

зывать воздействие на процессы поступления, миграции и накопления углеводородов в осадочном чехле.

7. Материалы моделирования показывают, что трехслойная модель строения земной коры является хотя и упрощенным представлением ее реальной блоково-иерархически и сложноорганизованной структуры, однако полученные результаты использовались и должны быть приняты во внимание при прогнозно-минералогических исследованиях алмазоперспективных территорий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Биезайс, Я.Я. Строение земной коры в районе Мирнинского кимберлитового поля, в Западной Якутии по сейсморазведочным данным / Я.Я. Биезайс // Магматические и метаморфические комплексы Восточной Сибири: проблемы петрогенеза, корреляции, геологической интерпретации: Тезисы докладов. — Иркутск, 1997. — С. 101–102.
2. Витте, Л.В. Региональные магнитные и гравитационные аномалии Сибирского кратона и их геологическая природа / Л.В. Витте, А.Н. Василевский, Е.В. Павлов // Геофизический журнал. — 2009. — Т. 31. — № 6. — С. 21–38.
3. Гольдин, С.В. Деструкция литосферы и физическая мезомеханика / С.В. Гольдин // Физическая мезомеханика. — 2002. — Т. 5. — № 5. — С. 5–22.
4. Горяинов, П.М. Самоорганизация минеральных систем / П.М. Горяинов, Г.Ю. Иванюк. — М.: ГЕОС, 2001. — 312 с.
5. Макаров, П.В. Эволюционная природа блочной организации геоматериалов и геосред. Универсальный критерий фрактальной делимости / П.В. Макаров // Геология и геофизика. — 2007. — Т. 48. — № 7. — С. 724–746.
6. Манаков, А.В. Особенности строения литосферы Якутской кимберлитовой провинции / А.В. Манаков. — Воронеж, 1999. — 58 с.
7. Мишнин, В.М. Новый геофизический подход к минералогическому районированию Сибирской платформы и перспективы алмазности Якутского погребенного поднятия / В.М. Мишнин, А.П. Андреев, К.А. Бекренев, З.А. Алтухова // Литосфера. — 2011. — № 5. — С. 30–52.
8. Мокшанцев, К.Б. Структурный контроль проявлений кимберлитового магматизма на северо-востоке Сибирской платформы / К.Б. Мокшанцев, В.В. Еловский, В.В. Ковальский. — Новосибирск: Наука, 1974. — 98 с.
9. Никитин, А.А. Теоретические основы обработки геофизической информации. Учебное пособие / А.А. Никитин, А.В. Петров. — М., 2008. — 112 с.
10. Розен, О.М. Якутская кимберлитовая провинция — унаследованный фрагмент суперконтинента Колумбия (2.0–1.3 млрд лет) / О.М. Розен, Н.Н. Зинчук, А.В. Манаков, А.Я. Ротман, В.П. Серенко, З.В. Специус // Материалы конференции, посвященной 40-летию ЯНИГП ЦНИГРИ АК «АЛРОСА»: Проблемы прогнозирования и поисков месторождений алмазов на закрытых территориях. — Якутск, 2008. — С. 102–106.
11. Суворов, В.Д. Региональная 3D структура фундамента Мало-Ботуобинского алмазоносного района по данным первых вступлений сейсмических волн / В.Д. Суворов, Е.А. Мельник, В.М. Фомин // Технология сейсморазведки. — 2010. — № 3. — С. 85–95.
12. Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). — М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. — 571 с.
13. Чумак, О.В. Энтропии и фракталы в анализе данных / О.В. Чумак. — М. — Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2011. — 164 с.
14. Духовский, А.А. Глубинное строение Якутской алмазоносной провинции (отчет) / А.А. Духовский и др. — Л.: ВСЕГЕИ, 1984.
15. Калмыков, Б.А. Отчет о результатах поисковых работ по оценке перспектив алмазности междуречья Вилюй — Моркока за 1988–1996 гг. (Региональный объект) / Б.А. Калмыков и др. — Фонды БГРЭ, 1997.

© Мясников Ф.В., 2020

Мясников Федор Васильевич // z\_fedor49@mail.ru

Мельников А.В.<sup>1</sup>, Степанов В.А.<sup>2</sup>, Остапенко Н.С.<sup>1</sup>, Моисеенко В.Г.<sup>1</sup> (1 — Институт геологии и природопользования ДВО РАН, Благовещенск, 2 — Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский)

#### БЛАГОРОДНОМЕТАЛЛЬНОЕ ОРУДЕНЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И РУДОПРЯВЛЕНИЙ МЕДНО-МОЛИБДЕН-ПОРФИРОВОЙ ФОРМАЦИИ ВЕРХНЕГО ПРИАМУРЬЯ (ДАЛЬНИЙ ВОСТОК, РОССИЯ)

*Среди месторождений порфириновой рудной формации выделяются медно-порфириновый, золото-медно-порфириновый и медно-молибден-порфириновый типы. Они отличаются различными содержаниями меди, молибдена, серебра, золота, платиноидов в рудах и сульфидных ассоциациях. При становлении материнских субвулканических гранитоидных магматических тел происходило рассеяние благородных металлов в разных типах возникавших пород. Автометасоматические процессы кислотного выщелачивания диоритов, порфиритов, гранодиоритов, гранодиорит-порфиритов и плагиогранитов (серцитизация) приводили к незначительному накоплению благородных металлов в продуктах метасоматоза. Лишь завершающие гидротермальные процессы окварцевания и сульфидизации магматических пород обеспечивали богатую концентрацию благородных металлов в зонах метасоматоза. При эволюции порфириновых магмофлюидных колонн происходило обогащение благородными металлами их апикальных частей и возникали субвулканические золото-медно-порфириновые месторождения с сопутствующими элементами платиновой группы. Регионы палеорифтогенеза и тектономагматической активизации (ТМА) с такими близповерхностными проявлениями порфириновых интрузий островодужного типа и являются наиболее перспективными на поиски промышленного комплексного благороднометалльного оруденения. **Ключевые слова:** медно-молибден-порфириновая формация, благородные металлы, месторождения, рудопроявления.*

Melnikov A.V.<sup>1</sup>, Stepanov V.A.<sup>2</sup>, Ostapenko N.S.<sup>1</sup>, Moiseenko V.G.<sup>1</sup> (1 — Institute of Geology and Nature Management of the Russian Academy of Sciences, 2 — Research Geotechnological Center of Russian Academy of Sciences) BLAGORODNOMETALLNY MINERALIZATION OF DEPOSITS AND ORE OCCURRENCE COPPER MOLYBDENUM — A PORPHYRITIC FORMATION OF THE UPPER PRIAMURYE (FAR EAST, RUSSIA)

*From deposits of a porphyritic ore formation are distinguished copper and porphyritic, gold and copper and porphyritic and copper molybdenum — porphyritic types. They differ in various content of copper, molybdenum, silver, gold, platinum in ores and sulphidic associations. At formation of maternal subvolcanic granitoid magmatic bodies there was a dispersion of precious metals in different types of the arising breeds. Au-*

*tometasomatic processes of acid leaching of diorites, porfirit, granodiorit, granodiorit-porphyrines and plagiogranit (seritsitization) led to insignificant accumulation of precious metals in products of a metasomatoz. The hydrothermal processes of an okvartsevaniye and sulfidization of magmatic breeds only finishing provided rich concentration of precious metals in zones of a metasomatoz. At evolution of porphyritic magmo-fluid columns there was an enrichment precious metals of their apikalny parts and there were subvolcanic gold and copper and porphyritic deposits with the accompanying elements of platinum group. Regions of a paleoriftogenez and the tektono-magmatic activization (ТМА) with such subsurface manifestations of porphyritic intrusions of ostrovoduzhny type also are the most perspective on search of industrial complex blagorodnometallny mineralization. Keywords: copper molybdenum — a porphyritic formation, precious metals, deposits, a ore occurrence.*

Запасы золота в порфириновых месторождениях за рубежом составляют от 2000 [9] до 3000 т [2]. Около 20 наиболее крупных месторождений медно-порфирирового типа по запасам золота составляют 4 группы: 1–10 т (5 месторождений), 10–100 т (9), 100–1000 т (5) и более 1000 т (1). Наиболее крупные из них — месторождения Пангуна (Папуа-Новая Гвинея, 400 т Au), Эль-Теньенте (Чили, 200 т), Биним-Карбон (США, 200 т), Чукикамата (Чили, 104 т), Сьерро-Колорадо (Панама, 90 т), Сан-Мануэль (США, 40 т), Эль-Сальвадор (Чили, 40 т). На территории стран и регионов бывшего СССР к числу золотоносных и платиноносных порфириновых объектов относятся месторождения Казахстана (Коунрад, Коксай, Бормы, Актогай, Чатыркуль, Саяк), Узбекистана (Алмалык), Малого Кавказа (Каджаран, Техут, Агарак), Урала (Салаватское, Зелёный Дол, Березняковское), Забайкалья (Шахтама, Давенда, Жирекен), Чукотки (Песчанка) и др.

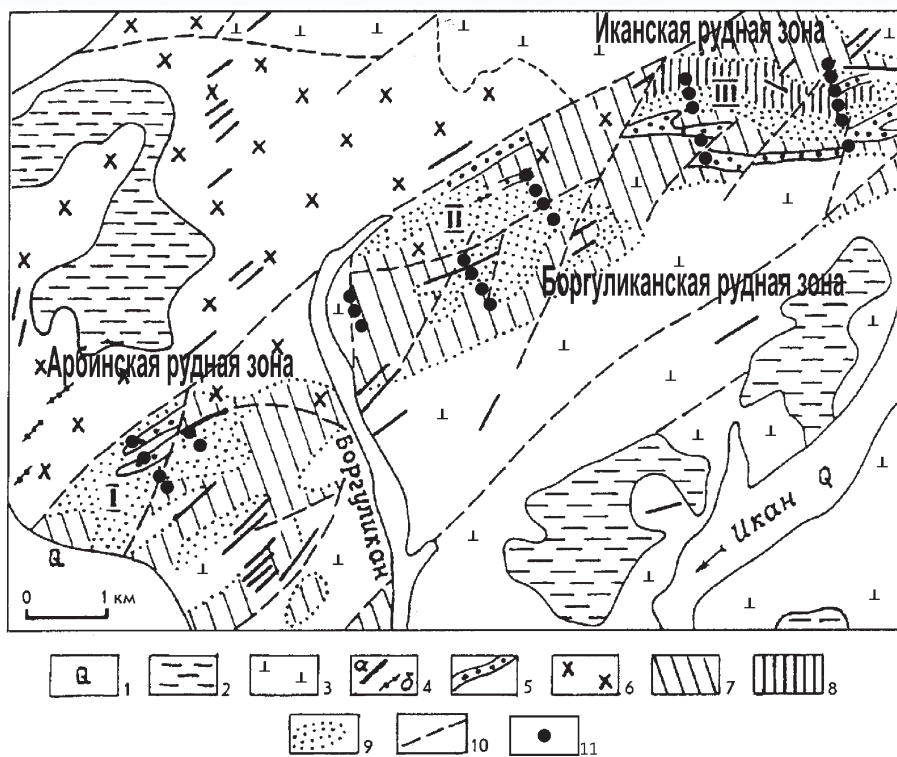
В некоторых публикациях отмечается, что при переработке медно-молибденовых руд в США ежегодно извлекали 1.5 т платиновых металлов, а в Канаде — 0.7 т платины и 0.1 т палладия [12]. В последние годы появилась информация о промышленно интересных концентрациях платиноидной минерализации в ряде порфириновых месторождений Казахстана [13], Сибири и Урала [4–8, 14], Узбекистана, Армении, Болгарии, Северной Америки, Филиппин и Монголии [1, 11, 12].

К группе благороднометалльных комплексных порфириновых месторождений Верхнего Приамурья относятся медно-порфириновые и медно-молибден-порфириновые, а также собственно золото-порфириновые месторождения (Боргуликанское, Восточное-Двойное, Олоно, Отрадное, Елна и др.). Они образуются в различных геодинамических обстановках, но более всего они свойственны островодужным и окраинно-континентальным образованиям. Формирование таких объектов происходило при становлении тел базальт-андезитовой вулканической и габбро-диорит-плагиогранитной плутонической формаций натриевых серий на участках активного проявления процессов рифто-

генеза и ТМА отдельных блоков земной коры. Среди них выделяются магнетит-пиритовый, халькопирит-борнитовый, пирит-халькопиритовый, молибденитовый, полисульфидный, энаргит-полисульфидный минеральные типы [3, 10]. Для рудных объектов свойственна отчетливая рудно-метасоматическая зональность: смена сверху вниз от центра к периферии зон разных минералогических типов руд — магнетит-пиритового в зоне калиевого-кремниевого метасоматоза → борнитового, молибденитового в калиево-кремниевых и кварц-хлорит-серицитовых метасоматитах → пирит-халькопиритового в кварц-хлорит-серицитовых, аргиллизитовых метасоматитах → пиритового в пропилитах. В медно-порфириновых рудных объектах содержится (г/т): 0.01–0.8 золота, 0.05–0.3 платины, 0.005–0.04 палладия, а в золото-медно-порфириновых — 0.1–16 золота, 0.01–5.2 платины, 0.01–0.3 палладия. Медно-молибден-порфириновые объекты чаще несут убогое количество этих благородных металлов — 0.005–0.1 г/т.

Все это послужило основанием для постановки ревизионных геохимических исследований на благороднометалльное оруденение в медно-порфириновых рудных объектах Верхнего Приамурья. Аналитические определения благородных металлов в горных породах, метасоматитах, рудах и минералах выполнялись различными методами: инверсионно-вольтамперометрический анализ (г. Томск, ГАЦ «Золото-платина»), атомно-абсорбционный анализ (г. Благовещенск, аналитический центр ИГиП ДВО РАН), пробирно-атомно-эмиссионный анализ (г. Иркутск, испытательный аналитический центр ОАО «Иргиредмет»).

**Боргуликанское месторождение** расположено в зоне Сутамо-Тыгдинского глубинного разлома север-северо-восточного простирания в поле развития раннемеловых вулканитов талданской свиты и гранитоидов бурундинского комплекса (рис. 1). Рудное поле месторождения протяженностью 12 км и шириной 4 км зажато между двумя разломами северо-восточного простирания: Боргуликанским и Известково-Иканским и представлено тремя рудными зонами: Боргуликанской, Иканской и Арбинской. Покровные фации талданской свиты представлены дацитами и андезитами, лавобрекчиями андезитов и туфами смешанного состава [15]. Вулканиты прованы разнозернистыми, кварцевыми монцодиоритами, которые в краевых зонах закалки переходят в гранодиорит-порфиры и кварцевые монцодиорит-порфиры. Встречаются и образования типа эруптивных брекчий. Все породы месторождения гидротермально изменены: вулканиты обелены, обохрены и превращены в метасоматиты кварц-серицитового состава либо даже в монокварциты, состоящие из кварца (до 80 %), серицита и гидрослюды (до 70 %) с примесью (до 1–5 %) турмалина, хлорита, эпидота, рудного минерала. Ширина зоны 50–200 м. Встречены метасоматиты с большим количеством турмалина (до 20–30 %). На удалении от порфириновых интрузий



**Рис. 1. Боргуликанское месторождение медно-молибден-порфирового оруденения:** 1 — четвертичные образования (песок, галечник, гравий); 2 — неоген-четвертичные образования (пески, алевриты); 3–6 — раннемеловой вулканоплутонический комплекс: 3 — дациты, туфы, туфолавы, 4 — дайки порфировых пород среднего состава (а), аплитов (б), 5 — гранодиорит-порфиры, 6 — кварцевые монодиориты, гранодиорит-порфиры; 7–9 — гидротермально измененные породы, включающие медно-порфировое (с золотом) штокверковое оруденение: 7 — аргиллизиты, 8 — серицит-кварц-биотитовые метасоматиты, 9 — серицит-кварцевые метасоматиты; 10 — разломы; 11 — штучные пробы, отобранные в 2015–2017 годах

в вулканитах развита аргиллизация шириной 100–700 м. По ее периферии развиты обычные пропилитовые изменения. В пределах порфириновых интрузий выделяются кварц-серицитовые и кварц-биотитовые с магнетитом метасоматиты. Максимальные изменения порфириновых интрузий и вмещающих их вулканитов наблюдаются на участках штокверкового окварцевания и развития Au-Cu-Mo оруденения. Кварц в прожилках серый скрытокристаллический и тонкозернистый, местами мелкодрозовый. Сеть прожилков сложная, образует брекчиевую текстуру породы. Мощность отдельных прожилков от 1–2 до 3–5 см. Центральная часть прожилков выполнена пиритом, реже магнетитом. Кроме пирита в штокверках присутствуют магнетит, гематит, халькопирит, халькозин, ковеллин, малахит, азурит, борнит, самородная медь, золото, сфалерит, молибденит, арсенопирит, вульфенит. Основная рудная ассоциация — халькопирит-пирит-кварцевая. На рудном поле развита зона окисления с лимонитовыми охрами до глубины от 5 до 27 м, в среднем 15 м. Здесь широко проявлены малахит, азурит, борнит, ковеллин, вульфенит, лимонит. Глубже выделяется зона вторичного сульфидного обогащения (интервал 5–80 м), ниже которого распространены первичные руды.

Анализ геохимических данных, полученных на основе инверсионно-вольтамперометрического определения платиноидов в сульфидизированных метасоматитах и жильных кварц-золото-сульфидных рудах Боргуликанского месторождения, проведенного в лаборатории Томского политехнического университета показал следующее:

1) из 25 проанализированных штучных проб содержание Pt установлено в количестве 0.21–5.2 г/т. Это свидетельствует о том, что в данном месторождении все типы руд несут значительные концентрации платины;

2) содержание Pd в этих же рудах обычно не превышает фоновых значений от 0.004 до 0.03 г/т;

3) прожилково-вкрапленные пирит-халькопиритовые руды в мусковит-серицитовых кварцитах характеризуются устойчиво умеренными концентрациями Pt в пределах 1.08–2.01 г/т. При этом минимальное содержание этого элемента в этих рудах составляет 0.22–0.45 г/т, а максимальное — 3.22–4.27 г/т. Сульфидизированные брекчированные андезиты показали 4.55 г/т Pt, турмалин-серицитовые кварциты — 2.22 г/т

Pt, пропилиты с эпидотом, хлоритом, серицитом и халькопиритом — 2.23 г/т Pt, пропилитизированные андезитовые туфы — 1.45 г/т Pt. Лишь в жильном сахаровидном кварце с пирит-халькопиритовой минерализацией выявлены anomalously повышенные концентрации Pt в 5.2 г/т;

4) оценка среднего содержания Pt в сульфидизированных метасоматитах составила 1.45 г/т (7 проб), для пропилитизированных вулканитов с прожилково-вкрапленной минерализацией — 2.07 г/т (13 проб), а для кварцево-жильных сульфидизированных образований — 2.11 г/т (5 проб).

**Восточное Двойное.** Вмещающими породами месторождения Восточное Двойное служат тела диорит-порфиритов буриндинского интрузивного комплекса, прорывающие андезиты, их лавобрекчии и туфы талданской свиты (рис. 2). Гидротермально-метасоматические изменения развиты по вулканитам и интрузиям. Они представлены фельдшпатизацией, пропилитизацией, березитизацией и аргиллизацией. Зоны метасоматитов, вмещающие рудные тела, залегают очень полого (0–30°) и прослежены на глубину до 500 м. Месторождение представляет собой изометричный штокверк диаметром около 500 м. Золотоносными являются кварц-серицитовые метасома-

титы. Зоны метасоматоза прослеживаются в субширотном направлении на расстоянии более 3 км, при ширине 1.2–2 км. Штокверковое золотое оруденение приурочено к небольшим телам диорит-порфириров буриндинского комплекса раннего мела. Всего выявлено 5 пологонаклонных рудных тел размером 300×200 м, мощностью 10–70 м, залегающих этажно друг над другом.

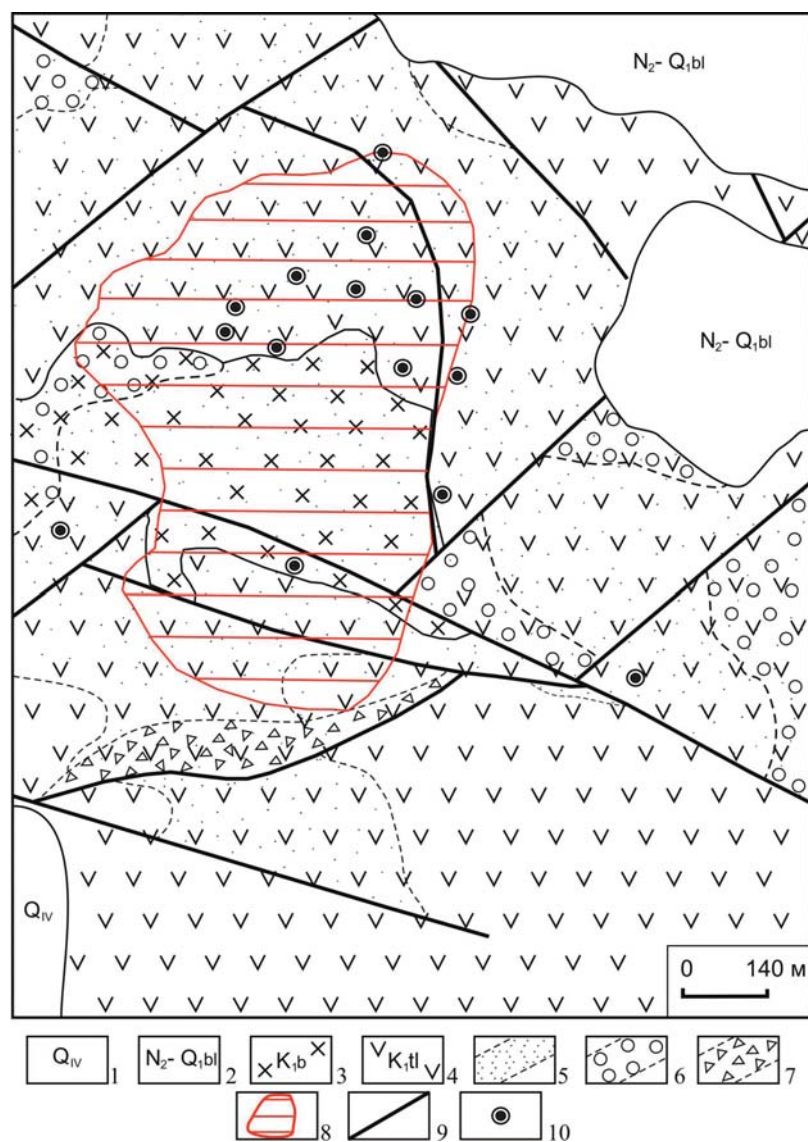
Вещественный состав руд примерно одинаков. Это пропилитизированные, неравномерно окварцованные и березитизированные диорит-порфириды, андезиты и дациандезиты или кварц-серицитовые метасоматиты по ним. На породы наложена интенсивная кварцевая и кварц-карбонат-прожилковая минерализация. Мощность прожилков 2–3 мм, гне-

здовых скоплений кварца и карбоната — до 1.5 см. Количество вкрапленных сульфидов меняется от 1 до 2–5 %. Размер зерен сульфидов 0.25–0.5 мм. Руда в основном сложена кварцем, слюдисто-гидрослюдистыми минералами, плагиоклазами, хлоритами, биотитом, карбонатами (кальцит, доломит и анкерит) и пиритом. Главными рудными минералами являются магнетит, пирит и гематит; второстепенные минералы — халькопирит, молибденит, сфалерит, галенит, блеклая руда, борнит, халькозин, ильменит, пирротин и самородное золото. Золото находится в самородном виде и представлено тремя генерациями. Проба его 750–850 ‰.

По результатам корреляционного анализа установлены три ассоциации химических элементов: Au-Cu-Mo — главная рудная ассоциация; Pb-Zn-Ag-Sb (As, S, Mn, Bi) — серебро-полиметаллическая и Co-Ni-Fe-Cr-V-Ti (Ba-Sr-P) — преимущественно сидерофильная. Пробирным анализом установлено, что содержание Au в сульфидной фракции колеблется в пределах 13–15 г/т. Соотношение Cu/Mo = 7.5:1, Cu/Au = 9:1, Mo/Au = 1.2:1. Среднее содержание Au для подсчета запасов категории Cu по борту золота 0.5 г/т, составляет 0.83 г/т, Ag — 0.63 г/т, Cu — 0.06 %, Mo — 0.0086 %. Внутри рудных тел отмечаются маломощные сечения с содержанием Au более 1 г/т (до 10 г/т). Распределение Au относительно равномерное. Из цветных металлов по массе (0.071 %) преобладает Cu. Доля Mo составляет 0.009 %, Zn — 0.012 %. Pb, As и Sb практически отсутствуют. Основная масса Fe (77 %) находится в оксидной форме.

Определение Au и ЭПГ в рудах и метасоматитах месторождения Восточное Двойное было проведено атомно-абсорбционным методом в аналитическом центре ИГиП ДВО РАН, результаты которого показаны в табл. 1.

**Рудопроявление Олоно** сложено в основном аргиллизированными вулканическими породами раннего мела. Здесь вскрыто более 20 кварцевых жил и зон прожилкового окварцевания мощностью от 2–3 до 13 м. По простиранию жилы и зоны прослежены на расстоянии 300 м. Простирание их широтное до северо-восточного, при субвертикальном падении под углом 75–80° на юг и север. Содержания сульфидов в жилах до 4 %. Преимущественно это пирит, халькопирит, отмечена самородная медь (размером до 0.03 мм) и гидрокислы железа. Золото обнаружено в виде свободных пылевидных частиц размером 0.01–0.05 мм. Проба золота — 704–858. Содержания золота в жилах — сотые-



**Рис. 2. Месторождение Восточное Двойное:** 1 — аллювиальные пески, глина, гравий; 2 — белогорская свита: пески с гравием и галькой; 3 — буриндинский комплекс: диорит-порфириды, гранодиорит-порфиры; 4 — талданский вулканический комплекс: андезиты, дациандезиты и их туфы; 5 — зоны интенсивных глинистых изменений; 6 — зоны окварцевания; 7 — зоны дробления; 8 — проекция минерализованной зоны на поверхность; 9 — разломы; 10 — скважины

Таблица 1

Содержание платиноидов в рудах и метасоматитах месторождения Восточное Двойное по результатам атомно-абсорбционного анализа

Горная порода, типы руд	Кол-во анализов	Содержание, г/т						
		Au	Pt	Pd	Ir	Os	Ru	Rh
Диорит-порфириды с жильным кварцем и с сульфидами (до 1 %)	5	0.09–0.76	0.02–0.18	0.096–0.11	0.011	0.02	0.005	0.001
Пропилитизированные андезиты и дациандезиты с вкрапленностью сульфидов (до 3 %)	6	0.23–3.36	0.022–0.13	0.21–0.25	0.05	0.02	0.006	0.01
Березитизированные и окварцованные андезиты с сульфидами (до 1–3 %)	2	0.09–1.01	0.012–0.29	0.05–0.11	0.01	0.02	0.005	0.008
Кварц-карбонатные жилы с обломками интенсивно окварцованных порфиритов	3	0.18–0.76	0.07–0.21	0.28–0.35	0.013	0.02	0.005	0.002
Кварц-серицитовые прожилки	3	0.11–0.86	0.11–0.32	0.11–0.27	0.008	0.02	0.005	0.002

Таблица 2

Содержание платиноидов в рудах и метасоматитах рудопоявления Олоно

Горная порода и жильный агрегат	Число проб	Содержание					
		Pt	Pd	Ir	Os	Ru	Rh
Кварц-мусковит-серицитовые метасоматиты с сульфидами	8	0.22–0.6	0.004–0.012	0.011–0.045	0.009–0.011	0.001–0.002	0.001–0.003
Кварц-серицитовые метасоматиты с турмалином и сульфидами	3	0.11–0.67	0.009–0.021	0.009–0.023	0.009–0.014	0.001–0.003	0.001–0.003
Пропилиты с эпидотом, хлоритом, серицитом и сульфидами	3	0.09–0.23	0.006–0.014	0.007–0.044	0.009–0.021	0.001–0.003	0.008–0.021
Кварцево-жильная порода (кварцит) с сульфидами	5	0.21–0.67	0.009–0.011	0.013–0.05	0.007–0.01	0.002–0.004	0.00085–0.0017
Пропилитизированные андезитовые порфириды	5	0.19–0.45	0.009–0.03	0.009–0.011	0.006–0.01	0.001–0.0033	0.001–0.005
Брекчированные и пропилитизированные диоритовые порфириды с сульфидами	5	0.21–0.55	0.008–0.011	0.002–0.009	0.005–0.011	0.003–0.0041	0.001–0.005

\* Инверсионно-вольтамперометрический анализ штучных проб проведен в лаборатории Томского политехнического университета, аналитики Г.А. Новикова, З.С. Михайлова, Е.В. Яговкина. Чувствительность анализов  $1 \times 10^{-7}$  % масс., воспроизводимость 90 %, навеска пробы 10 г.

десятью г/т, по отдельным бороздовым пробам — до 3 г/т. В окварцованных породах содержания золота не превышают 1 г/т. Золоту обычно сопутствуют Ag — до 10–30 г/т, Mo — до 0.01–0.06 %, Cu — до 0.01–0.1 %, Pb — до 0.01–0.04 %, As — до 0.2 %, Sb — до 0.01–0.06 %, Bi — 0.01–0.03 %. В табл. 2 показано распределение платиноидов (г/т) в метасоматитах, околожильных пропилитах и жильном кварце рудопоявления Олоно.

**Рудопоявление Отрадное** представлено зонами интенсивно аргиллизированных и окварцованных вулканических пород (андезиты, дациты, диоритовые порфириды) талданской свиты и талданского комплекса с

телами кварцевых метасоматитов, брекчий и кварцевыми жилами. Всего установлено 2 минерализованные зоны Южная и Северная. Южная зона длиной 280 м и мощностью 40–45 м представлена 3–4 ветвящимися кварцевыми телами мощностью 1.5–7 м. Простирается субширотное при падении на юг под углами 35–55° до 70–80°. Северная зона также субширотного простирания прослежена на 380 м семью канавами через 40–80 м. Центральная часть зоны и ее западное окончание мощностью до 20 м представлены почти сплошным монокварцевым телом (кварцевая брекчия, кварцевые метасоматиты), падающим на юг под углами 30–60°. Восточное продолжение зоны, мощностью

до 30 м представлено двумя телами кварцевых брекчий и метасоматического кварца среди зоны прожилково-окварцевания. Мощности кварцевых тел 1.5–3 м, падение на юг под углами 70–80°. Мощности кварцевых прожилков — 1–2 до 8–10 см. По данным бороздowego опробования выделено 3 рудных тела длиной 120–170 м с мощностями от 1–2 до 6 м. Средние содержания Au по рудным телам 1.2–3.8 г/т, Ag — 1.3–7.6 г/т. В пробах с повышенным содержанием золота установлены содержания Cu до 0.7%, а также повышенные содержания As — до 0.05 %, Sb — до 0.2 %.

Определение Au и ЭПГ в рудах и метасоматитах рудопроявления Отрадное было проведено атомно-абсорбционным методом в аналитическом центре ИГиП ДВО РАН (аналитики Н.Н. Козлова и Н.А. Боролина), результаты которого показаны в табл. 3.

*Рудопроявление Елна* сложено катаклазированными и хлоритизированными гранодиорит-порфирами и гранодиоритами буриндинского комплекса раннего мела, прорывающими позднепалеозойские гранитоиды и вулканиты (андезиты, андезидациты) талданской свиты. Породы прорваны дайками диоритовых

**Таблица 3**

**Содержание платиноидов в рудах и метасоматитах рудопроявления Отрадное по результатам атомно-абсорбционного анализа**

Горная порода, типы руд	Кол-во анализов	Содержание, г/т						
		Au	Pt	Pd	Ir	Os	Ru	Rh
Кварцевые метасоматиты по диоритовым порфири-там с сульфидами (до 2 %)	6	0.022–2.22	0.02–0.48	0.02–0.07	0.009–0.015	0.01–0.07	0.022–0.099	0.001–0.005
Пропилитизированные диоритовые порфири-ты и андезиты с сульфидами (до 1 %)	4	0.09–0.56	0.09–0.47	0.021–0.075	0.007–0.012	0.007–0.03	0.01–0.026	0.004–0.009
Окварцованные андезиты и дациты с сульфидами	4	0.22–2.01	0.04–0.33	0.025–0.07	0.006–0.017	0.008–0.04	0.011–0.035	0.005–0.011
Кварцевые брекчии с обломками интенсивно окварцованных диорито-вых порфири-тов	6	0.55–2.76	0.05–0.73	0.09–0.11	0.009–0.022	0.007–0.02	0.007–0.015	0.007–0.015

**Таблица 4**

**Содержание платиноидов в рудах и метасоматитах рудопроявления Елна по результатам пробирно-атомно-эмиссионного анализа**

Горная порода, типы руд	Кол-во анализов	Содержание, г/т						
		Au	Pt	Pd	Ir	Os	Ru	Rh
Кварцевые метасома-титы по гранодиорит-порфирам с сульфидами (до 1–3 %)	7	0.05–1.0	0.011–0.38	0.009–0.056	0.002–0.015	0.011–0.05	0.011–0.09	0.009–0.02
Аргиллизированные и хлоритизированные гранодиориты и грано-диорит-порфиры с сульфидами (до 1 %)	7	0.22–0.62	0.055–0.27	0.009–0.075	0.004–0.01	0.01–0.03	0.011–0.016	0.005–0.01
Окварцованные андезиты и андезидациты с сульфидами	6	0.11–0.56	0.034–0.44	0.011–0.11	0.01–0.02	0.01–0.04	0.01–0.03	0.005–0.011
Кварцевые прожилки в гранодиорит-порфирах	5	0.12–0.56	0.011–0.32	0.009–0.12	0.011–0.02	0.01–0.04	0.01–0.03	0.01–0.03
Кварцевые прожилки в андезитах	4	0.15–0.76	0.022–0.89	0.007–0.09	0.01–0.02	0.011–0.03	0.01–0.02	0.011–0.025

порфи́ров, микродиоритов, гранодиорит-порфи́ров, гранит-порфи́ров позднего мела. У подножья правого склона долины р. Елна на расстоянии около 300 м прослеживаются свалы гидротермально-измененных гранодиорит-порфи́ров, в 20–25 % обломков которых встречаются тонкие, обычно менее 1 мм, просечки азурита и хризоколлы. В одном случае отмечены прожилки (1.5–2 мм) борнит-халькозинового состава. На гребне водораздела обломочный материал гидротермально-измененных гранодиорит-порфи́ров с примазками вторичных минералов прослеживается на расстояние около 200 м. Вторичные минералы меди наблюдаются также в обломочном материале даек гранодиорит- и гранит-порфи́ров. Содержание Cu — 0.03–0.44 %, Au — 0.01–1.0 г/т, Ag — 3–10 г/т, Bi — 0.0015–0.005 %, Mo — 0.0007–0.007 %. Участку проявления отвечает комплексный ореол Cu (0.005–0.1 %), Bi (до 0.0015 %), Mo (0.0015–0.007 %), Ag, Zn, Au (до 0.3 г/т), As (0.003 %), Zn (0.03–0.1 %). Размеры рудоносной площади составляют не менее 2×2.5 км. При проведении геологосъемочных работ масштаба 1:50 000 выявлены вторичные ореолы рассеяния Cu (0.006–0.02 %), Mo (0.0006–0.001 %), Ag (0.3–0.5 г/т), протяженностью 15 км и шириной до 4 км. Установлено, что рудная минерализация ореолов приурочена к зонам аргиллизации с кварцевыми прожилками в гранодиорит-порфи́рах и андезитах. Рудные минералы представлены пиритом, халькопиритом, азуритом, хризоколлой, борнитом и халькозином.

Определение золота и элементов платиновой группы в рудах и метасоматитах рудопоявления Елна было проведено пробирно-атомно-эмиссионным методом в испытательном аналитическом центре ОАО «Иргиредмет», г. Иркутск (табл. 4).

#### **Заключение**

Таким образом, месторождения и рудопоявления медно-молибден-порфи́ровой формации являются крупными и средними по запасам и ресурсам Cu, Mo и Ag, с промышленными золото- и платиносодержащими рудами. Обеспеченность запасами Cu, Au, Mo, Ag и платиноидов составляет не менее 20 лет. Эксплуатация золото-медно-молибден-порфи́ровых руд потребует привлечения новейших, в том числе и нанотехнологий. Извлечение золота и платиноидов из руд «порфи́ровых» месторождений и рудопоявлений целесообразно лишь в комплексе с извлечением Cu, Mo и Ag. Вовлечение в эксплуатацию порфи́ровых месторождений с благородными металлами даст новый мощный толчок развитию горнорудной промышленности Приамурья.

Золото-медно-молибден-порфи́ровые и золото-порфи́ровые молибденсодержащие месторождения входят в состав порфи́ровых рудно-магматических систем позднемезозойского возраста. Поэтому на выявление месторождений этого типа в первую оче-

редь перспективны Умлекано-Огоджинский и Северо-Становой вулканоплутонические пояса мелового возраста, которым отвечают Северо-Буреинская и Северо-Становая металлогенические зоны Приамурской провинции.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Бадалов, С.Т. К геохимии элементов платиновой группы в Алмакском рудном районе (Узбекская ССР) / С.Т. Бадалов, С.Л. Терехович // Доклады АН СССР, 1966. — Т. 168. — № 6. — С. 1397–1400.
2. Беневольский, Б.И. Благородные металлы в комплексных рудах зарубежных месторождений / Б.И. Беневольский, Л.И. Зубатарева, Н.В. Мишьева. — М.: ВИЭМС, 1991. — 47 с.
3. Гирфанов, М.М. Золото-молибден-медно-порфи́ровые проявления Боргуликанского рудного поля / М.М. Гирфанов, А.Н. Гагаев, В.С. Дмитренко // Руды и металлы. — 2001. — № 5. — С. 52–60.
4. Грабежев, А.М. Золото в медно-золото-порфи́ровых месторождениях Урала / А.М. Грабежев, А.Ф. Коробейников, В.П. Молошаг // Геохимия. — 1995. — № 10. — С. 1465–1471.
5. Грабежев, А.И. Zn-Cu-Ag-Au-оруденение Томинского медно-порфи́рового рудного узла (Южный Урал) / А.И. Грабежев, В.П. Молошаг // Доклады РАН. — 1993. — Т. 300. — № 3. — С. 349–351.
6. Коваленкер, В.А. Платиноносное золотосульфидное оруденение Рябинового щелочного массива (Центральный Алдан, Россия) / В.А. Коваленкер, И.К. Мызник, А.Я. Кочетков, В.Б. Наумов // Геология рудных месторождений. — 1996. — № 4. — С. 345–356.
7. Коробейников, А.Ф. Золото и платиновые металлы в медно-молибден-порфи́ровых месторождениях / А.Ф. Коробейников, А.И. Грабежев // Известия ТПУ. — 2003. — Т. 306. — № 5. — С. 24–32.
8. Коробейников, А.Ф. Поведение платины, палладия, золота при формировании медно-порфи́ровой рудообразующей колонны (Томинско-Мичуринский рудный узел, Урал) / А.Ф. Коробейников, А.И. Грабежев, В.П. Молошаг // Доклады РАН. — 2002. — Т. 383. — № 5. — С. 668–671.
9. Кривцов, А.И. Зональность и золотоносность руд медно-порфи́ровых месторождений / А.И. Кривцов, И.Ф. Мигачев, О.В. Мина — М.: ВИЭМС, 1985. — 47 с.
10. Кудрявцев, Ю.К. Прогнозно-поисковые геохимические работы на медно-порфи́ровое и золотое оруденение / Ю.К. Кудрявцев, В.В. Домчак, А.Е. Сальников, Н.А. Сулова, В.М. Запорожцев, А.Н. Гагаев, В.С. Дмитренко // Разведка и охрана недр. — 2002. — № 5. — С. 43–49.
11. Лазаренков, В.Т. Месторождения платиновых металлов / В.Т. Лазаренков, С.В. Петров, И.В. Головина. — М.: Недра, 2002. — 298 с.
12. Орлов, А.М. Производство металлов платиновой группы за рубежом / А.М. Орлов, В.Ф. Бобрыш, Н.Н. Гедгагова. — М.: ЦНИИ-ЦВЕТМЕТ, 1975. — 64 с.
13. Рафаилович, М.С. Золото недр Казахстана / М.С. Рафаилович. — Алматы: Комплекс, 2009. — 304 с.
14. Сазонов, А.М. Нетрадиционная платиноидная минерализация Средней Сибири / А.М. Сазонов, О.М. Гринев, Г.И. Шведов, В.И. Сотников. — Томск: ТПУ, 1997. — 148 с.
15. Сотников, В.И. Возраст Cu-Mo (Au)-порфи́рового оруденения и магматических комплексов Боргуликанского рудного поля / В.И. Сотников, А.А. Сорокин, В.А. Пономарчук, В.О. Гимон, А.П. Сорокин // Геология и геофизика. — 2007. — № 2. — С. 229–237.

© Коллектив авторов, 2020

Мельников Антон Владимирович // Melnikov Anton1972@mail.ru  
 Степанов Виталий Алексеевич // vitstepanov@yandex.ru  
 Остапенко Николай Степанович // Ostapenko\_ns@mail.ru  
 Моисеенко Валентин Григорьевич // kaunamka@mail.ru