, sulfosalts

Acknowledgments: Yu. A. Kosygin Institute of Tectonics and Geophysics, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences supported the research (state geological study, research topic no. № 126020216323-2).

For citation: Kirillov V. E., Ivanov V. V., Trushin S. I., Domnin P. V. (2026). Geological and mineragenic characteristics of the new Urkachik gold-bearing area of the Ulban terrane (Khabarovsk Krai, Russia). *Regional Geology and Metallogeny*, 33(1), 91–107. https://doi.org/10.52349/0869-7892_2026_105_91-107

Abstract. The paper presents geological and metallogenetic characteristics of the Urkachik ore-bearing area within the southern adjacent areas of the Magu volcanogen. There are described petrographic, mineralogical, and geochemical features of metalliferous metasomatites and veinlet-disseminated hydrothermalites (stockworks) of the Talgiy gold ore deposit and Pikhtovy ore occurrence. Mineralization is confined to linear stockworks of quartz-carbonate veinlets in beresite halos in fault zones and is paragenetically associated with small quartz diorite intrusions that form stocks or along-fault intrusions among Jurassic sedimentary rocks (sandstone, siltstone, siliceous rocks). Steeply dipping faults predominantly control ore mineralization in intrusion endocontacts. Gold and rare metal ores differ in mineral composition, including various native elements, intermetallides, sulfosalts, and precious metal chalcogenides. The continuous development of gold-silver submicron dispersed impregnation in all types of secondary rocks characterizes the ores. Native minerals of precious metals occur as natural Au–Ag, Au–Cu–Ag, and Au–Cu alloys, as well as native gold and silver. With depth, metasomatites exhibit an increase in Cu, Sn, rare earth and siderophile elements, with As, Se, and Sb declining. High Au concentrations and elevated Cu, Bi, Ag, As, Sb, and Te concentrations are typical of the ores that fall into the gold-bismuth geochemical subtype of gold and rare metal hydrothermal deposits formed at the subvolcanic level. In terms of sulfide content, the ores in the Urkachik ore-bearing area correspond to poor and low-sulfide types of metalliferous sediments.

ВВЕДЕНИЕ

Уркачикская рудоносная площадь расположена в северной части Ульбанского террейна (Ханчук и др., 2024) в районе имени Полины Осипенко Хабаровского края (рис. 1, а), на южном склоне хребта Магу, в бассейнах рек Уркачик и Адякиль. Площадь размером 40 км² приурочена к южному обрамлению Магуйского¹ вулканогена и вмещает месторождение Талгий, рудопроявление Пихтовое, а также ряд проявлений и аномальных геохимических ореолов золота (рис. 1, б).

Начиная с середины 1970-х гг. Магуйский вулканоген и его обрамление изучались в ходе геолого-поисковых работ масштаба 1 : 50 000 (В. А. Кайдалов², В. П. Хлыст, В. Ф. Николаев³), а восточная часть вулканогена — в ходе детальных поисковых работ на рудное золото (АО «ДВ Ресурсы», Н. И. Таранов⁴). По их результатам в вулканогенных формациях был выявлен ряд рудопроявлений золото-серебряного типа (Трудный, Адякиль и др.). При этом изучению возможной рудоносности фундамента Магуйского вулканогена уделялось заметно меньше внимания.

Первым примером выявления промышленного золотого оруденения в терригенном фундаменте вулкаников стало золоторудное месторождение Талгий на Уркачикской площади, открытое АО «Полиметалл».

¹ Васькин А. Ф., Гурьянов В. А., Дымович В. А., Забродин В. Ю., Кайдалов В. А., Кисляков С. Г., Махинин А. В., Роганов Г. В., Турбин М. Т., Фролов Ф. С. Схема геолого-структурного районирования Хабаровского края, Еврейской автономной области и смежных территорий. Масштаб 1 : 2 500 000. Хабаровск : Дальгеофизика, 2005.

² Кайдалов В. А., Максимова Л. Б., Дымович Т. И. и др. Информационный отчет о геологосъемочных работах масштаба 1 : 50 000, выполненных Алгатинской, Усалгинской, Сомнинской и Ларгасинской партиями Нижнеамурской ГГПП в 1989–1992 гг. Хабаровск, 1999. 291 с. // «ТФИ по Дальневосточному федеральному округу». РФФ № 474851.

³ Хлыст В. П., Николаев В. Ф. Отчет о результатах поисковых работ на золото в бассейнах рек Ульбанского залива и верховьев реки Сомни (Ульбанская партия, 1975–78 гг). в 2-х т. Красное, 1978. 248 с. // ФБУ «ТФИ по Дальневосточному федеральному округу». РФФ № 370576.

⁴ Таранов Н. И. Результаты поисковых и оценочных работ на рудное золото в районе хребта Магу и в бассейне ручья Иткан в 2006–10 гг. Хабаровск, 2011. 132 с. // ФБУ «ТФИ по Дальневосточному федеральному округу». РФФ № 503409.

Положительная прогнозная металлогеническая оценка района месторождения принадлежала заместителю генерального директора по минерально-сырьевым ресурсам АО «Полиметалл УК» С. И. Трушину. В 2015 г. он направил отряд Прогнозной группы ООО «Ресурсы Албазино» (В. Е. Кириллов) для проведения геолого-геохимических поисков масштаба 1:50 000 в бассейны рек Адякиль и Уркачик. По результатам изучения площади были получены обнадеживающие поисковые сведения и выявлены два крупных геохимических ореола золота в районе нынешних месторождения Талгий и рудопроявления Пихтовое, которые, по данным предшественников, характеризовались протяженными разрозненными донными потоками. В 2016 г. данные ореолы изучались в масштабе 1:10 000 и было установлено, что они заслуживают дальнейшего исследования с применением горных выработок. В 2017 г. ореол Талгий был изучен с применением ограниченного объема мелкоголубинного бурения с положительными поисковыми результатами (в отдельных пробах содержание Au достигало 7,2 г/т). Последующие канавные вскрытия позволили выявить рудные интервалы с содержаниями золота до первых десятков г/т. Колонковое бурение

подтвердило распространение оруденения на значительную глубину, и по результатам подсчета и утверждения запасов в 2024 г. месторождение Талгий было оценено как среднемасштабное.

В настоящее время месторождение Талгий детально исследовано разведочными горными работами и подготовлено к эксплуатации (рис. 2).

Ранее авторами в публикациях были приведены краткие сведения о геологии рудных объектов Ульбанского террейна, в том числе месторождения Талгий, отнесенного к золото-висмутовому минеральному типу золото-редкометалльной формации (Трушин и др., 2019, 2021). В настоящей статье содержится новая, более полная информация по геологии, структурному строению и вещественным показателям метасоматической и прожилковой минерализации Уркачикской рудоносной площади.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Комплекс полевых методов изучения Уркачикской рудоносной площади включал детальные геолого-геохимические поиски по вторичным ореолам рассеяния масштаба 1:10 000, механизированную

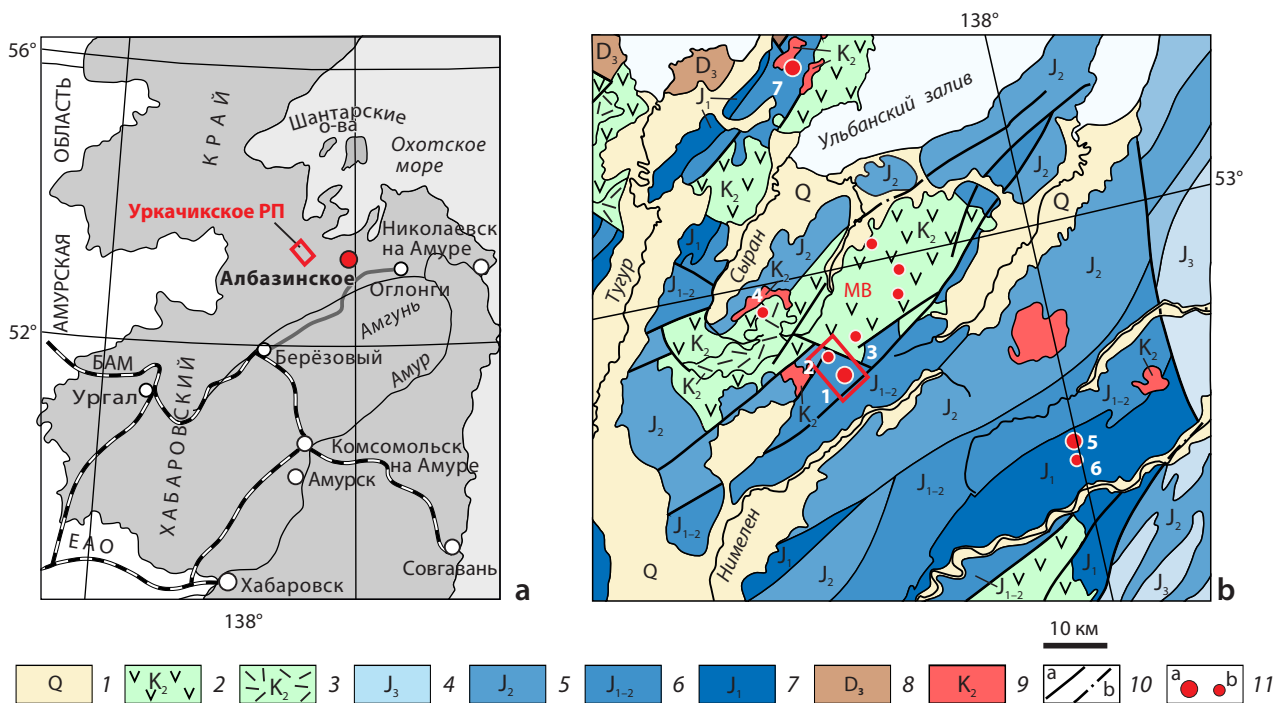


Рис. 1. Положение Уркачикской рудоносной площади на обзорной административной карте (а); схематическая геологическая карта района Магуйского вулканогена (МВ) и его обрaмления (б)

1 — четвертичные и неоген-четвертичные рыхлые отложения; **2, 3** — вулканиты K₂: среднего состава (2), кислого и умеренно-кислого состава (3); **4–7** — терригенные породы юры (песчаники, алевриты); **8** — терригенно-вулканогенные породы D₃; **9** — гранитоиды K₂; **10** — разломы (а), то же под рыхлыми отложениями (б); **11** — месторождения (1 — Талгий, 5 — Албазинское, 7 — Кутынь) и рудопроявления золота (2 — Пихтовое, 3 — Адякиль, 4 — Александровское, 6 — Куянь)

Fig. 1. Urkachik ore-bearing area on the general administrative map (a); schematic geological map of the Magu volcanogen (MB) and its adjacent areas (b)

1 — Quaternary and Neogene–Quaternary loose sediments; **2, 3** — volcanites K₂: basic (2), felsic, and moderately felsic (3); **4–7** — Jurassic terrigenous rocks (sandstone, siltstone); **8** — terrigenous-volcanogenic rocks D₃; **9** — granitoids K₂; **10** — faults (a), faults under loose sediments (b); **11** — deposits (1 — Talgiy, 5 — Albazinskiy, 7 — Kutyn) and gold ore occurrences (2 — Pikhtovoy, 3 — Adyakil, 4 — Aleksandrovskeye, 6 — Kuyan)



Рис. 2. Начало карьерной добычи на месторождении Талгий (2025)

Fig. 2. Initial quarrying in the Talgiy deposit (2025)

проходку канав, колонковое бурение, а также наземные геофизические методы (магниторазведку и электроразведку).

Комплекс лабораторных методов изучения вещественного состава каменного материала, отобранного из карьера и керна скважин с глубины 50–306 м, был осуществлен в ряде организаций. Петрографические и минералогические исследования шлифов из образцов и искусственных шлихов выполнены с использованием различных оптических микроскопов линеек Carl Zeiss и Olympus, аналитических сканирующих электронных микроскопов производства Tescan и Jeol, а также рентгенофазового дифрактометра. Исследования проведены в Дальневосточном геологическом институте Дальневосточного отделения Российской академии наук, Институте тектоники и геофизики им. Ю. А. Косыгина Дальневосточного отделения Российской академии наук, ООО «ЛИМС» и АО «Полиметалл Инжиниринг». Многоэлементный анализ состава метасоматитов и пород выполнен на современных спектрометрах методами XRF, ICP-MS и ICP-AES в Институте тектоники и геофизики им. Ю. А. Косыгина ДВО РАН и АО «СЖС Восток Лимитед».

РЕЗУЛЬТАТЫ

Геологическое строение Уркачикской рудоносной площади

Уркачикская рудоносная площадь (рис. 1, б; рис. 3), соответствующая рангу рудного поля, находится в северной части Ульбанского террейна

Сихотэ-Алинского орогенного пояса, вблизи южной границы Ульбанской мегавулканоструктуры. Минерогенически она принадлежит Сихотэ-Алинской золото-редкометалльной металлогенической провинции Ульбанской минерогенической области (Мартынюк и др., 1995).

Рудоносная площадь сложена терригенными образованиями тохареузской ($J_{1-2}th$) и эльгонской (J_2eg) свит (рис. 2). Первая представлена темными мелкозернистыми песчаниками, алевропесчаниками и кремнистыми породами, вторая — среднезернистыми серыми песчаниками (Забродин и др., 2007; Зябрев и др., 2022). Осадочные породы смяты в региональные складки северо-восточного простирания. Границы свит часто тектонические, по разломам северо-восточного простирания, параллельным направлению складчатости.

Терригенные породы прорваны интрузивными породами «рудоносной» диорит-гранодиорит-гранитной формации, относящимися к верхнемеловой орогенной ульбанской вулканоплутонической ассоциации (Трушин и др., 2021). Преобладающие на Уркачикской рудоносной площади гранодиориты в ряде случаев окаймлены диоритовыми порфиритами их краевой фации. Размеры интрузий этих пород варьируют от 0,1 до 5 км². Они принадлежат к субвулканической фации и сопровождаются свитой даек гранодиоритов, дацитов, диоритов и андезибазальтов. Дайки особенно широко распространены в северной части Уркачикской рудоносной площади, где контролируются нарушениями северо-восточного простирания. По периметру рассматриваемой площади картируются эродированные покровы вулканитов (андезибазальты, трахибазальты и их

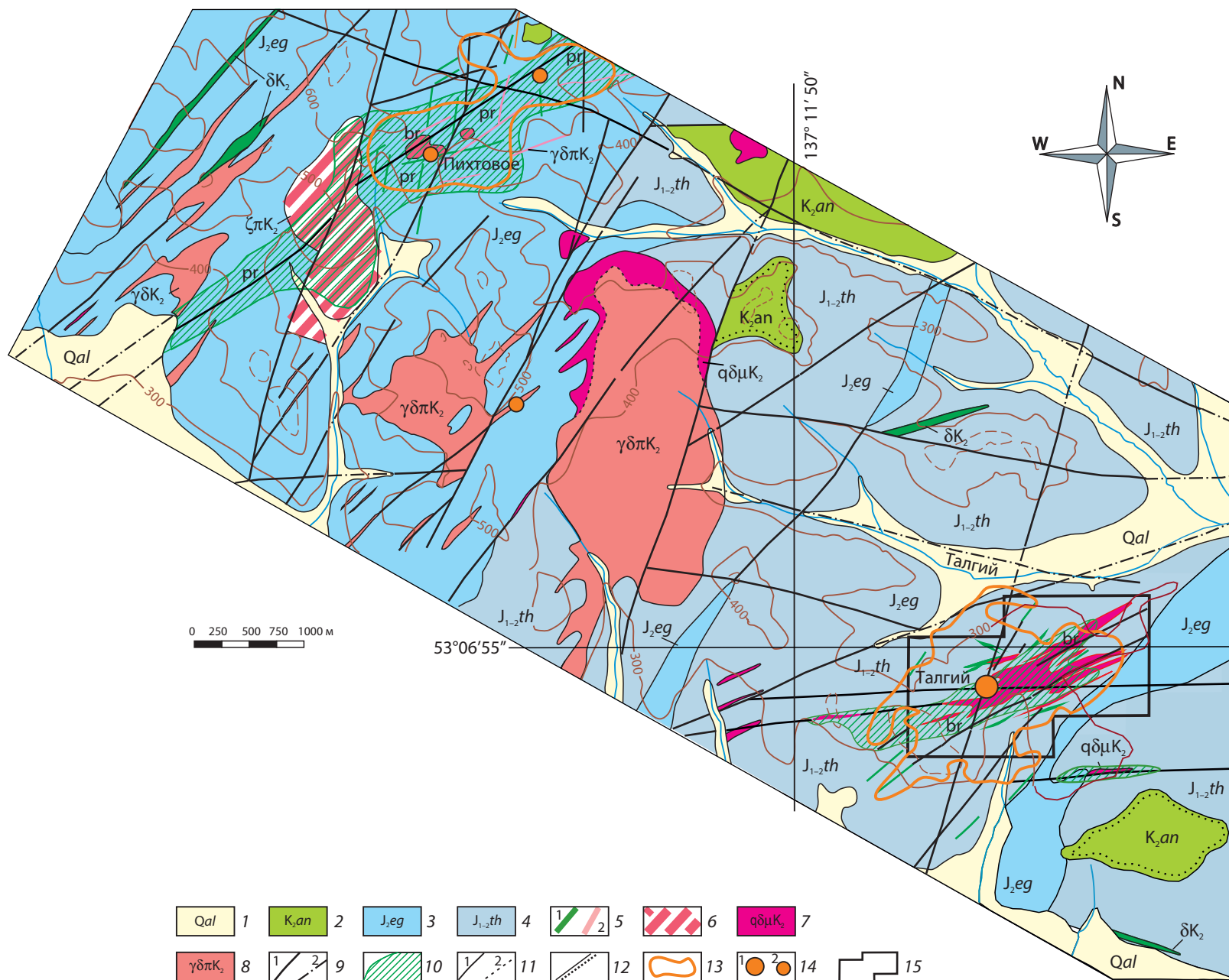


Рис. 3. Геологическая карта Уркахичской золотоносной площади и месторождения золота Талгий

1 — четвертичные аллювиальные отложения; **2** — вулканиты «андезитовой» толщи (андезибаазальты, трахибаазальты); **3** — песчаники эльгонской свиты; **4** — алевропесчаники, кремнистые породы и алевролиты тохареузской свиты; **5** — дайки андезитов (α) и диоритов (β) (1), дайки дацитов (2); **6** — дацитовые порфиры экструзивной фации; **7** — кварцевые диориты; **8** — гранодиорит-порфиры; **9** — разрывные нарушения (1), то же под рыхлыми отложениями (2); **10** — ореолы гидротермально-метасоматических изменений: пропилитовых (pr), кварц-карбонат-серцитовых (березитовых) метасоматитов (br); **11** — границы литологические (1), фациальные (2); **12** — границы несогласного залегания пород; **13** — ореолы аномальных содержаний золота; **14** — месторождение Талгий (1), рудопроявления и проявления (2); **15** — врезка детальной геологической карты (см. рис. 4)

Fig. 3. Geological map of the Urkachik ore-bearing area and Talgiy gold deposit

1 — Quaternary alluvial deposits; **2** — “andesite” unit volcanites (andesibasalt, trachibasalt); **3** — Elgon Formation sandstone; **4** — silty sandstone, siliceous rocks, and siltstone of the Tokhareu Formation; **5** — andesite α and diorite β dykes (1), dacite dykes (2); **6** — dacite porphyry of extrusive facies; **7** — quartz diorite; **8** — granodiorite porphyry; **9** — faults (1), under loose sediments (2); **10** — hydrothermal-metasomatic alteration halos: propylite (pr) and quartz-carbonate-sericite (beresite) metasomatites; **11** — lithologic (1), facies (2) boundaries; **12** — discordance boundaries; **13** — anomalous gold concentration halos; **14** — Talgiy deposit (1), ore occurrences and occurrences (2); **15** — detailed geological map inset (refer to fig. 4)

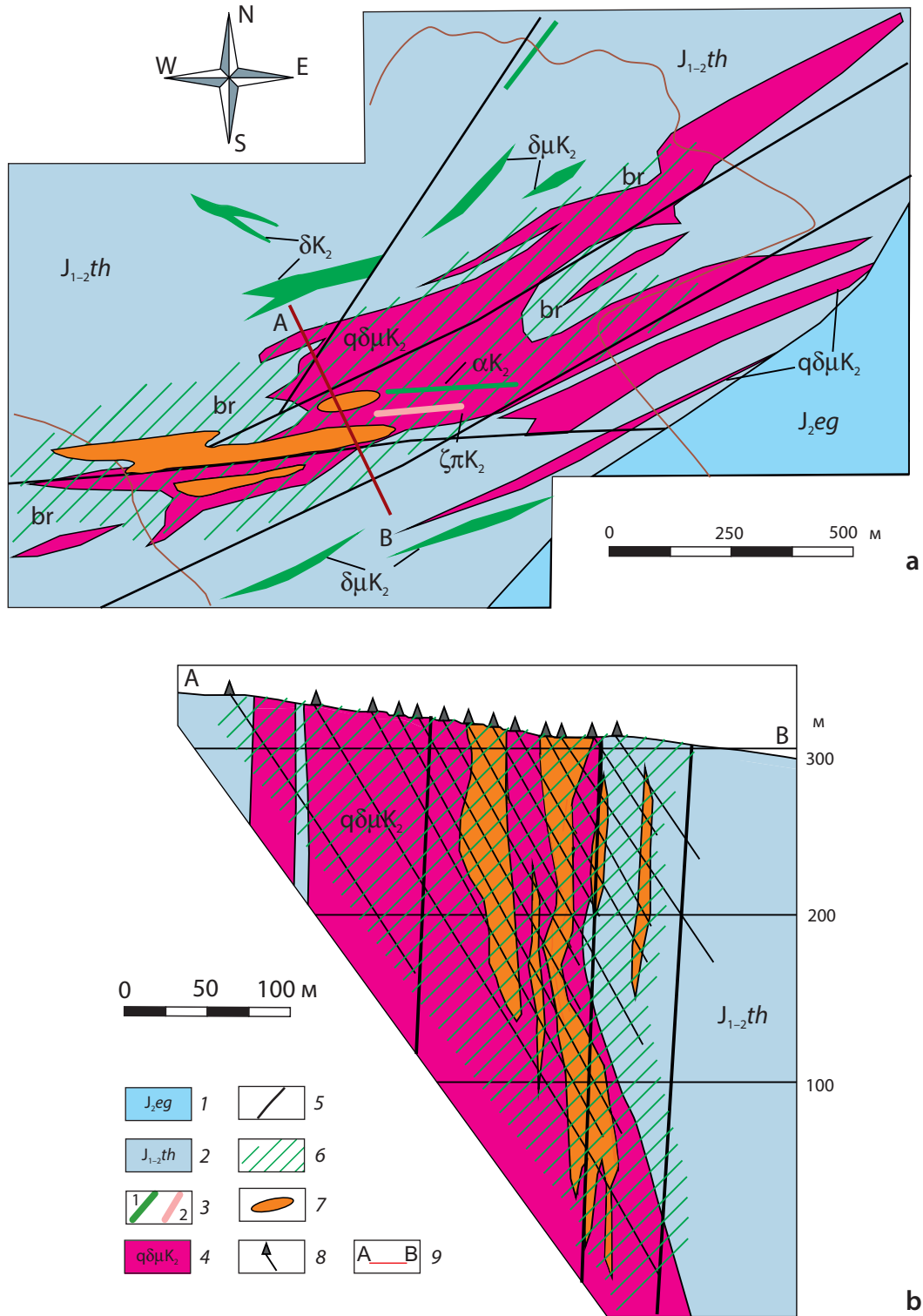


Рис. 4. Геологическая карта и разрез месторождения золота Талгий

1 — песчаники эльгонской свиты; 2 — алевролиты, кремнистые породы и песчаники тохареузской свиты; 3 — дайки диоритов и диоритовых порфиров (1), дайки дацитовых порфиров (2); 4 — кварцевые диориты и гранодиориты; 5 — разрывные нарушения; 6 — ореолы кварц-карбонат-серицитовых (березитовых) метасоматитов (br); 7 — рудные зоны; 8 — буровые скважины (на разрезе); 9 — линия разреза А–В

Fig. 4. Geological map and Talgiy gold deposit cross-section

1 — Elgon Formation sandstone; 2 — siltstone, siliceous rocks, and sandstone of the Tokhareu Formation; 3 — diorite and diorite porphyry dykes (1), dacite porphyry dykes (2); 4 — quartz diorite; 5 — faults; 6 — quartz-carbonate-sericite (beresite) metasomatite (br) halos; 7 — ore zones; 8 — drill holes (in the section); 9 — cross-section A–B

туфы), несогласно залегающие на подстилающем терригенном фундаменте. Наличие в них обломков лейкократовых гранитов третьей фазы указанной ассоциации свидетельствует о принадлежности вулканитов к последней, четвертой фазе магматизма.

Месторождение Талгий локализовано в южной части площади (рис. 3; врезка и разрез — рис. 4), где оно сопряжено с небольшой (0,4 км²) интрузией кварцевых диоритовых порфиритов, вытянутой на 1,2 км вдоль разломной зоны северо-восточного направления при ширине 100–200 м.

Интрузия имеет ряд ответвлений значительной мощности (до 120 м). По ее обрамлению отмечаются дайки диоритов и диоритовых порфиритов, в центральной части — немногочисленные жильные тела андезитов и дацитовых порфиритов (рис. 4, а). К крутопадающему контакту интрузии с песчаниками и субширотным крутопадающим разломом приурочены рудоносные метасоматиты березитового типа (рис. 4, б). Рудная зона состоит из крутопадающих сближенных линейных субпараллельных штокверков кварц-карбонатных прожилков с сульфидной минерализацией. Оруденение прослежено с поверхности в длину до 1100 м, а на глубину бурением до 330 м. Содержание Au в этих зонах колеблется в пределах 3–10 г/т, редко достигает нескольких десятков г/т, максимум — до 89 г/т. Содержание Ag обычно низкое (первые г/т), в единичных случаях — до 1555 г/т.

Рудопроявление Пихтовое приурочено к зонам тектонической нарушенности и березитизации северо-восточного направления в штоках диоритов и в зоне их экзоконтакта в песчаниках эльгонской свиты (рис. 3). Оно охватывает несколько рудных зон протяженностью до 300–500 м, прослеженных на глубину бурением на 120 м.

Рудовмещающие породы и проявленные в них гидротермальные изменения

Месторождение Талгий. Золото-редкометалльное оруденение месторождения приурочено преимущественно к гидротермально измененным интрузивным породам, в меньшей степени — к измененным терригенным образованиям. Зона окисления на месторождении достигает глубины в несколько десятков метров. Основной объем рудовмещающей интрузии сложен кварцевыми диорит-порфирами при подчиненной роли биотитовых гранодиорит-порфиритов.

Кварцевые диорит-порфиры разделяются по минеральному составу на биотитовые и биотит-роговообманковые (рис. 5, б, с, ф). Характерной особенностью обоих типов кварцевых диоритов является наличие многочисленных удлиненно-призматических кристаллов плагиоклаза (0,8–1,2 мм по длинной оси), которые и обуславливают типичную диоритовую порфиристую структуру породы. Вкрапленники плагиоклаза составляют 45% объема пород. Темноцветные минералы (биотит, роговая обманка) размером 0,6–0,8 мм составляют около 10% объема.

Структура основной массы полнокристаллическая микрозернистая. Она состоит из близких

к изометричным зерен кварца, призм плагиоклаза (примерно в равном количестве), редких зерен калиевого полевого шпата и мелких призм роговой обманки. К аксессуарным минералам относятся циркон и апатит. Текстура породы слабо выраженная, полосчатая.

Кварцевые диориты карбонатизированы, окварцованы и грейзенизированы в большей степени, чем гранодиориты. Реликтовая структура исходной породы распознается только фрагментарно среди неоднородного неравномернозернистого арсенопирит-хлорит-серицит-мусковит-карбонатно-кварцевого агрегата, состоящего из ксеноморфных зерен с зубчатыми ограничениями. Интенсивно измененная основная масса содержит частично сохранившиеся вкрапленники плагиоклаза и биотита идиоморфной формы, замещенные вторичными минералами. Часто плагиоклаз полностью серицитизирован, реже замещен агрегатом карбоната и серицита. Биотит замещен мусковитом с выделениями по плоскостям спайности скоплений микрочастиц рутила, роговая обманка — хлоритом или хлорит-карбонатным агрегатом.

Породы пронизаны прожилками карбонатно-кварцевого состава с зональным строением мощностью 8–10 мм, с выделениями более крупных (до 2 мм) зерен пирита и арсенопирита. Кроме того, значительную часть измененных пород занимают взаимно пересекающиеся тончайшие прожилки, просечки и гнезда тонкозернистого серицита, оконтуренные микрозернистым кварцем с выделениями кристаллов арсенопирита и их скоплений. С глубины 200 м в метасоматически преобразованных магматических породах уменьшается количество тонкочешуйчатого серицита и иллита и появляется мусковит.

Гранодиорит-порфиры (рис. 5, а, д, е) отличаются мелкопорфиристой структурой с полнокристаллической микрозернистой основной массой. Породы состоят из вкрапленников (40–55%) и полнокристаллической основной массы. Структура основной массы гипидиоморфнозернистая или аплитовидная. Она обычно формируется из близких к изометричным выделений кварца, калиевого полевого шпата и серицитизированного плагиоклаза (примерно в равных количествах), единичных зерен апатита, циркона, рутила и рудных минералов.

Вкрапленники плагиоклаза призматической и таблитчатой формы размером до 1 мм часто замещены микрочешуйчатым агрегатом серицита и реже агрегатом карбоната и серицита — вплоть до полного замещения. Вкрапленники биотита (5–15%) представляют собой полные псевдоморфозы мусковита. Значительную часть основной массы породы занимают взаимно пересекающиеся тончайшие прожилки, гнезда тонкочешуйчатого серицита и мусковита, оконтуренные микрозернистым кварцем с выделениями кристаллов арсенопирита и их скоплений. Многочисленные кристаллы арсенопирита (0,2–2 мм) и их агрегаты нередко тяготеют к зальбандам прожилков карбоната и кварца (обычно внутренняя зона — пелитоморфный карбонат, краевая — шестоватый кварц с арсенопиритом)

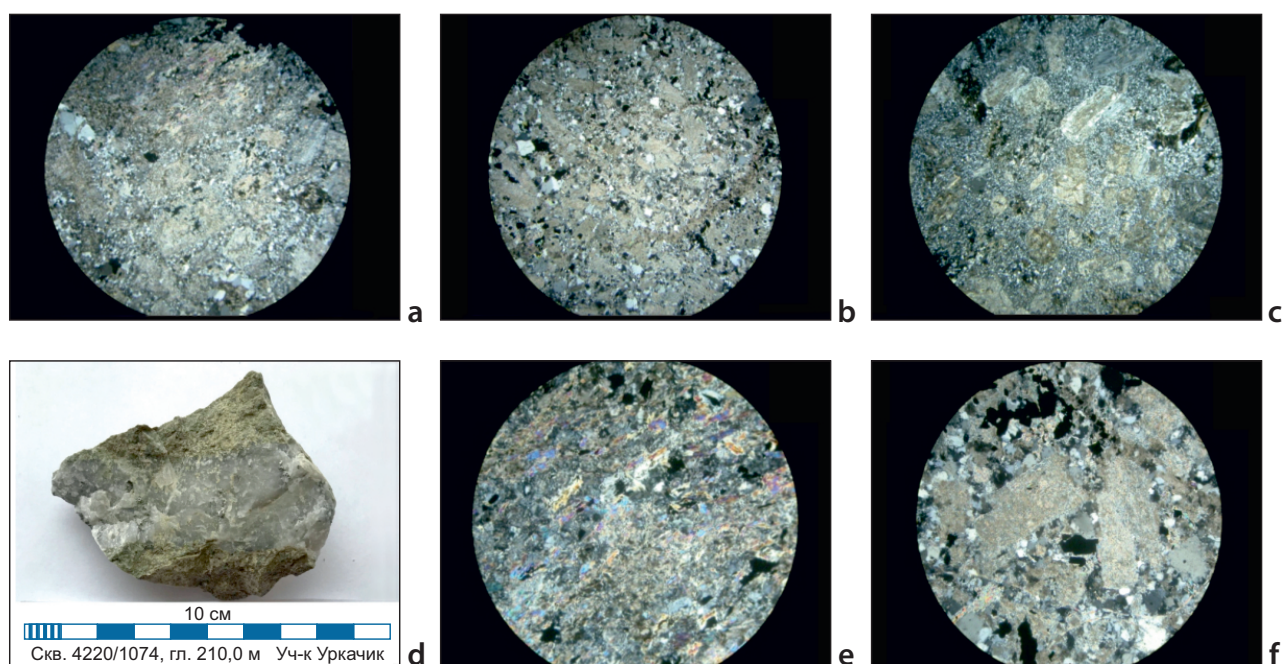


Рис. 5. Месторождение Талгий, магматические породы

a–c — слабо измененные породы: *a* — шлиф 1066-2. Гранодиорит-порфир биотитовый с мелкопорфировой структурой основной массы. 2,5х, николи +; *b* — шлиф 1075-3. Кварцевый диоритовый порфирит биотитовый. 2,5х, николи +; *c* — шлиф 1060-1. Кварцевый диоритовый порфирит роговообманковый. 2,5х, николи +; **d–f** — метасоматически измененные породы: *d* — образец 1074. Гранодиорит-порфир интенсивно карбонатизированный, окварцованный, серицитизированный; *e* — шлиф 1066-2. Гранодиорит-порфир биотитовый гидротермально измененный с плойчатой полосой шириной 5–10 мм перетертого материала глинисто-слюдисто-карбонат-кварц-мусковитового состава, с многочисленными мелкими деформированными зернами пирита. 20х, николи +; *f* — шлиф 1075. Кварцевый диоритовый порфирит с интенсивно измененной основной массой и серицитизированными вкрапленниками полевых шпатов. Темные выделения — сульфидная минерализация. 20х, николи +

Fig. 5. Talgiy deposit, igneous rocks

a–c — least altered rocks: *a* — microsection 1066-2. Biotite granodiorite porphyry with fine-grained porphyritic groundmass. 2.5x, nicols +; *b* — microsection 1075-3. Biotite quartz diorite porphyry, 2.5x, nicols +; *c* — microsection 1060-1. Hornblende quartz diorite porphyry. 2.5x, nicols +; **d–f** — metasomatically altered rocks: *d* — sample 1074. Intensively carbonatized, silicified, sericitized granodiorite porphyry; *e* — microsection 1066-2. Biotite granodiorite porphyry, hydrothermally altered, with a 5–10 mm wide plicated band of ground clay-mica-carbonate-quartz-muscovite material, with numerous small deformed pyrite grains. 20x, nicols +; *f* — microsection 1075. Quartz diorite porphyry with intensely altered groundmass and sericitized feldspar insets. Dark precipitates are sulfide mineralization. 20x, nicols +

в ассоциации с мусковит-серицитовыми гнездами. Субпараллельные более поздние прожилки мощностью до 2 мм сложены шестоватыми зернами кварца и содержат кристаллы пирита, часто кубической формы.

Терригенные породы. В составе тохареузской свиты (J_{1-2}) преобладают в разной степени ороговикованные мелкозернистые песчаники и алевропесчаники (рис. 6, *a*), отличающиеся повышенными содержаниями углеродистого вещества и сидерофильных элементов.

Терригенные породы характеризуются микрозернистой и неравномернозернистой структурой, полосчатой текстурой, обусловленной различной степенью насыщения полос микрочешуйчатым новообразованным биотитом. Песчаники состоят из плотно «упакованных» изометричных мелких (0,01–0,04 мм) зерен плагиоклаза, кварца и биотита (примерно в равных количествах) с единичными

обломками микроскопических зерен циркона и апатита.

Рудопроявление Пихтовое. Рудовмещающие кварц-полевошпатовые песчаники эльгонской свиты (рис. 7, *a, b*) характеризуются среднезернистой структурой, массивной или катакластической текстурами.

Песчаники состоят из обломочной части (в том числе присутствуют обломки основной массы кислых и средних вулканитов) и цементирующей массы (рис. 7, *a, b*). Для них характерны цементация порового типа, тонкочешуйчатая цементирующая масса слудисто-хлоритового состава, часто замещенная агрегатами кварц-биотитового состава.

Обломочная часть составляет 75–80% общей площади шлифа. Окатанность обломков средняя: обломки овальной и округлой формы составляют не более 20%, угловато-овальной — 50%, угловатой — 30%. Плагиоклаз в обломках чаще тонко

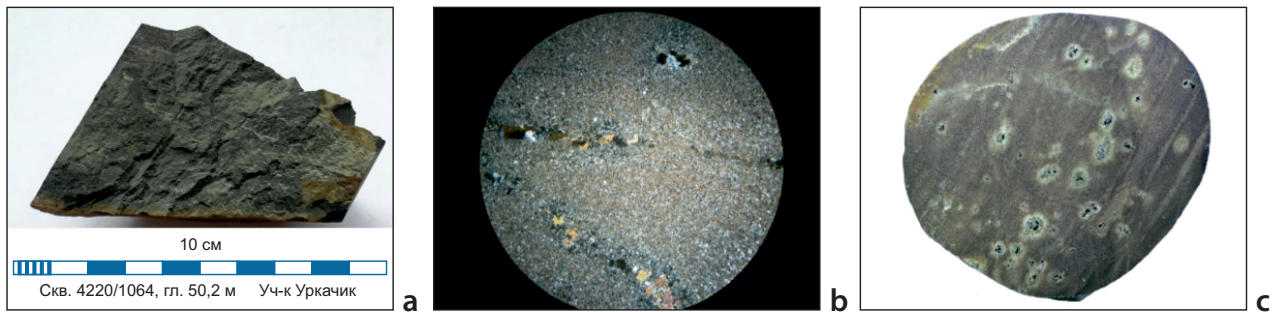


Рис. 6. Месторождение Талгий, рудоносные терригенные породы

Обр. 1064. Ороговикованный мелкозернистый песчаник тохареузской свиты (а); шлиф 1064. Роговик биотит-кварц-плагиоклазовый. 2,5х, николи +; роговик с прожилками карбонатно-кварц-турмалинового состава с редкими зернами рудных минералов и более поздними прожилками хлорита (b); аншлиф 1064. Песчаник гидротермально измененный. Мелкогнездовые выделения алюмосиликатов и халькогенидов в роговике (с)

Fig. 6. Talgiy deposit, ore-bearing terrigenous rocks

Sample 1064. Hornfelsed fine-grained sandstone from the Tokhareuz Formation (a); microsection 1064. Biotite-quartz-plagioclase hornfels. 2.5x, nicols +; hornfels with carbonate-quartz-tourmaline veinlets, with rare grains of ore minerals and later chlorite veinlets included (b); microsection 1064. Hydrothermally altered sandstone. Fine-nested aluminosilicate and chalcogenide in the hornfels (c)

полисинтетически двойникованный, по составу отвечает олигоклазу, реже — олигоклаз-андезину. Калиевый полевой шпат представлен микроклином, часто с микропертитовым строением и микрографическими сростками с кварцем.

Рудовмещающие *гранодиорит-порфиры* (рис. 7, с, d) имеют слабо выраженную полосчатую текстуру, порфиоровую мелкозернистую структуру. Структура основной массы гипидиоморфнозернистая, на отдельных участках — аплитовидная. Основная масса мелкозернистая, состоит из близких к изометричным зерен кварца, калиевого полевого шпата и плагиоклаза примерно в равных количествах.

Вкрапленники, часто трещиноватые и «растасченные», составляют 50% от общей площади шлифа. Размер вкрапленников кварца, биотита и полевых шпатов (плагиоклаза, калишпата) составляет 1–2,0 мм.

Гидротермальные изменения в гранодиоритах участка Пихтовое выразились постадийно в: 1) микрочешуйчатой биотитизации по массе (результат ороговикования); 2) окварцевании и серицитизации (березитизации); 3) хлоритизации, актинолитизации и альбитизации (пропилитизации); 4) появлении прожилкового кварца после дробления и катаклаза пород.

Березитизация относится к основным рудосным процессам, сопровождаясь прожилково-жильными образованиями с золотом и другими рудными минералами в зонах тектонических нарушений северо-восточного направления. Последующая пропилитизация хлорит-эпидот-актинолитовой фации проявилась более масштабно вдоль разломной зоны северо-восточного направления и связана с появлением мелкого рассеянного монацита.

Рудная вкрапленно-прожилковая минерализация

Месторождение Талгий. Рудная минерализация в гидротермально измененных интрузивных

породах месторождения Талгий приурочена преимущественно к прожилкам кварцевого и кварц-карбонатного состава (рис. 8, a, b) в центральных частях зон березитизации. Рудная нагрузка представлена в основном сульфидными, арсенидными и сульфоарсенидными соединениями железа, средние и мелкие по размеру зерна которых сопровождаются тонковкрапленными выделениями широкого круга минералов благородных, цветных и редких металлов.

Примечательно, что минералы Au, Ag, Bi, Te, Pb, Co, Ni, Cu и Zn, тяготеющие к доминирующим, более ранним арсенопириту, лёллингиту, пириту и реже к более поздним халькопириту, галениту и сфалериту, встречаются даже в слабо продуктивных по золоту образцах участка и часто присутствуют совместно. Их тонкие и «невидимые» под световым микроскопом включения относятся, по данным аналитической сканирующей электронной микроскопии, к самороднометалльным, теллуридным и сульфоарсенидным классам.

Сульфидная минерализация. Обычно мелкие (50–200 мкм) сульфиды составляют от 1–3 до 7% объема гидротермально преобразованных пород. В их числе преобладают пирит, марказит и арсенопирит, часто образующие совместные сростания в гнездах или прожилках.

Для пирита характерны его неравномерная гнездообразная концентрация, кубические, неправильные и реже сферические формы, сростания с чешуйчатым углеродистым веществом и обрастание более крупных выделений «кружевным» пиритом. Вторая из его генераций обогащена As: 0,6–1,8%, до 4,79%. Часто пирит замещается марказитом.

Арсенопирит столбчатой или неправильной формы обрастает пирит или встречается самостоятельно. Его отдельные выделения обогащены кобальтом (1,2–6,11%), никелем (до 2,54%) или сурьмой (до 1,84%). Более поздние сульфидные минералы (халькопирит и сфалерит) с размерами выделений 2–60 мкм

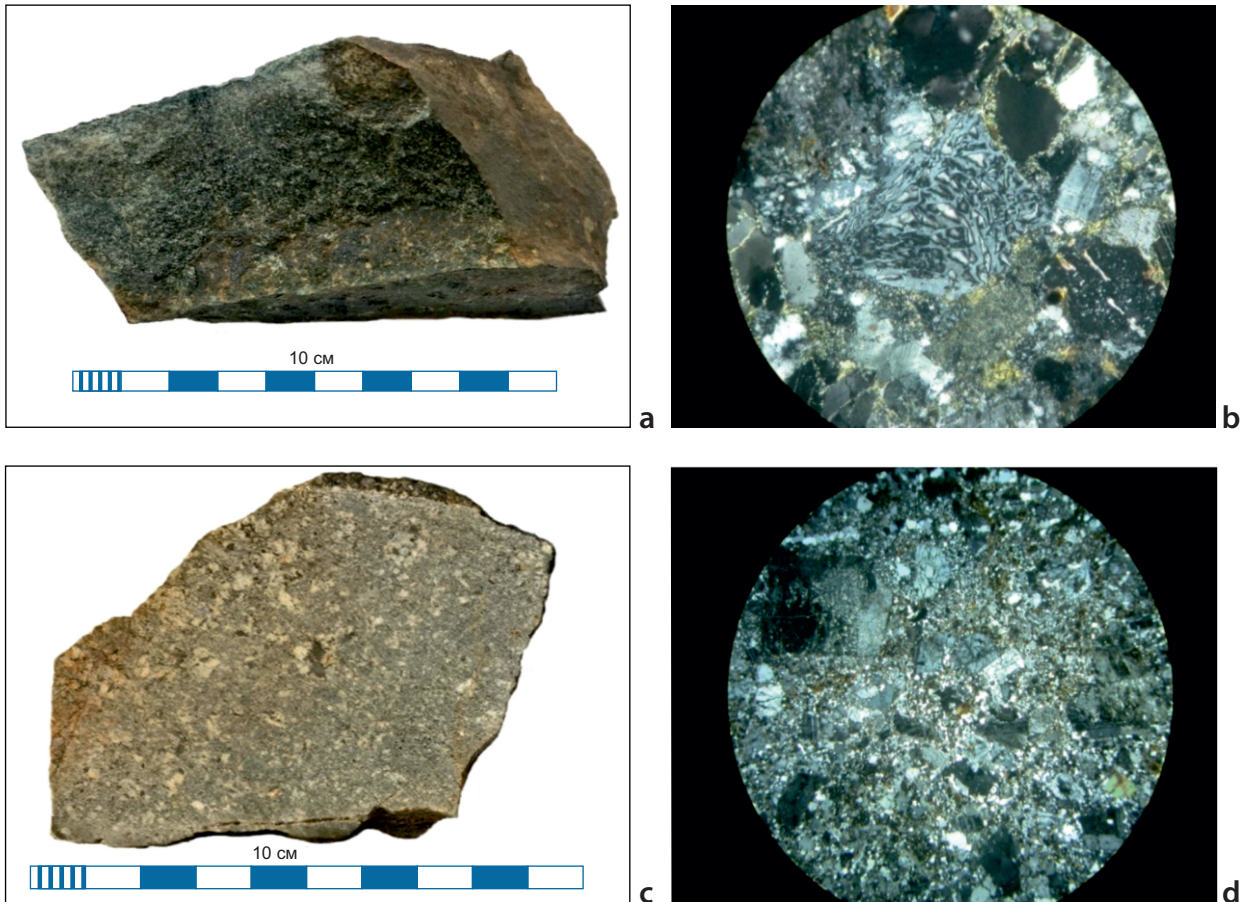


Рис. 7. Рудопоявление Пихтовое

Обр. 135. Роговик (Au 46,6 г/т) по вулканомиктовому песчанику (a); та же порода под микроскопом, в обломках эффузивы разного состава и микроклин с мирмекитовой структурой. 20х, николи + (b); обр. 134. Бiotит-роговообманковый гранодиорит-порфир (Au 6,6 г/т) (c); та же порода под микроскопом, с порфировым мелкозернистым строением, серицитизированным плагиоклазом, тонкими кварцевыми просечками и вкрапленниками рудного минерала. 20х, николи + (d)

Fig. 7. Pikhovoy ore occurrence

Sample 135. Hornfels (Au 46.6 ppm) from volcanomictic sandstone (a); optical testing, the fragments contain effusive rocks of different composition and myrmekite microcline. 20x, nicols + (b); sample 134. Biotite-hornblende granodiorite porphyry (Au 6.6 ppm) (c); optical testing, with fine-grained porphyry, sericitized plagioclase, thin quartz grooves, and ore mineral insets. 20x, nicols + (d)

встречаются как самостоятельно, так и обрастают главные сульфиды. Халькопирит содержит примеси As до 3%, Sn 0,27%; сфалерит — примесь Cu до 6,72%, Sn до 4,5%; Cd до 0,26%. Заметно реже отмечаются очень мелкие (2–15 мкм) галенит, борнит и другие сульфиды, в том числе Se-содержащий Bi-Te сульфид тетрадимит(?) с Se 1,03%.

Сульфосоли представлены соединениями: 1) Bi и Pb (козалит, алексит); 2) Sb и Pb (бурнонит, бертьерит); 3) Ag, Pb, Sb (буланжерит, андорит); 4) Sb и Ag (тетраэдрит, Ag-тетраэдрит, фрейбергит).

Для сульфосолей характерны мелкие размеры (1–10 мкм), ксеноморфные выделения, тесные сростания между собой, а также ассоциация со сфалеритом, халькопиритом, реже с пиритом. Иногда отмечаются сростания бурнонита и фазы Bi-Pb-Sb-S с самородным золотом.

Наиболее практически значимыми видами рудной минерализации являются золотая и висмутовая.

Золотая минерализация. Минералы сульфосолей и золото тяготеют к границам сульфидов или встречаются в них вдоль волосовидных трещин.

Для Au установлены его самородные и интерметаллические соединения систем Au-(Ag), Au-Ag, Au-Ag-Cu, Au-(Ag)-Bi и Au-Bi-Te. Субмикронные золотосодержащие минеральные фазы, в том числе высокопробное золото (Au 98,11%), серебристое золото с Ag 24–26% (рис. 8, c) и электрум, а также медистое золото, мальдонит и AuBiTe по отдельности или в различных комбинациях обнаружены в большинстве прожилков среди гидротермально измененных интрузивных пород, где нередко присутствуют в парагенезисе с Bi-содержащими минералами.

Для самородного золота характерны округлые, вытянутые, уплощенные и/или неправильные формы выделения, размер которых в основном не превышает 10 мкм. Золото наряду с самостоятельными выделениями встречается в составе сростков

с арсенопиритом (примерно 40% Au), пиритом и марказитом (10%), лёллингитом, бурнонитом, андоритом и карбонатом, а также в сростках с фазой Bi-Pb-Sb-S.

Висмутовая минерализация представлена широким кругом минералов, в том числе официально не утвержденных, согласно авторитетной базе данных Mindat.org. Это самородный висмут, бисмит, а также минеральные фазы систем Bi-Te, Bi-Te-S,

Bi-S, Ag-Bi-S, Ag-Pb-(Bi, Sb)-S, Ag-Pb-(Bi)-(Se)-S и других. В рудах присутствуют также сложные минералы редких металлов, в том числе никель и кобальт в виде Ni-Sb-S (ульманит) и Fe-(Ni)-S, молибден в виде Bi-Te-Mo-O и олово в виде Sn-Pb и Sn-(Pb) систем.

Серебряная минерализация зафиксирована в виде единичных микрочастиц самородного серебра, акантита и других родственных ему сульфидных фаз

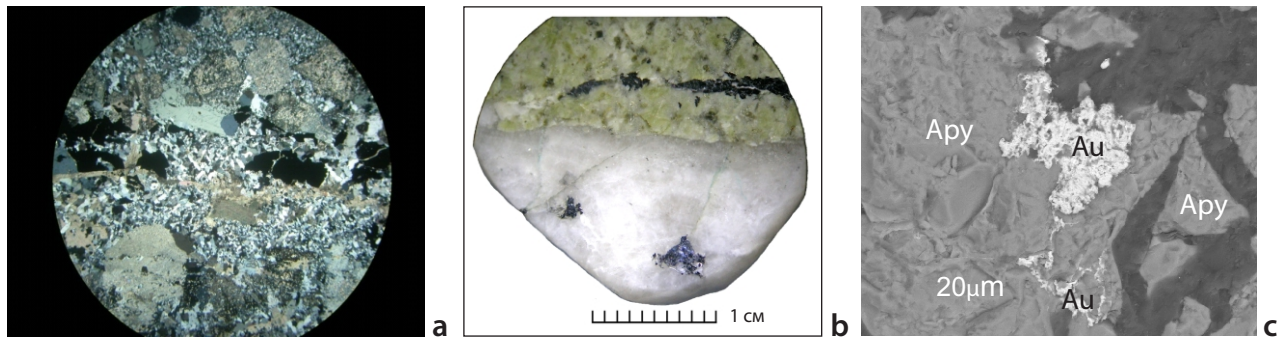


Рис. 8. Месторождение Талгий, прожилки с рудной минерализацией

Обр. 1066-4. Зональный арсенопирит-карбонатно-кварцевый прожилок в березитизированном гранодиорит-порфире мощностью 0,5–1 см с зональным строением (центральная зона — пелитоморфный карбонат) и сульфидной минерализацией. 2.5х, николи + (a); обр. 1060, фото аншлифа карбонатно-кварцевого прожилка с мелко- и средневкрапленной (до 2 мм) сульфидной минерализацией (пирит, халькопирит, арсенопирит и лёллингит с тонкими включениями различных соединений Au, Ag, Cu и Bi, а также фаз, содержащих в разных ассоциациях: Bi, Pb, Te, Sb и др.) (b); обр. u2. Серебристое золото (Au), развивающееся по краю выделения арсенопирита (Apy) и в микроскопических трещинах в нем. Темная масса — тонкозернистый агрегат кварца, карбоната и хлорита (c)

Fig. 8. Talgy deposit, veinlets with ore mineralization

Sample 1066-4. Zonal arsenopyrite-carbonate-quartz veinlet in 0.5–1 cm thick zonal beresitized granodiorite porphyry (pelitomorphic carbonate in the central zone) and sulfide mineralization. 2.5x, nicols + (a); sample 1060, polished section photo of carbonate-quartz veinlet with fine- and medium-disseminated (up to 2 mm) sulfide mineralization (pyrite, chalcopyrite, arsenopyrite, and loellingite with fine inclusions of various Au, Ag, Cu, and Bi compounds, as well as phases containing Bi, Pb, Te, Sb, etc. in different associations) (b); sample u2. Argentiferous gold (Au) developing along the arsenopyrite (Apy) edge and in microscopic cracks within it. The dark mass is a fine-grained aggregate of quartz, carbonate, and chlorite (c)

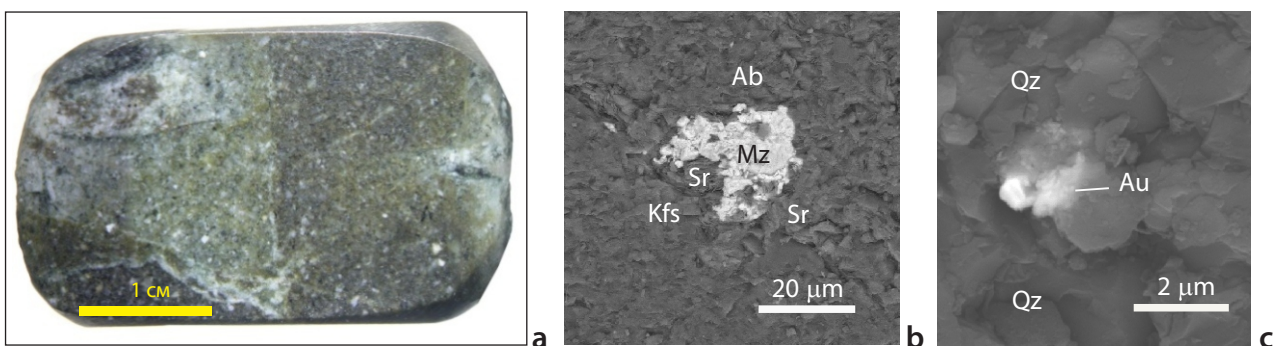


Рис. 9. Рудопоявление Пихтовое, прожилки с рудной минерализацией

Аншлиф 454-1, биотит-плагиоклазово-кварцевый роговик под стереомикроскопом. Присутствуют прожилки кварца с сульфидной минерализацией и гнезда хлорит-эпидот-калиевошпатового состава (a); аншлиф К-24, выделение монацита (Mz) среди серицита (Sr), калиевого полевого шпата (Kfs) и альбита (Ab) (b); серебристое золото в кварце (c)

Fig. 9. Pikhtovy ore occurrence, veinlets with ore mineralization

Polished section 454-1, biotite-plagioclase-quartz hornfels, stereomicroscope testing. Quartz veinlets with sulfide mineralization and chlorite-epidote-potash feldspar nests included (a); polished section K-24, monazite (Mz) grains among sericite (Sr), potash feldspar (Kfs), and albite (Ab) (b); argentiferous gold in quartz (c)

Ag–(Cu)–S и Ag–(Cd)–S. Среди второстепенных компонентов серебро установлено в ряде свинцово-висмутовых халькогенидных соединений.

Для руд характерен новообразованный монацит, который встречается среди серицита и характеризуется высокими содержаниями редких земель (Σ TR до 54%) и Th (до 1,73%).

Рудная минерализация в песчаниках. На контактах с интрузивными породами песчаники гидротермально преобразованы с появлением сети извилистых тонких (0,1–0,5 мм, в раздувах до 1,2 мм) прожилков сложного состава, чаще хлорит-кварц-турмалинового, иногда с небольшим количеством карбоната (встречается в виде гнезд), пересекаемых более поздними тончайшими прожилками хлорита. Прожилки несут редкие выделения кубических и ксеноморфных зерен пирита в ассоциации с Co–Ni-сульфоарсенидами. Местами в породах отмечаются тонкие гнездовые выделения агрегатов алюмосиликатов, халькогенидов и урановых фосфатов.

Иногда в контактовых зонах встречаются брекчи на кварцевом цементе с серицитом и хлоритом.

В целом можно констатировать, что в песчаниках оруденение, в том числе золотое, проявилось значительно слабее.

В зоне гипергенеза спорадически отмечают гипергенные минералы, формирующие каймы обрастания по железосульфидным минералам.

Рудопроявление Пихтовое. В отличие от месторождения Талгий, на рудопроявлении Пихтовое оруденение интенсивно проявилось как в магматических породах, так и в песчаниках.

Полостные гидротермалиты Пихтового представлены разнонаправленными или субпараллельными тонкими прожилками кварца (рис. 9, а). В отличие от месторождения Талгий, карбонат для прожилков не характерен.

Среди субмикроскопических вкрапленников рудных минералов в прожилках кварца обнаружены халькогениды (зафиксированы соединения с серой, мышьяком, теллуrom) железа, меди, свинца, цинка, ртути, висмута, кобальта и никеля, а также самородные минералы (золото, аурикуприт, самородное серебро, самородный цинк).

Пирит, часто окисленный по периферии, с повышенным As (1,23%), является наиболее распространенным сульфидом, а арсениопирит — вторым по встречаемости. Остальные рудные минералы образуют микроскопическую вкрапленность и встречаются намного реже.

Примечательно сквозное развитие золото-серебряной субмикронной рассеянной вкрапленности во всех типах эпипород. Самородные минералы благородных металлов в виде природных сплавов Au–Ag, Au–Cu–Ag и Au–Cu, а также самородного золота и серебра представлены мелкими (1–5 мкм) ксеноморфными и удлинёнными зёрнами, встреченными преимущественно в кварц-алюмосиликатном субстрате (рис. 9, с).

Во многих минералах золота установлена медь в количестве от 29,15% (аурикуприт) до 19,54% (медистое золото). Часть золота содержит Cu в невысоких концентрациях (2,02%).

Для серебра установлено несколько его фаз, образующих субмикроскопические выделения: серебро самородное, Ag–Cu–Sb–S, Ag–Se, Ag–Cu–Se, Ag–Cu–Sb–Ni–Co и Ag–O.

Пропилитовая стадия метасоматоза сопровождалась появлением многочисленных мелких бесформенных выделений монацита (рис. 9, б) с высокими содержаниями TR (Σ TR 40%).

Петрохимические и геохимические особенности металлоносных пород Уркачикской площади

Из данных, представленных в табл. 1, следует, что содержания основных петрогенных оксидов в породах месторождения Талгий существенно варьируют, что объясняется повсеместно проявленными гидротермальными изменениями с появлением тех или иных ассоциаций новообразованных минералов. Так, для кварцевых диоритов (столбцы 1–4) содержания SiO₂ заметно отличаются от нормальных (60,25%) и колеблются в пределах 72,61–78,11%; для гранодиоритов (столбцы 5–8) — от 64,32 до 74,25%, что обусловлено наличием в них метасоматического и жильного кварца. Наибольшим содержанием SiO₂ отличается проба 1074-2 (88,65%), представляющая кварцевый метасоматит с низким содержанием Al₂O₃ и других петрогенных оксидов. Заметно колеблющиеся и иногда высокие содержания в породах Ca, Mg, Fe и Sr подтверждают их заметную карбонатизацию и наличие карбонатных (доломитовых, анкеритовых) прожилков.

Содержания K₂O в породах, как правило, невысоки и отражают умеренную роль серицитизации пород. Na₂O колеблется значительно, что может быть связано с локальной и, обычно, умеренно проявленной альбитизацией, с одной стороны, или замещением полевых шпатов кварцевым и карбонатным материалом — с другой. Аномальное суммарное содержание в осадочных породах щелочей (10%) и Rb (108,14 г/т) является следствием ороговивания с появлением полевых шпатов, в том числе калиевых (проба 1064).

Месторождение Талгий находится в геохимическом ореоле повышенных содержаний Au (0,01–2 г/т), Cu (40–90 г/т) и Ag (0,4–1 г/т).

Из табл. 2 следует, что в ходе метасоматических процессов большинство рудных компонентов испытало заметную дифференциацию. В пробах, отобранных с разной глубины и из различных частей месторождения, их концентрации могут отличаться в десятки раз, что объясняется неравномерным распределением минерализации. Кроме золота, в рудах месторождения Талгий в повышенных и аномальных содержаниях присутствуют халькофильные металлы и металлоиды (Cu, Pb, Zn, As, Sb, Se, Te), однако промышленно значимых рудных концентраций этих элементов не зафиксировано. Серебро присутствует в невысоких концентрациях (до первых г/т, редко более). Величина Au/Ag колеблется от 1,5 до 5,7.

В гидротермально изменённых роговиках редко отмечают аномальные содержания золота. Относительно изменённых интрузивных пород в них в повышенных концентрациях отмечены бор

Петрохимический состав рудовмещающих пород месторождения Талгий и рудопроявления Пихтовое (мас. %)

Table 1. Petrochemical composition of ore-hosting rocks in the Talgij deposit and Pikhtovy ore occurrence (wt. %)

Месторождение Талгий								
Оксиды	1	2	3	4	5	6	7	8
	К-5	К-1	1060-1	1075-3	1066-4	1074-2	1066-2	1064
SiO ₂	60,25	72,61	78,11	75,31	74,25	88,65	64,32	60,38
TiO ₂	1,05	0,41	0,32	0,27	0,47	0,12	0,66	0,95
Al ₂ O ₃	13,00	10,93	8,81	7,40	8,31	3,30	16,96	18,08
Fe ₂ O ₃	7,18	2,84	2,94	2,77	4,49	1,87	3,81	5,70
MnO	0,10	0,05	0,04	0,08	0,03	0,02	0,06	0,05
CaO	4,20	2,43	1,01	2,57	1,71	0,99	1,29	1,97
MgO	2,88	1,56	2,24	6,71	1,24	2,42	4,96	2,25
Na ₂ O	3,22	5,24	1,90	1,14	1,39	0,01	3,96	4,46
K ₂ O	1,71	1,34	1,60	1,46	1,24	0,78	3,08	5,54
P ₂ O ₅	0,20	0,09	0,10	0,09	0,15	0,01	0,17	0,25
As ₂ O ₃	—	—	—	—	5,31	—	—	—
ппп	5,96	3,12	3,52	8,19	4,32	3,40	6,83	2,26
Сумма	99,74	100,6	97,07	97,80	102,91	98,18	99,27	99,64
Рудопроявление Пихтовое								
Оксиды	9	10	11	12	13	14	15	16
	135	251	454	К24	К22	134	432	К23
SiO ₂	69,34	75,07	70,9	67,64	72,83	70,0	66,59	57,57
TiO ₂	0,5	0,5	0,68	0,71	0,44	0,46	0,51	0,94
Al ₂ O ₃	14,27	13,21	14,13	14,27	10,83	15,36	16,26	14,17
Fe ₂ O ₃	3,83	3,4	4,1	4,29	4,50	3,19	4,02	7,77
MnO	0,05	0,02	0,02	0,03	0,07	0,02	0,04	0,13
CaO	2,25	0,25	1,33	1,60	1,93	3,34	2,6	2,92
MgO	1,21	1,27	1,53	2,25	2,28	1,28	1,59	3,68
Na ₂ O	4,31	3,78	5,11	5,64	2,76	4,28	5,62	5,45
K ₂ O	3,93	2,28	1,8	1,42	2,94	1,83	2,51	2,54
P ₂ O ₅	0,11	0,13	0,23	0,16	0,09	0,15	0,15	0,18
ппп	1,17	2,13	1,51	2,09	1,31	2,19	2,41	4,34
Сумма	99,8	99,91	99,83	100,1	99,99	99,89	99,88	99,1

Примечание. Месторождение Талгий: **1–4** — кварцевые диориты и гидротермально-метасоматически измененные кварцевые диориты: **1** — кварцевый диорит, **2** — кварцевый диорит, окварцованный с сульфидными прожилками, **3** — кварцевый диорит-порфир биотит-роговообманковый с прожилками карбонатно-кварцевого состава, **4** — кварцевый биотитовый диорит-порфир, карбонатизированный, окварцованный и мусковитизированный; **5–7** — гранодиориты метасоматически измененные: **5** — биотитовый гранодиорит-порфир, серицитизированный и окварцованный, **6** — биотитовый гранодиорит-порфир, интенсивно карбонатизированный, окварцованный и серицитизированный, **7** — биотитовый гранодиорит-порфир, карбонатизированный, окварцованный и серицитизированный; **8** — роговик биотит-кварц-плагиоклазовый (по песчанику). Рудопроявление Пихтовое, интрузивные и осадочные породы березитизированные, пропилитизированные: **9, 10** — кварц-полевошпатовый песчаник; **11** — биотит-плагиоклаз-кварцевый роговик; **12, 13** — песчаники; **14, 15** — гранодиорит-порфиры; **16** — кварцевые диориты

Note. Talgij deposit: **1–4** — quartz diorite and hydrothermally-metasomatically altered quartz diorites: **1** — quartz diorite, **2** — silicified quartz diorite with sulfide veinlets, **3** — biotite-hornblende quartz diorite porphyry with carbonate-quartz veinlets, **4** — carbonated, silicified, and muscovitized quartz-biotite diorite porphyry; **5–7** — metasomatically altered granodiorites: **5** — sericitized and silicified biotite granodiorite porphyry, **6** — intensely carbonated, silicified, and sericitized biotite granodiorite porphyry, **7** — carbonated, silicified, and sericitized biotite granodiorite porphyry; **8** — biotite-quartz-plagioclase hornfels (from sandstone). Pikhtovy ore occurrence, beresitized, propylitized intrusive and sedimentary rocks: **9, 10** — quartz-feldspar sandstone; **11** — biotite-plagioclase-quartz hornfels; **12, 13** — sandstone; **14, 15** — granodiorite porphyry; **16** — quartz diorite

Содержания микроэлементов (г/т) в измененных породах месторождения Талгий и рудопоявления Пихтовое

Table 2. Concentrations of trace elements (ppm) in altered rocks of the Talgiy deposit and Pikhtovy ore occurrence

Элементы	Талгий					Пихтовое			
	I		II			III			II
	1060-1	1075-3	1066-3	1066-4	1074-2	1064	135	251	134
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Петрогенные элементы									
B	15,90	15,48	73,75	4,34	12,92	77,72	2,88	12,47	3,99
Mn	302,17	1880,79	311,94	949,26	472,01	351,22	368,76	113,21	131,93
Халькофильные металлы									
Au	1,95	10,27	0,35	0,52	2,41	<0,25	46,6	2,33	6,6
Ag	0,44	2,36	0,18	0,35	0,42	1,13	0,24	0,28	0,19
Cu	23,92	10,25	13,07	143,12	8,37	13,69	55,42	219,76	154,62
Zn	93,83	6,68	30,36	48,15	12,75	60,21	44,36	33,73	25,45
Hg	0,22	0,33	0,17	0,82	0,18	0,10	0,31	0,41	1,78
Cd	0,42	0,01	0,03	0,16	0,01	0,28	<0,001	0,05	0,01
Pb	18,68	4,33	2,37	17,93	2,87	18,46	11,3	7,74	4,56
Sn	2,70	1,13	0,24	17,01	1,26	1,39	61,96	3,06	1,32
Ga	9,22	7,16	16,37	18,63	7,90	23,05	16,18	15,56	17,67
Ge	1,35	1,49	1,09	2,49	1,78	2,07	1,76	1,51	3,0
Tl	0,26	0,22	0,24	0,33	0,22	1,00	0,68	0,43	0,39
Металлоиды									
As	131,87	96,16	2,85	8,90	81,38	5,63	52,24	11,89	19,66
Se	2,48	0,51	<0,001	<0,001	2,64	<0,001	<0,001	<0,001	0,14
Sb	13,83	151,10	7,51	2,27	43,22	4,97	3,03	0,95	0,96
Te	4,90	0,10	<0,001	0,09	2,29	<0,001	<0,001	0,65	0,27
Bi	34,23	1,35	<0,001	2,52	9,75	0,35	1,07	6,63	<0,001
Mo	1,50	0,18	0,88	0,78	0,55	2,26	0,55	2,13	1,48
W	3,02	4,75	4,00	16,39	3,75	3,01	6,94	9,18	38,52
Re	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,06	<0,001	<0,001	<0,001
Щелочноземельные элементы									
Sr	120,39	426,78	226,02	419,27	200,08	292,04	274,02	63,29	386,54
Li	15,18	47,89	13,99	21,45	21,07	33,15	14,35	28,24	23,29
Be	0,67	0,78	1,08	1,31	0,60	1,62	1,38	1,00	1,43
Cs	3,76	2,71	4,57	6,03	3,17	6,40	5,31	4,21	4,95
Rb	46,87	40,85	48,41	59,74	40,87	108,14	90,05	61,23	60,46
Ba	142,15	70,26	212,16	316,20	105,38	942,98	643,84	223,97	263,72
Сидерофильные элементы									
Ni	5,09	5,19	5,90	31,03	3,97	20,84	9,67	9,18	6,75
Co	7,74	3,04	4,14	14,88	6,09	9,55	6,12	4,60	4,96
V	22,82	13,49	38,97	113,27	17,59	99,55	56,65	51,44	39,57
Cr	17,63	13,94	20,91	127,39	12,77	53,72	30,28	28,58	19,01

Элементы	Талгий					Пихтовое			
	I		II			III			II
	1060-1	1075-3	1066-3	1066-4	1074-2	1064	135	251	134
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Редкие элементы									
Nb	2,21	0,50	5,04	14,21	1,40	11,69	7,65	3,63	7,59
Hf	0,42	0,10	0,57	0,51	0,34	0,82	1,05	0,59	0,78
Ta	0,06	<0,001	0,34	1,02	<0,001	0,85	0,59	0,25	0,53
Zr	10,48	2,96	15,12	11,36	9,48	24,34	28,95	18,09	22,35
Редкоземельные элементы									
La	9,26	6,15	12,27	18,59	5,94	34,31	33,06	21,22	16,13
Ce	19,79	12,63	26,45	44,89	13,07	77,34	68,08	44,28	30,03
Pr	2,22	1,43	3,12	5,47	1,52	9,00	7,71	5,20	3,73
Nd	8,25	5,33	11,46	22,00	5,74	33,57	26,81	19,38	13,74
Sm	1,59	1,14	2,31	4,69	1,17	6,33	4,60	3,49	2,66
Eu	0,45	0,76	0,57	1,31	0,44	1,32	1,11	0,69	0,78
Gd	1,75	1,52	2,53	5,30	1,38	6,69	4,96	3,75	3,01
Tb	0,23	0,23	0,34	0,72	0,20	0,87	0,64	0,49	0,39
Dy	1,23	1,39	1,74	3,95	1,09	4,42	3,30	2,59	2,06
Ho	0,23	0,28	0,33	0,77	0,21	0,83	0,63	0,49	0,39
Tm	0,09	0,11	0,12	0,28	0,08	0,31	0,25	0,19	0,15
Yb	0,54	0,66	0,74	1,82	0,51	1,88	1,56	1,18	0,96
Lu	0,08	0,09	0,11	0,27	0,07	0,26	0,22	0,17	0,14
Y	5,39	7,70	7,57	19,39	5,24	19,18	15,57	11,15	9,33
Sc	2,59	1,06	5,01	15,87	1,81	11,63	6,18	5,08	5,31
Th	2,63	1,65	3,95	4,21	2,10	12,16	8,74	6,38	4,54
U	0,64	0,32	0,80	0,90	0,45	2,69	1,63	0,99	1,45

Примечание. I — измененные кварцевые диориты, II — измененные гранодиориты, III — ороговикованные песчаники

Note. I — altered quartz diorite, II — altered granodiorite, III — hornfelsed sandstone

(присутствует в турмалине), барий, редкие элементы, редкие металлы и уран.

В целом отметим, что с глубиной в метасоматитах увеличиваются содержания Cu, Sn, редкоземельных и сидерофильных элементов, но уменьшаются As, Se и Sb.

Металлоносные метасоматиты месторождения Талгий характеризуются невысокими содержаниями элементов платиновой группы (мг/т): Ru — 0,26–0,33; Rh — 0,02–0,24; Pd — 0,001–0,74; Ir — 0,14; Pt — 0,29–1,59.

Рудопроявление Пихтовое. Кварц-полевошпатовые песчаники эльгонской свиты характеризуются более высокими содержаниями кремнезема (67,64–75,07%), чем песчаники тохареузской свиты (табл. 2). Колебания SiO₂ обусловлены разной степенью окварцованности пород.

Для данных терригенных пород содержания остальных оксидов сравнимы с таковыми для умеренно-кислых интрузивных пород, при разрушении

которых могли образоваться среднеюрские песчаники рассматриваемой территории.

Рудопроявление Пихтовое находится в геохимическом ореоле Au 0,01–0,1 г/т. При этом в рудах содержания Au в среднем составляют 1–2 г/т, редко выше (табл. 2). Высокие содержания золота отмечаются и в песчаниках, и в гранодиоритах. Содержания Ag в рудах невелики, значения Au/Ag составляют 8,3–34,7. Из других элементов в слабо повышенных концентрациях установлены Cu, Sn, As и Ba. Для песчаников заметное повышение содержаний редких и редкоземельных элементов.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Золоторудные объекты Уркачикской площади связаны с субвулканическими интрузиями и относятся к распространенному гидротермально-интрузивному типу. Высокая степень тектонической

Формационные и геохимические типы золоторудных объектов Ульбанского террейна

Table 3. Formational and geochemical types of gold ore objects in the Ulban terrane

Ульбанский рудный узел			Албазинский рудный узел			Кутынский рудный узел
Ульбанский вулканоген			Эвурский вулканоген			
Вулканические комплексы		Терригенное основание				
Формационный тип						
Вулканогенно-гидротермальный. Риолит-андезитовый магматизм		Субвулканических и гипабиссальных интрузий. Плутоногенно-гидротермальный. Базит-гранитоидный магматизм				
Рудные объекты						
Трудное	Адякиль	Пихтовое	Талгий	Куянское	Албазинское	Кутынское
Типоморфные элементы-спутники золота						
Ag, As, Se, Sb, Bi, (Te, W)	As, Se, Hg, (Ag)	Ag, Te, Bi, As, (Ni, Sn, Mo, W)	Ag, Te, Bi, As, Sb, Co, Ni, Sn	As, Sb, Te, Bi (Co, Ni, Sn, Mo)	As, Sb, Ag (Cu)	As, Te, Sb, (Ag)
Группа геохимических типов						
Au–Ag–Se–(Te)–(Hg)		Au–Sb–As–Bi–Co–Ni–Te				
Геохимический тип/подтип						
Серебро-золотой/теллур-селеновый		Золото-висмутовый/кобальт-никелевый				Золото-теллуровый

нарушенности интрузий и их периферии, присутствие многочисленных сопровождающих даек и штоков магматических пород, наличие частично сохранившихся от эрозии вулканических покровов и интенсивные гидротермальные преобразования свидетельствуют об их связи с глубоко эродированными вулканическими структурами Магуйского вулканогена. От вулканогенно-гидротермального золото-серебряного типа, проявленного в пределах этого вулканогена (Трушин и др., 2019) и имеющего Au–Ag (с Hg, Se) геохимическую специализацию (рудопроявления Александровское, Адякиль, рис. 1), данные объекты в терригенном основании отличаются заметно меньшим участием серебра и отчетливой ассоциацией с Bi и Te, часто с Ni (табл. 3).

В ряду золоторудных объектов интрузивного формационного типа в пределах Ульбанского террейна (табл. 3) оруденение Уркачикской площади по геохимическим характеристикам сравнимо с Кутынским месторождением (Азарян и др., 2022) и Куянским рудопроявлением (Кириллов и др., 2023). Наиболее крупное в районе Албазинское месторождение золота (Трушин и др., 2018) ввиду его более слабой эродированности является промежуточным между объектами вулканогенного и субвулканического типа.

Учитывая характер и тип изменений с преобладанием кварца, гидрослюд, серицита с участием карбоната, хлорита и мусковита, околорудные изменения Уркачикской площади можно отнести к формации

березитов, с преобладанием фации гидрослюдистых березитов в верхней части метасоматической колонны, березито-грейзенов — в нижней.

Для руд Уркачикской площади характерно наличие нескольких разновидностей Au–Ag природных сплавов, Cu-содержащего самородного золота, а также соединения золота с висмутом (мальдонит).

Сопутствующее золоту серебро встречено в самородном виде, а также в простых и сложных соединениях с Cu, Bi, Sb, Te, Se, Cd и S. В окисленных образцах зафиксирован и оксид серебра.

Кроме того, для Уркачикской рудоносной площади примечателен широкий спектр минералов-спутников золота и серебра, особенно для месторождения Талгий. При микроскопических исследованиях отчетливо зафиксированы признаки их кристаллизации после отложения мелкокрапленых сульфидов, сульфоарсенидов и арсенидов, на завершающих стадиях гидротермального минералогенезиса.

По содержанию сульфидов представленные руды Уркачикской рудоносной площади соответствуют убого- и малосульфидным типам металлоносных образований (Петровская, 1973).

Пирит, арсенопирит и отчасти лёллингит являются сквозными минералами гидротермальной природы и «маркируют» рудоподготовительный этап золотонакопления, протекавший на фоне кислотного выщелачивания рудовмещающих пород в проницаемых тектонически ослабленных зонах.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Азарян А. М., Баданина Е. В., Анисимов И. С. Минеральный состав руд золотоносных метасоматитов месторождения Кутын (Хабаровский край) // Записки Российского минералогического общества. 2022. Т. 151, № 3. С. 16–36.
- Забродин В. Ю., Бородин А. М., Гурьянов В. А., Зелепугин В. Н., Кисляков С. Г., Кременецкая Н. А., Махинин А. В., Фролов Ф. С., Шварев М. М. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Дальневосточная. Лист N-53 — Шантарские острова. Объяснительная записка. СПб.: Картогр. ф-ка ВСЕГЕИ, 2007. 449 с.
- Зябрев С. В., Кудымов А. В., Песков А. Ю., Каретников А. С., Диденко А. Н. Среднеюрские турбидиты эльгонской свиты Ульбанского террейна: седиментологические особенности и направления палеопотоков // Тихоокеанская геология. 2022. Т. 41, № 6. С. 65–74. <https://doi.org/10.30911/0207-4028-2022-41-6-65-74>
- Кириллов В. Е., Иванов В. В., Трушин С. И., Юрчук А. Ю., Юрчук Ю. В., Коновалова Н. С. Куянская золотоносная структура Албазинского рудного узла: геология, геофизические поля и оруденение // Разведка и охрана недр. 2023. № 10. С. 45–55.
- Мартынюк М. В., Цыба Ю. Е., Кайдалов В. А. Объяснительная записка к минерагенической карте Хабаровского края масштаба 1:500 000. Лист № 1 — N-53-Г. Хабаровск, 1995. 37 с.
- Петровская Н. В. Самородное золото: общая характеристика, типоморфизм, вопросы генезиса. М.: Наука, 1973. 347 с.
- Трушин С. И., Кириллов В. Е. Месторождение Албазино — новый для Дальнего Востока промышленный тип золотого оруденения // Региональная геология и металлогения. 2018. № 73. С. 60–67.
- Трушин С. И., Кириллов В. Е., Буханова Д. С., Чубаров В. М. Минералогические особенности золотых руд Албазинского и Ульбанского рудных районов (Хабаровский край) // Региональная геология и металлогения. 2019. № 78. С. 91–97.
- Трушин С. И., Кириллов В. Е., Иванов В. В., Полин В. Ф. Магматогенные рудоносные системы месторождений золота Ульбанского террейна (Хабаровский край, Россия) // Разведка и охрана недр. 2021. № 7. С. 21–35.
- Ханчук А. И., Кемкин И. В., Кириллов В. Е., Иванов В. В., Кирьянов М. Ф., Трушин С. И. Ульбанский террейн (зона) как часть юрского аккреционного комплекса Сихотэ-Алинского орогенного пояса // Тихоокеанская геология. 2024. Т. 43, № 3. С. 3–18. <https://doi.org/10.30911/0207-4028-2024-43-3-3-18>

REFERENCES

- Azarian A. M., Badanina E. V., Anisimov I. S. (2022). Ore mineralization of the gold-bearing Kutyn deposit, Khabarovsk region. *Proceedings of the Russian Mineralogical Society*, 151(3), 16–36. (In Russ.).
- Zabrodin V. Yu., Borodin A. M., Guryanov V. A., Zelepugin V. N., Kislyakov S. G., Kremenetskaya N. A., Makhinin A. V., Frolov F. S., Shvarev M. M. (2007). *State Geological Map of the Russian Federation. Scale of 1:1,000,000 (third generation). Far East series. Sheet N-53 — Shantar Islands. Explanatory Note*. St. Petersburg: VSEGEI Cartographic Factory, 449 p. (In Russ.).
- Zyabrev S. V., Kudymov A. V., Peskov A. Yu., Karetnikov A. S., Didenko A. N. (2022). Middle Jurassic turbidites of the Elgon Formation of the Ulban Terrane: Sedimentological features and paleocurrent directions. *Russian Journal of Pacific Geology*, 41(6), 65–74. (In Russ.). <https://doi.org/10.30911/0207-4028-2022-41-6-65-74>
- Kirillov V. E., Ivanov V. V., Trushin S. I., Yurchuk A. Yu., Yurchuk Yu. V., Konovalova N. S. (2023). Kuyan gold-bearing structure of the Albazino ore cluster: Geology, geophysical fields, and ores. *Prospect and Protection of Mineral Resources*, (10), 45–55. (In Russ.).
- Martynyuk M. V., Tsyba Yu. E., Kaydalov V. A. (1995). *Explanatory notes to the mineragenic map of Khabarovsk Krai, scale of 1:500,000. Sheet no. 1 — N-53-G. Khabarovsk*, 37 p. (In Russ.).
- Petrovskaya N. V. (1973). *Native gold: General characteristics, typomorphism, genesis*. Moscow: Nauka, 347 p. (In Russ.).
- Trushin S. I., Kirillov V. E. (2018). Albazino deposit is a new industrial type of gold mineralization for the Far East. *Regional Geology and Metallogeny*, (73), 60–67. (In Russ.).
- Trushin S. I., Kirillov V. E., Bukhanova D. S., Chubarov V. M. (2019). Mineralogical features of gold ores from the Albazinsky and Ulbansky ore districts (Khabarovsk Territory). *Regional Geology and Metallogeny*, (78), 91–97. (In Russ.).
- Trushin S. I., Kirillov V. E., Ivanov V. V., Polin V. F. (2021). Magmatogenic ore-bearing systems of gold deposits of the Ulban terrane (Khabarovsk Krai, Russia). *Prospect and Protection of Mineral Resources*, (7), 21–35. (In Russ.).
- Khanchuk A. I., Kemkin I. V., Kirillov V. E., Ivanov V. V., Kiryanov M. F., Trushin S. I. (2024). Ulban terrane (zone) as part of the Jurassic accretional complex of the Sikhote-Alin orogenic belt. *Russian Journal of Pacific Geology*, 43(3), 3–18. (In Russ.). <https://doi.org/10.30911/0207-4028-2024-43-3-3-18>

Вадим Евгеньевич Кириллов

Кандидат геолого-минералогических наук,
старший научный сотрудник

Институт тектоники и геофизики им. Ю. А. Косыгина
Дальневосточного отделения Российской академии наук,
Хабаровск, Россия

<https://orcid.org/0009-0000-5937-5198>
Scopus Author ID 7102706520
WoS ResearcherID AAF-9970-2021
kirillov@itig.as.khb.ru

Vadim E. Kirillov

PhD (Geology and Mineralogy),
Senior Researcher

Yu. A. Kosygin Institute of Tectonics and Geophysics,
Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences,
Khabarovsk, Russia

<https://orcid.org/0009-0000-5937-5198>
Scopus Author ID 7102706520
WoS ResearcherID AAF-9970-2021
kirillov@itig.as.khb.ru

Владимир Викторович Иванов

Кандидат геолого-минералогических наук,
заведующий лабораторией

Дальневосточный геологический институт
Дальневосточного отделения Российской академии наук,
Владивосток, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-7917-9757>
Scopus Author ID 56493739200
WoS ResearcherID O-1046-2019
РИНЦ SPIN-код 5357-9155
d159327@yandex.ru

Сергей Иванович Трушин

Заместитель генерального директора
по минерально-сырьевым ресурсам

АО «Полиметалл УК»,
Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0009-0002-7422-9396>
Scopus Author ID 57220025366
trushin@polymetal.ru

Петр Владимирович Домнин

Главный геолог проекта

Хабаровский филиал АО «Полиметалл УК»,
Хабаровск, Россия

<https://orcid.org/0009-0005-5278-3128>
WoS ResearcherID PHD-8087-2026
DomninPV@polymetal.ru

Vladimir V. Ivanov

PhD (Geology and Mineralogy),
Head of Laboratory

Far East Geological Institute,
Far East Branch, Russian Academy of Sciences,
Vladivostok, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-7917-9757>
Scopus Author ID 56493739200
WoS ResearcherID O-1046-2019
RSCI SPIN-code 5357-9155
d159327@yandex.ru

Sergey I. Trushin

Deputy Director General
in Mineral Resources

Polymetal Management,
Saint Petersburg, Russia

<https://orcid.org/0009-0002-7422-9396>
Scopus Author ID 57220025366
trushin@polymetal.ru

Petr V. Domnin

Chief Geologist of the Project

Polymetal Management, Khabarovsk branch,
Khabarovsk, Russia

<https://orcid.org/0009-0005-5278-3128>
WoS ResearcherID PHD-8087-2026
DomninPV@polymetal.ru

Вклад авторов: *Кириллов В. Е.* — определение концепции, анализ данных, проведение исследования, руководство исследованиями, валидация, визуализация, написание черновика рукописи, пересмотр и редактирование рукописи.

Иванов В. В. — разработка методологии, работа с данными, анализ данных, проведение исследования, визуализация.

Трушин С. И. — определение концепции, привлечение финансирования, администрирование проекта, обеспечение исследования.

Домнин П. В. — работа с данными, программное обеспечение, визуализация

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: *Kirillov V. E.* — conceptualization, data curation, investigation, validation, visualization, original draft, review and editing.

Ivanov V. V. — methodology, data curation, formal analysis, investigation, visualization.

Trushin S. I. — conceptualization, funding acquisition, project administration, resources.

Domnin P. V. — data curation, software, visualization.

Conflict of interest: the authors declare no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 27.10.2025
Одобрена после рецензирования 22.01.2026
Принята к публикации 24.03.2026

Submitted 27.10.2025
Approved after reviewing 22.01.2026
Accepted for publication 24.03.2026