

5. Гаврилов, Р.Ю. Объемная геолого-геохимическая модель мезотермального золоторудного месторождения Чертово Корыто (Патомское нагорье) / Р.Ю. Гаврилов, И.В. Кучеренко, В.Г. Мартыненко, А.В. Верховзин, Т.Е. Мартынова // Изв. Томского политехнического университета. — 2009. — Т. 315. — № 1. — С. 30–43.
6. Докембрий Патомского нагорья / А.И. Иванов, В.И. Лифшиц, О.В. Перевалов и др.; Редкол.: В.Д. Мац (отв. ред.) и др. — М.: Недра, 1995. — 351 с.
7. Киселев, В.А. Геологическое строение и полезные ископаемые бассейнов рек Тоноды и Челончен. Отчет Челонченской партии о результатах геологического доизучения м-ба 1:50 000 и общих поисков золота, проведенных в 1984–87 гг. Листы О-50-15-А,Б,В,Г; О-50-16-А,Б,В,Г. Гос. Рег. № 14-84-45/18. В 4-х томах. / В.А. Киселев, Д.И. Калинина, В.Д. Белогур. — М.: РФГ № 446262, 1989.
8. Ковешников, А.М. Перспективное районирование на уран территории Тонодского поднятия с выбором площадей и объектов под детальные поисковые и оценочные работы на основе структурно-геологических, радиогеохимических, минералого-петрографических исследований, дешифрирования космо- и аэрофотоматериалов и ревизии известных проявлений урана с составлением схемы перспективного районирования масштаба 1:200 000 на площади 7,5 тыс. км². По геологическому заданию 5-1 за 1985–1989 гг. / А.М. Ковешников, А.Н. Подшивалов, Ю.К. Пимнев и др. — Иркутск, 1989.
9. Кучеренко, И.В. Петролого-геохимические черты рудовмещающего метасоматического ореола золоторудного месторождения Чертово Корыто (Патомское нагорье) / И.В. Кучеренко, Р.Ю. Гаврилов, В.Г. Мартыненко, А.В. Верховзин // Изв. Томского политехнического университета. — 2008. — Т. 312. — № 1. — С. 11–20.
10. Кучеренко, И.В. Петролого-геохимические свидетельства геолого-генетической однородности гидротермальных месторождений золота, образованных в черносланцевом и несланцевом субстрате / И.В. Кучеренко // Изв. Томского политехнического университета. — 2007. — Т. 311. — № 1. — С. 25–35.
11. Кучеренко, И.В. Структурно-динамическая модель золоторудных месторождений, образованных в несланцевом и черносланцевом субстрате. Ч. 2. Месторождение Чертово Корыто (Патомское нагорье) / И.В. Кучеренко, Р.Ю. Гаврилов, В.Г. Мартыненко, А.В. Верховзин // Изв. Томского политехнического университета. — 2009. — Т. 314. — № 1. — С. 23–38.
12. Лаверов, Н.П., Чернышев И.В., Чугаев А.В. и др. // ДАН. — 2007. — Т. 415. — № 2. — С. 236–241.
13. Макарьев, Л.Б. Особенности металлогении и перспективы промышленной ураноносности Чуйско-Тонодской минералогической зоны северного Забайкалья (по материалам ГК-1000/3 и ГДП-200/2) / Л.Б. Макарьев, Ю.Б. Миронов // Региональная геология и металлогения. — 2014. — № 57. — С. 87–93.
14. Мишенькин, Б.П. Отчет о результатах исследований методом ГСЗ, выполненных Муйской партией № 15/73 на СВ фланге Байкальской рифтовой зоны / Б.П. Мишенькин, Г.В. Крупская. — Иркутск: ТФГИ, 1973.
15. Чугаев, А.В. Свинцово-изотопные характеристики сульфидов крупных месторождений золота Байкало-Патомского нагорья (Россия) по данным высокоточного изотопного MC-1CP-M8-анализа свинца / А.В. Чугаев // ДАН. — 2010. — Т. 434. — № 5. — С. 677–680.
16. Шманкевич, А.Ю. Отчет о результатах поисковых геолого-геофизических работ в западной части Тонодского антиклинория (Северная партия Меретской экспедиции, 1980–83 гг. / А.Ю. Шманкевич, И.Д. Мельников и др.
17. Yudovskaya, M.A. Gold mineralisation and orogenic metamorphism in the Lena province of Siberia as assessed from Chertovo Koryto and Sukhoi Log deposits / M.A. Yudovskaya, V.V. Distler, V.Y. Prokofiev, N.N. Akiniev // Geoscience Frontiers. — 2016. — Vol. 7. no. 3. — P. 453–481.

© Коллектив авторов, 2021

Гребенкин Николай Анатольевич // grebenkin@vims-geo.ru

Бабкин Николай Яковлевич

Карманов Егор Николаевич // karmanov.geo95@gmail.com

Корявко Анатолий Иванович

Кряжев Сергей Гаврилович // S34@mail.ru

Кузьменко Петр Сергеевич // kuzmenko@vims-geo.ru

Леденева Надежда Викторовна // ledeneva@vims-geo.ru

Мельников Сергей Иванович // melnikov@vims-geo.ru

Ржевская Анна Кирилловна // rzhevskaya@vims-geo.ru

Трушин С.И.¹, Кириллов В.Е.², Иванов В.В.³,
Полин В.Ф.³ (1 — АО «Полиметалл УК», 2 — Институт
тектоники и геофизики ДВО РАН, 3 — Дальневосточный
геологический институт ДВО РАН)

МАГМАТОГЕННЫЕ РУДОНОСНЫЕ СИСТЕМЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА УЛЬБАНСКОГО ТЕРРЕЙНА (ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ, РОССИЯ)

*В статье рассматриваются магматогенные рудоносные системы (МРС) месторождений золота Ульбанского террейна Монголо-Охотского орогенного пояса. Большая часть этих систем принадлежит Нижнеамурской металлогенической зоне, где они сосредоточены в трех рудных узлах — Кутынском, Албазинском и Ульбанском, с золотой, золото-редкометалльной и золотосеребряной специализацией. Типизация МРС, на примерах наиболее представительных, проводится по комплексу признаков, включающих их структурное положение и строение, характеристику рудоносных магматических комплексов, особенности проявления метасоматоза и вещественный состав руд. Выделены системы нескольких типов, связанные с вулcano-купольными, субвулканическими интрузивно-купольными и интрузивно-купольными структурами гипабиссального уровня. **Ключевые слова:** Ульбанский террейн, металлогеническая зона, рудный узел, магматогенная рудоносная система, магматический комплекс, золото, серебро, медь.*

Trushin S.I.¹, Kirillov V.E.², Ivanov V.V.³, Polin V.F.³
(1 — Polymetal UK, 2 — Institute of Tectonics and Geophysics
FEB RAS, 3 — Far Eastern Geological Institute FEB RAS)

MAGMATOGENIC ORE-BEARING SYSTEMS OF GOLD DEPOSITS OF THE ULBAN TERRANE (KHABAROVSK KRAI, RUSSIA)

*The article deals with the magmatogenic ore-bearing systems (MOBS) of the gold deposits of the Ulban terrane of the Mongol-Okhotsk orogenic belt. Most of these systems belong to the Lower Amur metallogenic zone, where they are concentrated in three ore areas — Kutyn, Albazinsky and Ulban with gold, gold-rare metal and gold-silver specialization. The typification of RS on the examples of the most representative ones is carried out according to a complex of features, including their structural position and structure, characteristics of ore-producing magmatic complexes, types of metal-bearing metasomatic processes, and the composition of ores. There are several types of systems associated with: volcano-dome structures; subvolcanic intrusive-dome structures; intrusive-dome structures of the hypabyssal level. **Keywords:** Ulban terrane, metallogenic zone, ore area, magmatogenic ore-bearing system, magmatic complex, gold, silver, copper.*

Введение

Рассматриваемая площадь охватывает северную часть района им. П. Осипенко и южную часть Тугуро-Чумиканского района Хабаровского края. Согласно

современным представлениям [7, 15], она входит в состав Нижнеамурской металлогенической зоны (НМЗ), охватывающей восточную часть Ульбанского террейна (рис. 1). В свою очередь, НМЗ принадлежит Сихотэ-Алинской минерагенической области с золото-редкометальной (с Ag, Cu, Bi, Sb, Hg) специализацией.

Поисково-оценочные работы, проведенные АО «Полиметалл» и, в меньшей мере, АС «Восток» и ООО «ДВ-ресурсы», подтвердили перспективы района на промышленное золотое оруденение. Существуют также предпосылки выявления медно-порфирового с золотом оруденения. Все рудопроявления и месторождения рассматриваемого района связаны с МРС трех типов, различающихся по глубинности формирования: вулcano-купольные близповерхностные, субвулканические интрузивно-купольные и интрузивно-купольные гипабиссального уровня. В настоящей статье обобщены результаты изучения золотоносных МРС преимущественно северной части Ульбанского террейна. Ранее в ряде работ [9, 11, 12, 13] рассмотрены характерные черты строения, проявлений метасоматоза и рудоносности разноранговых систем НМЗ. Вместе с тем, вопросы типизации МРС и связи оруденения с интрузивными и вулканическими образованиями оставались недостаточно освещенными.

В этом контексте несомненный интерес представляют определение закономерностей локализации благороднометалльного оруденения и комплексная типизация МРС на основе анализа их геолого-структурного положения, петрогеохимической и минералогической характеристик магматитов, особенностей вещественного состава рудовмещающих метасоматитов и руд. Помимо этого, в работе кратко рассмотрены перспективы района на промышленное золотое, золото-серебряное, золото-редкометальное и золото-медно-порфировое оруденение, связанное с разными типами МРС.

При решении поставленных задач использованы материалы геологического картирования (ГГС-200 и ГГС-50), авторские полевые исследования (2006–2021 гг.), а также результаты бурения и поверхностных горных работ, данные аэрогеофизических съемок и результаты геолого-структурных, минералого-геохимических исследований, сопровождавших поиско-

во-оценочные работы АО «Полиметалл». Аналитические работы, уточняющие вещественный состав руд и метасоматитов, включали оптическую и сканирующую электронную микроскопию, и различные виды спектроскопии (рентгенофлуоресцентная, атомно-абсорбционная, атомно-эмиссионная, масс-спектрометрия), проводившихся в лабораториях ДВГИ и ИТиГ ДВО РАН, Центральной аналитической лаборатории Хабаровского филиала «Полиметалл УК» и Санкт-Петербургского государственного университета.

Геологическое строение и минерагения Ульбанского террейна

Тектоническое строение. Ульбанский террейн (УТ), на территории которого располагаются изученные МРС (рис. 1), сформировался в юрско-раннемеловое время в результате аккреции юрских окраинно-контин-

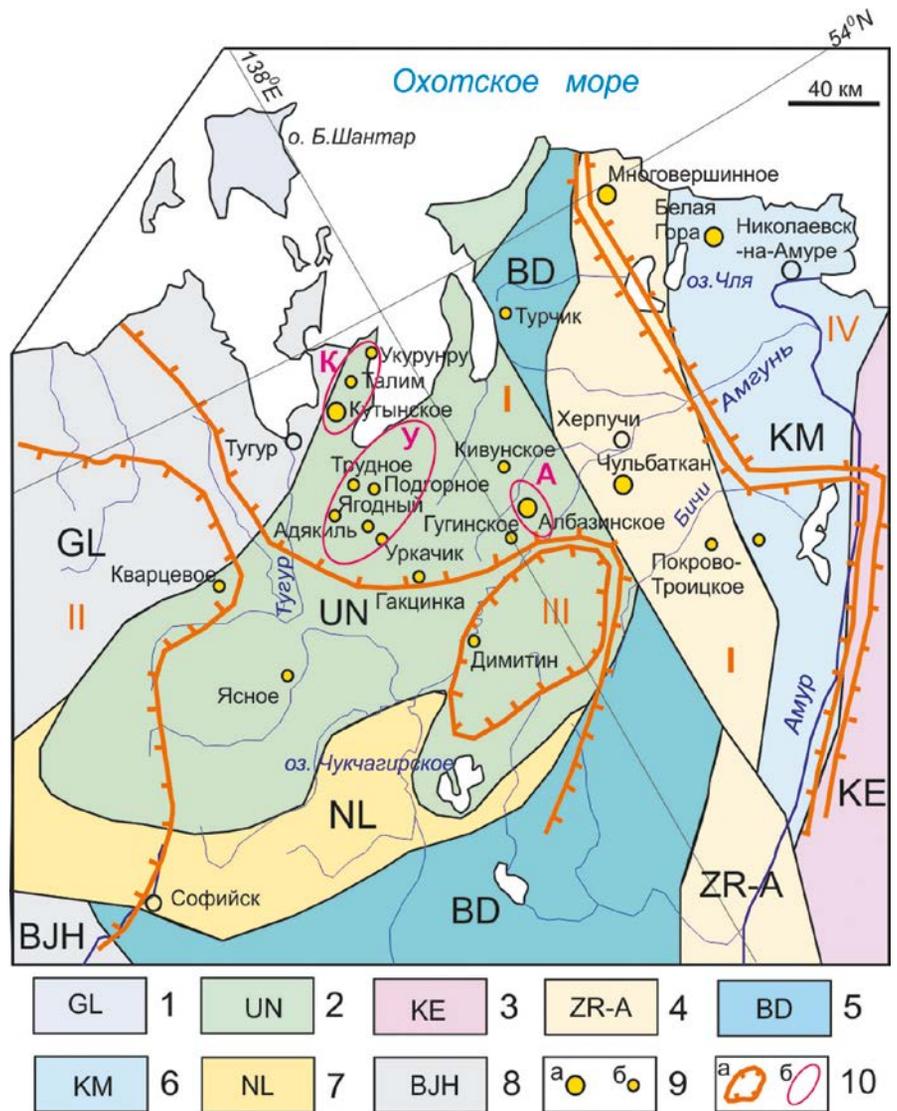


Рис. 1. Террейны и металлогенические зоны Нижнеамурского региона (по [7, 15], с дополнениями авторов): 1–8 террейны: 1 — Галамский, 2 — Ульбанский, 3 — Кемский, 4 — Журавлевско-Амурский, 5 — Баджалский, 6 — Киселевско-Маноминский, 7 — Ниланский, 8 — Баджало-Хинганский; 9 — месторождения (а) и рудопроявления (б) золота; 10 а — металлогенические зоны: I — Нижнеамурская, II — Эзоп-Ям-Алинская, III — Кур-Амгунская, IV — Восточно-Сихотэ-Алинская; 10 б — рудно-россыпные узлы: К — Кутынский, У — Ульбанский, А — Албазинский

нентальных шельфовых и турбидитовых комплексов к Северо-Азиатскому кратону и Монголо-Охотскому поясу [15]. Считается, что турбидиты Ульбанского террейна маркируют трансформную окраину Сибирского кратона, существовавшую до закрытия Монголо-Охотского океанического бассейна [14, 15]. Ульбанский террейн ограничен разломными или шовными зонами, отделяющими его от других террейнов: 1) Галамского на западе и северо-западе, 2) Ниланского на юге (оба террейна представляют собой фрагменты палеозойских аккреционных призм), 3) Баджалского (юрская аккреционная призма) и Журавлёвско-Амурского (отложения раннемелового окраинно-континентального турбидитового бассейна) на востоке [15]. На севере его граница частично скрыта под акваторией Охотского моря. В описанных границах площадь Ульбанского террейна составляет около 35,5 тыс. км².

Низы разреза УТ слагают шельфовые и турбидитовые комплексы, образованные терригенными породами флишеидной триасово-юрской морской глинисто-песчаной формации. На материковом склоне в юре локально проявился базальтовый вулканизм, в результате чего сформировались биохемогенные глинисто-кремнистые отложения, перемежающиеся с горизонтами спилитов. В поздней юре проявилась региональная складчатость, характеризующаяся северо-восточной ориентировкой брахиформных и изоклиналиных складок [11].

Несогласно залегающие на терригенном основании перекрывающие образования представлены верхнемеловыми комплексами Ульбанского, Талимо-Алгатинского и Эвурского вулканогенных полей (ВП). Эти и более мелкие поля представляют собой фрагменты перивулканической области Восточно-Сихотэ-Алинского вулканогена, перекрывавшего в позднемезозойско-кайнозойское время значительную часть рассматриваемой территории [7]. Слагающие ВП вулканы принадлежат андезибазальтовой и риодацитовой подформациям наземно-вулканогенной (субаэральной) порфириковой формации [8]. Вулканические поля сохранились в пределах восточной части Ульбанского террейна, в то время как в западной, предположительно более эродированной, они отсутствуют (рис. 2). Многочисленные интрузивные массивы УТ, возможно, являются корневыми частями эродированных вулканических построек [7].

Палеоген-неогеновая структура региона в целом унаследовала северо-восточный тектонический план

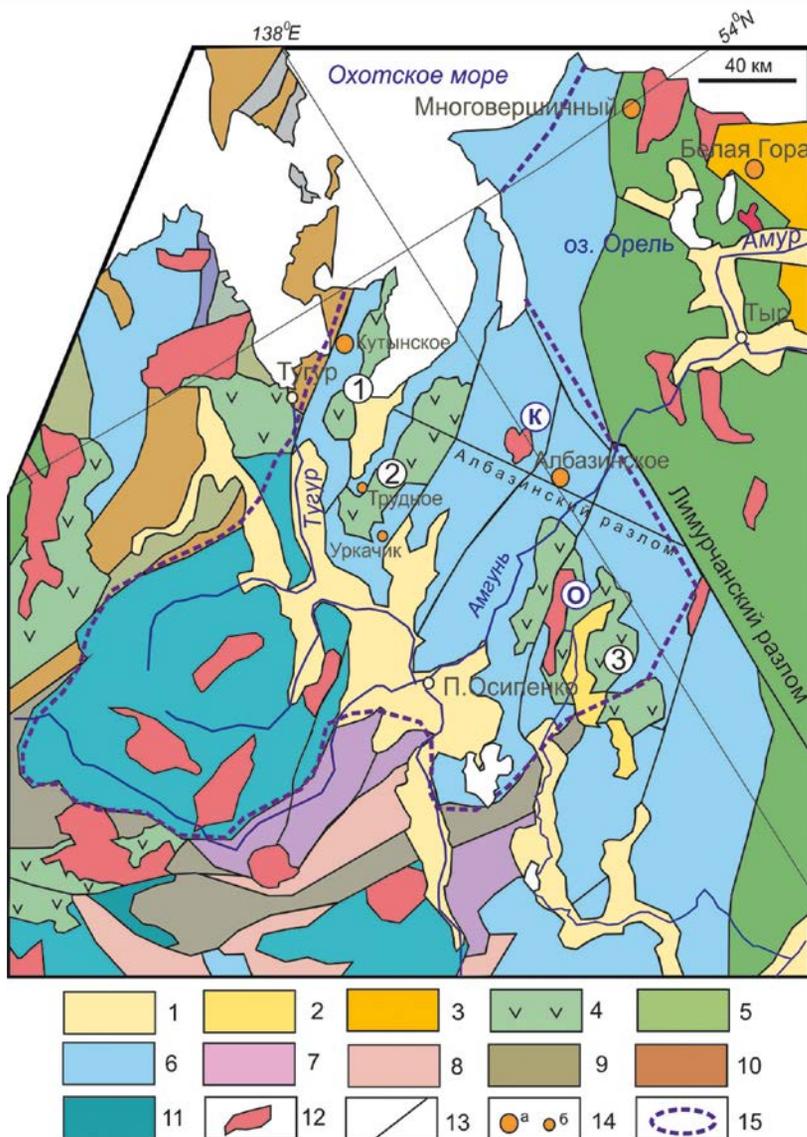


Рис. 2. Схематическая геологическая карта района Ульбанского террейна и его обрамления (по [7, 15], с дополнениями авторов): 1–2 — аллювиальные отложения неотектонических впадин: 1 — четвертичного возраста; 2 — неогенового возраста; 3–4 — вулканогенные поля и впадины: палеогенового (3) и позднемелового (4) возрастов; вулканогенные поля (белые кружки с цифрами): 1 — Талимо-Алгатинское, 2 — Ульбанское, 3 — Эвурское; 5–11 — вулканогенные и терригенные образования: меловые (5), юрские (6), триасовые (7) пермские (8), карбоновые (9), девонские (10), кембрийские (11); 12 — массивы гранитоидов; 13 — наиболее значительные разломы, 14 — месторождения (а) и рудопроявления (б) золота; 15 — границы Ульбанского террейна по [15]

мезозойского времени и представляет собой чередование грабен-синклинорных и горст-антиклинорных структур, параллельных друг другу [11]. С наиболее поздней неогеновой системой не связаны проявления магматизма и гидротермального метасоматоза.

На востоке горсто-грабеновая система ограничена региональным, меридионального простирания, Лимуранским разломом, прослеживаемым от долины р. Амур до юго-восточного побережья залива Николая Охотского моря.

Магматические образования орогенного постааккреционного этапа развития района имеют позднемеловой

возраст (89–71 млн лет, ГГС-200, [7]). В западной, более эродированной части Ульбанского террейна они представлены несколькими относительно крупными интрузиями гранитоидов баджало-дуссеалинского комплекса гранит-гранодиоритовой формации. В восточном сегменте террейна интрузивные образования отнесены к ульбанскому (от широты р. Сомня до побережья Охотского моря) и эвурскому (бассейн р. Амгунь) комплексам [7].

Характерно, что в восточной части УТ проявлены преимущественно мелкие и среднеразмерные (0,5–30 км²) малоглубинные и гипабиссальные массивы диоритов и гранитоидов. К наиболее значительным по площади относятся Кивунский субизометричный лакколит (180 км²) и Омальская интрузия (350 км²).

Вулканиды вулканогенных прогибов и комагматичные им интрузии подразделены на две вулканоплутонические ассоциации (ВПА) — ульбанскую и эвурскую [7].

Ульбанская ВПА развита в пределах нескольких ВП: Талимо-Алгатинском, Ульбанском и в ряде мелких вулканоструктур (рис. 2). Вулканические образования представлены покровной, околожерловой и жерловой фациями (снизу в верх): туфогенно-осадочными породами и андезитами, дацитами, их лавобрекчиями и туфами, риолитами и их игнимбритами. Венчает разрез базальтовая толща. Общая мощность вулканогенных образований составляет 1300–1400 м.

Первые три этапа вулканизма ульбанской ВПА сопровождалась внедрением комагматичных по составу относительно небольших малоглубинных и гипабиссальных интрузий габбро-диорит-гранодиоритовой и гранит-лейкогранитовой формаций, имеющих форму штоков, дуговых и линейных даек, лакколлитов, лополитов и гарполитов.

В составе интрузивного комплекса ульбанской ВПА выделяются три фазы с внедрением: 1) диоритов, кварцевых монзонитов, габбродиоритов; 2) гранодиоритов, низкощелочных гранитов, кварцевых диоритов; 3) гранитов и субщелочных лейкогранитов.

Интрузивные породы второй фазы распространены наиболее широко, ее представляют массивы простого или гетерогенного строения и дайки. В ассоциации с ними встречаются дациты, образующие дайки и субвулканические тела.

Золотосеребряное оруденение пространственно и парагенетически связано со второй фазой интрузивной активности и только в малой степени с третьей. В составе второй фазы основными рудогенерирующими магматическими породами, по мнению [7] и наблюдениям авторов, являются гранодиориты. Они представляют собой равномернозернистые или порфировидные породы с гипидиоморфнозернистой, пойкилитовой или гранофириковой структурами и вкрапленниками, представленными плагиоклазом, кварцем, биотитом и роговой обманкой.

Согласно петрохимическим исследованиям (ГГС-200) по химическому составу породы второй фазы соответствуют преимущественно гранодиоритам и низ-

кощелочным гранитам калиево-натриевой, с натриевым уклоном серии; среди них преобладают породы, пересыщенные глиноземом и кремнеземом, бедные щелочами. От средних составов соответствующих пород магматиты второй фазы отличаются пониженными железистостью и щелочностью.

Эвурская ВПА распространена в пределах одноименного прогиба и по его периферии. В состав ассоциации входят покровные вулканиды и комагматичные им интрузивные образования.

Вулканиды представлены в нижней части разреза андезитами и их туфами, выше залегают дациты и трахириолиты, разрез венчается андезибазальтами с прослоями туфоконгломератов. Мощность вулканогенной толщи оценивается более чем в 800 м.

Позднемиоценовые интрузивные образования эвурского ВПА принадлежат диорит-гранодиорит-гранитовой и гранит-лейкогранитной формациям и слагают интрузии, субвулканические тела и дайки.

По результатам исследований авторов, в пределах Албазинского рудного поля (РП), на северо-восточном фланге Эвурского поля, интрузивный магматизм проявился в четыре этапа: 1) диориты, диоритовые порфиры (дайки, штоки); 2) риодациты, дациты, биотитроговообманковые гранодиориты, гранодиорит-порфиры (дайки, силлы, лополиты площадью 0,8–15 км²); 3) гранит-порфиры, аплиты (дайки, штоки); 4) микродиориты, керсантиты, спессартиты (дайки).

Продуктивной на золото в составе эвурского комплекса является гранодиорит-дацитовая ассоциация, в которой преобладают гранодиорит-порфиры (80–90 % ее объема). Структура гранодиорит-порфириров в пределах Албазинского рудного поля гипидиоморфнозернистая полнокристаллическая, порфировая (средне вкрапленниковая). Фенокристы представлены кварцем, плагиоклазом, роговой обманкой и биотитом.

Гранодиориты принадлежат нормальному ряду натриево-калиевой серии; состав их близок средне-типичным. Граниты более поздней, «гранитной», фазы пересыщены глиноземом и кремнеземом, умеренно богаты и богаты щелочами.

Минерагения Ульбанского террейна. Согласно минерагеническому районированию [7], территория Ульбанского террейна входит в состав Сихотэ-Алинской золото-редкометалльной минерагенической области. На севере она сочленяется с Удско-Шантарской металлогенической зоной (МЗ) Галамского террейна, на юге — с Селемджино-Кербинской МЗ Ниланского террейна, принадлежащими Амуро-Охотской золото-железо-фосфатноносной минерагенической области.

Мезозойские существенно терригенные морские формации Сихотэ-Алинской складчатой системы в минерагеническом отношении слабо продуктивны. Основная эпоха эндогенной, в том числе гидротермальной активности, проявилась в связи с формированием позднемиоценовых орогенных вулканоплутонических ассоциаций, принадлежащих риодацитово-диорит-гранит-гранодиоритовой и гранит-лейкогранитовой формациям [7].

С гранит-лейкогранитовой интрузивной формацией в Сихотэ-Алинской минерагенической области связано редкометалльное (Sn, Mo и W) оруденение. С риодацитовой (восточная часть области) и андезит-дацитовой (западная часть) формациями связано золото-серебряное оруденение в вулканитах; с диорит-гранодиорит-гранитовой — золотое и золото-серебряное.

Различия в рудной специализации минерагенических зон коррелируются, прежде всего, с разным типом щелочности магматических формаций — калиевых в существенно оловоносных зонах и натриевых, имеющих повышенную магнитность, — в золотоносных [7].

На территории Ульбанского террейна в составе Сихотэ-Алинской минерагенической области выделяются три минерагенические зоны: Эзоп-Ям-Алинская, Кур-Амгуньская и Нижнеамурская (рис. 1) [7].

Эзоп-Ям-Алинская МЗ охватывает западную часть Ульбанского террейна и ассоциирована с крупным ареалом гранитоидных интрузий. Ее специализацию определяют Sn, Mo, W и Bi, реже, Au. Единственным примером золотого оруденения является проявление Кварцевое Туюмунского рудного узла, относящееся к золотосульфидно-кварцевой формации и локализованное в небольшой интрузии гранодиоритов, прорывающих терригенные породы. Содержания Au (до 5–10 г/т) и Ag (до 20 г/т) приурочены к кварцевым жилам и брекчиям на халцедоновом цементе, сопровождаются повышенными концентрациями As и Bi.

Кур-Амгуньская МЗ приурочена к южной части Ульбанского террейна и в целом соответствует Эвурскому вулканогену и ареалу гранитоидов по его периферии. Геохимическая специализация этой зоны — Hg, Sb, Bi, Sn, W и, редко, золото [7]. Наиболее значительное проявление золота Димитин в брекчиях по лейкогранитам (Au 0,2–1 г/т) относится к золотокварцевой формации.

Вне выделяемых минерагенических зон, между Эзоп-Ям-Алинской и Кур-Амгуньской МЗ, в междуречье рек Нимелен — Керби, выявлены проявления золотокварцевой формации (Au до 9,1 г/т), приуроченные к апикальной части гранодиоритового массива.

Нижнеамурская МЗ на территории Ульбанского террейна, представленная своей западной частью, является наиболее продуктивной на золото. В ее пределах находятся все известные к настоящему времени промышленные золоторудные объекты и перспективные на благородные металлы участки рассматриваемой площади. Месторождения и рудопроявления (РП) золота связаны преимущественно с диорит-гранодиорит-гранитной формацией и относятся к золотосульфидно-кварцевой рудной формации (наиболее крупные — Албазинское, Кутыньское месторождения), и золото-редкометалльной рудной формации (зоны Уркачик, Куянская). Отдельные пункты золотой минерализации (золотокварцевая рудная формация) связаны с гранит-лейкогранитовой формацией. Рудопроявления золотосеребряной рудной формации вулканогенного этажа ассоциированы с субвулканическими телами риодацитовой формации.

В пределах западной части Нижнеамурской МЗ авторами выделяются 3 рудно-россыпных узла (РРУ): Ульбанский, Кутыньский и Албазинский.

Ульбанский РРУ (рис. 1) охватывает Ульбанское вулканическое поле в бассейнах рек Сыран и Ульбан, включает ряд рудопроявлений, многочисленные геохимические ореолы повышенных содержаний Au и Ag, а также As, Pb, Zn, Cu и Sn. К наиболее значительным из рудопроявлений золотосеребряной формации относятся Подгорное, Адыкиль, Золотая Осень и Трудное. В западной части узла отмечаются проявления золотокварцевой формации (Ягодное), в южной — рудопроявление золото-редкометалльной формации (Уркачик).

Кутыньский РРУ охватывает большую часть Тугурского п-ова, отличается Au-Sn специализацией с локально повышенными содержаниями Ag, As, Sn, W, Bi и Cu. Наиболее крупным объектом является Кутыньское месторождение золотосульфидно-кварцевой формации. В восточной части узла золотомышьяковые проявления с Cu, Bi, Ag установлены в кварц-сульфидных жилах, секущих гранитоиды (район мыса Заржецкого); в пропилизированных вулканитах отмечены проявления золота (Талим).

Албазинский РРУ занимает водораздел Сомня — Амгунь и бассейны их притоков: Албазинский, Куян и Ошибочный; характеризуется золотой (с Ag, As, Sb, Cu, Bi, Mo) специализацией. Наиболее значительным рудным объектом является Албазинское месторождение золотосульфидно-кварцевой формации и Куянское рудопроявление золото-редкометалльной формации, на западной периферии Албазинского РРУ выявлены проявления золотокварцевой формации в гидротермальных брекчиях (Гугинское, Усманское) с повышенными и высокими содержаниями Sb и As [11, 12].

Вышеперечисленные узлы вмещают все наиболее значимые рудные проявления, зоны и месторождения; за их пределами отмечаются только мелкие проявления и точки минерализации золотокварцевой формации.

Все рудные узлы, за исключением Албазинского, характеризуются слабой изученностью. В их пределах большая часть рудных объектов оценена поверхностными поисковыми методами и только незначительная — горными выработками и бурением. Многие аспекты структурно-тектонического строения рудных полей, особенностей локализации рудных тел, их минерального состава, геохимической специализации в зависимости от петрохимического состава рудопродуцирующих интрузий, а также вопросы генезиса руд, нуждаются в дополнительных исследованиях.

Типы магматогенных рудоносных систем

Все известные до настоящего времени рудопроявления и месторождения района ассоциированы с магматическими образованиями позднемелового возраста [7] и относятся к вулканогенному, интрузивно-вулканогенному и интрузивному классам. Оруденение приурочено, как правило, к эндо- и экзоконтактным зонам интрузий (в пределах терригенного основания)

Таблица 1
Типы магматогенных рудоносных систем Ульбанского террейна

Магматогенные рудоносные системы	Магматическая ассоциация	Рудная формация, минеральный тип, геохимическая ассоциация	Месторождение, рудопроявление
Вулкано-купольные близповерхностные	Андезит-дацитовая	Золотосеребряная формация. Кюстелитовый тип. Au, Ag (As)	Адякиль, Трудное, Подгорное, Зарница, Гольцовое, Талим
Субвулканические интрузивно-купольные порфиновые системы	Диорит-гранодиорит-гранитная	Золотосульфидно-кварцевая формация, золото-арсенопиритовый тип. Au, Ag (As, Sb)	Албазинское месторождение, проявления и рудопроявления Албазинского рудного поля
		Золото-редкометалльная формация, золото-висмутитовый тип. Au, Bi (Cu, Ag)	Уркачик
		Золото-редкометалльная формация. Au, Cu (Bi, Te, Se)	Куянское
Гипабиссальные интрузивно-купольные	Диорит-гранодиорит-гранитная	Золотокварцевая формация, золото-пирит-арсенопиритовый и купроауритовый типы. Au (Ag, As, Cu)	Кутынское, Ягоднинская группа проявлений

или к их надкровельной части (чаще в вулканитах). В последнем случае, флюидогенерирующий магматический очаг может не выходить на поверхность, но его вероятное присутствие устанавливается по геофизическим данным либо по ряду косвенных геологических признаков (развитие многочисленных даек-апофиз, наличие ореолов ороговивания и гидротермально-измененных пород).

По геологическим признакам выделяется несколько типов рудообразующих систем:

1) вулкано-купольные с сохранившимися вулканическими фациями над или вблизи близповерхностных интрузивных массивов (рудопроявления Трудное,

Таблица 2
Минералы магматогенных рудоносных систем

Метасоматические и жильные	Рудные	Примеры рудных объектов
УЛЬБАНСКОЕ, ТАЛИМСКО-АЛГАТИНСКОЕ, ВУЛКАНИЧЕСКИЕ ПОЛЯ И ИХ ФЛАНГИ		
<i>Вулкано-купольные близповерхностные структуры</i>		
Кварц, халцедон, серицит, гидрослюда, кальцит, анкерит, каолинит, хлорит, лейкоксен, альбит, эпидот, гидробиотит	Кюстелит, пирит, арсенопирит, халькопирит	Рудопроявления Трудное, Подгорное, Золотая Осень, Гольцовое, Адякиль, Равнинный
<i>Субвулканические интрузивно-купольные структуры</i>		
Кварц, серицит, хлорит, рутил, карбонат, турмалин	Золото, арсенопирит, галенит, пирит, халькопирит, сфалерит, теллуристый висмутин, самородный висмут, ширмерит (?), теллуровисмутит, сульфотеллуриды	Рудная зона Уркачик (Талгий), проявления Пихтовый, Бродный
<i>Интрузивно-купольные структуры гипабиссального уровня</i>		
Серицит, кварц, мусковит, рутил, барит	Купроаурит, борнит, пирит	Проявления Ягодненского рудного поля
Серицит, гидросерицит, кварц, адуляр, анкерит, турмалин, карбонат	Золото, пирит, арсенопирит, самородная медь, самородный свинец (?), сфалерит	Кутынское месторождение
ЭВУРСКОЕ ВУЛКАНИЧЕСКОЕ ПОЛЕ И ЕГО ФЛАНГИ		
<i>Субвулканические интрузивно-купольные структуры</i>		
Кварц, серицит, гидрослюда, кальцит, доломит, каолинит, хлорит, монтмориллонит, смешанно-слоистый минерал (гидрослюда – монтмориллонит), альбит, фторапатит, анкерит, флюорит, рутил, клиноцоизит, брейнерит, барит	Золото, медистое золото, электрум, арсенопирит, пирит, антимонит, халькопирит, галенит, сфалерит, халькозин, самородное серебро, пирротин, марказит, фрейбергит, висмутин, теллуровисмутит, консбергит, пирролизит, вад, псиломелан, молибденит, ульманнит, цумоит, вольфрамит, титанит, стибнит, рамсделлит, гидрогетит, гроутит (?), касситерит, киноварь, шеелит, мальдонит, хедлейит, джемсонит, хромшпинелид, матильдит, гетероморфит, кобеллит, кобальтин, лёллингит, платина (?)	Албазинское месторождение и Куянская рудная зона

Подгорное, Золотая Осень и другие Ульбанского ВП). Как правило, с ними связаны тектонически обусловленные прожилковые линейно-штокверковые и жильные рудоносные системы. Этот тип можно подразделить на два подтипа: а) вулcano-купольные МРС в вулканотектонических структурах (ВТС), обычно кальдерных просядках и б) вулcano-купольные МРС без признаков палеокальдер;

2) субвулканические интрузивно-купольные порфиновые системы, сопряженные с линейно-штокверковыми прожилковыми рудоносными структурами (месторождение Албазино, рудные зоны Куянская и Уркачик);

3) интрузивно-купольные системы гипабиссально-уровня (Кутынское месторождение, Ягоднинская группа проявлений).

В табл. 1 типизированы основные МРС района на основе анализа их геологической позиции, слагающих их рудоносных магматических и рудных формаций. В табл. 2 приведен минеральный состав рудоносных метасоматитов.

Ниже на примере наиболее крупных МРС рассмотрены особенности оруденения в каждом из выделенных типов.

Рудоносные вулcano-купольные близповерхностные МРС характерны для Ульбанского ВП и, в меньшей степени, для Эвурского. Во многих случаях они характеризуются: 1) приуроченностью к более крупным вулcano-тектоническим структурам, палеокальдерным постройкам или крупным вулcano-купольным поднятиям; 2) наличием вулканитов жерловой, околожерловой и экструзивной фаций; 3) в целом умеренным развитием даек; 4) проявленностью эпитермальных изменений: гидрослюдистой березитизации и окварцеванием в рудных зонах, аргиллизацией и пропилитизацией на их флангах; 5) золотосеребряной специализацией, иногда с сопровождающей As и Sb минерализацией; 6) в пределах Ульбанского ВП — во всех случаях повышенной (21–35 % Ag) серебристостью золота.

Модель рудогенеза в вулканических формациях подразумевает наличие близповерхностного (обычно небольшого) магматического очага, от которого рудоносные гидротермы следуют в наиболее нарушенные части вулканоструктур — в зоны разломов или вулканические центры, и разгружаются там с образованием локальных рудных концентраций.

Вулcano-купольные МРС охарактеризованы на примере рудопроявлений Трудное и Подгорное Ульбанского ВП.

Рудопроявление Трудное изучено геофизическим и геолого-геохимическим методами, горными выработками и, в небольшом объеме, буровыми скважинами. Расположено оно в западной части Ульбанского вулканического поля, в центре Сыранской кальдеры (рис. 3). Геологическая позиция рудопроявления определяется его положением: 1) на границе покровов верхнемеловых вулканитов (андезитов, дацитов) и терригенной юрской толщи; 2) в зоне влияния крупного северо-восточного разлома, отделяющего Ульбанское поле от пород основания; 3) в экзоконтактной зоне гипабиссальной приразломной интрузии лейкогранитов. В центральной части РП картируется вулcanoцентр с экструзивными (диоритовые порфиры, дацитовые порфиры) и околожерловыми (туфы дацитов) фациями.

Рудопроявление контролируется системой субмеридиональных тектонических нарушений, оперяю-

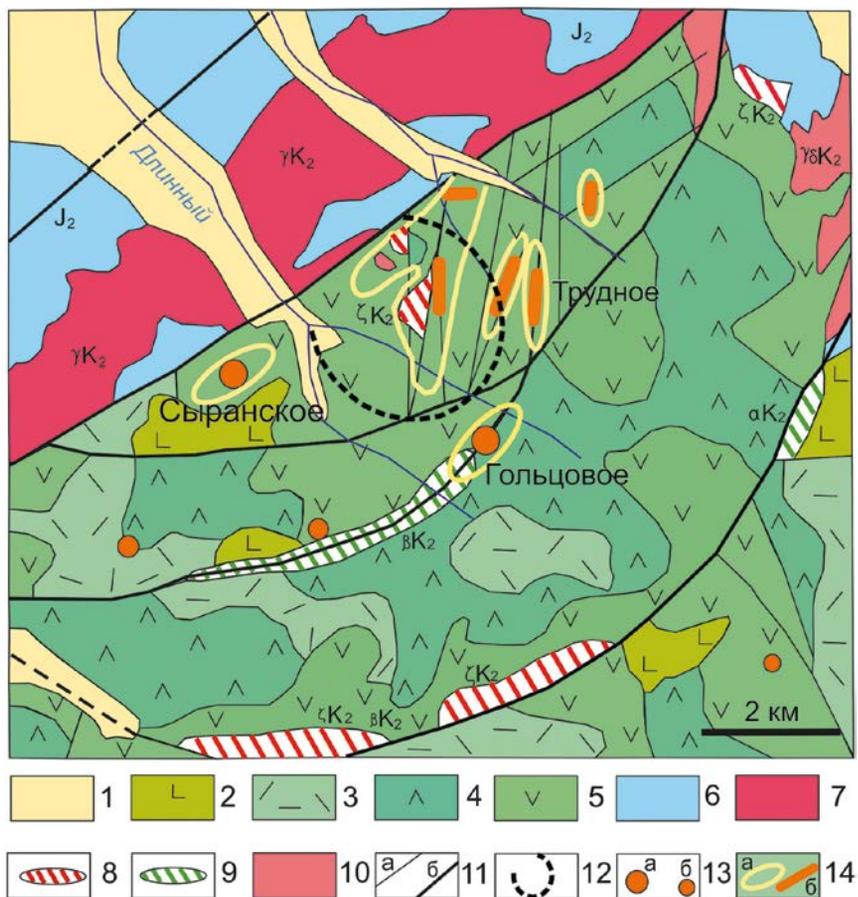


Рис. 3. Геологическая схема района рудопроявления Трудное (по результатам ГГС-50, с дополнениями авторов): 1 — четвертичные аллювиальные отложения; 2–5 — вулканиты (K_2): 2 — базальты, 3 — риолиты, 4 — дациты и их туфы, 5 — андезиты и их лавобрекчии; 6 — юрские песчаники эльгонской свиты (J_2); 7–10 — интрузивные и субвулканические породы (K_2); 7 — лейкограниты, 8 — дацитовые порфиры и гранодиорит-порфиры, 9 — андезиты и диориты, 10 — гранодиориты; 11 — разломы (а), то же, наиболее крупные (б); 12 — границы палеовулкана; 13 — золото-серебряные рудопроявления (а) и проявления (б); 14 — ореолы окварцевания и гидрослюдистой березитизации (а), рудные зоны (б)

щих крупный разлом северо-восточного простирания. Субмеридиональные нарушения мощностью 20–100 м отчетливо фиксируются градиентами магнитных полей и выражены линейными участками интенсивной трещиноватости и брекчирования, с сопровождающими их кварц-гидросерицитовыми изменениями березитового и вторично-кварцитового типа. Учитывая наличие субмеридиональных даек в рудоносных зонах, наличие многочисленных мелких интрузий в пределах рудного поля и значительную проявленность гидротермальных изменений (охвачено 30–40 % объема пород), можно предположить наличие на глубине субвулканического тела умеренно-кислого состава, с которым связано оруденение.

Участкам гидротермальных изменений соответствуют ореолы аномальных (0,01–1 г/т) содержаний золота, общей площадью около 2 км², в пределах которого выделен ряд рудоносных зон мощностью 1,5–20 м. Наиболее значительные содержания золота (2–6,4 г/т) наблюдаются в кварц-пиритовых жилах в центральных частях рудных зон. Рудопроявление относится к золотосеребряному типу; золото представлено кюстелитом, приуроченным к лимонитизированному пириту [12] и сопровождается в рудах высокими содержаниями Ag (до 32 г/т), As (240–8000 г/т) и Sb (15–630 г/т). Корреляционный анализ представительных выборок рудных проб свидетельствует о геохимическом парагенезисе Au-Ag-As-Sb. Наиболее высокие парные коэффициенты корреляции установлены для Ag-Sb (0,76), As-Sb (0,71) и Au-As (0,64).

Рудное поле Подгорное исследовано поверхностными горными выработками и, в меньшей мере, буровыми скважинами. Находится оно в центральной части Ульбанского ВП, в пределах крупной (6–7 км в диаметре), сложно построенной Подгорнинской вулкано-купольной структуры. Последняя сложена преимущественно покровами андезитов и андезидацитов, отличается насыщенностью дайками и субвулканическими интрузиями второй и третьей фаз ульбанской ВПА. В ее пределах отмечаются многочисленные точки минерализации Au и Ag и ряд рудопроявлений, наиболее значительными из которых являются Золотая Осень, Подгорное и Дремучий. Оруденение контролируется северо-западными и дуговыми разломами и связано с зонами окварцевания и кварц-серицитовых метасоматитов мощностью 12–14 м и протяженностью от первых сотен метров до 1,2 км.

На наиболее рудоносном участке Дремучий рудная зона северо-западного простирания с крутым падением «зажата» между двумя дайками гранодиорит-порфиоров второй фазы ульбанской ВПА. Высокие содержания Au (от 5–20 до 343 г/т) и Ag (10–133 г/т) установлены в метасоматическом кварце, слагающем жилообразное тело во внутренней части зоны кварц-серицитовых метасоматитов. Из сульфидов присутствуют пирит и арсенопирит. Рудная зона прослежена бурением до глубины 70 м, ее мощность составляет около 20 м при длине 150 м.

Вертикальный размах оруденения, по данным бурения и геологическим наблюдениям, для рассматриваемого типа МРС составляет первые десятки метров. Не исключено, что на глубине они могут переходить в рудоносные системы «корней вулканов» (например, в основании РМС Трудное песчаники юрского возраста интенсивно окварцованы и сульфидизированы) или в рудоносные системы апикальных частей субвулканических интрузий.

Учитывая слабую степень изученности известных рудопроявлений в вулкано-купольных структурах, а также незначительность эрозионного среза на большинстве имеющихся объектов, для некоторых из них можно предполагать наличие на глубине «слепого» оруденения. Для дополнительного изучения могут быть рекомендованы вулканоструктуры Ульбанского вулканического поля с наиболее широко проявленными поисковыми признаками (Сыранская, Подгорненская и Адыкильская вулканоструктуры), во вторую очередь — западная часть Талимского ВП.

Субвулканические интрузивно-купольные порфировые системы, сопряженные с разломными рудоносными структурами, относятся к МРС основания террейна. Их общими особенностями являются: 1) порфировые и порфиroidные структуры субвулканических пород и неполная степень раскristаллизации; 2) признаки глубоко эродированных (до их корневых частей) вулканических центров с многочисленными дайками; 3) значительный масштаб тектонической нарушенности и гидротермальных изменений (с рассеянной сульфидной минерализацией) магматических и вмещающих осадочных пород.

Модель рудогенеза данного типа базируется на представлении о вулканогенно-плутоногенной природе МРС и масштабной миграции металлоносных флюидов в тектонически нарушенные зоны на их периферии или в верхние части структур.

Наиболее значимой по размерам и продуктивности рудогенной системой является Албазинская МРС, с которой связано одноименное рудное поле (рис. 4).

Албазинское рудное поле включает ряд золоторудных зон, детально изученных бурением и подземными горными выработками [9, 11, 12]. Рудное поле контролируется узлом пересечения крупных диагональных и ортогональных разломов в приосевой части Омальского горст-антиклинория. Последний вытянут в В-С-В направлении и ограничен разломами аналогичного простирания в районе долин рек Амгунь и Сомня. Амплитуда движений в пределах Омальского горст-антиклинория и окаймляющих его просядков оценивается не менее чем в 450–500 м [11].

В позднемерловое время большая часть этого района, в том числе Албазинская площадь, были перекрыты покровами вулканитов Эвурского вулканогена, реликты полей которого закартированы на крыльях антиклинория. В палеогене северо-восточная часть вулканогена была эродирована, а юго-западная часть сохранилась на правобережьях рек Амгунь и Сомня по периферии Албазинского рудного поля.

Основание Албазинской МРС представлено преимущественно терригенными образованиями дьяновской алевропесчаниковой (J_1), эльгонской песчаниковой (J_2) свит и разделяющей их михалицынской свиты (J_1). Последняя свита в пределах рудного поля преобладает по объему. Она принадлежит алевропесчаниковой и марганценовой кремнисто-вулканогенной формациям и играет роль фактора литологическо-

го контроля [13]. Ее нижнеюрский возраст подтвержден исследованиями радиолярий (лаборатория ОСП «Приморгеология», 2020 г.).

С Албазинской МРС ассоциирована Брусничная субвулканическая интрузия эвурского комплекса, которая находится в восточной части Албазинского рудного поля, в пределах предполагаемой эродированной одноименной палеокальдеры. Интрузия размером около 4 км^2 сформировалась на участке пересечения северо-западных и северо-восточных нарушений, имеет в целом эллипсоидальную форму в плане и вытянута в запад-северо-западном направлении. Ее многофазный характер обусловлен последовательным внедрением диоритовых порфиров, гранодиорит-порфиров (преобладают) и гранит-порфиров. Предполагается, что она представляет собой лополит с многочисленными сохранившимися провесами кровли. Специфической особенностью субвулканического массива является его высокая тектоническая нарушенность и интенсивно проявленный по всему объему интрузии метасоматоз (окварцевание, серицитизация, аргиллизация и сульфидизация).

Метасоматоз сопровождался потерей магнитных свойств интрузивных пород и выносом радиоактивных элементов. Так, содержания U уменьшились с 2,3–1,4 до 1,2–0,4 г/т, Th с 7–10 до 5–4,2 г/т. Содержания калия сократились с 1,7–1,2 до 1,1–0,8 % и стали заметно ниже, чем в окружающих терригенных породах.

Радиоактивные и ряд других элементов, в том числе Au, Ag, As и Sb, с гидротермальными металлонесными растворами мигрировали от продуцировавшей их интрузии в области разгрузки. Напротив, элементы, характерные для порфировых систем (Cu, Mo), характеризуются повышен-

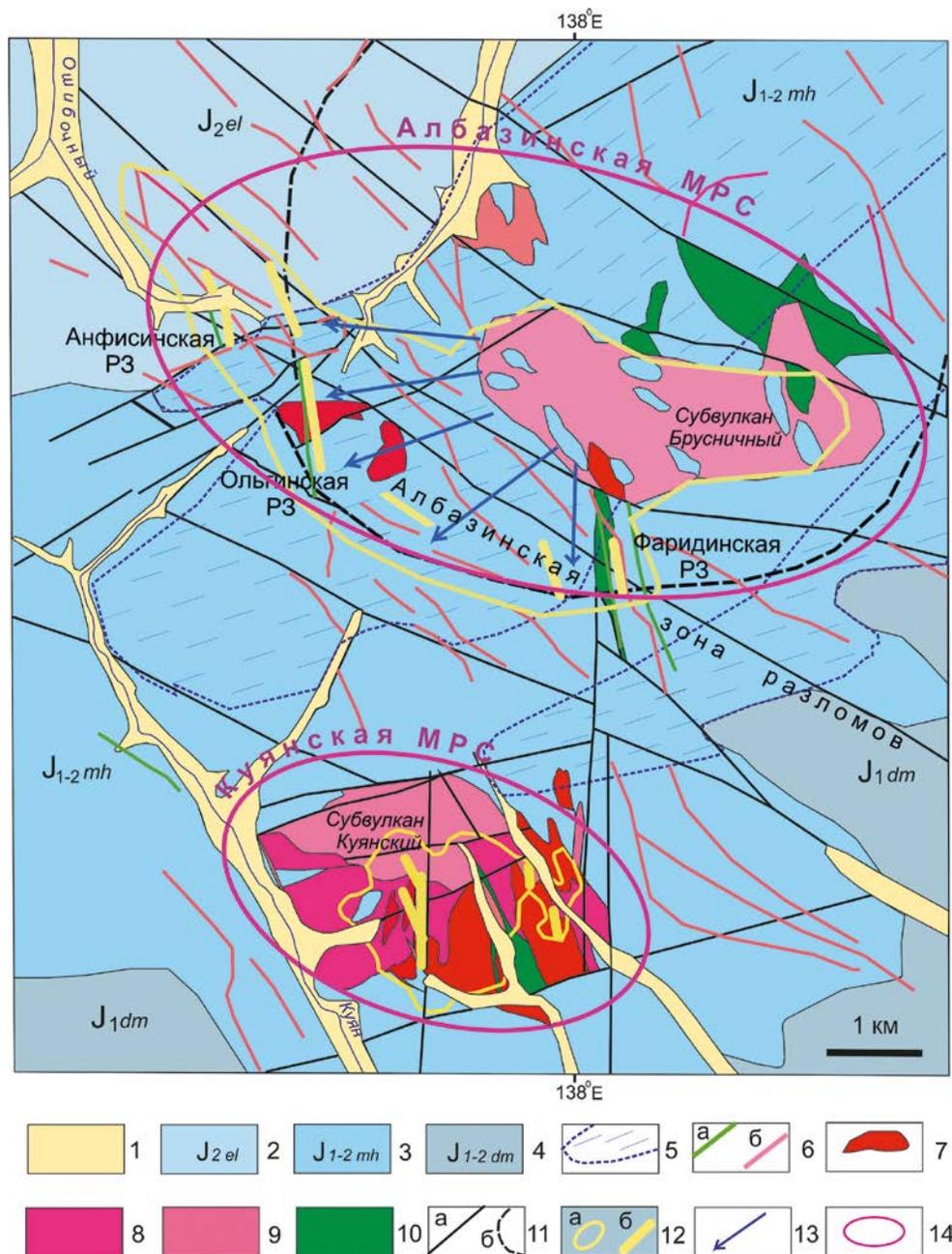


Рис. 4. Схематическая геологическая карта Албазинского месторождения и Куянской рудной зоны: 1 — четвертичные аллювиальные отложения; 2–4 — юрские отложения: 2 — эльгонская свита, 3 — михалицынская свита, 4 — дьяновская свита; 5 — ареал кремнисто-глинистых пород, спилитов и углеродистых алевролитов в составе михалицынской свиты; 6–10 — интрузивные породы: 6 а — наиболее крупные дайки диоритов, 6 б — то же, гранитоидов, 7 — плагиогранит-порфиры, 8 — гранодиориты, 9 — гранодиорит-порфиры, 10 — диориты; 11 а — линейные разломы, 11 б — дуговой разлом, ограничивающий Албазинскую палеокальдеру; 12 а — ореолы гидротермальных изменений (аргиллизация, березитизация); 12 б — рудные зоны (РЗ); 13 — направление движения рудоносных гидротермов (для Албазинской МРС); 14 — границы МРС

ными концентрациями в пределах Брусничного субвулкана: Си локально до 130–410 г/т (кларк концентрации Кк 4–10), Мо до 160–180 г/т (Кк около 100).

Таким образом, рудогенерирующая система представляла собой масштабные сопряженные зоны: 1) выноса элементов из магматогенной системы порфирового типа («генератора» рудогенных флюидов); 2) транзита вдоль широтных и северо-восточных разломов; 3) рудоотложения на периферии, в 1,5–2 км западнее и южнее Брусничной интрузии, в области меньшего давления и разгрузки гидротерм (зона Албазинских разломов).

Последняя характеризуется значительной тектонической нарушенностью, объемными гидротермальными изменениями и многочисленными дайками северо-западного простирания. Отмеченные признаки отвечают режиму растяжения, вероятно, вдоль магматогенного свода. Дайки сложной морфологии представляют собой, предположительно, корневые части палеовулканических сооружений [11]. Все дайки в центральной части рудного поля гидротермально преобразованы (аргиллизированы, окварцованы), что говорит о изначально повышенной водонасыщенности магматических расплавов, а также о том, что тектонически нарушенные дайки служили каналами движения рудогенных растворов.

Помимо благоприятных структурных и магматических факторов локализации, проявились литологический (наличие контрастного разреза) и геохимический факторы контроля оруденения (специализация вмещающих толщ на халькофильные элементы и золото) [13].

Албазинская зона разломов северо-западного простирания являлась основной магма- и рудоконтролирующей структурой, поперечные ей меридиональные нарушения раздвигового типа — рудо локализуемыми (Анфисинская, Ольгинская, Екатерининская и Фаридинская рудные зоны, рис. 4). Большая их часть приурочена к внутренней прибортовой части предполагаемой палеокальдеры, ограниченной дугowymi разломами [11].

В пределах палеокальдеры магнитные поля характеризуются высокой неоднородностью, что обусловлено ее сложным геологическим строением и контрастными петрофизическими характеристиками участвующих в ее строении пород. Общая протяженность рудоносной структуры составляет около 5 км, при установленном вертикальном размахе 400–500 м.

Околорудные гидротермальные изменения отнесены к гидрослюдисто-березитовым, с признаками углеродистого метасоматоза. Оруденение выражено линейными зонами кварц-сульфидных и кварц-карбонатных прожилков [12]. Они отличаются значительным разнообразием минерализации (табл. 2), в том числе рудной (более 30 гипогенных минералов), с заметным преобладанием арсенопирита и пирита [4, 5, 12, 13]. Примечательно присутствие теллуридов и селенидов [5]. Золото (с примесью Ag в количестве 18–24 масс. %) тесно ассоциирует с арсенопиритом, встречаясь в нем в виде тонких выделений, и реже

приурочено к другим сульфидам и халькогенидам Bi и Te.

Относительно интрузии проявилась латеральная и вертикальная геохимическая зональность (от центра к периферии): медь с молибденом → золото с серебром и сурьмой → ртуть.

Вертикальная минералогическая зональность (снизу-вверх) в Албазинской МРС следующая: молибденит, вольфрамит, шеелит → халькопирит, галенит, сфалерит → арсенопирит, золото, фрейбергит, сульфоантимониты Pb, минералы Bi и Te, антимонит → электрум, консбергит → киноварь.

Для золоторудных зон Албазинского рудного поля и его флангов характерно повышенное и высокое содержание, кроме Au, еще Ag, As, Sb и Bi, подобно убого- и малосульфидным месторождениям Дальнего Востока и Забайкалья [1].

Рудная формация Албазинского месторождения определена как золотосульфидно-кварцевая, геохимический тип — как существенно золотой, минеральный тип — как малосульфидный золото-арсенопиритовый [11, 12].

Еще одним примером рудоносной субвулканической интрузивно-купольной системы, сопряженной с разломными рудоносными структурами, может служить *Уркачикская МРС* в юго-восточной прибортовой части Ульбанского ВП. Выявленная АО «Полиметалл» в ее пределах рудная зона Талгий изучена поверхностными горными выработками и бурением.

Интрузия среднезернистых порфировидных биотитовых плагиогранодиорит-порфиоров ульбанского комплекса контролируется магмоконтролирующим разломом северо-восточного направления, вдоль которого она вытянута на 1,5 км. Ее площадь на поверхности составляет менее 1 км², но широкое развитие узловатых гранатосодержащих роговиков по породам вмещающей тохареузской свиты и выходы интрузивных пород в урезах близлежащих водотоков могут свидетельствовать, что она представляет, возможно, апикальную часть более крупного интрузивного массива. Предполагается, что интрузия с краевой мелкозернистой фацией и со свитой из многочисленных апофиз и даек кварцево-диоритового и андезитового состава является корневыми частями эродированного вулканического палеоаппарата.

В геофизических полях МРС связана с линейно-вытянутой аномалией вызванной поляризации северо-восточного простирания протяженностью около 3 км и фиксируется положительной магнитной аномалией овальной формы этого же направления.

В геохимических полях МРС характеризуется аномалией золота (0,01–0,3 до 1 г/т), повышенными содержаниями Ag, As, Bi, Cu и Pb (вместе образуют комплексный ореол площадью около 3 км²). В рудах содержания Au варьируют от 2 до 40 г/т, Ag 0,36–5,9 г/т, As 240–2100 г/т, Cu 98–690 г/т. Корреляционный анализ свидетельствует об ассоциации Au, Bi и As.

Для Уркачикской интрузии характерны высокая тектоническая нарушенность и масштабный мета-

соматоз. Гидротермальные изменения проявились в пределах интрузии и по дайкам, что говорит об их роли в качестве каналов проникновения рудоносных флюидов на более высокие горизонты. Околорудные метасоматические изменения березитового типа проявились в окварцевании, серицитизации и карбонатизации (Са-Mg содержащий кальцит) по интрузивным породам и вмещающим биотит-кварц-плагиоклазовым роговикам по алевропесчаникам. Наложенное на них прожилковое окварцевание сопровождается сульфидизацией. Кварц-сульфидные прожилки образуют линейные штокверки, согласные простиранию интрузивного тела и чаще всего приуроченные к его эндоконтактам. Окружающие терригенные породы характеризуются более слабыми метасоматическими изменениями аналогичного типа, постепенно затухающими по мере удаления от интрузии. Таким образом, Уркачическая интрузия может представлять собой порфировую систему, совмещенную с метасоматической рудоносной гидротермальной системой.

Прожилковая кварцевая, кварц-карбонатная и хлорит-кварцевая с турмалином минерализация характеризуется вкрапленно-гнездовым и тонкопрожилковым развитием самороднометалльных, теллуридных, сульфотеллуридных, сульфоарсенидных и сульфидных минеральных форм Au, Ag, Bi, Pb и других металлов, тонковкрапленно развитых в доминирующем арсенидопирите, а также в халькопирите и, реже, в пирите, галените и сфалерите. Некоторые из них представлены минералами разных классов. Для нескольких генераций золота это — Au-Ag, Au-Ag-Cu и Au-(Ag)-Bi системы. Содержания Ag в выделениях самородного золота значительно варьируют от 1 до 36,3 %. Висмут обнаружен в самородном и оксидном виде, но особенно многообразно представлен минералами Bi-Te, Bi-Te-S, Bi-S, Ag-Pb-(Bi, Sb)-S, Ag-Pb-(Bi, Se)-S, Ag-Bi-S, Pb-Bi-S и других систем. Золото-редкометалльный сурьмяно-мышьяковистый профиль руд подчеркивается и присутствием в них оксидов Sn, сульфидов Mo и Ni, минералов Cd.

Вышесказанное позволяет отнести руды Уркачической зоны к золото-редкометалльной (Au, Bi, Te) рудной формации, золотовисмутовому минеральному типу.

Предположительно, к описанному типу оруденения относится также рудопроявление Пихтовое (с гипотетической гранодиоритовой интрузией на глубине) на северном фланге Уркачика, где золото установлено в кварц-хлоритовых пропилитах по песчаникам, прованным многочисленными дайками гранодиоритов.

Куянская МРС, локализованная к юго-западу от Албазинского рудного поля, исследована поверхностными горными выработками и буровыми скважинами. Она является еще одним примером описываемого типа, где рудные зоны приурочены к центральным частям субвулканической интрузии эвурского комплекса. Интрузия приурочена к узлу пересечения северо-западных и северо-восточных разломов и представляет собой изометричной формы лакколит площадью

около 5 км², в строении которого участвуют диориты, плагиогранит-порфиры, гранодиориты и гранодиорит-порфиры (рис. 4). В интрузивных породах отмечаются провесы кровли, ксенолиты вмещающих терригенных пород и признаки контаминации. Для гранитоидов характерны масштабно проявленные биотитизация, окварцевание, серицитизация и рассеянная пиритизация; по диоритам актинолитизация и хлоритизация.

В геохимических полях массив характеризуется крупным вторичным ореолом меди (от 50–80 г/т до 770 г/т), площадью около 3 км². В первичных ореолах ее содержание достигает 1000 г/т. Кроме Cu, в повышенных концентрациях отмечаются Au (0,1–3,4 г/т), Bi (Kк=5320), As (Kк=3692), Sb (Kк=116).

Согласно данным корреляционного анализа медь не коррелируется с другими элементами, и ореолы Cu и Mo разобщены. Установлена связь золота с мышьяком (Au-As =0,62) и висмутом (Au-Bi =0,64).

Оруденение контролируется меридиональными и северо-западными нарушениями. Гидротермально измененные породы содержат кварцевые и карбонатные прожилки с сульфидами, сульфоарсенидами и арсенидами железа (пирит, халькопирит, арсенидопирит, лёллингит). С ними ассоциирован широкий круг тонко вкрапленных рудных минералов, в том числе редко встречаемых в природе. Это различные простые и сложные соединения Pb, Cu, Zn, Bi, Mo, Ni, Co и Ag с S, Te, Se, Sb и As, самородные висмут и золото, а также медистое золото и мальдонит. Таким образом, вкрапленно-прожилковые руды Куянской МРС принадлежат редкометалльно-золотому (золото-висмут-сульфотеллуридно-сульфоарсенидному) минеральному типу.

Не исключено, что Куянская МРС является редуцированной проявленной золото-медно-порфировой системой.

Магматические образования охарактеризованных МРС субвулканического уровня хорошо фиксируются среди осадочных толщ в геофизических полях, в том числе дифференцированными и в целом положительными магнитными аномалиями. Отмеченная особенность дает возможность выделять их на предварительном этапе подбора перспективных площадей, используя имеющиеся аэрогеофизические данные. Кроме того, продуктивные МРС малоглубинного субвулканического типа характеризуются ореолами привноса и выноса радиоактивных элементов, особенно урана и калия, что является показателем объемного воздействия гидротермальных процессов. Выделенные по геофизическим данным участки по периферии вулканических полей (обычно в радиусе 5–10 км), с признаками золотоносности, могут быть рекомендованы для поисковых работ, в первую очередь геохимических. По предварительным данным, наиболее значительные перспективы выявления МРС данного типа в породных комплексах основания связаны с южным и западным обрамлением Ульбанского вулканического поля.

Рудоносные интрузивно-купольные системы гипабиссального уровня представлены Кутынской, Ягоднинской и Кивунской МРС с оруденением плутоногенно-гидротермального типа.

Обычно системы этого типа связаны с относительно более крупными телами полнокристаллических гранитоидов, в эндо- и экзоконтактных зонах которых локально развиты метасоматиты, в которых встречаются минералы мезотермальной зоны, например, барит или турмалин.

Модель оруденения описываемого типа основана на представлении о парагенетической связи металлогенных гидротерм с геохимически специализированными на золото интрузиями и рудоотложением в их эндо- и экзоконтактных зонах.

Кутынская МРС находится в краевой северо-западной части Ульбанского террейна, связанные с ней рудные зоны оценены горными выработками и буровыми скважинами. Все интрузивные породы названной площади относятся к ульбанской ВПА и образовались в гомодромной последовательности. Кутынская МРС

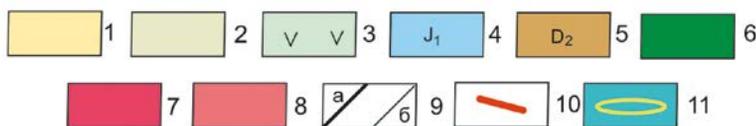
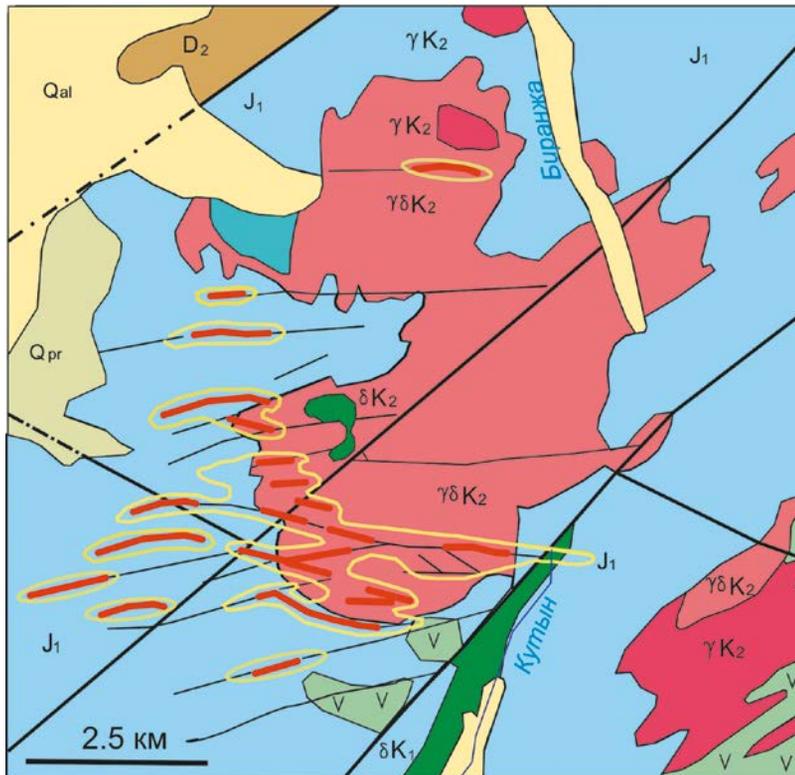


Рис. 5. Схематическая геологическая карта Кутынской МРС: 1–5 — стратифицированные образования: 1 — аллювиальные отложения Qal, 2 — пролювиальные отложения Qpr, 3 — вулканиты K₂, 4 — терригенные образования J₁, 5 — терригенные образования D₂; 6–9 — интрузивные образования K₂: 6 — диориты и габбро-диориты, 7 — граниты, 8 — гранодиорит-порфиры, 9 — разломы: крупные (а) и менее крупные (б); 10 — рудные зоны; 11 — ореолы окolorудных березитовых изменений

включает куполообразную интрузию (Биранджинский массив) биотит-роговообманковых гранодиоритов и гранодиорит-порфиров размером 25 км², вытянутую вдоль магмоконтролирующих структур в северо-восточном направлении (рис. 5). В подчиненном объеме в ее строении участвуют кварцевые диориты, габбро-диориты и граниты. Интрузия приурочена к центральной части горста, сложенного ороговикованными терригенными образованиями преимущественно нижней юры (песчаники, алевролиты, кремнистые породы и седиментационные брекчии). Горстовое сооружение ограничено северо-восточными разломами. В его западном борту выходят терригенные породы девона (алевролит-песчаниковая толща), в восточном — вулканиты (преимущественно андезиты) Талимской ВТС верхнего мела и осадочные породы средней юры (алевролиты, песчаники, осадочные брекчии). В гранитоидах распространены грейзены кварц-серицит-турмалинового состава и гидрослюдистые березиты. По вулканитам развиваются карбонат-эпидотовые и карбонат-хлорит-кварцевые пропилиты, реже каолинит-кварцевые и монокварцевые гидротермальные кварциты.

Постмагматическая гидротермальная деятельность в пределах Кутынской МРС завершилась появлением низкотемпературной гидросерицитовой ассоциации в породах и развитием рудоносных прожилков. Наиболее значительные концентрации золота связаны с линейными штоковыми прожилками кварц-лимонитового, кварц-гидросерицитового и кварцевого с адуляром состава, а также брекчиями с кварцевым цементом, размещающимися в центральных частях зон метасоматитов.

В рудах отмечаются высокие содержания Au (1–76 г/т, в среднем 4–8 г/т) и As (до 1%), иногда Ag (до 10–196 г/т). Другие элементы (Cu, Pb, Zn, W) отмечаются в слабо повышенных концентрациях.

Золото в рудах относится к двум типам — с пробностью 698–806 и 862–897.

Руды Кутынского месторождения относятся к малосульфидной золото-кварцевой формации, золото-пирит-арсенопиритовому минеральному типу.

Ягоднинская МРС расположена в северо-западной части Ульбанского вулканогена, где приурочена к зоне пересечения субширотных и меридиональных разломов. Рудоносная площадь приурочена к ВТС кальдерного типа, сложенной андезитами с горизонтами дацитов. По периметру ВТС закартированы субвулканические интрузии диоритов и гранодиоритов. В центральной ее части локализована гипабиссальная интрузия, состоящая из кварцевых диоритов, гранодиоритов и гранит-порфиров ульбанской ВПА. Интрузия

имеет сложную морфологию, с провесом кровли в центре, и контролируется узлом пересечения меридиональных и северо-восточных разломов,

Гидротермальные изменения (окварцевание, сульфидизация, березитизация) отмечаются в центральной и южной частях ВТС. Ореольная (более 1 км²) березитизация (кварц, серицит, мусковит, пирит) наиболее интенсивно проявлена в интрузивных породах. Среди березитов картируются кварцевые жильные зоны с пиритом, в которых отмечаются барит, борнит и редкая вкрапленность купроаурита (Au — 59, Cu — 33 и Ag около 8 масс. %) [12]. В геохимических полях интрузивно-купольная структура отличается повышенными содержаниями Cu (60–77 г/т), Au (0,01–0,75 г/т), As (72–490 г/т) и невысокими содержаниями Ag (0,17–0,62 г/т).

Повышенные значения золота (1–2,6 г/т) в целом соответствуют ореолам развития березитов и окварцевания с вкрапленной сульфидной минерализацией. Рудная формация определена как золотокварцевая. Ягоднинская МРС обладает также признаками медно-порфировой системы с повышенными содержаниями золота и может быть рекомендована к дальнейшему, более детальному изучению на этот предмет.

Кивунская МРС располагается 17 км севернее Албазинской МРС и связана с формированием одноименного гранодиоритового лакколита ульбанского комплекса. Надкровельная и апикальная части ее части эродированы, и на поверхности наблюдаются полнокристаллические гранодиориты.

Ореолы повышенных концентраций ряда металлов локализируются в экзоконтактовых частях системы, где, по мере удаления от интрузии, отмечается отчетливая латеральная геохимическая зональность со сменой высокотемпературных, «грейзеновых» (W, Mo) элементов более низкотемпературными, халькофильными с золотом (1–2 г/т).

К гипабиссальному уровню относятся и рудопроявления западного фланга Нижнеамурской МЗ (Гугинское, Усманское). Их оруденение приурочено к брекчиям по осадочным породам на кварцевом цементе с карбонатной, баритовой и сульфидной минерализацией (пирит, арсенопирит и антимонит). Характерной особенностью брекчий является преобладание цемента (до 70–75 %) над разного рода обломками (песчаники, алевролиты, дайки) «окатанной» формы, что говорит об их перемещении при высоком гидродинамическом напоре в гидротермах. Золото в брекчиях содержится в количестве 1–3 г/т, редко до 15,8 г/т. Высокие содержания имеют также As (до 12 000 г/т) и Sb (до 530 г/т). Согласно корреляционному анализу в рудную ассоциацию входят: Au, As, Ag, Mo, Bi и Pb. Отмеченные гидротермалиты соответствуют наиболее глубинным корневым частям МРС и связаны (по геофизическим данным) с не вскрытыми эрозией массивами гранитоидов.

Во всех описанных выше МРС рудоносные зоны представлены линейно-штокверковыми и жильными рудоносными системами, прожилково-вкрапленным

малосульфидным и иногда (Ягоднинская площадь) вкрапленным типом руд.

Для МРС Ульбанского террейна достаточно уверенно прослеживается вертикальная геохимическая зональность: в верхнем вулканогенном этаже Au и Ag (As), на субвулканическом уровне Au (Sb, Ag, Bi, Te), на гипабиссальном Au (Cu).

Месторождения и рудные зоны Ульбанского террейна во многом близки к известным месторождениям описанных типов в других районах мира. Так, золотосеребряные рудопроявления района (Ульбанское вулканическое поле) аналогичны месторождениям окраинно-континентальных вулканических поясов [3]. Для месторождений и рудопроявлений гипабиссального уровня (площадь Ягодная, Кутынское месторождение) и субвулканического уровня (Куянское, Уркачик) примерами могут являться золоторудные месторождения сульфидно-кварцевой и золото-редкометалльной формаций Яно-Колымской складчатой области [2, 14].

Албазинское месторождение подобно месторождениям корневых частей вулканических сооружений и оснований кальдер (Лепанто на Филиппинах, Донлин Крик на Аляске [11]). По литературным источникам для вулканических кальдер послегеосинклинальных орогенных областей характерны эпитептермальные месторождения, контролируемые дуговыми, радиальными разломами и вулcano-купольными структурами [6].

Для описанных в статье продуктивных золотоносных магматических систем характерны масштабные гидротермальные изменения, когда интрузии часто целиком преобразованы по объему (аргиллизация, березитизация, окварцевание). Сопряженные с ними разломные структуры представляют собой зоны интенсивного катаклаза с многочисленными дайками, интенсивно проявленным метасоматозом и жильно-прожилковыми штокверками гидротермалитов. Перечисленные признаки свидетельствуют о длительной и масштабной активности МРС на постинтрузивных (гидротермальных) этапах их развития при поступлении больших объемов глубинных флюидов.

Примечательно, что другие интрузивные образования района, где не проявились объемные гидротермальные изменения, как правило, безрудны и только в редких случаях характеризуются пунктами минерализации золота. То же самое характерно для наиболее крупных интрузивных массивов района (Кивунского, Омальского).

Продуктивные на золото МРС Ульбанского террейна обладают многими признаками порфирировых систем, часто с повышенными содержаниями Cu и Mo на их нижних уровнях и характеризуются аномальными содержаниями ряда халькофильных элементов, что говорит о высокой фугитивности сульфидной серы во всех гидротермальных системах.

Перспективы района на медно-порфиновый тип оруденения ранее специально не рассматривались, и целенаправленных исследований на выявление это-

го типа не проводилось. Такие объекты характерны для периферии Амуро-Сихотэ-Алинской провинции, ее Западной МЗ [8], являющейся крупной перспективной структурой на медно-порфириновое оруденение Юга Дальнего Востока. В пределах этой зоны выявлен ряд золото-медно-порфириновых объектов в геологических обстановках, близких к вышеописанным на Ульбанском террейне, т.е., в гранитоидах среди терригенных пород (Малмыжское, Понийское) и в субвулканических массивах (Маяк, Тырское) [16]. Непосредственно в пределах Ульбанского террейна выделяется перспективный на медно-порфириновый тип Тугуро-Ульбанский потенциальный рудный район, охватывающий северную часть Ульбанского террейна, с геохимическими ресурсами в 277 тыс. т Cu, 75 т Au [10].

К настоящему времени «классических» медно-порфириновых месторождений в районе Ульбанского террейна пока не выявлено, но ряд МРС может рассматриваться как системы с редуцированно проявленной медно-порфириновой формацией. Возможно, остальные (золотосеребряная, золотая, золото-редкометаллическая) рудные формации являются, в некотором роде, производными медно-порфириновой группы формаций, и проявились в результате ее эволюции на более высоких гипсометрических уровнях.

Заключение

Выделенные в пределах Нижнеамурской зоны магматогенные рудоносные системы Ульбанского террейна соответствуют нескольким генетическим моделям рудогенеза: вулкано-купольного типа (золото-серебряная формация); в интрузивно-купольных системах субвулканического уровня (золото-сульфидно-кварцевая и золото-редкометаллическая формации); в интрузивно-купольных системах гипабиссального уровня (золото-кварцевая формация).

Для всех рассмотренных в настоящей работе типов МРС главную роль играли магматический, структурный и гидротермально-метасоматический факторы формирования оруденения.

Как правило, интрузиям МРС свойственны гетерогенность (многофазность) строения и признаки гибридности, с участием разнородных пород при доминировании гранодиоритов. Специализированные на Au, Ag и другие халькофильные элементы интрузивные породы относятся к диорит-гранодиоритовой и гранодиорит-дацитовый сериям ульбанского и эвурского комплексов, являвшихся основным источником рудогенных флюидов. Не исключено, что рудные элементы могли дополнительно экстрагироваться из обогащенных ими терригенных и хемогенных вмещающих пород — михалицынской свиты в пределах Албазинского рудного поля [13] и тохареузской свиты (Уркачикская площадь).

Проведенные в последние годы АО «Полиметалл» прогнозные работы в пределах восточного сегмента Ульбанского террейна, в том числе подбор перспективных площадей по результатам ГГС-50, анализ критериев и признаков золотого оруденения, с уче-

том материалов геофизики и дешифрирования аэрокосмофотоснимков, а также последующие поисково-оценочные и разведочные работы привели к приросту рудных запасов на флангах месторождений Албазино и Кутын и выявлению ряда перспективных рудопроявлений и рудных зон (Трудное, Пихтовое, Уркачик, Ягодное и др.). Приобретенный в ходе этих работ положительный методический опыт и полученный эмпирический материал дают основание для выделения перспективных площадей в:

1) вулканогенных образованиях перекрывающего комплекса Ульбанского террейна, в вулканотектонических и вулканокупольных структурах с масштабно проявленными гидротермально-метасоматическими изменениями;

2) основании террейна — на участках выходов интрузий гранитоидов субвулканического и гипабиссального типа, подвергшихся объемному метасоматозу, прежде всего, березитового типа, а также в их тектонически нарушенных эндо-и экзоконтактных зонах.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Вольский, А.С.* Тектоника, глубинное строение и минерагения Приамурья и сопредельных территорий / А.С. Вольский, Г.А. Шатов, Л.И. Красный. — СПб-6: ВСЕГЕИ. — 2004. — 190 с.
2. *Горячев, Н.А.* Висмут в орогенных золоторудных месторождениях СВ Азии / Н.А. Горячев, Г.Н. Гамянин // Тр. конф. «Самородное золото: типоморфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождений, задачи прикладных исследований». — М.: ИГЕМ. — 2010. — Т. 1. — С. 159–161.
3. *Горячев, Н.А.* Золотосеребряное оруденение вулканогенных поясов Северо-Востока Азии / Н.А. Горячев, А.В. Волков, А.А. Сидоров // Литосфера. — 2010. — № 3. — С. 36–50.
4. *Кемкина, Р.А.* Находка сульфидно-цинковых свинца в золотых рудах Албазинского месторождения (Хабаровский край) / Р.А. Кемкина, В.В. Иванов, А.Г. Чуракова // Материалы IV Всерос. науч.-практ. конференции. — Новосибирск, 2017. — С. 169 — 171.
5. *Кемкина, Р.А.* Первая находка минералов редкометаллических элементов на Албазинском золоторудном месторождении / Р.А. Кемкина, И.В. Кемкин, А.И. Ханчук, В.В. Иванов // Доклады РАН. — 2018. — № 3. — Т. 481. — С. 300–304.
6. *Лаверов, Н.П.* Рудовмещающие структуры месторождений палеовулканических областей / Н.П. Лаверов, А.Е. Толкунов // Геологические структуры эндогенных рудных месторождений. — М.: Наука, 1978. — С. 41–68.
7. *Мартынюк, М.В.* Объяснительная записка к минерагенической карте Хабаровского края м-ба 1:500 000 // М.В. Мартынюк, С.А. Рямов, В.А. Кондратьева. — Хабаровск, 2000. — 206 с.
8. *Минина, О.В.* Прогнозно-металлогеническое районирование южной части Дальневосточного региона на медно-порфириновое оруденение / О.В. Минина, И.Ф. Мигачев, В.С. Звездов // Отечественная геология. — 2019. — № 1. — С. 35–49.
9. *Моисеенко, В.Г.* Золоторудные месторождения Востока России. / В.Г. Моисеенко, Л.В. Эйриш. — Владивосток: Дальнаука, 1996. — 352 с.
10. *Невструев, В.Г.* Ресурсный потенциал медно-порфириновых объектов юга Хабаровского края / В.Г. Невструев // Горный журнал. — 2017. — № 2. — С. 25–30.
11. *Трушин, С.И.* Месторождение Албазино — новый для Дальнего Востока промышленный тип золотого оруденения / С.И. Трушин, В.Е. Кириллов // Региональная геология и металлогения. — 2018. — № 73. — С. 60–67.
12. *Трушин, С.И.* Минералогические особенности золотых руд Албазинского и Ульбанского рудных районов (Хабаровский край) / С.И. Трушин, В.Е. Кириллов, Д.С. Буханова, В.М. Чубаров // Региональная геология и металлогения. — 2019. — № 73. — С. 91–97.

13. Трушин, С.И. Вулканогенно-кремнистая формация Албазинско-рудного поля (Хабаровский край, Россия) / С.И. Трушин, В.Е. Кириллов, В.В. Иванов, Е.А. Ноздрачев // Региональная геология и металлогения. — 2019. — № 79. — С. 68–76.
14. Ханчук, А.И. Мезо-кайнозойские геодинамические обстановки и золотое оруденение Дальнего Востока России / А.И. Ханчук, В.В. Иванов // Геология и геофизика. — 1999. — № 11. — Т. 40. — С. 1635–1645.
15. Ханчук, А.И. Палеогеодинамический анализ формирования рудных месторождений Дальнего Востока России // А.И. Ханчук / Рудные месторождения континентальных окраин. — Владивосток: Дальнаука, 2000. — С. 5–34.
16. Ханчук, А.И. Ресурсы меди Дальнего Востока России: состояние, проблемы и перспективы использования / А.И. Ханчук, Г.И. Архипов, В.В. Иванов // Вестник ДВО РАН. — 2019. — №2 (204). — С. 12–24.

© Коллектив авторов, 2021

Трушин Сергей Иванович // Trushin@polymetal.ru
Кириллов Вадим Евгеньевич, // kirillov@itig.as.khb.ru
Иванов Владимир Викторович // d159327@yandex.ru
Полин Владимир Федорович // vfpolin@mail.ru

УДК 553:553.046(470)

Макаров В.Е., Руднев В.В., Ткачёва О.В.
(ФГБУ «ВИМС»)

ОТКРЫТИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ — ПОКАЗАТЕЛЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОВДИМЫХ ПОИСКОВО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

В 2013–2020 гг. для воспроизводства минерально-сырьевой базы РФ впервые были поставлены на государственный баланс более 700 месторождений разнообразных твердых полезных ископаемых. Рассмотрено распределение месторождений по годам, субъектам РФ, полезным ископаемым. Названы наиболее значимые месторождения. Приведена информация о получении организациями свидетельств по фактам открытия месторождений полезных ископаемых и награждению специалистов ведомственным знаком «Первооткрыватель месторождения». **Ключевые слова:** минерально-сырьевая база, месторождения твердых полезных ископаемых, государственный баланс запасов, субъекты РФ, факт открытия месторождения, первооткрыватели.

Makarov V.E., Rudnev V.V., Tkacheva O.V. (VIMS)

THE DISCOVERY OF MINERAL DEPOSITS IS AN INDICATOR OF THE EFFECTIVENESS OF EXPLORATION AND DEVELOPMENT

In 2013–2020, for the first time, more than 700 deposits of various solid minerals were put on the state balance sheet for the first time for the reproduction of the mineral and raw materials base of the Russian Federation. The distribution of deposits by year, subjects of the Russian Federation, minerals is considered. The most significant deposits have been named. The information about the organization's receipt of evidence

on the discovery of mineral deposits and awarding specialists with the departmental sign «The Discoverer of the Deposit» is given. **Keywords:** mineral and raw materials base, solid mineral deposits, State stock balance, subjects of the Russian Federation, the discovery of the deposit, Discoverers.

Российский минерально-сырьевой комплекс является одной из основных составляющих экономики страны и обеспечения социальных потребностей населения.

Воспроизводство минерально-сырьевой базы ТПИ происходит за счет открытия имеющих промышленную ценность неизвестных ранее месторождений, а также выявление дополнительных запасов полезных ископаемых в новых, имеющих самостоятельное значение залежах, рудных телах и участках, или нового минерального сырья в ранее известных месторождениях, существенно увеличивающих их промышленную ценность.

Открытие месторождений — «это официально оформленный факт обнаружения скоплений полезного ископаемого, масштабы и качество которого допускают экономические возможности его отработки»¹.

По данным ФБУ ГКЗ в 2013–2020 гг. **впервые были поставлены на государственный баланс 714** месторождений разнообразных твердых полезных ископаемых (ТПИ), большая часть которых — благородные металлы — золото, серебро, МПГ.

В 2013 г. на государственный баланс поставлены **75** месторождений. Наиболее значимые месторождения:

Эльконское плато (Республика Саха (Якутия)), уран — 54,85 тыс. т;

Левобережный участок (Республика Саха (Якутия)), алмазы — 981,7 тыс. каратов;

Перевальное (Магаданская область): цинк — 23,7 тыс. т, серебро — 425,9 т.

В 2014 г. на государственный баланс поставлены **52** месторождения.

Наиболее значимые месторождения:

Ново-Темирское силикатно-никелевое (Челябинская область): железные руды — 7,8 млн т ($Fe_{общ}$ — 851,0 тыс. т), а также никель и кобальт;

Россыпь р. Большая Куонамка (Республика Саха (Якутия)) — алмазы 4,78 млн каратов.

В 2015 г. на государственный баланс поставлены **49** месторождений.

Наиболее значимые месторождения:

Малмыжское (Хабаровский край): медь — 5 156 млн т, золото — 278 т;

Елkinsкое и Еланское (Воронежская область): медь — 56,9 тыс. т и никель;

Вернинское (Иркутская область): золото — 218 т;

Иканское медно-порфировое (Амурская область): медь — 459 тыс. т, золото — 57 т.

¹ (Кривцов А.И., Беневольский Б.И. и др. Термины и понятия отечественного недропользования (словарь-справочник). М., Геоинформмарк, 2000)