

Особенности золотого рудообразования в юго-восточной части Байкало-Патомской металлогенической провинции (Джалагунское рудное поле)

Specific features of gold ore formation in the southeastern Baikal-Patom metallogenic province (Dzhalagun ore field)

Иванов А. И., Агеев Ю. А., Конкин В. Д.,
Мигачёв И. Ф., Донец А. И.

Ivanov A. I., Ageev Yu. A., Konkin V. D.,
Migachev I. F., Donets A. I.

В юго-восточной части Байкало-Патомской металлогенической провинции в пределах Чаянгринского рудного узла Додыхтинско-Уряхского рудного района в процессе поисковых работ, проведённых с участием ЦНИГРИ, изучена и доказана промышленная значимость Джалагунского рудопоявления золота в пределах одноимённого рудного поля. В результате установлено, что по этапности рудообразования, характеру проявления гидротермально-метасоматических процессов, строению рудных жильно-прожилковых зон Джалагунское рудопоявление близко к типовым золоторудным месторождениям Бодайбинского рудного района. В то же время в геологическом строении и Джалагунского рудного поля в целом, и рудопоявления в частности, установлен ряд особенностей, касающихся строения и состава рудовмещающих отложений, проявления интрузивного магматизма и гидротермально-метасоматических процессов, минерального состава жильно-прожилковой минерализации.

Ключевые слова: Байкало-Патомская металлогеническая провинция, Додыхтинско-Уряхский рудный район, Чаянгринский рудный узел, Джалагунское рудное поле, Джалагунское рудопоявление, рудное золото, минерализованная зона, рудные зоны, прогнозные ресурсы золота.

In the course of geological prospecting fulfilled with participation of the FGBI TsNIGRI within the Chayangro ore cluster of the Dodykhta-Uryakh ore region in the southeastern Baikal-Patom metallogenic province, the Dzhalagun lode gold prospect within the ore field of the same name was studied and its economic significance has been proved. It has been substantiated that the Dzhalagun gold prospect is closely similar to the typical gold ore deposits of the Bodaibo ore region in sense of the ore formation phasing, the character of the hydrothermal metasomatic processes, and the structure of the mineralized vein-veinlet zones. At the same time, a series of specific geological features of the Dzhalagun ore field and the prospect have been determined as to the structure and composition of the ore-hosting rocks, the intrusive magmatism, the hydrothermal metasomatic processes, and the mineral composition of the vein-veinlet mineralization.

Key words: Baikal-Patom metallogenic province, Dodykhta-Uryakh ore district, Chayangro ore cluster, Dzhalagun ore field, Dzhalagun ore prospect, primary gold, mineralized zone, ore zones, gold forecasted resources.

Для цитирования: Иванов А. И., Агеев Ю. А., Конкин В. Д., Мигачёв И. Ф., Донец А. И. Особенности золотого рудообразования в юго-восточной части Байкало-Патомской металлогенической провинции (Джалагунское рудное поле). Руды и металлы. 2022. № 3. С. 6–44. DOI: 10.47765/0869-5997-2022-10015.

For citation: Ivanov A. I., Ageev Yu. A., Konkin V. D., Migachev I. F., Donets A. I. Specific features of gold ore formation in the southeastern Baikal-Patom metallogenic province (Dzhalagun ore field), 2022, № 3, pp. 6–44. DOI: 10.47765/0869-5997-2022-10015.



Введение. На южной – юго-восточной окраине Байкало-Патомской металлогенической провинции (БППр) расположен Додыхтинско-Уряхский рудный район, включающий Уряхский, Додыхтинский и Чаянгринский рудные узлы, контролируемый зоной динамического влияния Право-Мамаканского глубинного разлома [4, 5] (рис. 1). Он разграничивает северную часть Байкальской складчатой области (Патомское нагорье), где развиты интенсивно деформированные карбонатно-терригенные рифейско-вендские отложения патомской серии (пассивная континентальная окраина), и Байкало-Муйский пояс, сложенный разновозрастными вулканогенными, терригенными, интрузивными образованиями (активная континентальная окраина).

Россыпная золотоносность в пределах Додыхтинско-Уряхского рудного района известна с XIX в., а рудная установлена в 70–80-х гг. XX в. при проведении геологической съёмки масштаба 1 : 50 000 (Б. И. Дорожков, Б. В. Шергин, В. К. Черепанов и др.) – были выявлены рудопроявления золота кварцево-жильного типа (Уряхское, Орловское, Джалагунское, Икибзякское) и выделены одноимённые рудные поля. В их пределах в советский период были проведены поисковые работы и оценены авторские прогнозные ресурсы золота категории P_2 .

Более детальные геологоразведочные работы на этих объектах в связи с их более слабой инфраструктурной обеспеченностью по сравнению с площадями Бодайбинского или Патомо-Нечерского рудных районов БППр (см. рис. 1) начали проводиться только в последние десятилетия. Так, в Уряхском рудном поле в 2013 г. компания «Нордголд» завершила первый этап разведочных работ и были поставлены на государственный баланс запасы кат. C_1 (2,2 т) и C_2 (4,68 т) на Уряхском месторождении, а в 2021 г., после проведения разведочных работ, запасы кат. C_1 увеличились до 15,5 т, кат. C_2 – до 40,4 т.

В Икибзякском рудном поле (юго-западная часть Додыхтинского рудного узла) в 2015–2017 гг. на средства федерального бюджета проведены поисковые работы на Мало-Конку-

дерской площади (ЗАО «Сибирская геологическая компания»), в результате которых выявлены золоторудные жильно-прожилковые зоны и установлены два золоторудных объекта (рудопроявления Ветвистое и Довгакитское) [6]), оценены и апробированы в ЦНИГРИ прогнозные ресурсы золота кат. P_1 и P_2 в количестве 32 т.

В Джалагунском рудном поле (юго-западная часть Чаянгринского рудного узла) в 2012–2014 гг. на средства федерального бюджета проведены поисковые работы (ЗАО «Сибирская геологическая компания» – «СибГК»), в результате которых на Джалагунском рудопроявлении локализованы протяжённые рудные жильно-прожилковые зоны, оценены и апробированы в ЦНИГРИ прогнозные ресурсы кат. P_1 и P_2 в количестве 54 т.

В 2020 г. в пределах северо-восточной части Чаянгринского рудного узла на Верхне-Орловской площади (охватывает Орловское рудное поле) на средства федерального бюджета (АО «Урангео» и «СибГК») начаты поисковые работы, которые должны быть завершены в 2022 г.

В процессе проведения поисковых работ на Джалагунском рудопроявлении золота получен новый обширный материал по геологическому строению площади, проявлению интрузивного магматизма, гидротермально-метасоматическим процессам и рудообразованию. Причём, с одной стороны, последовательность и характер преобразований пород аналогичны таковым на большей части золоторудных месторождений БППр, с другой стороны, в значительной степени специфичными являются проявления интрузивного магматизма, дорудных и внутрирудных деформаций, минерального состава руд. Поэтому информация по этим вопросам, с учётом того, что ранее по рудопроявлению были опубликованы лишь общие краткие предварительные данные по результатам незавершённых поисковых работ [5], может позволить переоценить геолого-геофизические данные по другим участкам в зоне Право-Мамаканского глубинного разлома, в том числе на Верхне-Орловской площади, с точки зрения прогнози-

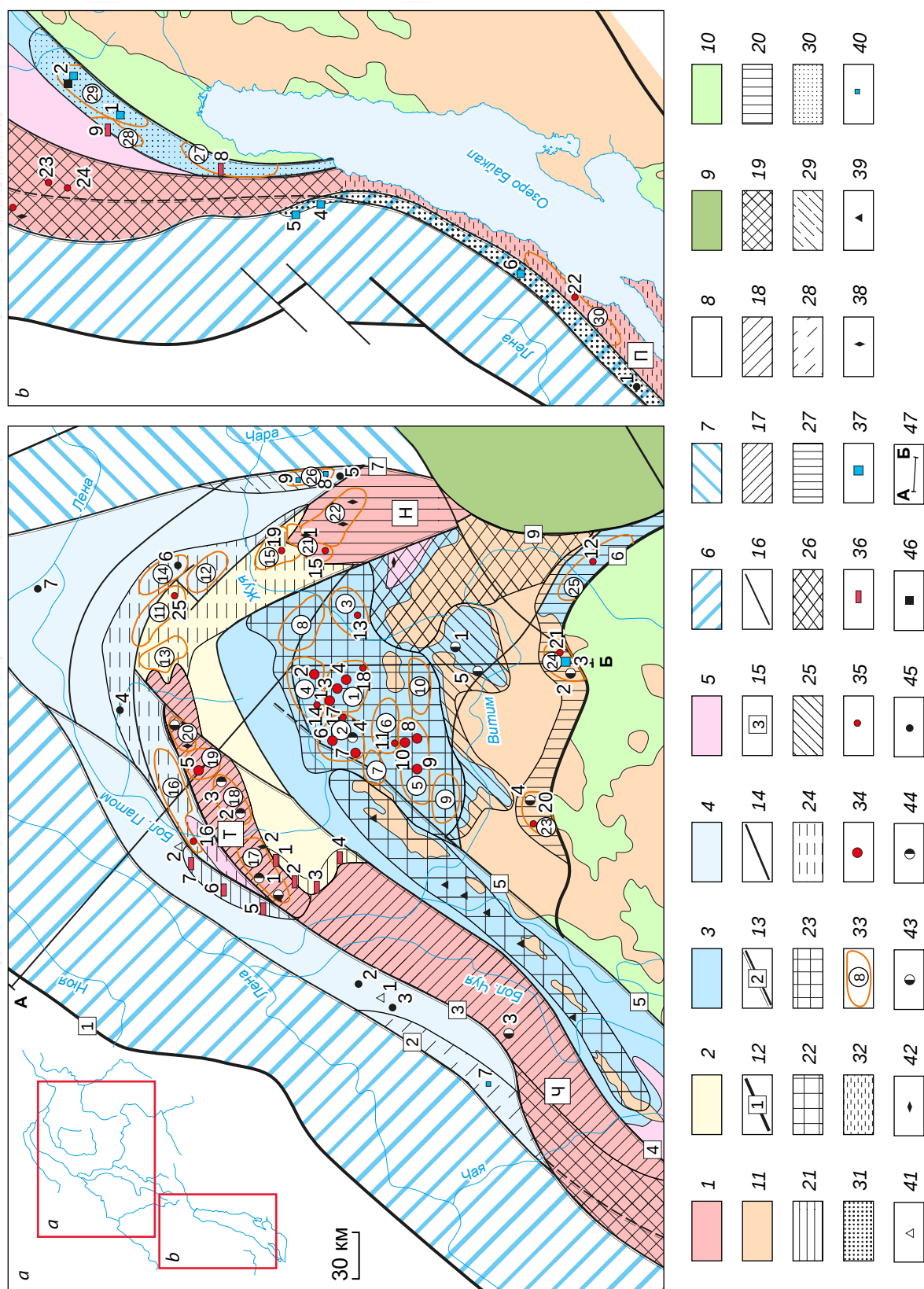




Рис. 1. Схема основных структурных элементов и металлогенического районирования Байкало-Патомской золоторудной провинции (а – северной части, б – юго-западной части), по [10, 14]:

1–4 – основные структуры БППР: 1, 2 – Чуйско-Нечерский антиклинорий; 1 – выступы дорифейского фундамента (Н – Нечерский, Т – Тондский, Ч – Чуйский, П – Прибайкальский), 2 – часть антиклинория, где фундамент перекрыт рифейскими отложениями; 3, 4 – синклинории: 3 – Мамско-Бодайбинский, 4 – Байкало-Патомский; 5 – выходы образований дорифейского фундамента в краевых частях синклинориев; 6–8 – Сибирская платформа: 6, 7 – зоны линейных складок, сформированные в краевой («шельфовой») части пассивной континентальной окраины: 6 – Приленская, 7 – Причарская; 8 – слабдеформированная в рифей-вендское время часть Сибирской платформы; 9 – дорифейские образования Алданского щита и Становой зоны; 10 – разновозрастные образования Байкало-Муйского пояса; 11 – верхнепалеозойские гранитоиды (Ангаро-Витимский батолит); 12 – главные разломы, разделяющие крупные литосферные блоки; 13, 14 – главные внутриблоковые разломы: 13 – сформированные на стадии седиментации и активизировавшиеся во все последующие этапы, 14 – сформированные при линейной складчатости и активизировавшиеся в последующие этапы; 15 – номера разломов (1 – Ленско-Нюйский, 2 – Ачиткано-Джербинский, 3 – Алектано-Мало-Туоканский, 4 – Чуйский, 5 – Абчадский, 6 – Праммамаканский, 7 – Жуинский, 8 – Чарский, 9 – Ничатский); 16 – границы рудных районов; 17–32 – рудные районы: 17 – Тондский уран-оловянно-вольфрамово-золотой, 18 – Чуйский железно-уран-вольфрамовый, 19 – Ачитканский уран-вольфрамово-золотой, 20 – Нечерский молибден-уран-золотой, 21 – Витимский железорудный, 22 – Мамский слюдоносный, 23 – Бодайбинский оловянно-вольфрамово-золотой, 24 – Патомо-Нечерский слюдоносный, 25 – Синюгинский оловянно-вольфрамово-золотой, 26 – Нечеро-Жуинский редкометалльно-редкоземельно-слюдоносный, 27 – Додыхтинско-Уряхский оловянно-вольфрамово-золотой, 28 – Мало-Чуйский свинцово-цинково-фосфорито-магнетитовый, 29 – Желиндинский свинцово-цинковый, 30 – Олоkitский свинцово-цинково-железорудный, 31 – Прибайкальский свинцово-цинковый, 32 – Верхне-Ленский ураново-золотой; 33 – рудные узлы и их номера (1 – Кропоткинский, 2 – Маракаанский, 3 – Тунгусский, 4 – Хомолхинский, 5 – Артемовский, 6 – Верхне-Аунаkitский, 7 – Томиловский, 8 – Кулибриянский, 9 – Бодайбоканский, 10 – Энгажминский, 11 – Нирундинский, 12 – Молвинский, 13 – Больше-Таймендинский, 14 – Валюхинский, 15 – Балагнахский, 16 – Туокано-Илигирский, 17 – Туоканский, 18 – Хайвергинский, 19 – Кевактинский, 20 – Челонченский, 21 – Бульбухтинский, 22 – Ствотакский, 23 – Додыхтинский, 24 – Чаяндринский, 25 – Уряхский, 26 – Бестакский, 27 – Тыйский, 28 – Абчадский, 29 – Холоднинский, 30 – Миндей-Кулькиттинский); 34 – промышленные месторождения золота (1 – Сухой Лог, 2 – Высочайшее, 3 – Вернинское, 4 – Невское, 5 – Чёртово Корыто, 6 – Ожерелье, 7 – Ыканское, 8 – Копыловское, 9 – Кавказ, 10 – Догалдынская Жила); 35 – перспективные рудопроявления золота (11 – Красное, 12 – Уряхское, 13 – Светловское, 14 – Верхне-Угханское, 15 – Ходоканское) и слабоизученные рудопроявления (16 – Гольцовое, 17 – Ровнинское, 18 – Атырканское, 19 – Георгиевское, 20 – Ветвистое и Довгакитское, 21 – Джалагунское и Догалдынское, 22 – Мало-Миндейское); 36 – перспективные рудопроявления железистых кварцитов (1–7 – Витимского железорудного района: 1 – Язовское, 2 – Гремучее, 3 – Сухое, 4 – Максимихинское, 5 – Чистое, 6 – Быстринское, 7 – Мало-Туоканское; 8, 9 – Абчадского и Тыйского рудных узлов); 37 – промышленные месторождения и перспективные рудопроявления свинца и цинка (1 – Холоднинское, 2 – Овгольское, 3 – Среднее, 4 – Таборное, 5 – Луговое, 6 – Ново-Анайское); 38 – месторождения и рудопроявления урана (1 – Чепок, 2 – Туоканское); 39 – месторождения слюды мусковита; 40–44 – слабоизученные рудопроявления: 40 – свинца и цинка (7 – Одинокое, 8 – Бестак, 9 – Оттах); 41 – магнетита (1 – Малочуйское, 2 – Малотуюканское); 42 – ниобий-фосфор-редкоземельные (Атычакское, Усть-Бираинское); 43 – олова (1 – Находка, 2 – Сентябрьское, 3 – Серебристое, 4 – Юдовое), 44 – вольфрама (1 – Кварцевое, 2 – Догалдынское, 3 – Марининское, 4 – Яковлевское, 5 – Синюгинское); 45 – фосфоритов (1 – Сарминское, 2 – Межвежское, 3 – Мало-Калайское, 4 – Челонченское, 5 – Бестакское, 6 – Молвинское, 7 – Урикское); 46 – меди и никеля (с МПГ); 47 – линия разреза (для рис. 4 и 5)

Fig. 1. Schematic map showing the principal structural elements and metallogenic regionalization of the Baikal-Patom gold-bearing province (a, northern section, and b, southwestern section), after [10, 14]:

1–4 – principal structures of the Baikal-Patom Province: 1, 2 – Chuya-Nechera Anticlinorium; 1 – uplifts of the pre-Riphean basement (H – Nechera, T – Tonod, Ч – Chuya, П – Fore-Baikal), 2 – section of the anticlinorium, where the basement is covered with Riphean deposits; 3, 4 – synclinalities: 3 – Mama-Bodaibo, 4 – Baikal-Patom; 5 – exposures of formations of the pre-Riphean basement in marginal sections of the synclinalities; 6–8 – Siberian Platform: 6, 7 – zones of linear folds, formed in the border (“shelf-type”) section of the passive continental margin: 6 – Lena zone, 7 – Chara zone; 8 – Siberian Platform section slightly deformed in the Riphean-Vendian; 9 – pre-Riphean formations of the Aldan Shield and Stanovoi Zone; 10 – formations of various age the Baikal-Muya Belt; 11 – Late Paleozoic granitoids (Angara-Vitim Batholith); 12 – main faults separating large lithospheric blocks; 13, 14 – main intra-block faults; 13 – formed at the stage of sedimentation and reactivated during all the subsequent phases, 14 – formed during the linear folding and reactivated at subsequent phases; 15 – fault numbers (1 – Lena-Nyuya, 2 – Akitkan-Dzherba, 3 – Alekan-Malyi Tuyukan, 4 – Chuya, 5 – Abchada, 6 – Pravyi Mamakan, 7 – Zhuya, 8 – Chara, 9 – Nychat); 16 – ore region boundaries; 17–32 – ore regions: 17 – Tonod, uranium-tin-tungsten-gold, 18 – Chuya, iron-uranium-tungsten, 19 – Akitkan, uranium-tungsten-gold, 20 – Nechera, molybdenum-uranium-gold, 21 – Vitim, iron, 22 – Mama, mica-bearing, 23 – Bodaibo, tin-tungsten-gold, 24 – Patom-Nechera, gold-bearing, 25 – Sinyuga, tin-tungsten-gold, 26 – Nechera-Zhuya, rare metal-rare earth-mica-bearing, 27 – Dodykhta-Uryakh, tin-tungsten-gold, 28 – Malaya Chuya, lead-zinc-phosphorite-magnetite, 29 – Dzhelinda, lead-zinc, 30 – Olokit, lead-zinc-iron, 31 – Fore-Baikal, lead-zinc, 32 – Upper Lena, uranium-gold; 33 – ore clusters and their numbers (1 – Kropotkinsky, 2 – Marakan, 3 – Tungusky, 4 – Khomolkinsky, 5 – Artemovskiy, 6 – Verkhne-Aunakitsky, 7 – Tomilovskiy, 8 – Kulibryansk, 9 – Bodaibokan, 10 – Engazhimskiy, 11 – Nirundinsk, 12 – Molvinsk, 13 – Bol'shetaimendinsk, 14 – Valyukhtinsk, 15 – Balligananakh, 16 – Tuyukan-Iligir, 17 – Tuyukan, 18 – Khaiverga, 19 – Kevakta, 20 – Chelonsk, 21 – Bul'bukhtinsk, 22 – Stvotakhtsk, 23 – Dodykhta, 24 – Chayangro, 25 – Uryakh, 26 – Bestyaks, 27 – Tyya, 28 – Abchada, 29 – Kholodinsk, 30 – Mindel-Kul'kutta); 34 – economic gold deposits (1 – Sukhoi Log, 2 – Vysochaishee, 3 – Verninskoe, 4 – Nevskoe, 5 – Chertovo Koryto, 6 – Ozherel'e, 7 – Ykanskoe, 8 – Kopylovskoe, 9 – Kavkaz, 10 – Dogaldynskaya Zhila); 35 – promising gold prospects (11 – Krasnoe, 12 – Uraykh, 13 – Svetlovskoe, 14 – Verkhne-Ugakhanskoe, 15 – Khodokan) and understudied ore occurrences (16 – Gol'tsovoe, 17 – Rovnskoe, 18 – Atyrkan, 19 – Georgievskoe, 20 – Vetvistoe and Dovgakit, 21 – Dzhalagun and Dogaldyn, 22 – Malo-Mindeiskoe); 36 – promising iron quartzite prospects (1–7 – of the Vitim iron ore district: 1 – Yazovskoe, 2 – Gremuchee, 3 – Sukhoe, 4 – Maksimikhinskoe, 5 – Chistoe, 6 – Bystrinskoe, 7 – Malo-Tuyukanskoe; 8, 9 – of the Abchada and Tyya ore clusters); 37 – economic ore deposits and promising ore prospects of lead and zinc (1 – Kholodinskoe, 2 – Ovgol'skoe, 3 – Srednee, 4 – Tabornoe, 5 – Lugovoe, 6 – Nov-Anaiskoe); 38 – uranium ore deposits and prospects (1 – Chepok, 2 – Tuyukan); 39 – muscovite mica deposits; 40–44 – understudied ore occurrences: 40 – lead and zinc (7 – Odinkoe, 8 – Bestyakh, 9 – Ottakh); 41 – magnetite (1 – Malochuiskoe, 2 – Malotuyukanskoe); 42 – niobium-phosphorus-rare earth (Atychakh, Ust'-Birainskoe); 43 – tin (1 – Nakhodka, 2 – Sentyabr'skoe, 3 – Serebristoe, 4 – Yudovoe), 44 – tungsten (1 – Kvartsevoe, 2 – Dogaldynskoe, 3 – Marininskoe, 4 – Yakovlevskoe, 5 – Sinyuga); 45 – phosphorites (1 – Sarminskoe, 2 – Mezhevskoe, 3 – Malo-Kalaikoe, 4 – Chelonskoe, 5 – Bestyaks, 6 – Molvinskoe, 7 – Urikskoe); 46 – copper and nickel (with PGE); 47 – section line (for figs. 4 and 5)



рования новых золоторудных объектов. Это и является целью настоящей статьи.

История исследования. Джалагунское рудное поле расположено в пределах Чаянгринского рудного узла Додыхтинско-Уряхского рудного района [5]. Административно оно находится в юго-восточной части Бодайбинского района Иркутской области (рис. 2) на левобережье р. Витим. Золотоносность территории Чаянгринского рудного узла известна с XIX в. – отработка золотых россыпей в его западной части началась в 1882 г., а на реках Джалагун и Чаянгра (см. рис. 1) – в 1888 г. Наиболее крупной являлась Чаянгринская россыпь, остаточные запасы которой, по данным разведочных работ, проведённых в 70-х гг. (В. М. Демин), составляли более 20 т.

Коренная золотоносность Чаянгринского рудного узла была установлена при геологической съёмке масштаба 1 : 50 000 (Б. В. Шергин и др., 1969 г.) – в геологических маршрутах штурфным опробованием установлены многочисленные проявления и пункты минерализации с содержаниями золота от десятых долей г/т до десятков г/т, по ареалу распространения которых в южной его части и было предварительно оконтурено Джалагунское золоторудное поле. В 1987–90 гг. в пределах рудного поля проведены поисковые работы (В. Г. Молочный) и локализовано Джалагунское рудопроявление золота, в котором канавами были вскрыты 24 рудных тела жильного типа (средняя мощность 2,0 м, средняя длина по простиранию 100 м, по падению – 200 м, средние содержания 3,0 г/т), оценены по ним авторские прогнозные ресурсы золота кат. P_2 в 7,7 т.

Ландшафтные условия площади и методика проведения поисковых работ. Осложняющим фактором при проведении площадных поисков в пределах Джалагунского рудного поля всегда являлись ландшафтные условия – на площади преобладает крутосклонный рельеф с развитием курумных развалов в пределах гранитоидов, кварцитов, метаэффузивов, зачастую пересыпающих менее устойчивые к выветриванию в том числе минерализованные породы (рис. 3). Все ниж-

ние части долин представляют собой пологие залесённые и задернованные склоны, на которых информативный слой делювия перекрыт дальнепринесшими делювиально-солифлюкционными отложениями с участками дальнепринесного курумника. Поэтому при проведении поисковых работ была применена «Методика поисков в сложных ландшафтных условиях», разработанная в «СибГК» [3] и применяемая в ЦНИГРИ [5]. Особенностью этой методики является использование на первой стадии поисков на «закрытых» участках, где стандартными методами (геологические маршруты, литохимическое опробование по вторичным ореолам рассеяния) получить достоверную геолого-геохимическую информацию невозможно, горных выработок:

- в местах развития мохового покрова и многолетней мерзлоты для вскрытия делювия ближнего сноса (информативного слоя делювия) и его опробования проходились бульдозерные канавы (расчистки) глубиной до 1,0 м. Их проходка обеспечивала оперативное удаление верхнего мерзлотно-мохового слоя, быструю оттайку грунта и вскрытие информативной части делювиально-солифлюкционных отложений. На участках со значительной мощностью рыхлых отложений из полотна этих канав в делювиально-солифлюкционных отложениях, где информативный слой делювия не вскрывался, дополнительно для его вскрытия и изучения его золотоносности проходились шурфы с комплексом опробования (шлиховое, литохимическое по вторичным ореолам рассеяния – ВОР и первичным ореолам – ПО) через 20–40 м;

- по целикам, где затруднено использование бульдозерной техники, проходка шурфов глубиной 1 м с комплексом опробования (шлиховое, литохимическое по ВОР и ПО, точечное) через 20–40 м для изучения золотоносности делювия и локализации шлиховых ореолов и геохимических аномалий;

- проходка шурфов до коренных пород глубиной 2,0 м, шагом 20–40 м для заверки шлиховых ореолов и геохимических аномалий, зон гидротермально-метасоматических изменений, выявленных при проходке шурфов глубиной

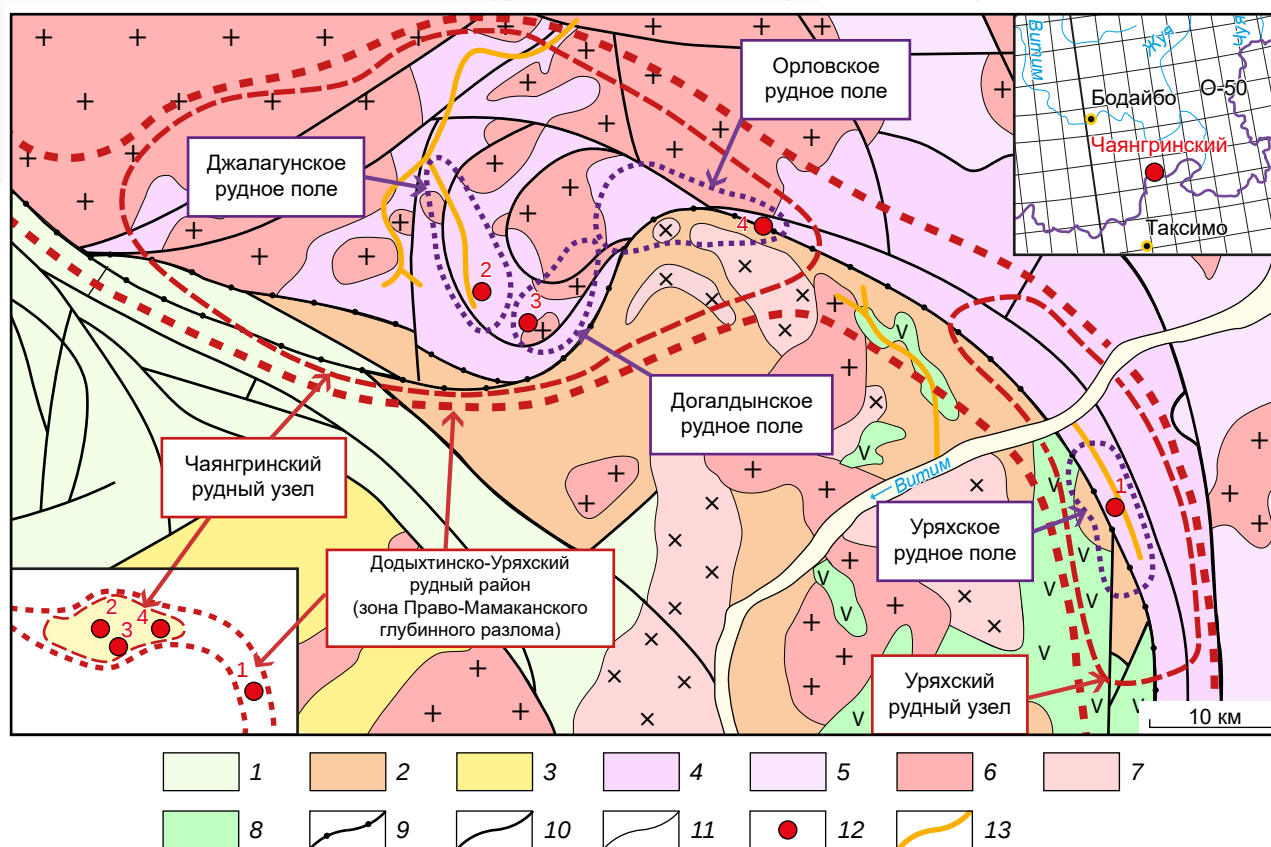


Рис. 2. Схема геологического строения и металлогенического районирования юго-восточной части Додыхтинско-Уряхского рудного района, по [10, 14], с уточнением (на врезках расположение Чаянгринского рудного узла):

образования Байкало-Муйского пояса: 1 – вендские и кембрийские терригенно-карбонатные, 2 – верхнерифейские терригенные и вулканогенные; 3 – архейско-раннепротерозойские метаморфические; образования БППр: 4 – средне-верхнерифейские карбонатно-терригенные, 5 – раннепротерозойские терригенные; 6 – позднепалеозойские гранитоиды Байкало-Витимского «ареал-плутона»; верхнерифейские интрузии Байкало-Муйского пояса: 7 – гранитоиды, 8 – породы основного состава; 9 – главные разломные швы Право-Мамаканского глубинного разлома (Сюльбанская ветвь); 10 – прочие разломы; 11 – геологические границы; 12 – месторождения и рудопроявления золота (1 – Уряхское, 2 – Джалагунское, 3 – Догалдынское, 4 – Орловское); 13 – россыпи золота

Fig. 2. Schematic map showing the geological structure and metallogenic regionalization of the southeastern Dodykhta-Uryakh ore region, refined after [10, 14] (insert maps show position of the Chayangro ore cluster):

formations of the Baikal-Muya Belt: 1 – Vendian and Cambrian, terrigenous-carbonate, 2 – Late Riphean, terrigenous and volcanogenic; 3 – Archean-Early Proterozoic, metamorphic; formations of the Baikal-Patom Province: 4 – Medium-Late Riphean, carbonate-terrigenous, 5 – Early Proterozoic, terrigenous; 6 – Late Paleozoic granitoids of the Baikal-Vitim Batholith ("areal-pluton"); Late Riphean intrusions of the Baikal-Muya Belt: 7 – granitoids, 8 – basic rocks; 9 – main fault ruptures of the deep-seated Pravyi-Mamakan Fault (Syul'ban branch); 10 – other faults; 11 – geological boundaries; 12 – gold ore deposits and prospects (1 – Uryakh, 2 – Dzhalagun, 3 – Dogaldyn, 4 – Orlovskoe); 13 – gold placers

1 м. Проходка шурфов сопровождалась отбором шлиховых проб, опробованием по ВОР и ПО, точечных проб из минерализованных пород забоя.

Таким образом в пределах бульдозерных расчисток и линий шурфов были локализованы интервалы с проявлением в делювиальных отложениях ближнего сноса рудоносных гидротермально-метасоматических процессов, совмещённых со шлиховыми и литохимическими ореолами золота, вскрытие которых и привело к выявлению потенциально-промышленных рудных зон.

Геологическое строение Джалагунского рудного поля. Рудное поле занимает южную часть Чаянгринского рудного узла, выделенного в пределах «провеса кровли» крупного гранитоидного массива верхнепалеозойского

конкудеро-мамаканского комплекса. «Провес кровли» представляет собой обособленную юго-восточную часть Мамско-Бодайбинского синклиория, «отрезанную» от его основной части гранитным массивом на расстоянии 25–30 км (см. рис. 1). Вскрывающиеся в нём рифейские карбонатно-терригенные отложения смяты в сложные разнопорядковые линейные складки, регионально-метаморфизованы в условиях амфиболитовой, эпидот-амфиболитовой и зеленосланцевой фаций и прорваны целой серией штокообразных массивов гранитоидов конкудеро-мамаканского комплекса (рис. 4).

Стратиграфия. В рудном поле в качестве подразделений местной стратиграфической шкалы вскрываются метаморфизованные карбонатно-терригенные отложения, по литоло-



Рис. 3. Вскрытие бульдозерной канавой делювиально-солифлюкционных отложений значительной мощности. Делювий ближнего сноса (рыжий) перекрыт дальнеприносным курумником

Fig. 3. Deluvium-solifluction deposits of significant thickness exposed by a bulldozer trench. Deluvium of proximal transportation (reddish brown) is covered by "kurum" (stone stream) deposits of distal transportation

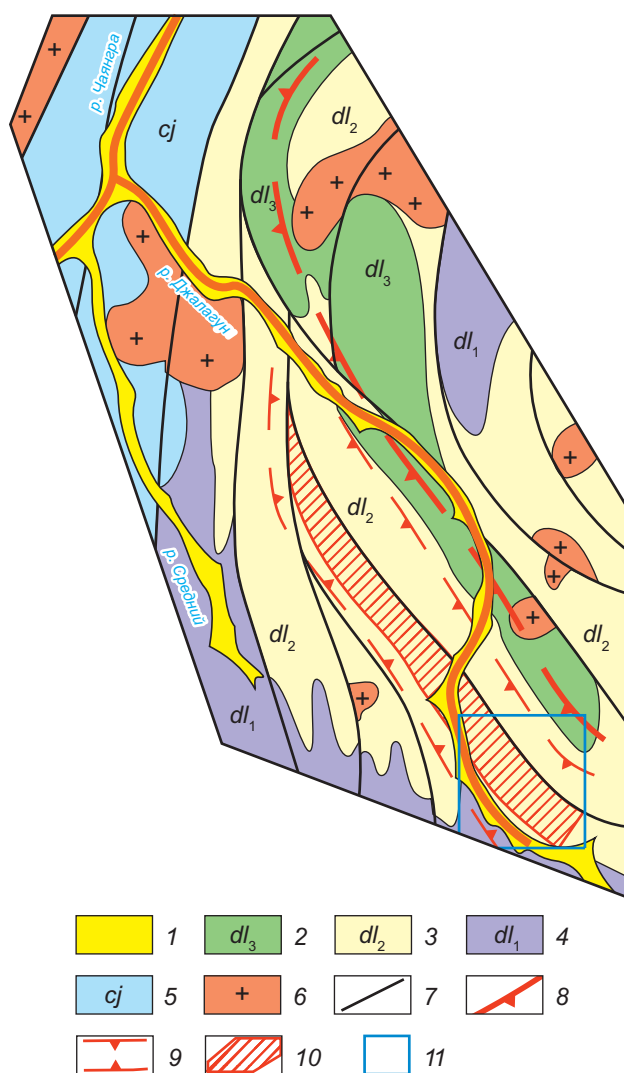


Рис. 4. Схематизированная геологическая карта Джалагунского рудного поля:

1 – четвертичные отложения; 2–4 – джалагунская свита: 2 – верхняя подсвита, кварциты, магнетитовые кварциты, хлоритовые и амфибол-хлоритовые сланцы, метатуфопесчаники, отмечаются пласты чёрных углеродистых метаалевролитов; 3 – средняя подсвита: переслаивающиеся углеродистые сланцы, алевросланцы и алевропесчаники, известняки, доломиты (в том числе джаспероиды), кварциты и кварцитосланцы, сланцы хлоритовые и хлорит-кварцевые, метаэффузивы амфибол-хлорит-эпидот-полевошпатового и биотит-амфибол-полевошпатово-эпидотового составов; 4 – нижняя подсвита: чёрные и тёмно-серые углеродистые сланцы и алевросланцы, переслаивающиеся с тёмно-серыми и серыми в той или иной степени углеродистыми мелкозернистыми и среднезернистыми песчаниками; 5 – чаянгринская свита: углеродистые преимущественно тёмноокрашенные, реже светлые в различной степени мраморизованные известняки с прослоями известковистых сланцев, амфиболитов, кварцитов; 6 – граниты конкудеро-мамаканского комплекса; 7 – основные разломы; 8 – внешняя граница Куиктинского гранито-гнейсового купола; 9 – рудоконтролирующая зона складчато-разрывных деформаций (зона расланцевания); 10 – минерализованная зона с проявлением интенсивных гидротермально-метасоматических процессов (бурозпатизации, мусковитизации, окварцевания, сульфидизации, березитизации, хлоритизации); 11 – участок детальных работ

Fig. 4. Schematized geological map of the Dzhalagun ore field:

1 – Quaternary deposits; 2–4 – Dzhalagun Formation: 2 – upper subformation: quartzites, magnetite quartzites, chlorite and amphibole-chlorite schists, tuffaceous metasandstones; beds of black carbonaceous metasiltstones are noted; 3 – medium subformation: interlayered carbonaceous shales, schistose siltstones and silty sandstones, limestones, dolomites (including jasperoids), quartzites and quartzite-schists, chlorite and chlorite-quartz schists, metaeffusives of the amphibole-chlorite-epidote-feldspar and biotite-amphibole-feldspar-epidote composition; 4 – lower subformation: black and dark-gray carbonaceous shales and schistose siltstones, interlayered with dark-gray and gray fine-grained and medium-grained variably carbonaceous sandstones; 5 – Chayangro Formation: predominantly dark-colored carbonaceous, more rarely light-colored marbleized limestones with interlayers of calcareous shales, amphibolites, and quartzites; 6 – granites of the Konkuder-Mamakan Suite; 7 – the principal faults; 8 – outer boundary of the Kuiktinsk granite-gneiss dome; 9 – ore-controlling zone of fault-folding deformations (shear zone); 10 – mineralized zone subjected to intense hydrothermal-metasomatic processes (brown-sparization, muscovitization, silicification, sulfidization, berezitization, and chloritization); 11 – site of detailed geological exploration



гическому составу разделённые предшественниками на чаянгринскую существенно карбонатную и джалагунскую существенно терригенную свиты (см. рис. 4). Следует отметить, что предшествующие исследователи имели различные взгляды как на названия этих стратиграфических подразделений, так и на их относительный возраст. Так, при геологической съёмке масштаба 1 : 200 000 (ГСР-200, В. Т. Григоров, 1962 г.) свиты получили своё современное название, но чаянгринская свита была отнесена к более молодым образованиям относительно джалагунской. При ГСР-50 на западной части рудного поля (Л. Р. Цедрик, 1964 г.) была проведена корреляция этих свит с таковыми Патомского синклинория, и отложения чаянгринской свиты отнесли к более древней баракунской, а джалагунской – к валюхтинской. При ГСР-50 на восточной части рудного поля (Б. В. Шергин, 1969 г.) в пределах рудного узла вновь использованы названия «джалагунская» и «чаянгринская», но последняя отнесена к более молодым отложениям. При ГДП-50 (В. А. Шеметов, 1996 г.) чаянгринская свита отнесена к более древним образованиям по сравнению с джалагунской. Из-за различных взглядов на возрастное соотношение отложений чаянгринской и джалагунской свит этому вопросу при проведении поисковых работ «СибГК» (Ю. Л. Агеев, А. И. Иванов, 2014 г.) было уделено особое внимание. В результате наиболее обоснованным был признан вариант Л. Р. Цедрика и В. А. Шеметова о более древнем возрасте чаянгринской свиты относительно джалагунской и проведена их корреляция соответственно с угаханской и хомолхинской свитами Мамско-Бодайбинского синклинория. В то же время установлены некоторые литолого-стратиграфические особенности между ними, на основании чего выделена самостоятельная Чаянгринская структурно-фациальная зона (СФЗ) при рифейском осадконакоплении [4, 5].

Чаянгринская свита, по данным Б. В. Шергина, В. А. Шеметова, Ю. Л. Агеева и др., сложена углеродистыми преимущественно тёмноокрашенными, реже светлыми, в различной степени мраморизованными известняками

с прослоями известковистых сланцев, амфиболитов, кварцитов. Появление в разрезе амфиболитов и кварцитов отличает его от разреза угаханской свиты юго-восточной части Бодайбинского синклинория и может свидетельствовать об эпизодическом проявлении основного вулканизма и возникновении суши как источника терригенного материала на прилегающей с юга территории.

Джалагунская свита является рудовмещающей, поэтому она рассматривается более подробно. Отложения свиты расчленены на три подсвиты (см. рис. 4). Породы нижней подсвиты представлены преимущественно чёрными и тёмно-серыми углеродистыми сланцами и алевросланцами, переслаивающимися с тёмно-серыми и серыми в той или иной степени углеродистыми мелкозернистыми и среднезернистыми песчаниками, слагающими около 20 % разреза. По составу и строению она близка к отложениям хомолхинской свиты юго-восточной части Мамско-Бодайбинского синклинория. По данным литохимического опробования по первичным и вторичным ореолам рассеяния эти отложения выделяются повышенным геохимическим фоном свинца, цинка и серебра, а в нескольких километрах западнее Джалагунского рудного поля в бассейне руч. Средний породы свиты вмещают колчеданно-полиметаллические руды рудопроявления Среднее (в настоящее время ПАО «Полюс» проводит на нём поисковые и оценочные работы). А, как известно [4, 5], джалагунская свита коррелируется не только с хомолхинской свитой, но и с ондокской (Олокитская СФЗ), вмещающей Холоднинское колчеданно-полиметаллическое месторождение, сеньской (Чарская СФЗ) и голоустинской (Прибайкальская СФЗ) свитами, в которых установлены свинцово-цинковые месторождения и рудопроявления в джаспериодах (Бестях, Оттах, Одинокое, Таборное, Луговое, Ново-Анайское).

Средняя подсвита расчленена по литологическим особенностям на три пачки (рис. 5). Отложения первой пачки являются рудовмещающими для Джалагунского рудопроявления, поэтому они, в отличие от других стра-

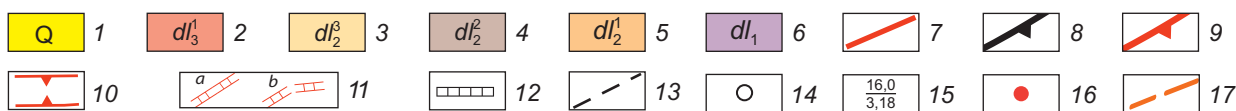




Рис. 5. Схематизированная геологическая карта участка детальных работ в пределах Джалагунского рудного поля:

1 – четвертичные отложения; 2–6 – джалагунская свита: 2 – верхняя подсвита: тёмно-зелёные хлоритовые и амфибол-хлоритовые сланцы, амфибол-хлорит-эпидотовые метавулканогенные породы, в основании горизонт зелёных хлоритовых сланцев с вкрапленной магнетитовой минерализацией; 3–5 – средняя подсвита, пачки: 3 – третья: метатифоалевролиты с прослоями метатифопесчаников, чёрные углеродистые сланцы, переслаивающиеся кварциты магнетитсодержащие и тёмно-серые углеродистые металевролиты и сланцы, редкие прослои доломитизированных известняков, 4 – вторая: сланцы хлоритовые, хлорит-серицит-кварцевые, метаэффузивы амфибол-хлорит-эпидот-полевошпатового, биотит-амфибол-полевошпатово-эпидотового, кальцит-амфибол-кварц-хлоритового составов, 5 – переслаивающиеся углеродистые сланцы, алевросланцы и алевропесчаники, известняки, доломиты (в том числе джаспероиды), кварциты и кварцитосланцы; 6 – нижняя подсвита: чёрные и тёмно-серые углеродистые сланцы и алевросланцы, переслаивающиеся с тёмно-серыми и серыми в той или иной степени углеродистыми мелкозернистыми и среднезернистыми песчаниками; 7 – дайки гранитов, гранодиоритов и гранодиорит-порфиров, диоритов и диоритовых порфиров; 8 – разломы; 9 – рудоконтролирующая зона складчато-разрывных деформаций (зона рассланцевания); 10 – минерализованная зона с проявлением интенсивных гидротермально-метасоматических процессов (буршпатизации, мусковитизации, окварцевания, сульфидизации, березитизации, хлоритизации); 11 – рудные зоны, установленные в канавах и скважинах (а) и предполагаемые по комплексу признаков (b); 12 – бульдозерные канавы, вскрывшие коренные породы; 13 – бульдозерные канавы для изучения делювиально-солифлюкционных отложений (бульдозерные «расчистки»); 14 – буровые скважины; 15 – параметры рудных зон в канавах и скважинах (числитель – мощность в м, знаменатель – средние содержания золота в г/т с учётом коэффициента рудоносности); 16 – штучные пробы предшественников с содержаниями золота более 1 г/т; 17 – промышленная россыпь золота

Fig. 5. Schematized geological map of the site of detailed geological exploration within the DzhalaGUN ore field:

1 – Quaternary deposits; 2–6 – DzhalaGUN Formation: 2 – upper subformation: dark-green chlorite and amphibole-chlorite schists, amphibole-chlorite-epidote metavolcanics rocks; a horizon of green chlorite schists with disseminated magnetite mineralization, in the basement; 3–5 – medium subformation, members: 3 – third: tuffaceous metasiltstones with interlayers of tuffaceous metasandstones; black carbonaceous shales; interlayered magnetite-containing quartzites and dark-gray carbonaceous metasiltstones and shales; rare interlayers of dolomitized limestones, 4 – second: chlorite and chlorite-sericite-quartz schists; metaeffusives of the amphibole-chlorite-epidote-feldspar, biotite-amphibole-feldspar-epidote, and calcite-amphibole-quartz-chlorite composition, 5 – interlayered carbonaceous shales, schistose siltstones, silty sandstones, limestones, dolomites (including jasperoids), quartzites, and quartzite-schists; 6 – lower subformation: black and dark-gray carbonaceous shales and schistose silts, interlayered with dark gray and gray fine-grained and medium-grained variably carbonaceous sandstones; 7 – dikes of granites, granodiorites, granodiorite porphyries and granite porphyries, diorites, and diorite porphyrites; 8 – faults; 9 – ore-controlling zone of fault-folding deformations (shear zone); 10 – mineralized zones subjected to intense hydrothermal-metasomatic processes (brownsparization, muscovitization, silicification, sulfidization, berezitization, and chloritization); 11 – ore zones: (a) revealed in trenches and drill holes and (b) inferred based on a complex of exploration indicators; 12 – bulldozer trenches that exposed bedrock; 13 – bulldozer trenches for exploration of deluvial-solifluction deposits (bulldozer strippings); 14 – drill holes; 15 – parameters of the ore zones in the trenches and drill holes (in the numerator, thickness, m; in the denominator, average gold grades in g/t, with allowance made for the statistical distribution of economic-grade intervals in the workings); 16 – rock-chip samples of previous works with gold grades of more than 1 g/t; 17 – economic gold placer

тиграфических единиц, изучались не только по делювию, но и в коренном залегании в канавах и скважинах. В строении пачки участвуют углеродистые сланцы, алевросланцы и алевропесчаники, известняки, доломиты (в том числе джаспероиды), кварциты и кварцитосланцы, переслаивающиеся друг с другом. Углеродистые сланцы и алевросланцы – чёрные, тёмно-серые и серые, слагают около 50 % разреза и часто находятся в тонком переслаивании с алевропесчаниками, которые чаще всего светло-серые, слабоуглеродистые или неуглеродистые. Для этих пород характерна линзовидно-параллельная (рис. 6, а, б) и градиционная слоистость с проявлением размытия нижележащих слоев (см. рис. 6, с), что свойственно обстановке осадконакопления на шельфе [11, 15]. Этими особенностями они отличаются от тёмноокрашенных углеродистых песчаников и алевропесчаников хомолхинской свиты юго-восточной части Мамско-Бодайбинского синклиория, для которых характерна тонкоритмичная параллельная слоистость, формирующаяся в обстановке конти-

нентального склона [2]. По составу углеродистые сланцы и алевросланцы преимущественно мусковит-кварцевые и кварц-мусковитовые, иногда в алевропесчаниках присутствует хлорит, за счёт чего они зеленоватого оттенка.

Характерными для первой пачки являются карбонатные породы, слагающие пласты мощностью до 40 м. Но, в отличие от юго-восточной части Мамско-Бодайбинского синклиория, где в разрезе установлены только известняки, здесь карбонатные породы представлены не только в различной степени мраморизованными известняками, в том числе серыми тонко-полосчатыми, но и доломитами и доломитистыми известняками, которые в зонах прожилкового окварцевания приобретают джаспероидный облик, вплоть до образования кварц-серицит-карбонатных метасоматитов (рис. 7). Отмечаются также прослои карбонатно-слюдисто-кварцевых и слудисто-амфиболовых сланцев (метаморфизованных известковистых глинистых сланцев).

Ещё одним отличием джалагунской свиты от хомолхинской юго-восточной части Мамско-

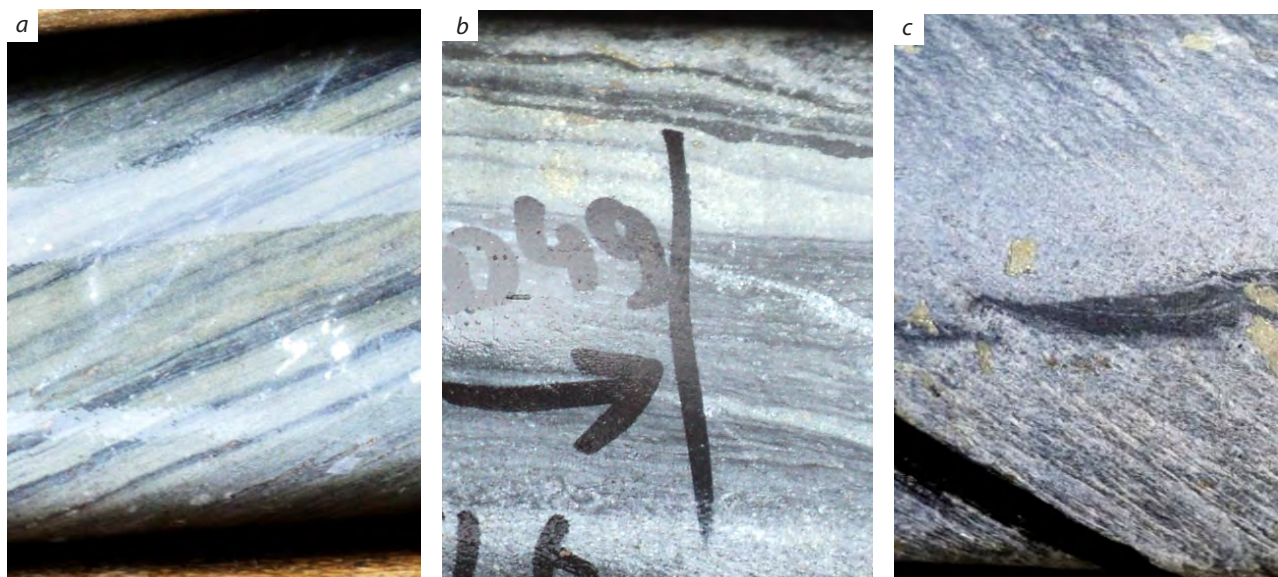


Рис. 6. Переслаивающиеся тёмно-серые углеродистые сланцы со светлыми алевросланцами и алевропесчаниками. Сква. 8. Диаметр керна 63 мм

Fig. 6. Interlayering of dark-gray carbonaceous shales with light-colored schistose siltstones and silty sandstones. Hole 8; drill core diameter, 63 mm



Рис. 7. Джаспероиды по доломитистым известнякам в коренном залегании (видны белые кварцевые прожилки, «отпрепарированные» в процессе выветривания) (а), b – пласты джаспероидов по доломитам (dz) с признаками перераспределения первично-осадочного кремнистого вещества (на врезке видны пустоты с друзами горного хрусталя). Диаметр керн 63 мм

Fig. 7. Jasperoids: (a) after dolomitic limestone, a primary exposure (white quartz veins, "prepared" in the process of weathering); and (b) as layers after dolomite (dz) with signs of redistribution of a primarily sedimentary siliceous substance (in the insert: caverns with rock crystal druses). Drill core diameter, 63 mm

Бодайбинского синклиория является наличие пластов и горизонтов мощностью до десятков метров тонкопереслаивающихся тонкозернистых кварцитов (рис. 8, а) и кварцитосланцев (кварцево-мусковитовых сланцев). Слоистость параллельная, мощности слойков выдержаны. В минеральном составе кварцитов преобладают кварц (90 %) и мусковит (10 %). Форма зёрен кварца неправильная, с неровными, извилистыми, иногда заливообразными, зубчатыми контурами. Обломочную природу кварцитов можно обосновать лишь наличием окатанных (округлённых) зёрен акцессорного циркона. В составе кварцево-мусковитовых сланцев преобладают кварц (65–70 %), мусковит (30–35 %). В связи с проявлением в пределах рудного поля интенсивных складчато-разрывных деформаций и гидротермально-метасоматических процессов кварциты и кварцитосланцы

обычно в той или иной степени рассланцованы и мусковитизированы (см. рис. 8, b), окварцованы (см. рис. 8, c), деформированы и гидротермально-метасоматически преобразованы с формированием сложных новообразованных текстур (см. рис. 8, d, e).

Вторая пачка сложена метаморфизованными туфогенно-осадочными породами – преимущественно зелёными, грязно-зелёными, тёмно-зелёными хлоритовыми сланцами, нередко с мелкочешуйчатым биотитом, ориентированным по плоскостям сланцеватости. Отмечаются прослои зелёных хлорит-серицит-кварцевых сланцев. В верхней части разреза пачки преобладают серовато-зелёные, грязно-зелёные, светло-зелёные хлоритовые и хлорит-серицит-кварцевые сланцы. Среди зелёных кварц-хлоритовых сланцев отмечают пластовые тела рассланцованных метаэффузивов средне-

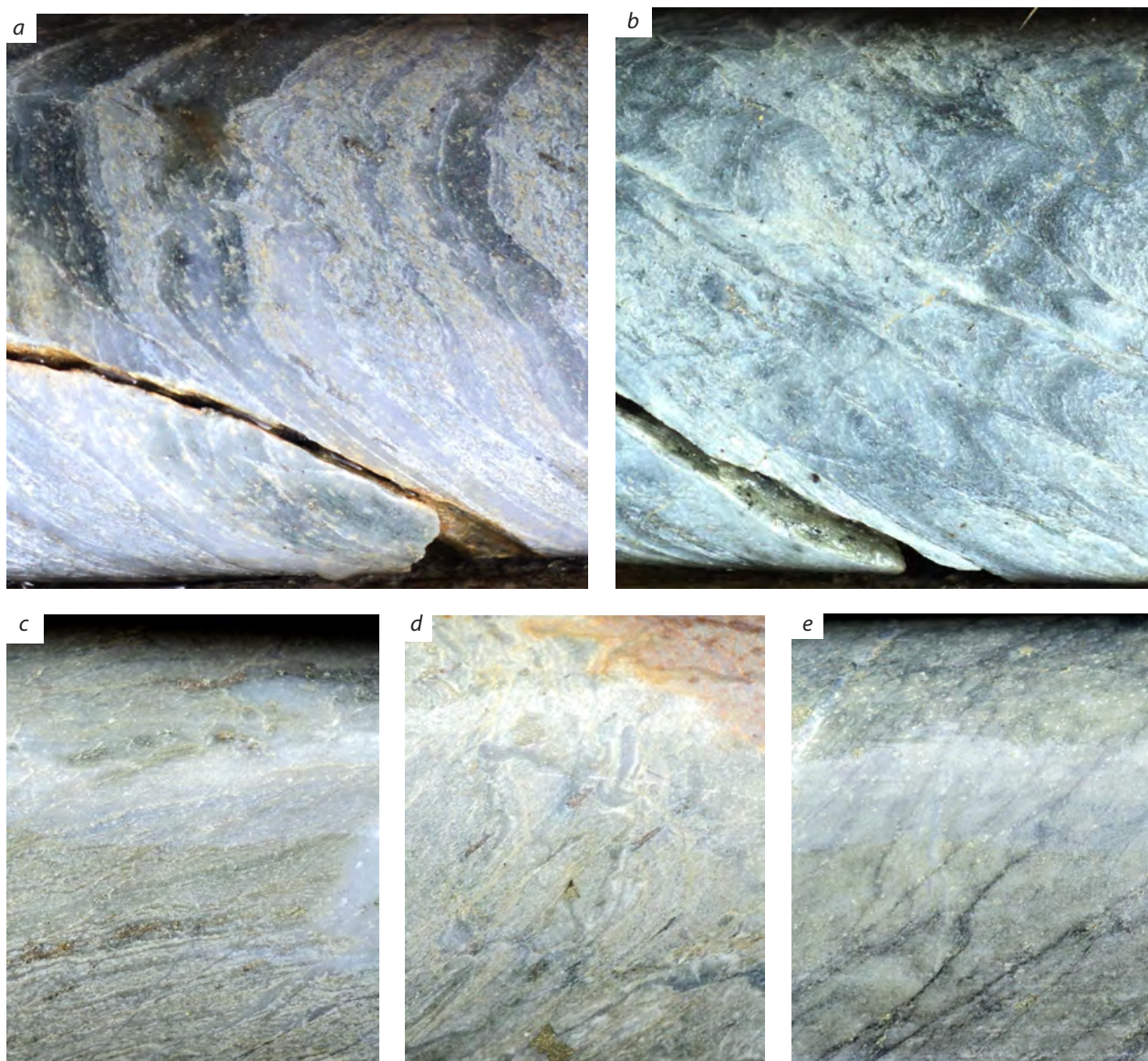


Рис. 8. Кварциты (тёмные прослои) и слюдистые кварциты (светлые прослои) в тонком переслаивании (а), в том числе рассланцованные, смятые в складки и деформированные по зонкам рассланцевания и мусковитизированные (b), прожилково-окварцованные (c), вплоть до полной затушёвки первичной слоистости (d) и формирования вторичной линзовидно-полосчатой текстуры (e). При интенсивных деформациях породы бурошпатизируются (d – виден «рыжий» участок выщелоченного анкерита, e – видны мелкие светлые порфиробласты анкерита). Диаметр керна 63 мм

Fig. 8. Quartzites (dark-colored interlayers) and micaceous quartzites (light-colored interlayers): (a) in fine interlayering; (b) schistosed, micro-folded, and deformed along shear microzones, and muscovitized; (c) veiny quartzitized; (d) intensely altered up to complete blurring of the primary lamination; and (e) altered up to formation of a secondary lensed-banded texture. In the course of the intense deformations, the rocks are "brownsparized" (replaced by brown spar, metasomatic ferruginous carbonates): d, reddish brown spot of leached ankerite in the top right; e, little light-colored ankerite porphyroblasts). Drill core diameter, 63 mm



го (?) состава – амфибол-хлорит-эпидот-полевошпатовых, биотит-амфибол-полевошпат-эпидотовых, кальцит-амфибол-кварц-хлоритовых. В породе наблюдаются округлые образования (миндалины), имеющие хлоритовый состав.

Третья пачка в нижней части сложена в основном метатиффалолевролитами с прослоями метатиффалопесчаников, которые к верхней части разреза постепенно сменяются чёрными углеродистыми сланцами, а затем переслаиваются кварцитами магнетитсодержащими и тёмно-серыми метаалевролитами с прослоями чёрных углеродистых сланцев и доломитистых известняков мощностью до 5 м. В доломитистых известняках часто развито прожилковое окварцевание и породы приобретают джаспероидный облик. Верхняя часть разреза сложена тонкополосчатыми тиффалолевролитами, которые выше сменяются белыми кварцитами, слагающими горизонт мощностью в несколько десятков метров.

Верхняя подсвита джалагунской свиты расчленена на три пачки. *Первая пачка* сложена преимущественно зелёными метаморфизованными вулканогенными породами, преобразованными в тёмно-зелёные хлоритовые и амфибол-хлоритовые сланцы и крепкие слабоборассланцованные амфибол-хлорит-эпидотовые породы, часто формирующие крупноглыбовые развалы. В основании пачки залегает горизонт зелёных хлоритовых сланцев с вкрапленной магнетитовой минерализацией.

Вторая пачка сложена магнетитсодержащими метаморфизованными вулканогенными породами – тёмно-зелёными амфибол-хлоритовыми и хлоритовыми, иногда эпидотизированными сланцами. В них часто отмечаются кварцевые агрегаты червячно-линзовидной формы размером до нескольких миллиметров, ориентированные согласно сланцеватости. Кварц серовато-белый, дроблёный (возможно, реликты миндалекаменной – «пузырчатой» текстуры).

Третья пачка сложена тёмно-зелёными метатиффалопесчаниками, интенсивно рассланцованными, хлорит-биотит-кварц-полевошпатового состава, зелёными и тёмно-зелёными хлорит-кварцевыми сланцами, отмечаются пласты чёрных углеродистых метаалевролитов.

Таким образом, кроме отмеченного выше отличия разреза джалагунской свиты от такового хомолхинской юго-восточной части Мамско-Бодайбинского синклинория – участия в нём доломитов и кварцитов – особенностью разреза первой является преобладание в верхней части свиты тиффалогенно-осадочных и, вероятно, вулканогенно-осадочных пород и даже вулканитов средне-основного состава. Из-за высокого регионального метаморфизма и интенсивных гидротермально-метасоматических преобразований для более достоверного восстановления первичной природы этих пород необходимо проведение специальных исследований, хотя на основании их минерального состава можно достаточно уверенно предполагать участие в формировании этих пород вулканических процессов.

Интрузивные образования, вскрывающиеся в Чаянгринском рудном узле, представлены позднепалеозойскими гранитоидами конкудеро-мамаканского комплекса, слагающими массивы различных формы и размеров северо-восточной части Байкало-Витимского «ареал-плутона» («батолита») [2, 5, 18, 20], и дайками кислого и среднего составов.

Конкудеро-мамаканский комплекс. В пределах рудного поля закартировано несколько массивов (см. рис. 4). В центральной его части они сложены биотитовыми порфировидными и равномернозернистыми гранитами (по данным АГСМ-съёмки отчётливо картируются повышенными содержаниями калия – более 2 % при низких содержаниях урана и тория и слабоаномальном магнитном поле). В северо-западной части рудного поля вскрываются край крупного Тельмамского массива Байкало-Витимского «ареал-плутона» (см. рис. 1, 2), сложенного биотитовыми и амфибол-биотитовыми, часто порфировидными гранитами, и небольшие массивы равномернозернистых мелкозернистых биотитовых гранитов. Те и другие выделяются контрастными комплексными уран-торий-калиевыми аномалиями и положительными аномалиями магнитного поля.

Массивы гранитоидов конкудеро-мамаканского комплекса известны и в Бодайбинском

рудном районе [2, 5, 7, 18, 20], где они распространены преимущественно на периферии, хотя встречаются и в центральной части (Константиновский и Джекдокарский). Дайки гранит-порфиров этого комплекса картируются в экзоконтактовых зонах массивов, но ни на одном рудном поле непосредственно в пределах минерализованных зон золоторудных месторождений не установлены. Отсутствуют и дайки пород более основного состава, кроме пострудных даек лампрофиров.

В Джалагунском же рудном поле ситуация резко иная – не только в его пределах в целом, но и непосредственно в пределах минерализованной зоны установлены многочисленные дайки различного состава – гранитов, гранит-порфиров, плагиогранитов, гранодиоритов, гранодиорит-порфиров, диоритов, диоритовых порфиров, монцодиорит-порфиров, авгитовых порфиров (вариолитов). Дайки установлены в ряде пробуренных скважин, они субсогласны сланцеватости или косо секут её, их стволовая мощность составляет 1–15 м.

Метабазиты, диориты и диоритовые порфириты в различной степени хлоритизированы, серицитизированы, соскюрицитизированы, эпидотизированы, кальцитизированы, иногда амфиболизированы и бурошпатизированы (рис. 9, 10). *Граниты, гранодиориты и гранодиорит-порфиры* интенсивно серицитизированы, мусковитизированы, окварцованы, весьма незначительно эпидотизированы, кальцитизированы, иногда турмалинизированы, в различной степени катаклазированы, вплоть до образования кварцево-мусковит-серицитовых метасоматитов и кварцево-двуслюдяных сланцев, в которых иногда лишь угадываются структурные реликты гранитоидов. Кроме того, на принадлежность исходных пород к гранитоидам указывает минеральный состав вмещающего комплекса (рис. 11).

Исходя из того, что, по геологическим наблюдениям, дайки внедрялись после формирования соскладчатых зон рассланцевания и процессов соскладчатой бурошпатизации (возможен в отдельных случаях «захват» железомagneзиальных карбонатов из вмещающих пород при внедрении в бурошпатизиро-

ванные породы, см. рис. 9), а в то же время изменены дислокационными и низкотемпературными гидротермально-метасоматическими процессами – формировались они в заключительный этап рудообразования при диафто-резе. Но сами они не золотоносны – повышенных содержаний золота в них не установлено. По-видимому, на данной стадии изучения все дайки целесообразно условно отнести к конкудеро-мамаканскому комплексу, в котором первая фаза сложена диоритами и гранодиоритами, вторая и третья – гранитоидами, и для массивов которого характерно формирование экзоконтактового жильно-дайкового ореола [2]. Со временем его внедрения связывается окончательное формирование золоторудных месторождений БППр [2, 5, 8, 9, 14, 16, 17, 21, 22].

Метаморфизм. Регионально-метаморфические преобразования пород Чаянгринского рудного узла и, соответственно, Джалагунского рудного поля связаны с формированием в среднем палеозое Куиктинского гранито-гнейсового купола, который продолжал эволюционировать при верхнепалеозойском гранитообразовании – в его центральную часть внедрились гранитоиды конкудеро-мамаканского комплекса (см. рис. 2). В восточной части рудного поля, расположенной на периферии купольной структуры, проявлен региональный метаморфизм амфиболитовой и эпидот-амфиболитовой фаций (см. рис. 2, 4). По мере удаления от купольной структуры в западном и юго-западном направлениях уровень регионального метаморфизма в пределах Джалагунского рудного поля постепенно снижается до фации зелёных сланцев.

Структура рудного поля. *Складчатые структуры.* Мамско-Бодайбинский синклинорий, в юго-восточной обособленной части которого располагается Чаянгринский рудный узел, характеризуется отчётливым двухъярусным строением: на раннепротерозойском фундаменте залегает рифейско-вендский складчатый чехол, деформированный на этапе складкообразования в линейные складки. В более поздний этап гранито-гнейсового куполообразования при проявлении купольных деформаций и регионально-метаморфических пре-

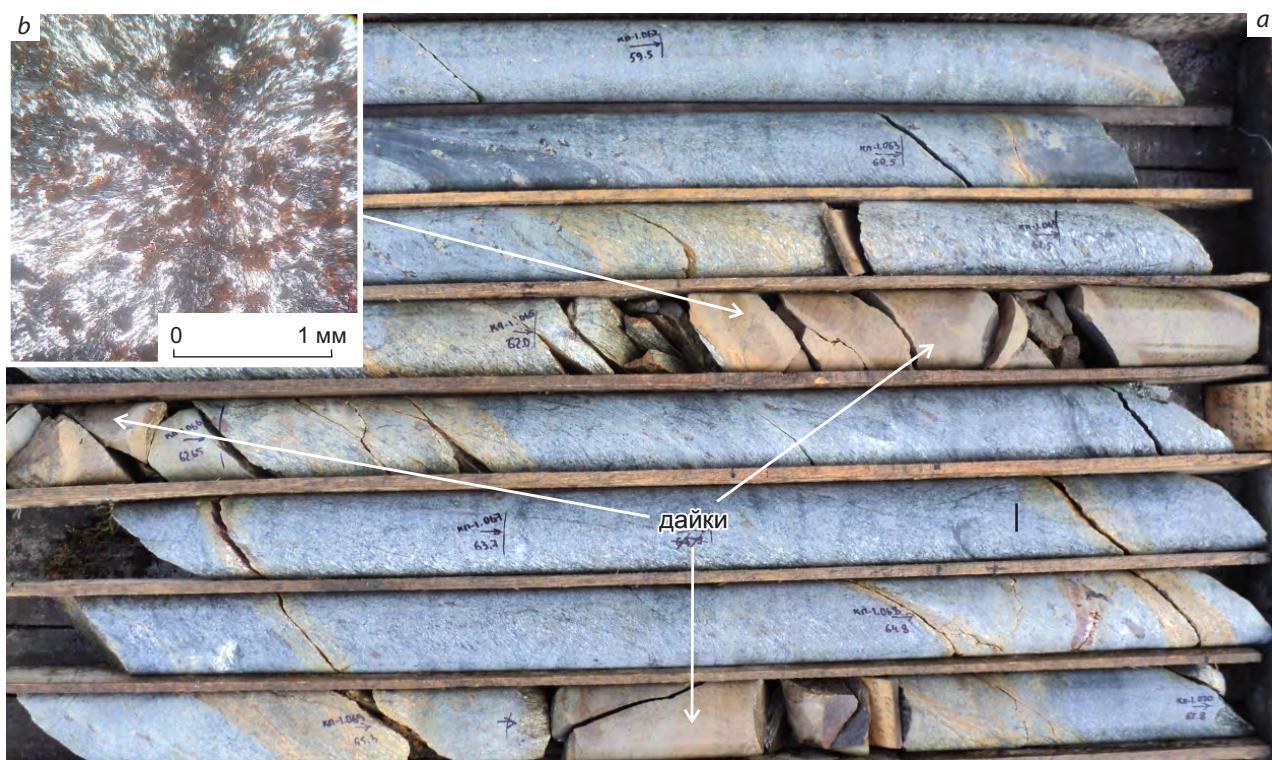


Рис. 9. Дайки авгитовых порфиров в бурошпатизированных, мусковитизированных алевросланцах с прослоями углеродистых сланцев (а), b – фото шлифа (светлое – микролиты плагиоклаза, тёмное – авгит, бурое – лимонитизированный анкерит). Скв. 1, 69 м. Диаметр керна 63 мм

Fig. 9. a – dikes of augite porphyrites in brown-sparitized and muscovitized schistose siltstones with interlayers of carbonaceous shales; b – thin section of the augite porphyrite (light-colored, plagioclase microliths; dark-colored, augite; and reddish brown, limonitized ankerite). Hole 1, depth 69 m. Drill core diameter, 63 mm

образований они деформируются с «кольцевым» искривлением осей [2, 5, 19, 20]. Аналогичная ситуация свойственна и территории Чаянгринского рудного узла – Куиктинский купол деформирует линейные складки северо-западного простирания, оси которых приобретают полукольцевую форму, огибая купол от его западной периферии до южной и восточной (см. рис. 2, 4).

В целом в связи с проявлением интенсивных разломных деформаций на территории Джалагунского рудного поля картируются лишь фрагменты линейных складок (см. рис. 4). На правобережье р. Джалагун размах крыльев и антиклиналей, и синклиналей, в которые

сняты отложения всех трёх подсвит джалагунской свиты, составляет 1–2 км. В междуречье Джалагун – Средний преобладают складки с размахом крыльев 0,4–0,8 км. Они сильно сжатые, в крыльях породы имеют крутое залегание, замки округлые. Повсеместно развит кливаж осевой поверхности, в структурно-вещественный парагенезис, кроме кливажа осевой поверхности, входят будинаж- и муллион-структуры, мелкие складки и т. д.

Разрывные нарушения. Чаянгринский рудный узел располагается в погружённой части Мамско-Бодайбинского синклиория, где поверхность раннепротерозойского фундамента располагается на глубине не менее 8 км.

Рис. 10. Дайки метадiorитов в скв. 2 (a–c) и скв. 3 (d–f):

a – метадiorит мелкозернистый, интенсивно хлоритизированный, мусковитизированный, эпидотизированный, кальцитизированный; *b* – деталь к рис. 10, *a*; *c* – фото шлифа, николи + (светлое – плагиоклаз, темное – хлорит, с яркими цветами интерференции – мусковит, розовый – кальцит). Скв. 2, 47 м; *d* – дайка метадiorитов бурошпатизированных и мусковитизированных в окварцованных анкерит-мусковит-кварцевых метасоматитах, *e* – деталь к рис. 10, *d* (характер контакта метадiorитов и вмещающих метасоматитов, бурая вкрапленность – лимонитизированный анкерит), *f* – фото шлифа, николи II (светлый минерал – плагиоклаз, синий – анкерит). Диаметр керна 63 мм

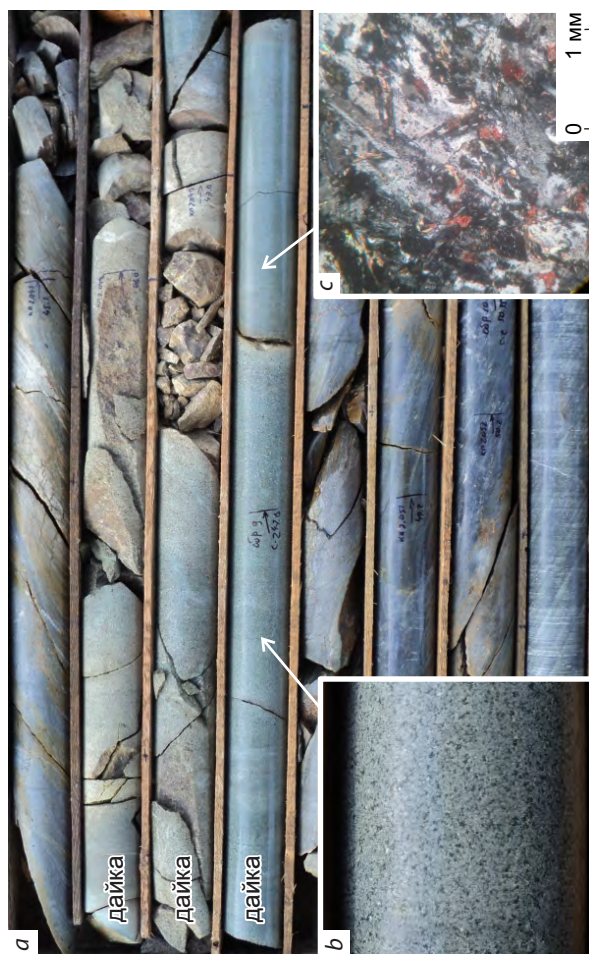
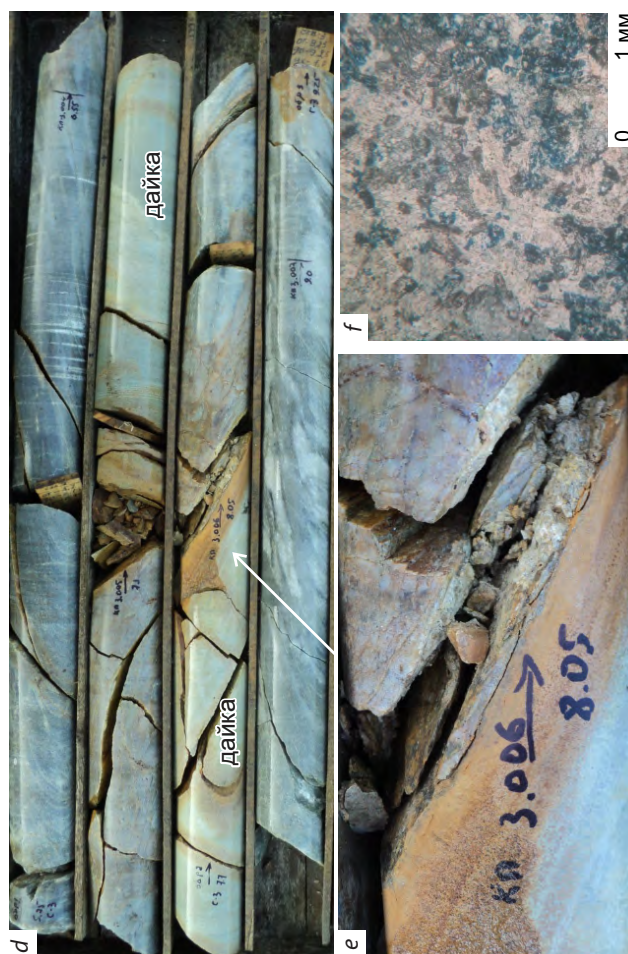


Fig. 10. Dikes of metadiorites in Hole 2 (a–c) and Hole 3 (d–f):
a – fine-grained metadiorite intensely chloritized, muscovitized, epidotized, and calcitized; *b* – close-up detail of 10, *a*; *c* – photo of thin section Hole 2, depth 47 m, nicols + (light-colored, plagioclase; dark-colored, chlorite; bright interference colors, muscovite; and pink, calcite); *d* – dike of metadiorites brownsparized and muscovitized in silicified ankerite-muscovite-quartz metasomatites; *e* – close-up detail of 10, *d* (character of the contact between the metadiorite and the hosting metasomatites; the reddish-brown dissemination is limonitized ankerite); *f* – photo of thin section, nicols II (light colored mineral, plagioclase; blue mineral, ankerite). Drill core diameter, 63 mm



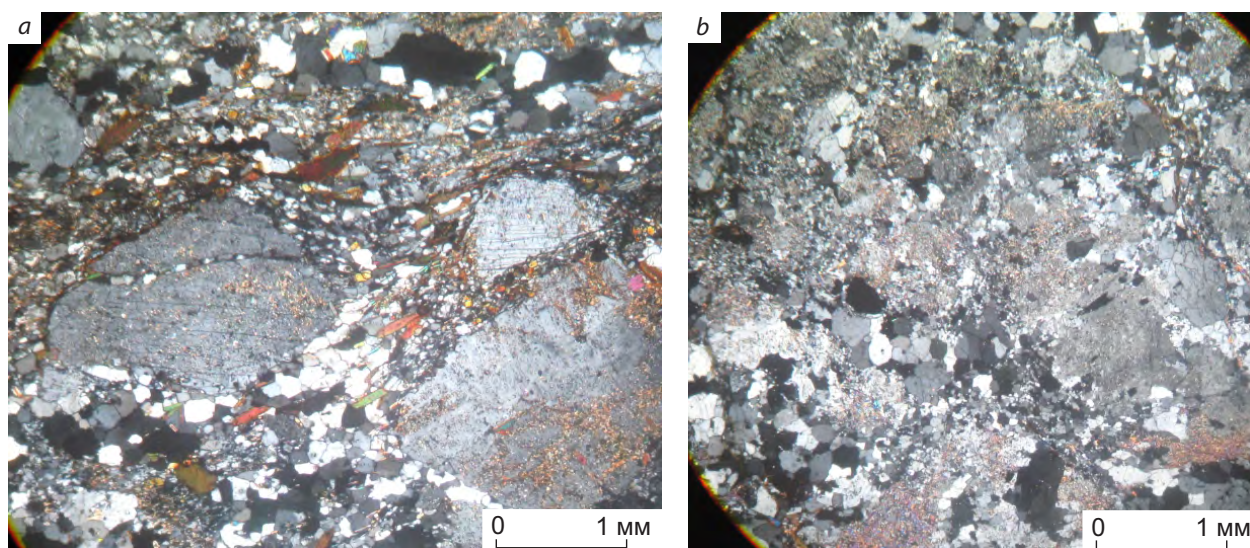


Рис. 11. Фото шлифов:

плагиигранит катаклазированный: *a* – обломки зёрен серецитизированного плагииоклаза, зонки дробления биотит-мусковит-полевошпат-кварцевого состава, канава 10002, 28 м, николи +; *b* – обломки зёрен интенсивно серицитизированного плагииоклаза, зонки дробления мусковит-полевошпат-кварцевого состава, канава 10010, 66 м, николи +

Fig. 11. Photo of thin sections:

cataclased plagiogranite: *a* – fragments of sericitized plagioclase grains, biotite-muscovite-feldspar-quartz crushing zones, ditch 10002, 28 m, nicol +; *b* – fragments of grains of intensely sericitized plagioclase, crushing zones of muscovite-feldspar-quartz composition, ditch 10010, 66 m, nicol +

В фундаменте в этом районе по комплексу признаков установлен один из крупнейших глубинных разломов региона – Право-Мамаканский [2, 5, 18]. Он выделяется в виде крупного уступа в поверхности Мохо [12], разграничивает северную часть Байкало-Патомской складчатой области (Патомская зона), существовавшей в рифейско-вендское время как континентальная окраина, и Байкало-Муйский пояс, развивавшийся в это время по островодужному типу [1, 2]. Он активизировался при линейном складкообразовании, в этап гранито-гнейсового куполообразования и регионального метаморфизма, и в орогенный этап, завершившийся внедрением гранитоидных интрузий конкудеро-мамаканского комплекса [4, 5]. Многократная активизация Право-Мамаканского глубинного разлома в фундаменте складчатой области привела к формированию многочисленных разрывных нарушений в складчатом чехле и интрузивных телах, ко-

торые и формируют зону его динамического влияния, выраженную на уровне денудационного среза сложнопостроенной зоны разломов. Чаянгринский рудный узел располагается в этой зоне на участке изгибаания Право-Мамаканского глубинного разлома (см. рис. 2, 4) [4, 5].

В пределах Джалагунского рудного поля картируются в основном разломы, сформированные при линейном складкообразовании и активизированные в этапы гранито-гнейсового куполообразования и внедрения гранитоидов конкудеро-мамаканского комплекса (см. рис. 4, 5). Собственно соскладчатыми являются только продольные вязкие разломы, формирующие в том числе широкие зоны расланцевания в различных частях складок (см. рис. 4, 5). Морфологически зоны представляют собой взбросы или надвиги, хотя отдельные нарушения могут характеризоваться и сбросовым перемещением (сбросы отставания). В них проявлена золотоносная сульфидно-бурошпа-

товая минерализация, входящая в структурно-вещественный парагенезис этих разрывов. В таких зонах на заключительных стадиях складкообразования (позднескладчатый этап) после затухания или прекращения процесса пластической деформации, но при той же ориентировке оси максимального сжатия продолжалось усложнение складчатых структур в основном за счёт дизъюнктивных дислокаций и формировались «концентрированные» разломы со значительными амплитудами перемещений по относительно маломощным сместителям [2] и проявлением гидротермально-метасоматических процессов (окварцевание, сульфидизация). В результате образовались рудоконтролирующие зоны складчато-разрывных деформаций (зоны рассланцевания) (см. рис. 4, 5) [4, 5].

Разрывные структуры, связанные с этапом гранито-гнейсового куполообразования, характеризуются кольцевой или изогнутой в плане формой и возникновением на периферии Куиктинской купольной структуры. Значительная их часть представляет собой искривлённые разломы, возникшие при линейном складкообразовании и активизировавшиеся при куполообразовании.

При внедрении гранитоидов конкудеро-мамаканского комплекса при активизации зон складчато-разрывных деформаций, являющихся наиболее проницаемыми структурами для сингранитных флюидов, происходила переработка гидротермально-метасоматическими процессами синскладчатой золотоносной сульфидно-бурошпатовой минерализации с её перераспределением и локализацией в благоприятных структурно-литологических обстановках вплоть до формирования золоторудных объектов [3–5]. В пределах рудного поля прослежена такая зона складчато-разрывных деформаций (рассланцевания), контролирующая одноимённое рудопроявление (см. рис. 4, 5).

Купольные структуры. Гранито-гнейсовые и гранитные купольные структуры известны в ряде районов БППр [2, 5, 19, 20]. На территории Чаянгринского рудного узла, как уже отмечалось, расположена Куиктинская гранито-гнейсовая купольная структура, развитие

которой завершилось внедрением гранитоидов конкудеро-мамаканского комплекса в её центральную часть. Купольная структура деформирует линейные складки и продольные им разломы (см. рис. 2).

Минерализованная зона. В процессе проведения поисковых работ в пределах Джалагунского рудного поля в центральной части зоны складчато-разрывных деформаций локализована золотоносная минерализованная зона, характеризующаяся проявлением интенсивных гидротермально-метасоматических процессов (кварцевой жильно-прожилковой минерализации, бурошпатизации, мусковитизации, сульфидизации) и трассируемая шлиховыми ореолами золота в делювии и аномалиями золота по результатам литохимического опробования по первичным ореолам и вторичным ореолам рассеяния. Она представляет собой зону рассланцевания, сформированную при линейном складкообразовании и активизировавшуюся в купольный этап и при становлении гранитоидных интрузий. Поэтому её структурный парагенезис в результате длительной эволюции с преобладанием пластических деформаций включает сланцеватость нескольких генераций, разнопорядковые складки разных механизмов формирования («кливажные», поперечного изгиба, «волочения» и др.), «концентрированные» малоамплитудные разрывы, кинк-зоны, муллион-структуры и тектоническое разлинзование, жильные образования различных морфологии и состава. Зона, по-видимому, имеет значительную суммарную амплитуду деформаций пород за счёт как перемещений с относительно небольшими амплитудами по конкретным многочисленным сместителям (поверхностям сланцеватости, зонкам рассланцевания, малоамплитудным разрывам), так и проявлений мелкоскладчатой деформации и тектонического разлинзования, кинк-зон (рис. 12–15). Из-за интенсивного развития сланцеватости зона во все этапы развития территории представляла собой наиболее проницаемую для флюидных систем структуру, что и обусловило концентрирование в её пределах гидротермально-метасоматических преобразований, в том числе золотоносных.



Рис. 12. Полная переработка слоистости тонкопереслаивающихся углеродистых сланцев (тёмные слойки) и алевросланцев и алевропесчаников (светлые слойки) в зоне расщепления (обозначена жёлтой стрелкой). Скв. 4, 176 м. Диаметр керна 63 мм

Fig. 12. Complete rework of the layering of finely interlayered carbonaceous shales (dark-colored microlayers) and schistose siltstones and silty sandstones (light-colored microlayers) in a shear microzone (marked by the yellow arrow). Hole 4, depth 176 m. Drill core diameter, 63 mm

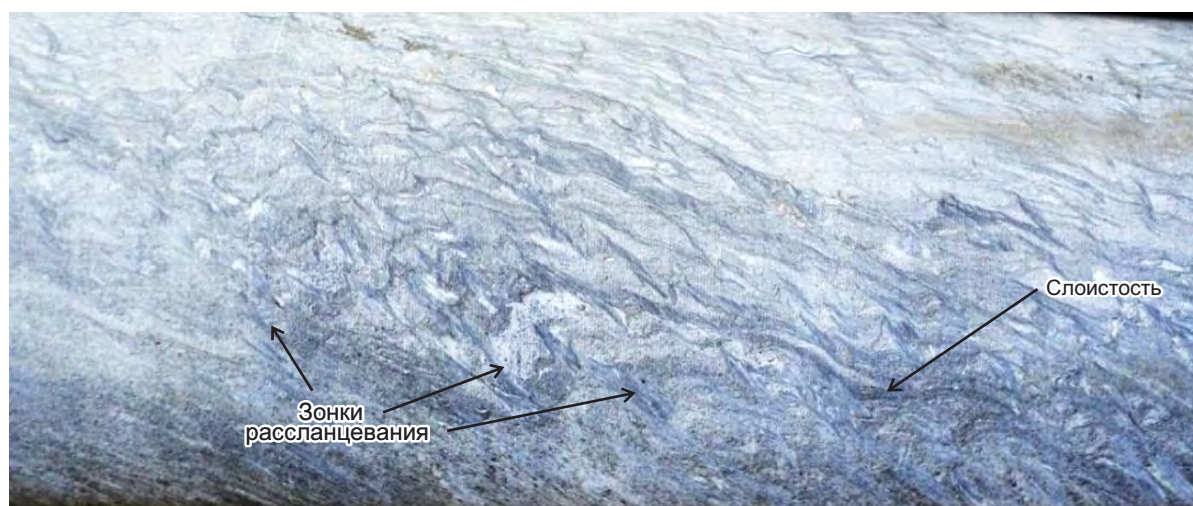


Рис. 13. Микроскладчатая деформация в тонкопереслаивающихся углеродистых сланцах (тёмные слойки), алевросланцах и алевропесчаниках (светлые слойки) в зоне расщепления. Диаметр керна 63 мм

Fig. 13. Microfolding deformation in finely interlayered carbonaceous shales (dark-colored microlayers), schistose siltstones and silty sandstones (light-colored microlayers) in a shear zone. Drill core diameter, 63 mm

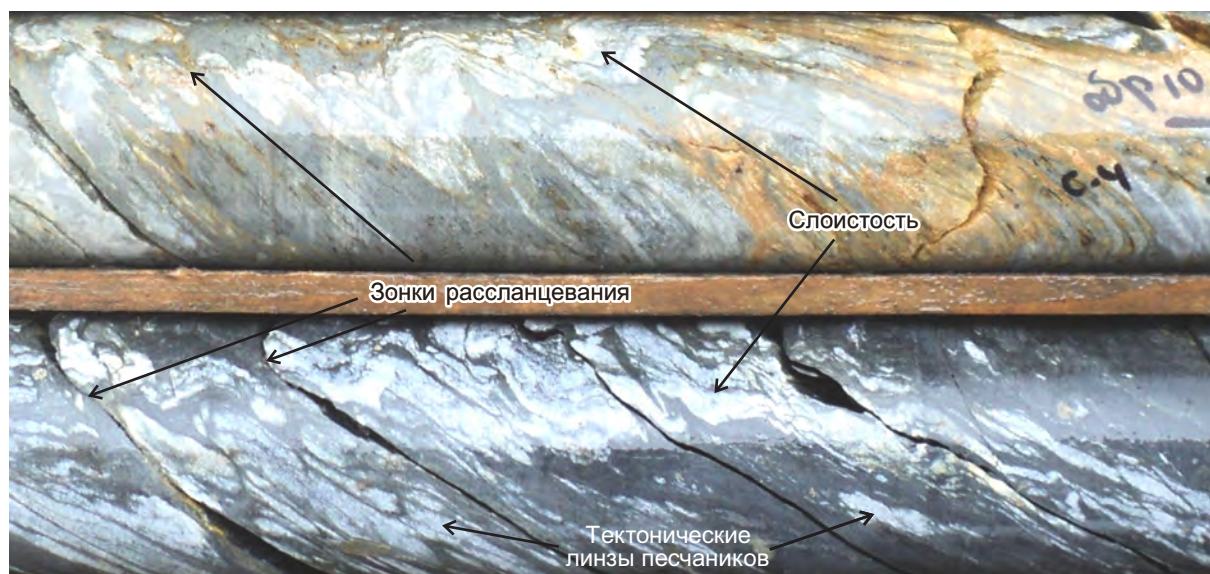


Рис. 14. Микроскладчатая деформация и тектоническое разлинзование тонкопереслаивающихся углеродистых сланцев (тёмные слойки) и алевропесчаников (светлые слойки) в зоне рассланцевания. Сква. 4, 36 м. Диаметр керна 63 мм

Fig. 14. Microfolding deformation and tectonic foliation of finely interlayered carbonaceous shales (dark-colored microlayers) and silty sandstones (light-colored microlayers) in a shear zone. Hole 4, depth 36 m. Drill core diameter, 63 mm



Рис. 15. Микроскладчатая (типа кинк-зон) деформация тонкопереслаивающихся углеродистых сланцев (тёмные слойки) и алевросланцев и алевропесчаников (светлые слойки) – начальный этап формирования зон рассланцевания. Сква. 4, 175 м. Диаметр керна 63 мм

Fig. 15. Microfolding (kinkband-type microzones) deformation of finely interlayered carbonaceous shales (dark-colored microlayers) and schistose siltstones and silty sandstones (light-colored microlayers), an initial phase of formation of shear microzones. Hole 4, depth 175 m. Drill core diameter, 63 mm



Материалы, полученные в процессе изучения Джалагунского рудопоявления, в целом подтвердили ранее сделанные выводы [3–5] о связи тех или иных гидротермально-метасоматических процессов с основными этапами геологического развития территории. Так, с этапом линейной складчатости связаны сульфидизация, бурошпатизация (образование железо-магнезиально-кальциевых карбонатов переменного состава) и окварцевание. В регионально-метаморфический этап в активизировавшихся зонах рассланцевания происходило преобразование ранее сформированных минералов, началось формирование жильно-прожилковых зон. В позднемагматический рудный этап гидротермально-метасоматические процессы выразились в жильно-прожилковом окварцевании, бурошпатизации, сульфидизации, мусковитизации, альбитизации и т. д.

Бурошпатизация в виде вкрапленности, гнезд, линз и прожилков сидерита, анкерита, манганосидерита, реже доломита проявляется в разные этапы коллизионного процесса и, как и в других частях БППр [4, 5], в Джалагунском рудном поле она играла значительную роль в золоторудном процессе. Хотя в регионе первое образование железомagneзиальных карбонатов связано с седиментацией [2, 5], в пределах рассматриваемой территории в связи с проявлением интенсивных постседиментационных деформационных, метаморфических и гидротермально-метасоматических процессов первично-осадочная минерализация полностью преобразована и достоверно не выявляется.

Наиболее интенсивная бурошпатизация проявилась на заключительных стадиях линейного складкообразования в субсогласных простирацию пород зонах рассланцевания с образованием порфиробластов часто ромбoidalной формы, формировавшихся позднее кливажа осевой поверхности, с размерами (по длинной оси) от первых миллиметров до 1–2 см (рис. 16–18). Как установлено в Бодайбинском рудном районе [4, 5], в подобных зонах бурый шпат отличается повышенным содержанием тонкодисперсного золота, которое при выщелачивании образует солевые ореолы (в ассоциации с мышьяком и другими элементами),

выявляемые литохимическим опробованием по ВОР. Процесс бурошпатизации протекает, согласно исследованиям Ф. А. Летникова [10], в С-флюидных системах, имеющих астеносферный источник. Флюиды этих систем мигрируют в земную кору по глубинным разломам и контролируют образование в том числе и месторождений золота. В процессе же перемещения флюидов в разломных зонах могло происходить их дополнительное обогащение золотом за счёт его выноса из металлоносных высокоуглеродистых пород. Следует отметить, что характер протекания метасоматических процессов в С-флюидных зонах рассланцевания, наблюдаемых в конкретных случаях, в значительной степени определялся *P-T*-условиями. Так как бурошпатизация протекала одновременно с серитизацией и хлоритизацией (и пиритизацией), то очевидно развитие этого процесса в условиях «зоны хлорита». Процесс формирования золотоносных зон бурошпатизации являлся важнейшим рудноподготовительным, и в их пределах месторождения рудного золота образовывались при переработке золотоносных пород в более поздние этапы.

При региональном метаморфизме уже в зоне биотита происходит преобразование бурого шпата – по нему формируются псевдоморфозы хлоритового, пирротин-хлоритового и других составов, которые при активизации рассланцевания «округляются» (рис. 19, а), как и в других местах БППр.

В рудный сингранитный этап в пределах минерализованной зоны и рудных зон совместно с окварцеванием и мусковитизацией формируются бурошпатовые и кварц-бурошпатовые прожилки (см. рис. 16, б, рис. 19, б) за счёт дополнительной бурошпатизации.

Сульфидизация. Сульфидная минерализация, наблюдаемая в пределах Джалагунского рудного поля, формировалась в коллизионный этап, хотя за пределами поля в южной части Чаянгринского рудного узла известны первично-осадочная колчеданная и вкрапленная пирротин-пирит-галенит-сфалеритовая минерализация на рудопоявлении Среднее.

Практически повсеместно в пределах минерализованной зоны отмечаются пирротин

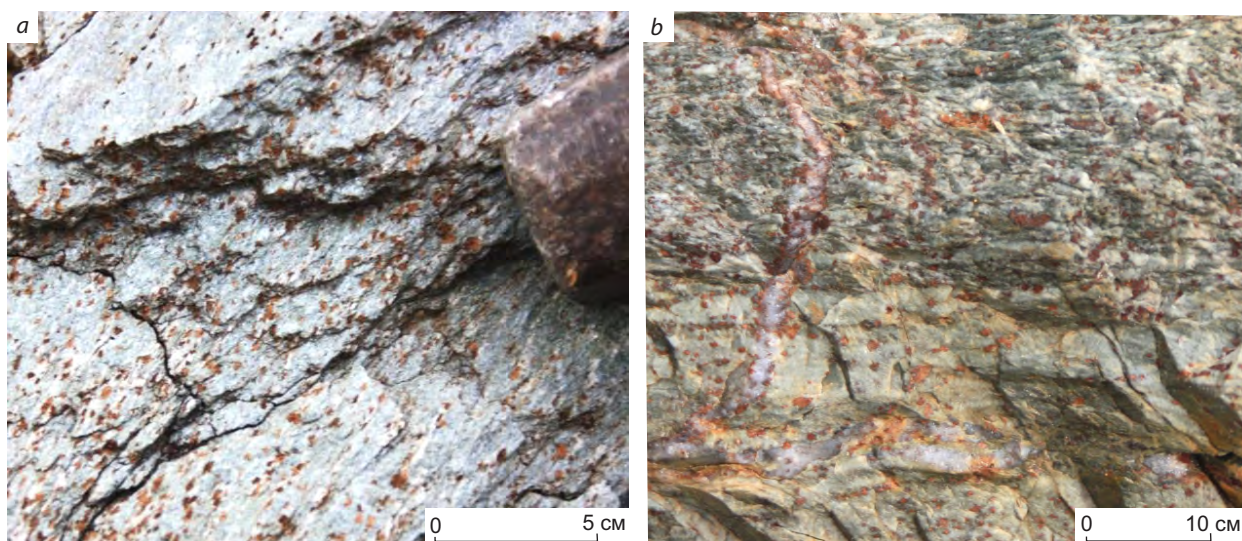


Рис. 16. Характер синскладчатой порфиробластической бурошпатизации (лимонитизирован – бурые порфиробласты) в рассланцованных метатугоалевропесчаниках (а) и переслаивающихся метатугоалевролитах и метатугоалевропесчаниках, которые рассеяны синрудным бурошпат-кварцевым прожилком (b). Канава-10760

Fig. 16. Character of syn-folded porphyroblastic brownspatization (limonitized, brown porphyroblasts): (a) in schistose tuffaceous silty metasandstones, and in (b) interlayered tuffaceous metasiltstones and silty metasandstones, transected by a syn-mineralization brown spar-quartz veinlet. Trench 10760

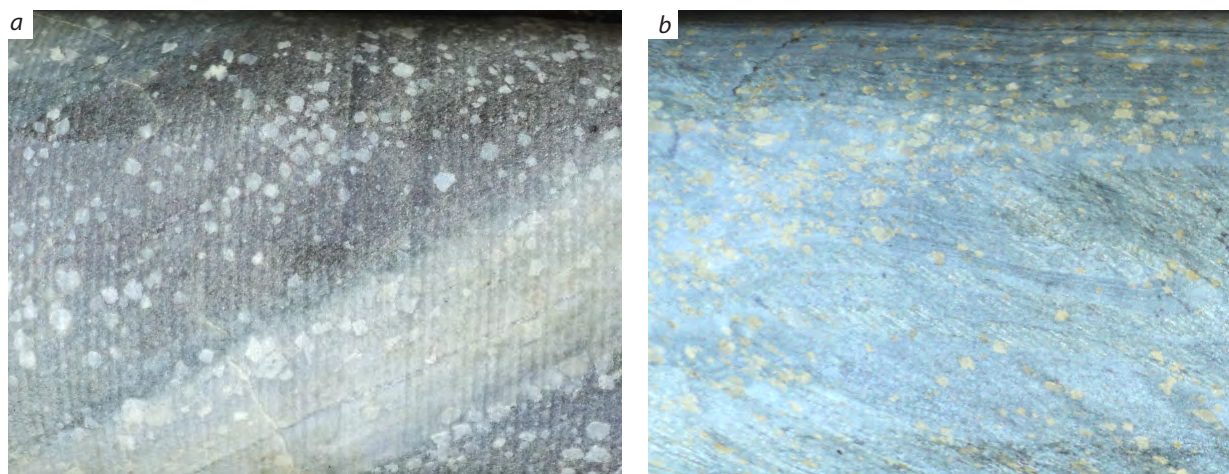


Рис. 17. Характер порфиробластической бурошпатизации (а – светлые, b – желтоватые порфиробласты) в переслаивающихся алевропесчаниках (светлые) и углеродистых сланцах (тёмные). Скв 1. Диаметр керна 63 мм

Fig. 17. Character of porphyroblastic brownspatization (a – light-colored, b – yellowish porphyroblasts) in interlayered silty sandstones (light-colored) and carbonaceous shales (dark-colored). Hole 1. Drill core diameter, 63 mm

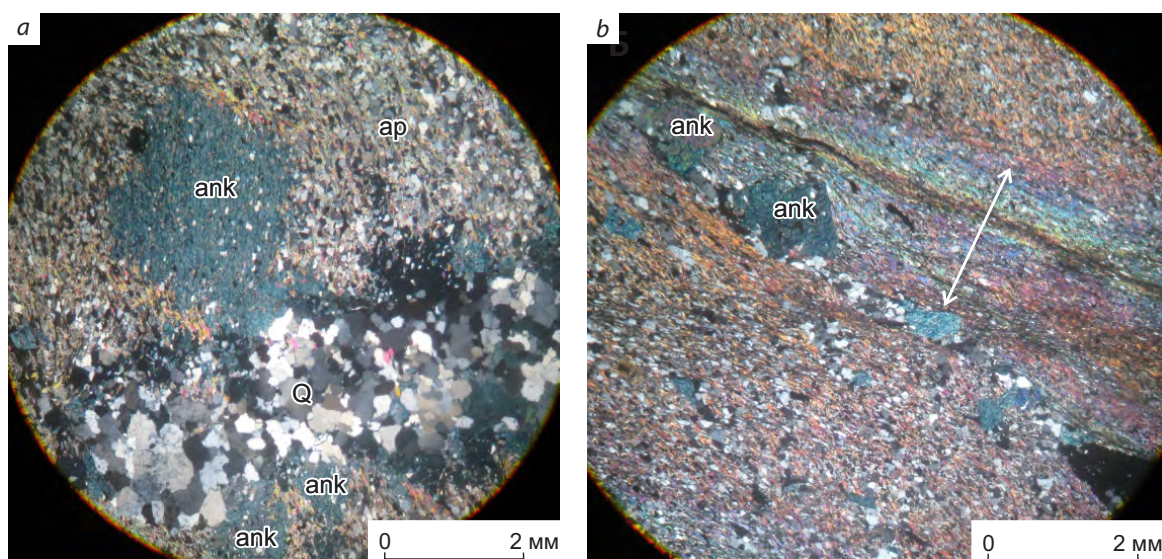


Рис. 18. а – образование порфиробласт анкерита (ank) в мусковит-кварцевых алевропесчаниках (ар). Видно пересечение порфиробласт анкерита кварцевым прожилком (Q). Шлиф, николи +. Скв. 2, 146 м; б – зона расланцевания (стрелка) кварц-мусковитового состава в мусковит-кварцевом метаалевролите. Синее – порфиробласты анкерита. Шлиф, николи +. Скв.2, 24 м

Fig. 18. *a* – porphyroblasts of ankerite (ank) in muscovite-quartz silty sandstones (ap). The ankerite porphyroblasts are transected by a quartz veinlet (Q). Thin section, nicoles +. Hole 2, depth 146 m; *b* – shear microzone (arrow) of quartz-muscovite composition in muscovite-quartz metasiltstone. Ankerite porphyroblasts stand out due to the blue color. Thin section, nicoles +. Hole 2, depth 24 m

и пирит. Пирротин обычно образует порфиробласты различных размеров и формируется при расланцевании пород в плоскости расланцевки (рис. 20). В Бодайбинском рудном районе такой пирротин, представленный моноклинной магнитной модификацией, формируется в зонах расланцевания в поздне-складчатый этап в *P-T*-условиях высокотемпературной части «зоны хлорита», которые трассируются отрицательными аномалиями магнитного поля, в пределах которых золотое оруденение не установлено [4, 5]. В Джалагунском рудном поле пирротинизация пород устанавливается как визуально, так и по материалам магниторазведочных работ – пирротинсодержащие горизонты углеродистых сланцев в ряде случаев трассируются отрицательными аномалиями. Эти аномалии связаны с моноклинной модификацией пирротина и по материалам шлихового и литохимического оп-

робования в их пределах повышенных содержаний золота не обнаружено.

В пределах минерализованной зоны установлен более поздний пирротин, образующий линейные агрегаты кристаллов (просечки) в плоскости новообразованной сланцеватости, секущей синскладчатые сланцеватость и кинк-зоны (рис. 21), предположительно связываемый с активизацией зоны расланцевания в синметаморфический этап.

Пирит распространён почти повсеместно и имеет нескольких генераций. Вкрапленный пирит образуется при активизации расланцевания одновременно с деформацией порфиробластов пирротина (см. рис. 20, *b*, рис. 21). В рудный этап в кварц-мусковитовых, мусковит-кварцевых, пирит-анкерит-мусковит-кварцевых, пирит-мусковит-кварц-анкеритовых, пирит-кварц-анкерит-мусковитовых метасоматитах формируется тонковкрапленный

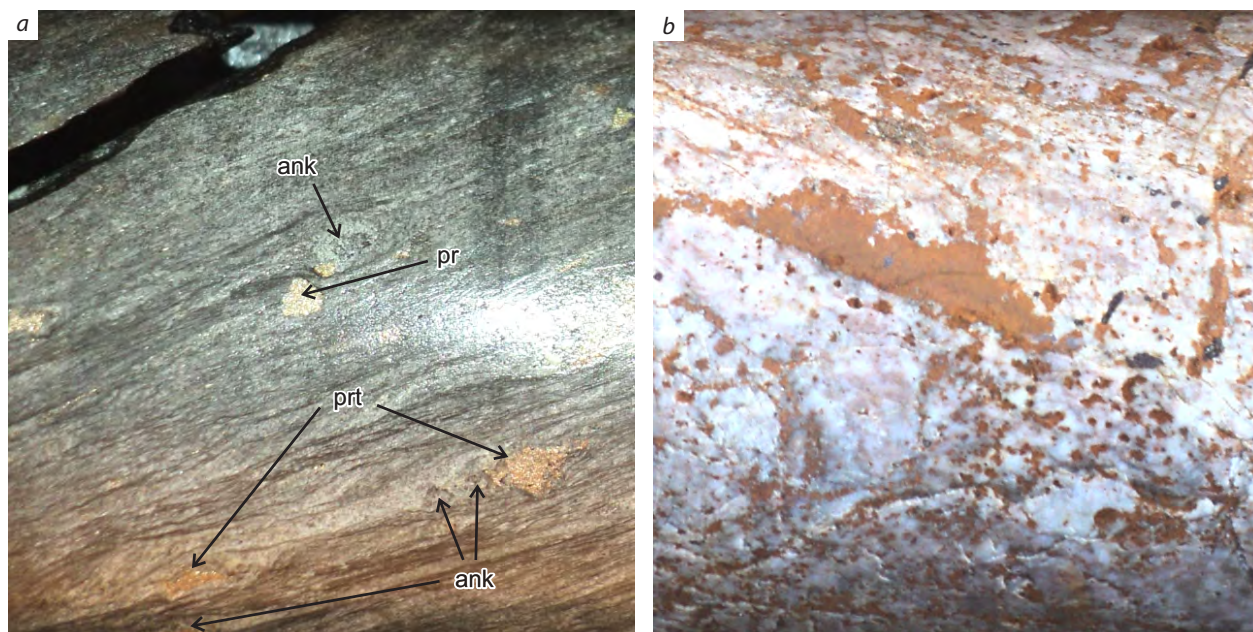


Рис. 19. *a* – деформация метаморфизованных порфиробласт анкерита (ank – видны реликты округлых зональных псевдоморфоз, сформированных в регионально-метаморфический этап) при синрудном рассланцевании. Видно синхронное выделение пирротина (prt), в том числе в «теньях давления» деформируемых порфиробласт анкерита, и более позднее – пирита (pr). Сква. 19, 158 м. Диаметр керна 63 мм; *b* – «суммированная» бурошпатизация (бурый шпат лимонитизирован – бурый цвет) рудно-подготовительно-го и рудного этапов (первая – вкрапленная, вторая в виде бурошпат-кварцевых и бурошпатовых прожилков и выделений сложной формы) в мусковит-кварцевых метасоматитах. Сква. 13, 37 м. Диаметр керна 63 мм

Fig. 19. *a* – deformation of metamorphic ankerite porphyroblasts (ank) (visible are the relics of rounded zoned pseudomorphs of ankerite, formed at the phase of regional metamorphism) due to the syn-mineralization schistosity. Note synchronous segregation of pyrrhotite (prt) (within "pressure shadows" of the deformed ankerite porphyroblasts, in particular) and a later segregation of pyrite (pr); Hole 19, depth 158 m; drill core diameter, 63 mm; *b* – "summed" brownsparization (brown spar is limonitized, which provides it brown color) of the ore-preparation and ore-deposition phases (the first is disseminated, the latter is represented by brown spar-quartz and brown spar proper stringers and by segregations of irregular shapes) in muscovite-quartz metasomatites; Hole 13, depth 37 m; drill core diameter, 63 mm

пирит, обычно со сложной морфологией кристаллов и их агрегатов (рис. 22–26). Поздний «кубический» и прожилковый пирит выделяются в последние этапы преобразования пород синхронно рудообразованию (рис. 27).

Мусковитизация – один из основных процессов рудного этапа, который свидетельствует о преобладании низкотемпературных условий и, соответственно, о проявлении её в условиях диафтореза. В результате при синрудном рассланцевании формируются различные

мусковитсодержащие метасоматиты – кварц-мусковитовые и мусковит-кварцевые, мусковит-анкерит-кварцевые и т. д. На поздней стадии рудного этапа формируется порфиробластический мусковит или зонки мусковитизации при активизации рассланцевания (см. рис. 22)

Кварцевая жильная и прожилковая минерализация проявлены в пределах минерализованной зоны, а наиболее интенсивно – в рудных зонах, где отмечаются как согласные слан-

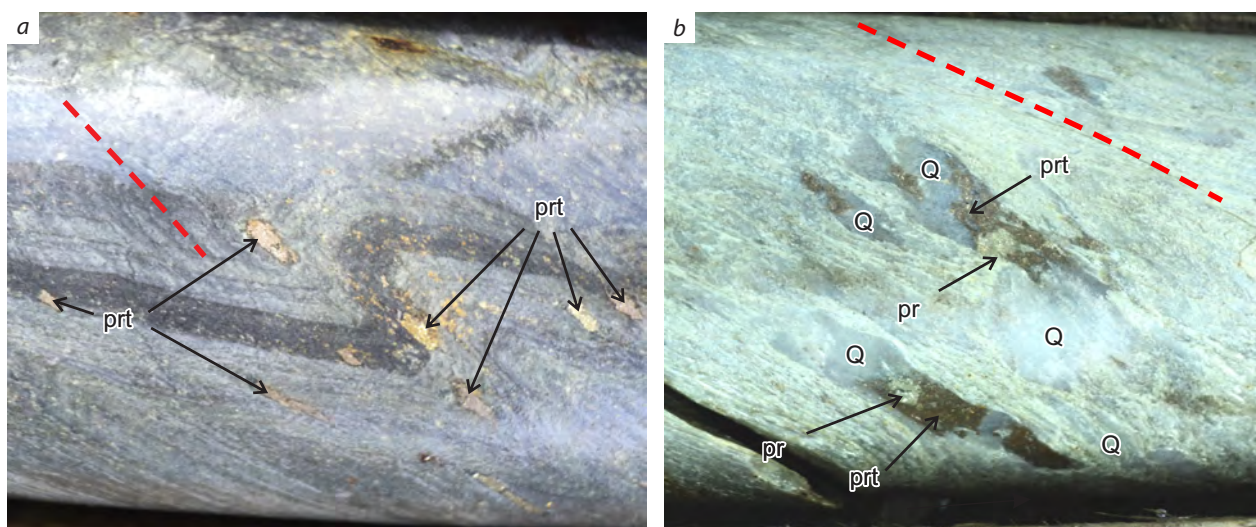


Рис. 20. *a* – субпараллельная ориентировка порфиробластов пирротина (prt), формирующихся при рассланцевании (красный пунктир – ориентировка сланцеватости) в переслаивающихся мусковитизированных и бурошпатизированных углеродистых сланцах (чёрные) – металевропесчаниках (светлые). Сква. 2, 50 м; *b* – формирование в кварц-мусковитовых сланцах кварцевых «теней давления» вокруг зёрен пирротина при активизации рассланцевания с одновременным образованием зёрен пирита. Нижнее удлинённое зерно пирротина при этом будинировано (хрупкий будинаж) с заполнением кварцем межбудинного пространства. Сква. 1, 32 м. Диаметр керна 63 мм

Fig. 20. *a* – subparallel orientation of pyrrhotite porphyroblasts (prt) produced in the course of the schist-forming process (dash line is the schistosity orientation) in interlayered muscovitized and brownspatized carbonaceous shales (black) and silty metasandstones (light-colored); Hole 2, depth 50 m; *b* – formation of "pressure shadows" infilled by quartz around grains of pyrrhotite in quartz-muscovite schists due to a schistosity-forming process reactivation (dash line is schistosity orientation) with synchronous formation of pyrite grains. The elongated pyrrhotite grain in the bottom of the photo is boudinized (fragile boudinage) with quartz filling the inter-boudine space. Hole 1, depth 32 m. Drill core diameter, 63 mm

цеватости, так и секущие, в том числе смятые в складки и разлинзованные кварцевые, анкерит-кварцевые, альбит-кварцевые, альбит-анкерит-кварцевые жилы и прожилки, часто с пиритовой минерализацией (см. рис. 23–27).

Строение и параметры минерализованной зоны. По геологическим признакам (окварцевание, бурошпатизация, мусковитизация, сульфидизация, хлоритизация) зона прослежена в пределах всего рудного поля почти на 9 км при ширине от 1300 м в юго-восточной части до 500 м в северо-западной (см. рис. 4). Она выделяется по данным шлихового (знаковые содержания золота) и литохимического по ПО и ВОР (содержания золота 0,005–0,1 г/т) опробования. В наиболее изученной горными

выработками части длиной 2 км содержания золота по литохимическому опробованию составляют 0,01–0,1 г/т.

По результатам изучения минерализованной зоны бульдозерными траншеями до коренных пород и скважинами колонкового бурения в её пределах выделены три рудных зоны при бортовых содержаниях 1,0 г/т, минимальной мощности рудного тела 3,0 м и максимальной мощности безрудного интервала 3,0 м. Между траншейными и скважинными пересечениями все три зоны уверенно трассируются как по геологическим признакам (высокая интенсивность гидротермально-метасоматических преобразований), так и по материалам литохимического и шлихового опробования.



Рис. 21. «Срезание» синскладчатой гофрировки и сланцеватости (жёлтый пунктир) сланцеватостью (красный пунктир) и зонками рассланцевания с пирротитовой минерализацией (prt). Более позднее образование «кубического» пирита (pr) относительно пирротитана. Скв. 1. Диаметр керна 63 мм

Fig. 21. "Transection" of syn-folding corrugation and schistosity (yellow dash line) by the schistosity (red dash line) and shear microzones with pyrrhotite mineralization (prt). Note later formation of "cubic" pyrite (pr) relative the pyrrhotite; Hole 1. Drill core diameter, 63 mm

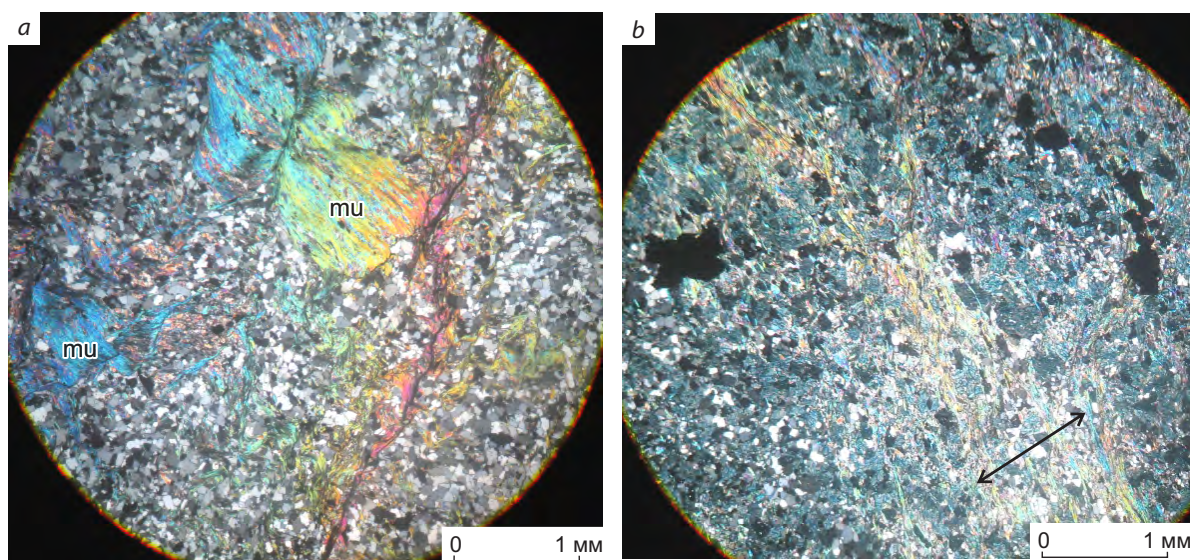


Рис. 22. Формирование порфиробластического мусковита (mu) в мусковит-кварцевых металавропесчаниках (a) и зонках мусковитизации (стрелка) в кварц-мусковит-анкеритовом метасоматите (анкерит – зёрна синего цвета) в стадию диафтореза в рудный этап (b). Шлифы, николи +. Канава 10013

Fig. 22. Muscovite segregations formed at the stage of diaphthoresis in the ore-formation phase: a – porphyroblastic muscovite (mu) in muscovite-quartz silty metasandstone; b – microzones of muscovitization (arrow) in quartz-muscovite-ankerite metasomatite (the blue grains are ankerite). Thin sections, nicols +; Trench 10013



Рис. 23. Строение центральной части рудной зоны № 1. Красными кружками показаны участки с видимым золотом. Светлое – кварцевые, анкерит-кварцевые и альбит-кварцевые жилы. Вмещающие породы – пирит-анкерит-мусковит-кварцевые, пирит-мусковит-кварц-анкеритовые, пирит-кварц-анкерит-мусковитовые метасоматиты. Скв. 1, 128,0–143,7 м. Диаметр керна 63 мм

Fig. 23. The central section of Ore Zone No. 1. The red circles mark spots with visible gold. Light-colored bands are quartz, ankerite-quartz, and albite-quartz veins. The host rocks are pyrite-ankerite-muscovite-quartz, pyrite-muscovite-quartz-ankerite, and pyrite-quartz-ankerite-muscovite metasomatites. Hole 1, depth 128.0–143.7 m; drill core diameter, 63 mm

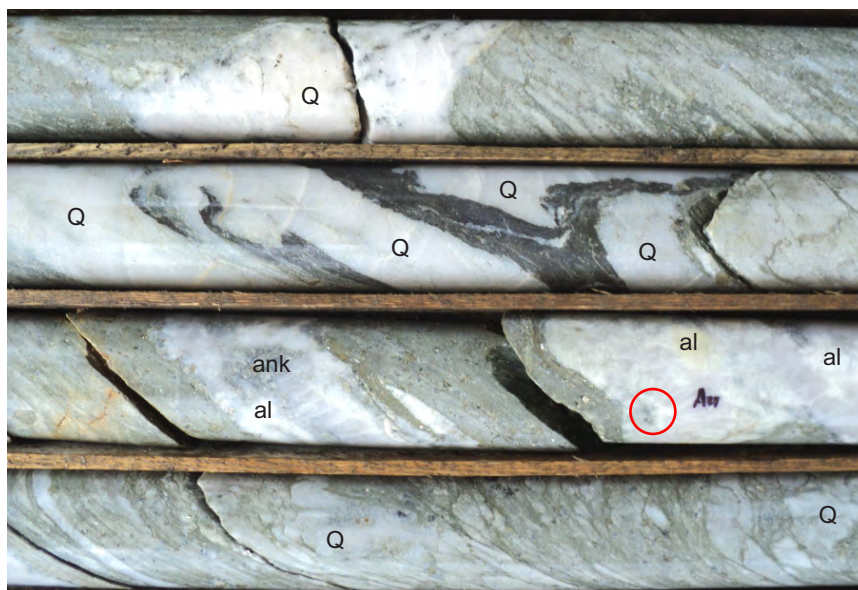


Рис. 24. Деталь к рис. 23 – деформированные и бужинированные анкерит(ank)-альбит(al)-кварцевые(Q) жилы и прожилки в пирит-кварц-анкерит-мусковитовых метасоматитах (серо-зелёные). В красном круге – видимое золото. Скви. 1, 132,5 м. Диаметр керна 63 мм

Fig. 24. Close-up detail of Fig. 23: deformed and boudinized ankerite(ank)-albite(al)-quartz(Q) veins and veinlets in pyrite-quartz-ankerite-muscovite metasomatites (grayish-green). Visible gold in the red circle. Hole 1, depth 132.5 m; drill core diameter, 63 mm

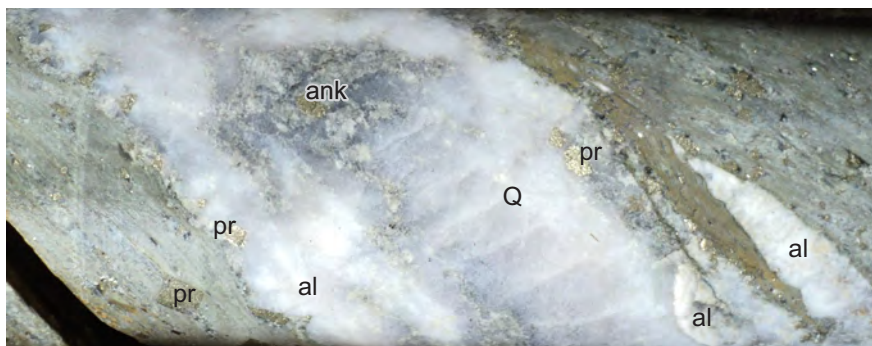


Рис. 25. Деталь к рис. 24 – строение золоторудной пирит(pr)-альбит(al)-анкерит(ank)-кварцевой(Q) жилы. Вмещающие породы – кварц-анкерит-мусковитовые метасоматиты с обильной тонковкрапленной пиритовой минерализацией. Более крупные кристаллы пирита в метасоматитах синхронны по времени образования пирит-альбит-анкерит-кварцевым жилам. Скви. 1, 132,5 м. Диаметр керна 63 мм

Fig. 25. Close-up detail of Fig. 24: structure of a gold-bearing pyrite(pr)-albite(al)-ankerite(ank)-quartz(Q) vein. The host rocks are quartz-ankerite-muscovite metasomatites with abundant fine-disseminated pyrite mineralization. Coarser pyrite crystals in the metasomatites are synchronous with formation of the pyrite-albite-ankerite-quartz veins. Hole 1, 132.5 m; drill core diameter, 63 mm

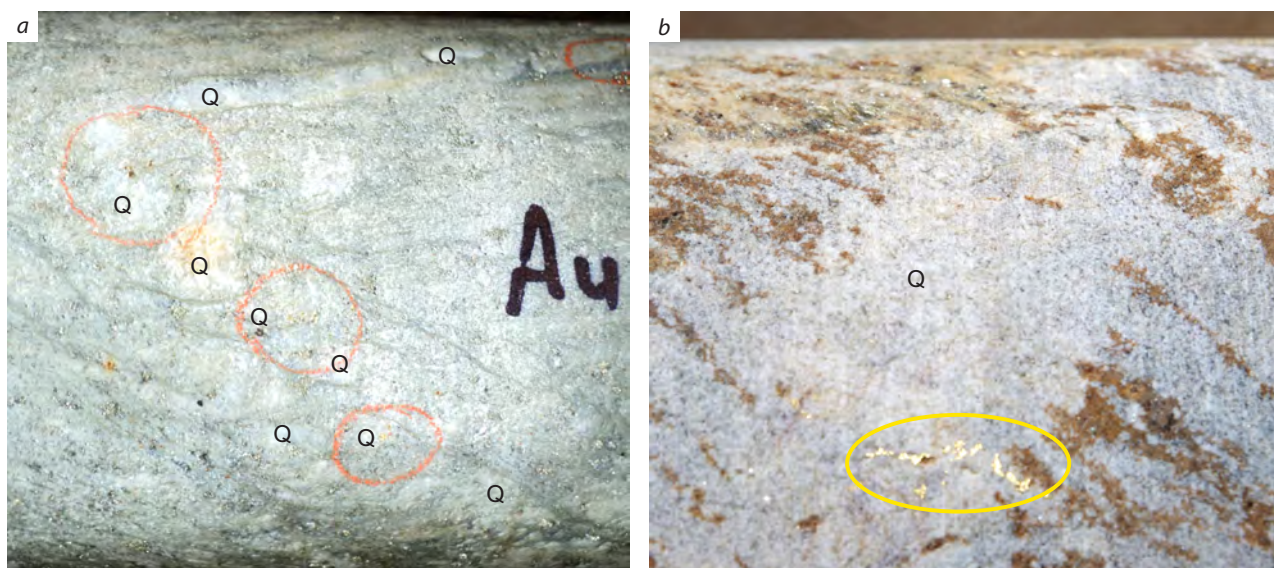


Рис. 26. Видимое золото:

a – в рассланцованном будинированном прожилке анкерит-альбит-кварцевого(Q) состава в пирит-кварц-анкерит-мусковитовых метасоматитах (зеленоватые) – в красных кругах, диаметр керна 63 мм; *b* – в анкерит-альбит-кварцевой(Q) жиле в пирит-кварц-анкерит-мусковитовых метасоматитах (анкерит лимонитизирован) – в жёлтом круге

Fig. 26. Visible gold:

a – in a schistosed boudinized ankerite-albite-quartz(Q) veinlet in pyrite-quartz-ankerite-muscovite metasomatites (greenish) – in the red circles; drill core diameter, 63 mm; *b* – in an ankerite-albite-quartz(Q) vein in pyrite-quartz-ankerite-muscovite metasomatites (ankerite is limonitized) in the yellow circle

Рудная зона № 1 прослежена канавами и скважинами на 650 м по простирацию (см. рис. 5) и в целом представляет собой зону жильно-прожилкового окварцевания. Рудные интервалы (см. рис. 5) выделяются по опробованию, хотя, как видно на рис. 23, они отчётливо выделяются и по геологическим признакам – характеризуются относительно повышенной деформированностью пород, интенсивной бурошпатизацией, пиритизацией и значительным объёмом (10–20 %) жильно-прожилкового материала. Вмещающие породы представлены переслаивающимися хлорит-мусковит-кварцевыми и мусковит-кварцевыми металеволиитами, деформированными в мелкие складки или рассланцованными до полной переработки слоистой текстуры, и преобразованием в кварц-анкерит-мусковитовые метасоматиты (см. рис. 24, 25). В северо-западном и юго-восточном

направлениях рудная зона по данным литохимического и шлихового опробования делювия прослеживается ещё на несколько сотен метров.

Рудная зона представляет собой сульфидно-кварцевый жильно-прожилковый тип золотого оруденения, типичный для Бодайбинского рудного района. Внутреннее строение зоны сложное, выделяются две основные группы жил. Первая представлена деформированными разлинзованными с фрагментами замков складок жилами пирит-кварцевого состава, кварц мелкозернистый гранулированный. Смятие в складки и разлинзование жил обусловлено деформациями по сланцеватости вмещающих пирит-анкерит-мусковит-кварцевых, пирит-мусковит-кварц-анкеритовых, пирит-кварц-анкерит-мусковитовых метасоматитов при её активизации (см. рис. 23–25). Вторая группа – жилы сложной морфологии пирит-



Рис. 27. Строение центральной части рудной зоны № 2. Гидротермально-метасоматические (Q_1) жилы и прожилки, субсогласные сланцеватости метасоматитов, и секущие их пирит-альбит-анкерит-кварцевые (Q_2) жилы в кварц-анкерит-мусковитовых метасоматитах. Скв. 3, 35,0–54,5 м. Диаметр керна 63 мм

Fig. 27. The central section of Ore Zone No. 2. Hydrothermal metasomatic (Q_1) veins and veinlets, roughly concordant with the schistosity of the metasomatites, and their crosscutting pyrite-albite-ankerite-quartz (Q_2) veins in quartz-ankerite-muscovite metasomatites. Hole 3, depth 35.0–54.5 m. Drill core diameter, 63 mm



альбит-анкерит-кварцевого состава, секущие сланцеватость метасоматитов и жилы первой группы. Именно в таких жилах отмечается видимое золото (см. рис. 23–25). Оно образует агрегаты мелких зёрен (см. рис. 26).

На основании результатов лабораторных технологических исследований пробы из рудной зоны № 1 установлено, что золото является в основном свободным, амальгамацией извлекается 81,3–82,5 %. В форме, доступной сорбционному цианированию, находится 96,3–96,5 % золота, в упорной цианированию форме – 3,5–3,7 %. Руды легкообогащаемые, по гравитационно-флотационной схеме с цианированием концентратов извлекается 91,2 % золота, по гравитационно-цианистой схеме – 94,4 %, прямым цианированием – 97,3 %.

Рудная зона № 2 также представляет собой жильно-прожилковую зону в рассланцованных кварц-анкерит-мусковитовых метасоматитах, сформировавшихся по мусковит-кварцевым и кварц-мусковитовым сланцам (см. рис. 27). Рудная зона относится к сульфидно-кварцевому жильно-прожилковому типу золотого оруденения, типичному для Бодайбинского рудного района. Количество кварцево-жильного материала в зоне – 30–40 %. Кварцевые образования представлены двумя генерациями. Первая – гидротермально-метасоматические жилы и прожилки, субсогласные сланцеватости метасоматитов, вторая – пирит-альбит-анкерит-кварцевые (рис. 28, см. рис. 27).

Рудная зона № 2 изучена в пяти пересечениях и по данным опробования скважин и траншей она выделяется по содержаниям золота выше 0,1–0,5 г/т. В трёх траншейных пересечениях, заверенных на глубину скважиной, установлены интервалы с промышленными параметрами (см. рис. 5). Расстояние между крайними пересечениями – 930 м, и в юго-восточном и северо-западном направлениях по материалам шлиховых и литогеохимических поисков зона прогнозируется ещё на несколько сотен метров.

Рудная зона № 3 вскрыта в трёх бульдозерных траншеях с расстоянием между крайними пересечениями 500 м; в одной из них

установлен интервал с промышленными параметрами (см. рис. 5). Как и рудные зоны № 1 и 2, она также представляет собой жильно-прожилковую зону в деформированных кварц-анкерит-мусковитовых метасоматитах, сформировавшихся по мусковит-кварцевым и кварц-мусковитовым сланцам, тип золотого оруденения – сульфидно-кварцевый жильно-прожилковый, типичный для Бодайбинского рудного района. Количество кварцево-жильного материала – 10–20 %. Кварцевые образования представлены в основном двумя генерациями. Первая – гидротермально-метасоматические жилы и прожилки, субсогласные сланцеватости метасоматитов, вторая – пирит-альбит-анкерит-кварцевые жилы и прожилки.

Выводы. В результате поисковых работ в пределах Джалагунского рудного поля Чаян-гринского рудного узла получены материалы, обосновывающие промышленную значимость Джалагунского рудопроявления золота.

В процессе работ определены основные закономерности формирования золотого оруденения, которые соответствуют установленным ранее для БППР [4, 5] и в общем сводятся к следующему. Рудоконтролирующей структурой является зона складчато-разрывных деформаций, сформированная на позднекладчатом этапе. В её строении участвуют преимущественно вязкие разломы (зоны рассланцевания), в пределах которых в этот этап проявились рудно-подготовительные золотоносные процессы – железомagneзиальная карбонатизация (буропатизация) и сульфидизация (пирротин и пирит). В регионально-метаморфический этап при гранито-гнейсовом куполообразовании при активизации зон рассланцевания в *P-T*-условиях «зоны биотита» и «зоны хлорита» не только протекали метаморфические минеральные преобразования (в том числе метаморфизм синкладчатых порфиروبластов бурых шпатов), но и началось формирование жильно-прожилковых зон с гранулированным кварцем. В рудный этап при новой активизации зон рассланцевания в их пределах в условиях диафтореза с ярко проявленными мусковитизацией, хлоритизацией, развитием новообразованных пирита, анкерит-

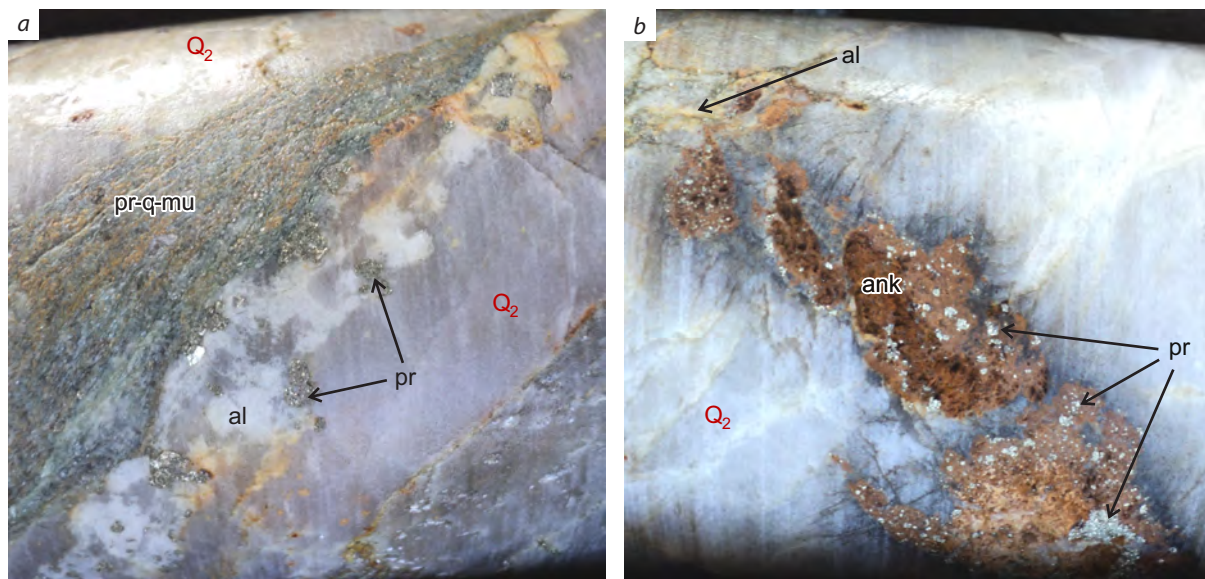


Рис. 28. Детали к рис. 27:

a – альбит(al)-кварцевый(Q) прожилок с наложенным пиритом (pr) в пирит-кварц-мусковитовых (pr-q-mu) метасоматитах (скв. 3, 50 м); *b* – гнездовое распределение пирит-анкеритовых (ank) агрегатов в альбит-кварцевых жилах (скв. 3, 43,2 м). Диаметр керна 63 мм

Fig. 28. Close-up details of Fig. 27:

a – albite(al)-quartz(Q) veinlet with superimposed pyrite (py) in pyrite-quartz-muscovite (pr-q-mu) metasomites (Hole 3, depth 50 m); *b* – nest-like distribution of pyrite-ankerite (ank) aggregates in albite-quartz veins (Hole 3, depth 43.2 m). Drill core diameter, 63 mm

та и других низкотемпературных минералов формировались зоны жильно-прожилкового окварцевания. Диафорез связан с внедрением верхнепалеозойских гранитоидов конкудеро-мамаканского комплекса, металлогенически специализированных на золото, олово, вольфрам, висмут [2]. Золото частично поступало с сингранитными флюидами, а основная масса заимствовалась из вмещающих обогащённых золотом пород в пределах рудоконтролирующих структур при их гидротермально-метасоматической переработке и тектонической активизации. Возраст этих гранитоидов (около 320 млн лет) соответствует абсолютному возрасту золота и околорудных метасоматитов из Сухоложского и других месторождений Бодайбинского рудного района [4, 5, 8, 9, 14, 16, 17, 20, 21].

Особенности Джалагунского рудного поля и Джалагунского рудопроявления на фоне других золоторудных объектов БППр заклю-

чаются только в некоторых моментах. В этап осадконакопления в рудовмещающей толще отмечаются признаки её формирования в пришельфовой обстановке, а не в условиях континентального склона, как в Мамско-Бодайбинском синклинии. Значительным отличием разреза джалагунской свиты от такового хомолхинской является наличие в его верхних частях вулканогенно-осадочных пород и вулканитов, свидетельствующих о проявлении вулканизма южнее, в Байкало-Муйской зоне. Влияние этих отличий на процесс рудообразования не ясен и требует дополнительного изучения. Важная особенность развития рудоконтролирующей структуры Джалагунского рудного поля – внедрение в гидротермально-изменённые породы минерализованной зоны в завершающий этап рудообразования после формирования жильно-прожилковой минерализации серии маломощных даек «пёстрого» состава – от диоритоидов до гранитов. Оче-



видно, что это происходило при активизации зон рассланцевания (контакты даек субсогласны рассланцовке, и слагающие их породы рассланцованы в эндоконтакте) при продолжении поступления углекислых флюидов, приводивших к их бурошпатизации (возможен вариант их обогащения железомagneзиальными карбонатами в процессе внедрения в уже бурошпатизированные породы).

Таким образом, не смотря на некоторые отличия Джалагунского рудного поля от рудных полей Мамско-Бодайбинского синклинория в характере осадконакопления, проявлениях интрузивного магматизма и гидротермально-метасоматических процессов, закономерности золотого рудообразования в его пределах аналогичны установленным для БППр в целом [4, 5, 8, 13].

Список литературы

1. Зоненшайн Л. П., Кузьмин М. И., Натанов Л. М. Тектоника литосферных плит территории СССР: в 2 книгах. Книга 2. – М.: Недра, 1990. – 332 с.
2. Иванов А. И., Лившиц В. И., Перевалов О. В. [и др.]. Докембрий Патомского нагорья. – М.: Недра, 1995. – 353 с.
3. Иванов А. И. Закономерности формирования золоторудных месторождений Бодайбинского рудного района и новые аспекты их поисков // Разведка и охрана недр. – 2004. – № 8–9. – С. 17–23.
4. Иванов А. И. Золотоносность Байкало-Патомской золоторудной провинции: специальность 25.00.11 «Геология, поиски и разведка твёрдых полезных ископаемых, минерагения»: автореф. дис. на соискание учён. степ. д-ра геол.-минерал. наук / Анатолий Иннокентьевич Иванов. – М., 2010. – 52 с.
5. Иванов А. И. Золото Байкало-Патома (геология, оруденение, перспективы). – М.: ЦНИГРИ, 2014. – 215 с.
6. Иванов А. И., Агеев Ю. Л., Мезенцев А. В. [и др.]. Золотое оруденение в гранитоидах в Икибзякском рудном поле – новая веха в исследовании золотоносности Байкало-Патомской металлогенической провинции // Отечественная геология. – 2021. – № 2. – С. 4–18.
7. Казакевич Ю. П., Шер С. Д. [и др.]. Ленский золотоносный район. Стратиграфия, тектоника, магматизм и проявления коренной золотоносности. Т. 1. – М.: Недра, 1971. – 164 с.
8. Кузьмин М. И., Ярмолук В. В., Спиридонов А. И., Немеров В. К., Иванов А. И., Митрофанов Г. Л. Геодинамические условия формирования золоторудных месторождений Бодайбинского неопротерозойского прогиба // Доклады Академии наук. – 2006. – Т. 407, № 6. – С. 793–797.
9. Лаверов Н. П., Чернышев И. В., Чугаев А. В. [и др.]. Этапы формирования крупномасштабной благороднометалльной минерализации месторождения Сухой Лог (Восточная Сибирь): результаты изотопно-геохронологического изучения // Доклады Академии наук. – 2007. – Т. 415, № 2. – С. 236–241.
10. Летников Ф. А. Флюидные фации континентальной литосферы и проблемы рудообразования: Смирновский сборник-99. – М.: МГУ, 1999. – С. 63–98.
11. Лидер М. Р. Седиментология. – Пер. с англ. – М.: Мир, 1986. – 440 с.
12. Лобачевский И. В., Ветров С. В. О глубинном строении северной части Байкальской горной области по данным гравиметрии и ГСЗ // Геология и геофизика. – 1976. – № 7. – С. 55–62.
13. Мигачев И. Ф., Карпенко И. А., Иванов А. И. [и др.]. Золоторудное месторождение Сухой Лог – переоценка и оценка прогноза рудного поля и района // Отечественная геология. – 2008. – № 2. – С. 55–67.
14. Неймарк Л. А., Рыцк Е. Ю., Гороховский Б. М. [и др.]. Геохронологическое и изотопно-геохимическое изучение золоторудных месторождений Байкальской складчатой области // Изотопное датирование эндогенных рудных формаций. – М.: Наука, 1993. – С. 124–146.
15. Петтиджон Ф. Дж. Осадочные породы. – Пер. с англ. – М.: Недра, 1981. – 752 с.
16. Рундквист Д. В. Особенности геологического развития байкалит // Основные проблемы рудообразования

дообразования и металлогении. – М. : Наука, 1990. – С. 44–65.

17. Русинов В. Л., Русинова О. В., Кряжев С. Г. [и др.]. Околорудный метасоматизм терригенных углеродистых пород в Ленском золоторудном районе // Геология рудных месторождений. – 2008. – Т. 50, № 1. – С. 1–46.
18. Салон Л. И. Геология Байкальской горной области. Т. 2. Магматизм, тектоника, история геологического развития. – М. : Недра, 1967. – 699 с.
19. Салон Л. И. К стратиграфии и тектонике докембрия Мамско-Чуйского слюдоносного района (Северо-Байкальское нагорье) // Проблемы геологии докембрия Сибирской платформы и её складчатого обрамления. Труды ВСЕГЕИ, новая серия. – 1974. – Т. 199. – С. 83–143.
20. Шаров В. Н., Шмотов А. П., Коновалов И. В. Метасоматическая зональность и связь с ней

оруденения (Байкало-Патомское нагорье). – Новосибирск : Наука, 1978. – 104 с.

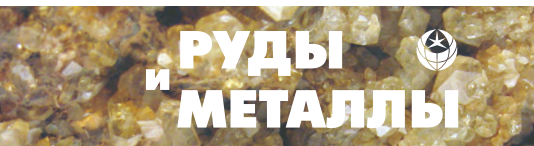
21. Чугаев А. В., Чернышев И. В., Будяк А. Е. [и др.]. Этапы формирования орогенных золоторудных месторождений «сухоложского» типа (Бодайбинский район, Северное Забайкалье, Россия): Rb-Sr и ^{40}Ar - ^{39}Ar геохронологические данные // VIII Российская конференция по изотопной геохронологии. – СПб., 2022. – С. 169–171.
22. Chugaev A. V., Budyak A. E., Larionova Yu. O., Chernyshev I. V., Travin A. V., Tarasova Yu. I., Gareev B. I., Batalin G. A., Rassokhina I. V., Oleinikova T. I. ^{40}Ar - ^{39}Ar and Rb-Sr age constraints on the formation of Sukhoi-Log-style orogenic gold deposits of the Bodaibo District (Northern Transbaikalia, Russia) // Ore Geology Reviews. – 2022. – 144. 104855.

References

1. Zonenshain L. P., Kuz'min M. I., Natapov L. M. Tektonika litosfernykh plit territorii SSSR: v 2 knigakh. Kniga 2 [Tectonics of lithospheric plates of the USSR territory: in 2 books. Book 2], Moscow, Nedra Publ., 1990, 332 p.
2. Ivanov A. I., Livshits V. I., Perevalov O. V. [et al.]. Dokembrii Patomskogo nagor'ya [Precambrian of the Patom Upland], Moscow, Nedra Publ., 1995, 353 p.
3. Ivanov A. I. Zakonomernosti formirovaniya zolotorudnykh mestorozhdenii Bodaibinskogo rudnogo raiona i novye aspekty ikh poiskov [Regularities of the formation of gold deposits of the Bodaibinsky ore district and new aspects of their prospecting], *Razvedka i okhrana nedr* [Prospect and protection of mineral resources], 2004, No 8–9, pp. 17–23. (In Russ.).
4. Ivanov A. I. Zolotonosnost' Baikalo-Patomskoi zolotorudnoi provintsii [Gold content of the Baikalo-Patom gold province: Extended abstract of Doctor's thesis], Moscow, 2010, 52 p.
5. Ivanov A. I. Zoloto Baikalo-Patoma (geologiya, orudnenie, perspektivy) [Gold of Baikalo-Patom (geology, mineralization, prospects)], Moscow, TsNIGRI Publ., 2014, 215 p.
6. Ivanov A. I., Ageev Yu. L., Mezentshev A. V. [et al.]. Zolotoe orudnenie v granitoidakh v Ikibzyakskom rudnom pole – novaya vekha v issledovanii zolotonosnosti Baikalo-Patomskoi metallogenicheskoi provintsii [Gold mineralization in granitoids in the Ikibzyak ore field is a new milestone in the study of the gold content of the Baikalo-Patom metallogenetic province], *Otechestvennaya geologiya* [National Geology], 2021, No 2, pp. 4–18. (In Russ.).
7. Kazakevich Yu. P., Sher S. D. [et al.]. Lenskii zolotonosnyi raion. Stratigrafiya, tektonika, magmatizm i proyavleniya korennoi zolotonosnosti. T. 1 [Lensky gold-bearing district. Stratigraphy, tectonics, magmatism and manifestations of indigenous gold bearing. Vol. 1], Moscow, Nedra Publ., 1971, 164 p.
8. Kuz'min M. I., Yarmolyuk V. V., Spiridonov A. I., Nemerov V. K., Ivanov A. I., Mitrofanov G. L. Geodinamicheskie usloviya formirovaniya zolotorudnykh mestorozhdenii Bodaibinskogo neoproterozoiskogo progiba [Geodynamic conditions for the formation of gold deposits of the Bodayba Neoproterozoic trough], *Doklady Akademii nauk* [Reports of the Academy of Sciences], 2006, V. 407, No 6, pp. 793–797. (In Russ.).
9. Laverov N. P., Chernyshev I. V., Chugaev A. V. [et al.]. Etapy formirovaniya krupnomasshtabnoi blagorodnometall'noi mineralizatsii mestorozhdeniya Sukhoi Log (Vostochnaya Sibir'): rezul'taty izoto-



- pno-geokhronologicheskogo izucheniya [Stages of formation of large-scale noble metal mineralization of the Sukhoi Log deposit (Eastern Siberia): results of isotope-geochronological study], *Doklady Akademii nauk* [Reports of the Academy of Sciences], 2007, V. 415, No 2, pp. 236–241. (In Russ.).
10. Letnikov F. A. Flyuidnye fatsii kontinental'noi litosfery i problemy rudoobrazovaniya: Smirnovskii sbornik-99 [Fluid facies of the continental lithosphere and problems of ore formation: Smirnov Collection-99], Moscow, MGU Publ., 1999, pp. 63–98. (In Russ.).
 11. Lider M. R. Sedimentologiya [Sedimentology], Moscow, Mir Publ., 1986, 440 p.
 12. Lobachevskii I. V., Vetrov S. V. O glubinnom stroenii severnoi chasti Baikalskoi gornoj oblasti po dannym gravimetrii i GSZ [On the deep structure of the northern part of the Baikal mountain region according to gravimetry and GSS data], *Geologiya i geofizika* [Russian Geology and Geophysics], 1976, No 7, pp. 55–62. (In Russ.).
 13. Migachev I. F., Karpenko I. A., Ivanov A. I. [et al.]. Zolotorudnoe mestorozhdenie Sukhoi Log – pereotsenka i otsenka prognoza rudnogo polya i raiona [Sukhoi Log gold deposit – revaluation and evaluation of the forecast of the ore field and the district], *Otechestvennaya geologiya* [National Geology], 2008, No 2, pp. 55–67. (In Russ.).
 14. Neimark L. A., Rytsk E. Yu., Gorokhovskii B. M. [et al.]. Geokhronologicheskoe i izotopno-geokhimi cheskoe izuchenie zolotorudnykh mestorozhdenii Baikalskoi skladchatoi oblasti [Geochronological and isotope-geochemical study of gold deposits of the Baikal folded region], *Izotopnoe datirovanie endogennykh rudnykh formatsii* [Isotopic dating of endogenous ore formations], Moscow, Nauka Publ., 1993, pp. 124–146.
 15. Pettidzhon F. Dzh. Osadochnye porody [Sedimentary rocks], Moscow, Nedra Publ., 1981, 752 p.
 16. Rundkvist D. V. Osobennosti geologicheskogo razvitiya baikalid [Features of geological development of Baikal rocks], *Osnovnye problemy rudoobrazovaniya i metallogenii* [Main problems of ore formation and metallogeny], Moscow, Nauka Publ., 1990, pp. 44–65.
 17. Rusinov V. L., Rusinova O. V., Kryazhev S. G. [et al.]. Okolorudnyi metasomatizm terrigennykh uglerodistykh porod v Lenskom zolotorudnom raione [Near-ore metasomatism of terrigenous carbonaceous rocks in the Lena gold ore region], *Geologiya rudnykh mestorozhdenii* [Geology of Ore Deposits], 2008, V. 50, No 1, pp. № 46. (In Russ.).
 18. Salop L. I. Geologiya Baikalskoi gornoj oblasti. T. 2. Magmatizm, tektonika, istoriya geologicheskogo razvitiya [Geology of the Baikal mountain region. Vol. 2. Magmatism, tectonics, history of geological development], Moscow, Nedra Publ., 1967, 699 p.
 19. Salop L. I. K stratigrafii i tektonike dokembriya Mamsko-Chuiskogo slyudonosnogo raiona (Severo-Baikalskoe nagor'e) [To the stratigraphy and tectonics of the precambrian of the Mamsko-Chuysky mica-bearing region (North Baikal Highlands)], *Problemy geologii dokembriya Sibirskoi platformy i ee skladchatogo obramleniya. Trudy VSEGEI, novaya seriya* [Problems of geology of the precambrian of the Siberian platform and its folded framing. The works of VSEGEI, a new series], 1974, V. 199, pp. 83–143. (In Russ.).
 20. Sharov V. N., Shmotov A. P., Konovalov I. V. Metasomaticheskaya zonal'nost' i svyaz' s nei orudneniya (Baikalo-Patomskoe nagor'e) [Metasomatic zonality and the connection of mineralization with it (Baikal-Patom upland)], Novosibirsk, Nauka Publ., 1978. – 104 p.
 21. Chugaev A. V., Chernyshev I. V., Budyak A. E. [et al.]. Etapy formirovaniya orogennykh zolotorudnykh mestorozhdenii "sukholozhskogo" tipa (Bodaibinskii raion, Severnoe Zabaikal'e, Rossiya): Rb-Sr i ^{40}Ar - ^{39}Ar geokhronologicheskie dannye [Stages of formation of orogenic gold deposits of the "Sukholozhsky" type (Bodaybinsky district, Northern Transbaikalia, Russia): Rb-Sr and ^{40}Ar - ^{39}Ar geochronological data], *VIII Rossiiskaya konferentsiya po izotopnoi geokhronologii* [VIII Russian Conference on Isotope Geochronology], Saint Petersburg, 2022, pp. 169–171.
 22. Chugaev A. V., Budyak A. E., Larionova Yu. O., Chernyshev I. V., Travin A. V., Tarasova Yu. I., Gareev B. I., Batalin G. A., Rassokhina I. V., Oleinikova T. I. ^{40}Ar - ^{39}Ar and Rb-Sr age constraints on the formation of Sukhoi-Log-style orogenic gold deposits of the Bodaibo District (Northern Transbaikalia, Russia), *Ore Geology Reviews*, 2022, 144. 104855.



Авторы

Иванов Анатолий Иннокентьевич

доктор геолого-минералогических наук
научный руководитель ¹
a.ivanov@tsnigri.ru

Агеев Юрий Леонидович

заместитель генерального директора ²
ageev@sibgk.ru

Конкин Виктор Дмитриевич

доктор геолого-минералогических наук
ведущий научный сотрудник ¹
konkin@tsnigri.ru

Мигачёв Игорь Фёдорович

доктор геолого-минералогических наук
главный научный сотрудник ¹
migatcev@tsnigri.ru

Донец Александр Иванович

доктор геолого-минералогических наук
ведущий научный сотрудник ¹
donets@tsnigri.ru

¹ ФГБУ «Центральный научно-исследовательский
геологоразведочный институт цветных
и благородных металлов»,
г. Москва, Россия

² ООО «Сибирская геологическая компания»,
г. Иркутск, Россия

Authors

Anatoly I. Ivanov

Doctor of Geology and Mineralogy
Scientific Director ¹
a.ivanov@tsnigri.ru

Yuri A. Ageev

Deputy General Director ²
ageev@sibgk.ru

Viktor D. Konkin

Doctor of Geology and Mineralogy
Leading Researcher ¹
konkin@tsnigri.ru

Igor F. Migachev

Doctor of Geology and Mineralogy
Chief Researcher ¹
migatcev@tsnigri.ru

Alexander I. Donets

Doctor of Geology and Mineralogy
Leading Researcher ¹
donets@tsnigri.ru

¹ Central Research Institute of Geological Prospecting
for Base and Precious Metals,
Moscow, Russia

² ООО "Sibirskaya Geologicheskaya Kompaniya",
Irkutsk, Russia