

ГЕОЛОГИЯ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

УДК 550.4:553+553.41

**ПЕРВЫЕ СВЕДЕНИЯ О ЗОЛОТО-МЕДНОЙ  
МИНЕРАЛИЗАЦИИ КОНТОРСКОГО РУДОПРОЯВЛЕНИЯ  
(АРИАДНЕНСКАЯ ИНТРУЗИЯ УЛЬТРАБАЗИТОВ, ПРИМОРЬЕ)**

© 2023 г. Академик РАН А. И. Ханчук<sup>1</sup>, В. П. Молчанов<sup>1,\*</sup>, Д. В. Андросов<sup>1</sup>

Поступило 27.10.2022 г.

После доработки 06.03.2023 г.

Принято к публикации 13.03.2023 г.

В пределах Сихотэ-Алинского орогенного пояса выявлен новый перспективный тип источников полезных ископаемых – комплексные руды и россыпи, пространственно и генетически связанные с позднемезозойскими интрузиями ультрабазитов. Примером тому может послужить Ариадненский массив ультраосновных пород, в центре которого располагается месторождение золото-титановой минерализации, а в экзоконтакте – золото-сурьмяной. Определены основные черты минералогии и геохимии золото-медных образований в его околоинтрузивной зоне. Особое внимание уделено находкам купроаурида, необычным для изученной площади. Для реконструкции условий образования этих руд изучен изотопный состав серы сульфидных минералов. Полученные материалы свидетельствуют о значительном металлоносном потенциале ультрабазитов Сихотэ-Алиня.

*Ключевые слова:* медистое золото, минералогия, изотопия, геохимия, Ариадненская интрузия ультрабазитов, Сихотэ-Алинь, Приморье

**DOI:** 10.31857/S268673972260240X, **EDN:** RWLGUV

К числу крупных достижений последних лет отечественной геологии на территории юга Дальнего Востока следует отнести открытие нового перспективного типа источников критически важных полезных ископаемых – металлоносных интрузий ультрабазитов Сихотэ-Алинского орогенного пояса [1]. Одним из наиболее перспективных объектов является Ариадненский массив ультраосновных пород, в центре которого размещено одноименное месторождение золото-титановой минерализации, в экзоконтакте – Тодовское золото-сурьмяное проявление, а в околоинтрузивной зоне – золото-медные образования Конторского рудопроявления, послужившие объектом наших исследований (рис. 1). Целью проведенных работ являлась разработка на базе современных методов анализов подходов к оценке источников рудного вещества и вероятных условий его размещения. При этом особое внимание уделялось детальному изучению самородного золота.

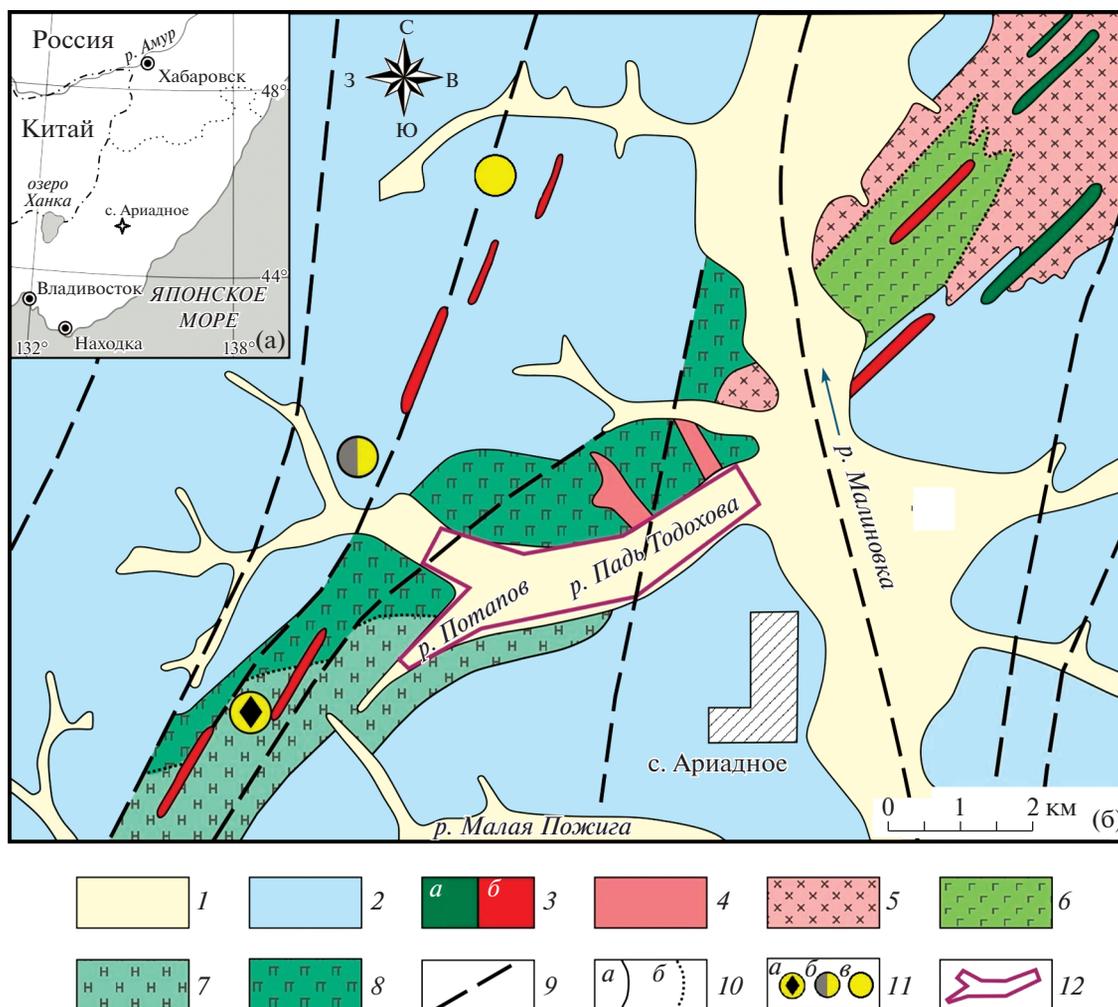
Поставленные задачи решались с использованием минералого-геохимических и изотопно-

геохимических методов исследований. Минералогические исследования осуществлялись с применением электронно-зондового микроанализатора “Jeol” Superprobe JXA 8100 с системой INCA Energy 350 “Oxford Instruments” и электронного сканирующего микроскопа EVO-500XVP с системой INCA Energy 350 “Oxford Instruments”. Образцы для электронно-зондового микроанализа готовили в виде полированных шайб с запрессованными в них эпоксидной смолой минеральными зернами. Полученные искусственные монтировки предварительно изучались в отраженном свете оптического микроскопа. Далее на поверхности образцов в вакууме на установке СС 7650 (“Quarum Technologies” Ltd., Великобритания) напыляли проводящий слой углерода толщиной до 20 нм для последующих аналитических исследований.

Определение золота в пробах осуществляли методом инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА) на разработанной в Институте химии ДВО РАН установке [2]. Измерение наведенной активности проводили на спектрометрическом комплексе на основе коаксиального Ge-детектора GC2018 производства компании “Canberra” по гамма-линии с энергией  $E_{\gamma} = 411.8$  кэВ. Время активации проб составляло 72 ч, время выдержки 16 ч, время измерения 1 ч. Для измерения гамма-спектров использовали

<sup>1</sup> Дальневосточный геологический институт  
Дальневосточного отделения Российской академии наук,  
Владивосток, Россия

\*E-mail: vpmol@mail.ru



**Рис. 1.** Схема геологического строения Ариадненского рудно-россыпного узла. Составлена авторами с использованием материалов В.М. Лосива (1990 г.), Г.С. Белянского (2011 г.) и А.И. Ханчука и соавт. [1]. Б: 1 – четвертичные аллювиальные отложения; 2 – верхнеюрские турбидиты и олистостромы аккреционной призмь с включениями позд-непалеозойских и нижнемезозойских океанических кремней, сланцев, известняков и базальтов; 3 – дайки основного (а) и кислого (б) состава (K2); 4 – диориты, кварцевые диориты, гранодиориты (K2); 5–8 – породы Ариадненского массива (K1); 5 – диориты; 6 – габбро; 7 – габбро с ильменитом и шширами перидотитов; 8 – перидотиты; 9 – разрывные нарушения; 10 – границы разновозрастных стратиграфических и интрузивных образований: достоверные (а), фациальные (б); 11 – месторождения и рудопроявления: Ариадненское (а), Тодоховское (б), Конторское (в); 12 – контур Ариадненской ильменитовой россыпи. Врезка на карте – местоположение изученной площади.

программу eSBS Version 1.6.7.0, для обработки результатов измерений применяли программу “Гамма-анализатор для полупроводниковых детекторов (ППД)” версия 1.0.

Анализ микроэлементного состава проб выполнен на масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС) Agilent 7500c (“Agilent Technologies”, Япония), оборудованном распылителем Бабингтона, охлаждаемой распылительной камерой Скотта и заземленной горелкой Фассела. Использовались никелевые конусы сэмплера и скиммера. Определение петрогенных элементов проводилось на атомно-эмиссионном спек-

трометре с индуктивно связанной плазмой iCAP 6500 Duo (ИСП-АЭС) (“ThermoScientific”, США).

Изотопный анализ серы сульфидов выполнен после соответствующей пробоподготовки мономинеральных проб [3]. Измерение изотопных соотношений серы проведено на изотопном масс-спектрометре Finnigan MAT 253 (“ThermoFinnigan”, Bremen, Germany) с использованием двойной системы напуска. Определения изотопного состава приведены относительно лабораторного рабочего стандарта, калибровка которого выполнена с использованием международных стандартов IAEA-S-1, IAEA-S-2, IAEA-S-3 и

NBS-123. Погрешность определения  $\delta^{34}\text{S}$  составила  $\pm 0.1\%$ .

В геологическом строении изученной площади, расположенной в центральной части Приморского края, принимают участие верхнеюрские турбидиты и олистостромы аккреционной призмы с включениями позднепалеозойских и нижнемезозойских океанических кремней, сланцев, известняков и базальтов (рис. 1). Вулканогенно-осадочные породы прорваны раннемеловым Ариадненским интрузивом ультрабазитов, имеющим концентрически-зональное строение: южная часть сложена перидотитами и пироксенитами, переходящими в северном направлении в габбро, а затем в диориты. Вышеперечисленные стратифицированные и магматические образования, в свою очередь, прорваны поздними интрузивными телами позднемелового возраста: гранитоидами, дайками основного и кислого состава [4].

С габброидами связано Ариадненское месторождение золото-ильменитовой минерализации (среднее течение р. Падь Тодохова). Рудные тела представляют собой залежи сложной морфологии северо-восточного простирания протяженностью до 2200 м при ширине до 400 м, и прослеженные по падению до 400 м. Среднее содержание  $\text{TiO}_2$  в них составляет 6.16%,  $\text{V}_2\text{O}_5$  – 0.086%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 13.28%, Sc – 0.0045%. С глубиной в руде отмечается увеличение концентраций Cu и Ni, достигающих соответственно 0.1 и 0.3%. Прогнозные ресурсы  $\text{TiO}_2$  (категории  $\text{P}_1 + \text{P}_2$ ) оцениваются в размере 71 млн т.,  $\text{V}_2\text{O}_5$  – 944 тыс. т, Cu – 400 тыс. т, Ni – 450 тыс. т., Au – 22.5 т и платиновые металлы – 22.5 т.

Ариадненское месторождение продуцирует промышленно значимую аллювиальную россыпь ближнего сноса, характеризующуюся присутствием, помимо главного минерала ильменита, значительных количеств самородного золота, представленного ртуть- и медьсодержащими разновидностями. Первая из них образует мелкие зерна (до 0.1 мм) изометричных либо комковидных очертаний, примечательных постоянным присутствием примеси (в мас. %) Hg от 3.47 до 4.31. Концентрации Au и Ag колеблются соответственно от 53.72 до 55.37 и от 39.1 до 41.45. Другая разновидность представлена тонкими (менее 0.1 мм) выделениями ярко-желтого цвета с красноватым оттенком. Типоморфной примесью этих золотин средней пробы (850–900‰) можно считать Cu (0.1–3.2 ат. %). Cu- и Hg-содержащий состав самородного золота указывает на “ультрабазитовый” тип коренного источника. Находки самородного золота с высокими концентрациями Cu и Hg неоднократно отмечались в рудо-россыпепроявлениях, тяготеющих к ультрабазитам Урала, Приамурья [5, 6]. В пользу этой точки зрения, в нашем случае, свидетельствует сходство

макро-микросоставов шлихового золота “ультрамафитового” профиля и его аналогов из ультраосновных пород [4].

В верхнем течении р. Падь Тодохова размещены антимонит-кварцевые жилы Тодоховского рудопоявления. Большей частью они приурочены к экзоконтакту базит-ультрабазитов с углеродсодержащими терригенными породами ( $C_{\text{орг}}$  достигает 1.5–2 мас. %). Содержание основных полезных компонентов в них варьирует в следующих пределах: Au – до 12.5 г/т, Ag – 500–1820 г/т, Sb – 0.18–23.4 мас. %. Главный рудный минерал – антимонит, к второстепенным относятся арсенопирит, пирит, марказит, алтаит, а к редким – аргентит, миаргирит, самородные серебро, железо и свинец, а также интерметаллические соединения систем Fe–Cr и Fe–Cr–Ni.

Самородное золото представлено серебристыми фазами – мелкими зернами (менее 0.25 мм) комковидных очертаний, часто в сростаниях с кварцем, галенитом и алтаитом. Концентрации Ag в золотилах колеблются от 17.2 до 10.3 мас. %, изредка отмечается небольшая примесь Rb (до 0.9 мас. %). Особый интерес вызывают находки частиц металла довольно необычного состава (мас. %), где помимо Au (84.49) и Ag (5.98), присутствуют C (5.54) и N (3.99). Поверхности золотин покрыты наноразмерной пленкой толщиной до 200–300 нм и состоящей (мас. %) из C (47.1), O (37.1), Si (4.8), Fe (2.8).

В 3.5 км к северо-востоку от Тодоховского рудопоявления в углеродистых терригенных породах околосинтрузивной зоны, прорванных дайками диабазовых порфиритов позднемелового интрузивного комплекса, локализовано Конторское проявление золото-медной минерализации. Рудовмещающие черносланцевые породы характеризуются щелочным (натровым) уклоном, высокими концентрациями  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и низкими  $\text{TiO}_2$ , а также повышенными количествами органического углерода (1.0–2.0 мас. %  $C_{\text{орг}}$ ) и легких редкоземельных элементов (относительно тяжелых). Им свойственны отрицательная европиевая аномалия (La/Yb достигает 6.2, суммарное содержание редкоземельных элементов составляет 151 г/т), высокие концентрации U, Rb, Sr, Ba, Cu, Zn (до 100–200 г/т).

Благороднометальная минерализация, судя по фоновым материалам К.Н. Доброшевского (2010 г.), приурочена к зонам сульфидизации, прожилково-вкрапленным рудам и метасоматитам. Зоны сульфидизации в углеродистых сланцах, сопровождающие медную минерализацию, представлены гнездово-вкрапленным и вкрапленным типами. Главными минералами являются пирит, халькопирит, сфалерит. В переменных количествах присутствуют монацит, рутил, самородное железо. Основной особенностью сульфидизации является присутствие в рудах

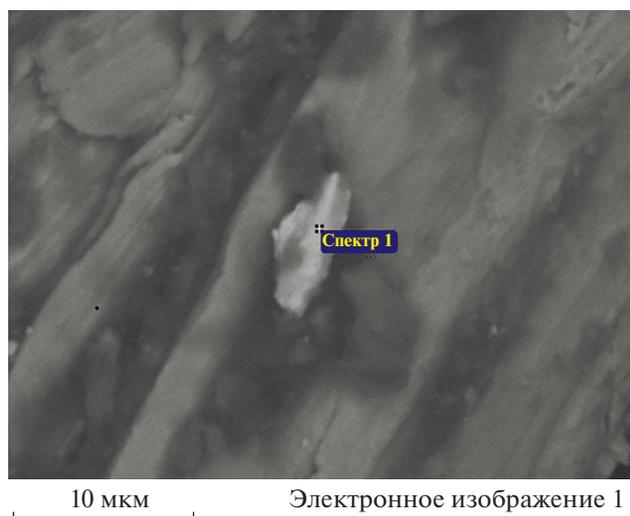


Рис. 2. Изображение медистой золотины Конторского рудопроявления.

фидных минералов является присутствие примеси элементов платиновой группы (Pt – до 2.5, Os – 1.2, Ir – 1.2 мас. %). Повышенная платиносодержательность сульфидов вкрапленных руд в черных сланцах отмечалась ранее и на многих месторождениях Северо-Востока России [7]. Самородное золото чаще всего представлено мелкими частицами (не более 0.1–0.2 мм) округлой формы. Состав металла характеризуется высокими значениями пробы (до 990‰), лишь изредка в них отмечается примесь Sr (1.0–2.0 мас. %). В составе этих минералов сфокусировалась основная особенность формирования изученного проявления – дифференциация в процессе рудоотложения золота и платины от меди. Можно полагать вслед за [8], что зоны сульфидизации, сопряженные с прожилково-вкрапленной минерализацией и имеющие общий источник рудного вещества, являются промежуточным этапом становления медных руд.

Медное оруденение приурочено к близмеридиональному блоку интенсивно-трещиноватых пород, ограниченного на юге диагональным разрывом северо-восточного простирания, а на севере – долинами ключей. Зона прожилково-вкрап-

ленной минерализации, вмещающая основную массу медной руды, в поперечном разрезе имеет линзовидную форму шириной основания до 300 м и по падению прослеженную на 300 м. При этом 95–98% рудной массы приходится, включая обломки пород в брекчиях, на долю жильного выполнения. Количество рудных минералов обычно не превышает 2–5%. Содержание (мас. %) Cu в целом по зоне составляет 0.37 на отдельных участках достигая 1.3–2.2, Zn от 0.1 до 0.3, а Mo до 0.008 лишь в отдельных случаях. Концентрации Au колеблются от 0.1 до 1.5 г/т, Ag – от 0.5 до 1.0 г/т.

Жильные минералы представлены в основном кварцем, в подчиненных количествах присутствует кальцит. Главным рудным минералом неизмененных прожилково-вкрапленных руд является халькопирит. В переменных количествах присутствуют пирит, сфалерит, галенит; к редким минералам относятся тетраэдрит, антимонит, самородная медь. В сростаниях с халькопиритом довольно часто обнаруживается самородное золото, образующее мелкие выделения (не более 0.1 мм) неправильной формы (рис. 2). Состав золота (табл. 1) характеризуется присутствием значительной примеси меди (от 22.2 до 26.4 мас. %). При этом содержание Au варьируется (мас. %) от 65.6 до 70.0, а Ag до 7.1 до 15.1. Пересчет анализов на кристаллохимические формулы показывает, что эти золото-медистые фазы отвечают купроауриду Cu (AuAg) – минералу, возникающему на поздних этапах ультраосновного магматизма [5, 9], что, по-видимому, наблюдается и в нашем случае.

Особое внимание привлекают метасоматиты кварц-серицитового состава, сопровождающие внутрирудную дайку диабазовых порфиритов и занимающие резко секущее положение к более ранним прожилково-вкрапленным рудам. В плане ареал гидротермальных изменений имеет форму линзы длиной до 200 м и максимальной мощностью в 36 м. Текстура пород, слагающих метасоматиты, брекчиевая с интенсивным развитием процессов лимонитизации и выщелачивания. Рудная минерализация локализована в виде вкрапленности и прожилков пирит-кварцевого состава. Распределение металла неравномерное от 0.4 до 1.8 г/т. На участках совмещения метасоматитов и прожилково-вкрапленной минерализации содержания Au достигают до 10.7 г/т, в единичных пробах – 124 г/т. Содержание Ag при этом составляет 96 г/т. Минералы благородных металлов представлены группами соединений в системах Au–Cu и Au–Ag. Минералы последней представлены самородным серебром высокой химической чистоты (примесь Au не превышает 2.1 мас. %). В системе Au–Cu необходимо отметить прежде всего фазы медистого золота с высокой концентрацией U (до 2.3 мас. %) и Zn (до 1.3 мас. %), а также самородной меди.

Таблица 1. Состав медистого золота Конторского рудопроявления, мас. %

№ п/п	Ag	Au	Cu	Кристаллохимическая формула
1	8.95	65.69	25.36	$Cu_{0.96}(AuAg)_{1.04}$
2	7.62	65.89	26.49	$Cu_{1.02}(AuAg)_{0.98}$
3	15.14	62.57	22.29	$Cu_{0.90}(AuAg)_{1.10}$
4	7.14	69.92	22.94	$Cu_{0.92}(AuAg)_{1.08}$

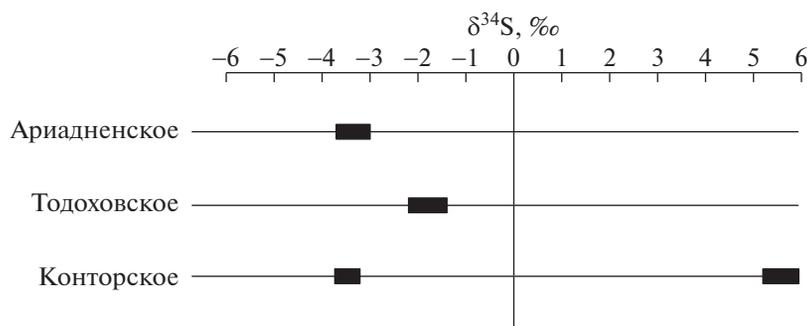


Рис. 3. Изотопный состав серы сульфидов Ариадненской интрузии ультрабазитов.

Для выяснения особенностей происхождения рудного вещества предлагается рассмотреть две модели: магматическую и гидротермальную. Первая из них основана на предположении о первично-магматическом генезисе благороднометальной минерализации, ее связи с ультрабазитами. О возможности существования самородных металлов в мантии свидетельствуют металлические пленки, в том числе и золотые, на алмазах [10]. Помимо золотых пленок, на алмазах установлено присутствие первичных включений ильменитов, что нашло свое отражение в формировании золото-ильменитовых руд Ариадненского месторождения. Ранее отмечалось [11], что транспорт благородных металлов может осуществляться в виде углеродсодержащих комплексов, таких как карбонилы, алогенкарбонилы, металлофуллерены, устойчивых при температурах выше 400–500°C. Мантийный флюид, судя по исследованиям газовых включений в первичных породообразующих минералах из ультрабазитов Полярного Урала [12], весьма насыщен разнообразными летучими углеродистыми соединениями (СО, СО<sub>2</sub>, СН<sub>4</sub>, С<sub>2</sub>Н<sub>4</sub>, С<sub>2</sub>Н<sub>5</sub> и др), а также свободным водородом и азотом. Водородно-метановый газовый режим способствовал восстановлению самородных металлов с растворенными в них азотом и углеродом. Это практически тот же спектр основных примесей, что и в самородном золоте антимонит-кварцевых жил Тодоховского проявления, из экзоконтактовой зоны ультрабазитов. Более того, появление углеродистого пленочного покрытия на этих золотилах, возможно, связано с каталитическими реакциями разложения металлоорганических соединений с образованием твердых фаз на поверхности катализатора, в данном случае, золота [13]. Наличие углеродистых пород во внешнем контуре интрузии могло оказаться благоприятным фактором для локализации медных руд Конторского проявления. Эти осадочные породы могли играть роль геохимического восстановительного барьера для рудоносных флюидов, продуцируемых интрузией ультраосновного состава. Присутствие купроаурида в

рудных образованиях [14], в нашем случае медной минерализации, может рассматриваться как отражение их генетических связей с ультрабазитами.

Для оценки источников рудного вещества был проанализирован изотопный состав серы сульфидов ультрабазитов, а точнее пирротина золото-титановых руд Ариадненского месторождения, антимонита золото-сурьмяных образований Тодоховского проявления, а также пиритов медных руд и золотоносных метасоматитов Конторского проявления (рис. 3). Было установлено, что изотопные характеристики серы этих сульфидов в целом обладают высокой степенью гомогенности, укладываясь в довольно узкий интервал, несколько облегченный относительно ультраосновных пород [15]. При этом, значения δ<sup>34</sup>S (4 анализа) пирротина меняются от -3.0 до -3.1‰. Для антимонитов величины δ<sup>34</sup>S (5 анализов) сдвигаются в более тяжелую сторону от -1.8 до -1.5‰, тогда как значение δ<sup>34</sup>S для пиритов медных руд (4 анализа) варьируется от -3.1 до -3.5‰. Изотопное фракционирование обусловлено, скорее всего, изменениями физико-химических характеристик рудообразующих флюидов (Еh-pH, температуры) в направлении от центра интрузии (ильменитовые габбро, золото-титановые руды) к ее периферии, обусловивших развитие в экзоконтакте и околоинтрузивной зоне ультрабазитов золото-сурьмяных и золото-медных образований. В сущности, изотопно-легкий состав сульфидной серы разнотипных руд свидетельствует, скорее всего, об участии в их формировании коровых процессов. Представляется, что наиболее вероятным источником серы были коровые породы, обогащенные органическим веществом, контаминированные в процессе становления интрузии ультрабазитов. Сульфат-редукция осадочных сульфатов привела к появлению значительных количеств сероводорода [16]. Этот сероводород участвовал как в формировании сульфидов титановых руд, так и сурьмяной и медной минерализации. Появление сурьмы и меди в рудоносных флюидах также может быть связано с их мобили-

зацией из корового вещества. К настоящему времени накоплен значительный материал [17], указывающий на возможность корового происхождения многих металлов, в том числе сурьмы и меди.

В основе другой модели лежат представления о генетической связи золото-медной минерализации с поздним гранитоидным магматизмом. Так, изотопный состав серы пиритов золотоносных метасоматитов (4 анализа) заметно отличается от приведенных выше данных, изменяясь в интервале от 5 до 5.8‰ (рис. 3). Утяжеленный состав серы этих сульфидов, по свидетельству [18], позволяет предполагать о гранитоидном (магнетитовая серия) источнике рудного вещества. Выполненные исследования указывают на то, что формирование медной и золотой минерализации в пределах Конторского рудопроявления было разделено внедрением позднемеловых даек диабазов и сопряженными с ним процессами экзоконтактового метаморфизма и гидротермальной переработки. Присутствие примеси Zn и U в отдельных золотилах увязывается с их экстракцией из черных сланцев.

В то же время нельзя полностью исключить гипотетическую возможность формирования медной минерализации гидротермальными растворами с участием гранитоидов ильменитовой серии, характеризующихся присутствием изотопно-легкой серы [18]. При этом часть минералов Cu–Au могла возникнуть при воздействии золотоносных гидротерм (связанных с дайкой) на медное рудообразование. Как показали эксперименты по гидротермальному синтезу медистого золота, при температурах ниже 500°C, на медьсодержащих пластинах образуются мелкие кристаллы купроаурида [19]. Избыток Ag и Cu реализовался в виде самородных серебра и меди. По близкой схеме [20], кристаллизовалось медистое золото месторождения Золотая Гора в зоне влияния Карабашского массива базит-ультрабазитов (Урал). Однако следует заметить, что в районе рудопроявления отсутствуют выходы гранитоидов, нет геофизических данных, указывающих на существование подобных пород на глубине. Изложенный материал позволяет связывать растворы, участвовавшие в формировании медных руд, с ультраосновным магматизмом.

Таким образом, в результате выполненных минералого-геохимических и изотопных исследований выявлено существование элементов зональности в площадном распределении руд, свидетельствующее в пользу единого источника рудного вещества: в центре интрузии ультрабазитов сосредоточена золото-титановая минерализация (Ариадненское месторождение), в ее экзоконтакте — золото-сурьмяные руды (Тодоховское проявление), на удалении к северо-востоку — золото-медные образования (Конторское проявление).

Присутствие купроаурида в рудных образованиях последнего рассматривается как отражение их генетических связей с поздними этапами ультрабазитового магматизма. Формирование золото-медного рудообразования осложнено внедрением поздних даек диабазов, сопряженного с поступлением в гидротермальную систему флюидов, производных позднего гранитоидного магматизма. Рудообразование сопровождалось гидротермальной переработкой медной минерализации и выносом рудогенных элементов из осадочных пород, отличающихся их повышенной концентрацией, по сравнению с эдуктом, с последующим поступлением в минералообразующую систему. Присутствие примеси U и Zn в золоте метасоматитов указывает на возможность участия в рудообразовании углеродсодержащих пород околоинтрузивной зоны.

Для выяснения геодинамического режима формирования рудной минерализации необходимо проведение дополнительных исследований, включающих изотопно-геохимические и изотопно-геохронологические изучения магматических образований изученной площади. Полученные результаты имеют принципиальное значение, поскольку могут использоваться при металлогенетических построениях, а также оценке перспектив ресурсного потенциала ультрабазитовых интрузий не только юга Дальнего Востока, но и других регионов.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность К.Н. Доброшевскому за предоставленный материал для исследования.

#### ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 23-17-00093.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Khanchuk A.I., Kemkin I.V., Kruk N.N.* The Sikhotealin orogenic belt, Russian South East: terranes and the formation of continental lithosphere based on geological and isotopic data / Journal of Asian Earth Sciences. 2016. V. 120. P. 117–138. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2015.10.023>
2. *Ivannikov S.I., Markin N.S., Zhelezov V.V.* // Nuclear Technology and Radiation Protection. 2021. V. 36. № 1. P. 12–17. <https://doi.org/10.2298/NTRP201217005I>
3. *Гриненко В.А.* Приготовление двуокиси серы для изотопного состава. Журнал неорганической химии. 1962. № 7. С. 2578–2582.
4. *Ханчук А.И., Молчанов В.П., Андросов Д.В.* Первые находки самородных золота и платины в ильменитовых россыпях Ариадненской интрузии базит-ультрабазитов (Приморье) // ДАН. 2020. Т. 492.

- № 2. С. 39–43.  
<https://doi.org/10.31857/S2686739720060079>
5. Мурзин В.В., Малюгин А.А. Типоморфизм золота зоны гипергенеза (на примере Урала). Свердловск: УНЦ, 1987. 96 с.
  6. Молчанов В.П., Зимин С.С., Гвоздев В.И. Роль апогипербазитов в формировании платиноидно-золотых россыпей Гарьского узла (Среднее Приамурье) // Рудные месторождения континентальных окраин. Владивосток: Дальнаука. 2001. Вып. 2. Т. 2. С. 219–232.
  7. Сидоров А.А., Гончаров В.И., Приставка В.А. и др. О металлах платиновой группы на Наталкинском золоторудном месторождении (Северо-Восток России) // ДАН. 1997. Т. 355. № 6. С. 801–804.
  8. Сидоров А.А., Томсон И.Н. Условия образования сульфидизированных черносланцевых толщ и их металлогеническое значение // Тихоокеанская геология. 2000. Т. 19. № 1. С. 37–49.
  9. Рамдор П.О. О широко распространенном парагенезисе рудных минералов, возникших при серпентинизации // Геология рудных месторождений. 1967. № 2. С. 32–43.
  10. Макеев А.Б., Филиппов В.Н. Металлические пленки на природных алмазах (месторождение Ичетыю, Средний Тиман) // ДАН. 1999. Т. 368. № 6. С. 808–812.
  11. Жмудик С.Н., Миронов А.Г., Агафонов Л.В. и др. Углеродизация гипербазитов Восточного Саяна и золото-палладий-платиновая минерализация // Геология геофизика. 2004. Т. 45. № 2. С. 228–243.
  12. Брянцининова Н.И. Газовые включения в породообразующих силикатах ультрабазитов Полярного Урала, как характеристика флюидного режима мантии. Алмазы и алмазоносность Тимано-Уральского региона. Материалы Всероссийского совещания. Сыктывкар: Геопринт, 2001. С. 88–90.
  13. Паддефет Р. Химия золота. М.: Мир, 1982. 264 с.
  14. Новгородова М.И. Самородные металлы в гидротермальных рудах. М.: Наука, 1983, 287 с.
  15. Rollinson H.R. Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation. Longman Group UK Ltd, 1993. 352 p.
  16. Seal R. Sulfur isotope geochemistry of sulfide minerals // Reviews in Mineralogy and Geochemistry. 2006. V. 61. P. 633–677.  
<https://doi.org/10.2138/RMG.2006.61.12>
  17. Озерова Н.А. Ртуть и эндогенное рудообразование. М.: Наука, 1986. 232 с.
  18. Ishihara S., Sasaki A. Sulfur isotopic ratios of the magnetite-series and ilmenite-series granitoids of the Sierra Nevada batholith – a reconnaissance study // Geology. 1989. V. 17 (9). P. 788–791.  
[https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1989\)017](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1989)017)
  19. Марчук М.В., Иванова Л.А. Образование медистого золота в зависимости от флюидного режима // ДАН. 2009. Т. 426. № 3. С. 377–379.
  20. Спиридонов Э.М., Плетнев П.А. Месторождение медистого золота Золотая гора (о “золото-родингитовой” формации). М: Науч. Мир, 2002. 220 с.

## THE FIRST INFORMATION ABOUT THE GOLD-COPPER MINERALIZATION OF THE KONTORSKOYE ORE OPENING (ARIADNE INTRUSION OF ULTRABASITES, PRIMORYE)

Academician of the RAS A. I. Khanchuk<sup>a</sup>, V. P. Molchanov<sup>a, #</sup>, and D. V. Androsov<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Far Eastern geological Institute, Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russian Federation

<sup>#</sup>E-mail: [vpmol@mail.ru](mailto:vpmol@mail.ru)

Within the Sikhote-Alin orogenic belt, a new promising type of mineral resources has been identified – complex ores and placers spatially and genetically related to Late Mesozoic ultramafic intrusions. An example of this is the Ariadne massif of ultramafic rocks, in the center of which there is a manifestation of gold-titanium mineralization, and in the exocontact – gold-antimony. The main features of the mineralogy and geochemistry of gold-copper formations in its near-intrusive zone are determined. To reconstruct the conditions for the formation of these ores, the isotopic composition of sulfur in sulfide minerals was studied. The obtained materials testify to the significant metal-bearing potential of the ultramafic rocks of the Sikhote-Alin.

**Keywords:** copper gold, mineralogy, isotopy, geochemistry, Ariadne intrusion of ultrabasites, Sikhote-Alin, Primorye