

УДК 550.4:553+553.41

ПЕРВЫЕ НАХОДКИ САМОРОДНЫХ ЗОЛОТА И ПЛАТИНЫ В ИЛЬМЕНИТОВЫХ РОССЫПЯХ АРИАДНЕНСКОЙ ИНТРУЗИИ БАЗИТ-УЛЬТРАБАЗИТОВ (ПРИМОРЬЕ)

© 2020 г. Академик РАН А. И. Ханчук¹, В. П. Молчанов^{1,*}, Д. В. Андросов¹

Поступило 18.03.2020 г.

После доработки 27.03.2020 г.

Принято к публикации 30.03.2020 г.

Определены основные черты минералогии и геохимии золото-ильменитовых россыпей, пространственно и генетически связанных с Ариадненской интрузией ультрабазитов (правобережье р. Уссури). Изучен состав платины и золота, выявлен комплекс попутных высокотехнологичных металлов. Установлено, что в качестве основного поставщика полезных компонентов в россыпи выступали базит-ультрабазиты. Углубленные минералого-геохимические исследования рудоносных интрузий ультрабазитов Сихотэ-Алинского орогенного пояса позволят расширить перспективы сырьевой базы стратегических металлов юга Дальнего Востока.

Ключевые слова: титаносные россыпи, базит-ультрабазиты, Ариадненский массив, Приморье

DOI: 10.31857/S2686739720060079

Приморье относится к числу наиболее старых районов золотодобычи России. Россыпное золото здесь добывалось задолго до прихода первых русских землепроходцев [1]. Длительная эксплуатация экзогенных месторождений привела к истощению их геологических запасов, что не могло не сказаться на резком снижении объемов добычи благородных металлов (БМ). К настоящему времени большинство россыпей БМ практически полностью исчерпали свой ресурсный потенциал. В этих условиях укрепление сырьевой базы региона связано с выявлением комплексных россыпей проявлений. Именно к ним относятся титаносные россыпи Сихотэ-Алинского орогенного пояса, в которых минералы БМ являются попутными компонентами. Большинство из них пространственно и генетически связано с синорогенными интрузиями базит-ультрабазитов. Примером могут послужить промышленно значимые ильменитовые россыпи Ариадненского массива, в которых авторами впервые обнаружены самородное золото и платина. Изучению их типоморфных свойств посвящены наши исследования, выполненные с применением электронно-зондового микроанализатора “Jeol Superprobe” JXA 8100 с системой “INCA Energy” 350 Oxford In-

struments и электронного сканирующего микроскопа EVO-500XVP с системой “INCA Energy” 350 Oxford Instruments.

Ариадненский массив базит-ультрабазитов, расположенный в среднем течении р. Малиновка (площадь водосбора р. Уссури, притока р. Амур), относится к группе дифференцированных интрузий Ариадненского металлогенического пояса, приуроченных к Самаркинскому террейну юрской аккреционной призмы. В геологическом строении Ариадненского рудно-россыпного узла (рис. 1), совпадающего с контурами одноименного массива, принимают участие верхнеюрские турбидиты и олистостромы аккреционной призмы с включениями позднепалеозойских и нижнемезозойских океанических кремней, сланцев, известняков и базальтов, которые прорваны Ариадненской интрузией базит-ультрабазитов раннемелового возраста. Ее южная часть сложена перидотитами и оливиновыми пироксенитами, к северу преобладают ильменитовые и роговообманковые габбро, переходящие в диориты, монцодиориты и сиениты. Вышеперечисленные стратифицированные и магматические образования, в свою очередь, прорваны поздними гранитоидами, дайками основного и кислого состава позднемелового возраста [2].

Одной из отличительных черт ариадненских ультрабазитов является присутствие первичной (магматической) благороднометальной минерализации. Как показали наши исследования, в диоритах содержания золота достигают 1.6 г/т,

¹ 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) и И.В. Кемкина с соавторами [11]. *А* – местоположение изученной площади; *Б*: 1 – четвертичные аллювиальные отложения; 2 – верхнеюрские турбидиты и олистостромы аккреционной призмы с включениями позднепалеозойских и нижнемезозойских океанических кремней, сланцев, известняков и базальтов; 3 – дайки основного (*а*) и кислого (*б*) состава (K_2); 4 – диориты, кварцевые диориты, гранодиориты (K_2); 5–8 – породы Ариадненского массива (K_1); 5 – диориты, монцедиориты и сиениты; 6 – габбро; 7 – ильменитовые габбро со шликерами перидотитов; 8 – перидотиты; 9 – разрывные нарушения; 10 – границы разновозрастных стратиграфических и интрузивных образований: достоверные (*а*), фациальные (*б*); 11 – ильменитовые россыпи (*а*), точки отбора проб (*б*).

палладия – 1.4 г/т, серебра – 0.3 г/т. В самородном золоте распределение значений пробности носит бимодальный характер. Высокопробные частицы (900–930‰) отмечены в ассоциации с силикатами, а низкопробные (760–810‰) чаще фиксируются в сростаниях с пиритом. В неизменных ультрасновных породах отмечено [3] присутствие сперрилита, золота высокой и низкой пробы. Высокопробные зерна ($Au - 93.53$ и $Ag - 6.6$ мас. %) встречаются совместно с ильменитом, а низкопробные ($Au - 50.59$, $Ag - 49.7$ и $Pd - 0.011$ мас. %) – с поздними сульфидами.

С ильменитовыми габбро связано Ариадненское рудопроявление ильменитовой минерализа-

ции. Рудные тела имеют сложную морфологию, северо-восточное простирание и протяженность до 2200 м при ширине до 400 м. По падению они прослежены до 400 м. Среднее содержание (мас. %) TiO_2 в руде составляет 6.16; $V_2O_5 - 0.086$; $Fe_2O_3 - 13.28$; $Sc - 0.0045$. С глубиной в рудных телах отмечается увеличение концентрации Cu и Ni , достигающих соответственно 0.1 и 0.3 мас. % (фондовые материалы В.М. Лосива, 1990).

В верховьях р. Падь Тодохова широко развита сеть северо-восточных разрывных нарушений, контролирующая положение кварцевых жил с золото-сурьмяной минерализацией Тодоховского рудопроявления. Большой частью они приурочены

ны к экзоконтакту ультраосновных пород с песчаниками и алевролитами. По простиранию они, по данным В.М. Лосива (1990), прослежены до 4000 м, по падению — до 400 м. Главный рудный минерал — антимонит, реже встречаются арсенопирит, пирит, марказит.

Ариадненские базит-ультрабазиты продуцирует ряд крупных титаноносных россыпей. Так, судя по фондовым материалам Д.В. Андросова и Е.А. Слободян (2017), протяженность россыпей р. Тодохова и ее правого притока руч. Потапова россыпей составляет, соответственно, 4,8 и 1,2 км при ширине до 520 и 280 м, средней мощности продуктивного пласта 7,4 м и содержанием ильменита до 375,5 кг/м³ (рис. 1). В процессе технологических исследований пять крупнообъемных проб исходных песков (весом до 500 кг) прошли стадию предварительного концентрационного обогащения с последующей электромагнитной сепарацией. Полученный гравитационный концентрат характеризуется высоким выходом магнитной фракции (93–95% общей массы) и низким — немагнитной (5–7%). Основу первой из них составляет ильменит, в небольших количествах фиксируется титаномагнетит. Отличительными чертами материала фракции (ильменитового концентрата) являются высокие содержания (мас. %) TiO₂ (49,5), а также незначительные примеси SiO₂ (1,02) и Cr (0,2), что вполне отвечает требованиям промышленного производства [4]. Нельзя не отметить высокий уровень присутствия в концентрате массовой доли (до 300 г/т) таких высокотехнологических металлов, как Nb, Nd, Co, Cu. Немагнитная фракция, в сущности, представляет собой смесь анортита, кварца, роговой обманки, сфена и циркона. В незначительных количествах присутствуют монацит, рутил и апатит. Из рудных минералов преобладают сульфиды (единичные зерна пирита, арсенопирита, антимонита и галенита) и самородные металлы (золото, платина). Составные компоненты фракции можно подразделить на две группы. Первая из них включает дефицитные для промышленности металлы Hf, Y (до 900 г/т). Во вторую входят Au и Pt, концентрации которых варьируют в пределах 0,5–3,0 г/т.

Особый интерес вызывают первые находки самородных золота и платины в россыпях узла. Все золотины, выделенные из немагнитной фракции, по особенностям химизма можно разделить на три группы: серебристую, ртутистую и медистую. В первую, наиболее распространенную группу, включающую до 70% всех изученных образцов (91 зерно), входят низко- и высокопробные, в понимании [6], разновидности золото-серебрянных соединений. Макроскопически низкопробные фазы — мелкие (менее 0,25 мм) пластинчатые, иногда комковидные частицы желтого цвета. Поверхность золотинок — мелкаямчатая, окатанность —

средняя, иногда хорошая. Они характеризуются сравнительно узким диапазоном колебаний пробы от 670 до 740‰. На периферии зерен довольно часто наблюдаются гипергенные высокопробные оболочки толщиной 30–50 мкм, где концентрации Ag (1,6–1,8 мас. %) значительно понижены по сравнению с центральной частью. Переход от матрицы к кайме резкий и хорошо прослеживается. Появление этих оболочек, по-видимому, связано с выносом примесей из золота в зоне гипергенеза. В отдельных зернах металла наблюдаются мелкие вроски арсенопирита. Химический состав этого минерала (Fe — 32,3; As — 42,6; S — 19,6 мас. %) отличается избытком серы и дефицитом мышьяка по отношению к стехиометрии. Другая разновидность золота характеризуется высокими значениями пробы (до 970–999‰).

Сопоставление шлихового и рудного золота указывает на активную роль ультрабазитов в процессе формирования россыпей. А находки антимонита и сростков золота с арсенопиритом отражают участие в россыпеобразовании проявлений золотосурьмяной минерализации.

Другая группа состоит из 22 золотинок, примечательных постоянным присутствием примеси Hg (мас. %) 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. Морфологически ртутистое золото образует зерна изометричных, комковатых очертаний. Размер их варьирует от 0,1 до 0,3 мм. Ртутистые фазы отличаются невысокой гипергенной устойчивостью (рис. 2а). Своеобразие вторичных преобразований выразилось в образовании высокопробной пористой диффузионной зоны, в которой практически полностью отсутствует Hg (рис. 2б). Схожие изменения претерпело гипогенное ртутистое золото в процессе формирования многих россыпей Урала [6], характеризующееся, как и в нашем случае, пониженными значениями пробности, монолитным (плотным) внутренним строением.

Медистое золото (26 зерен) представлено тонкими (менее 0,1 мм) изометричными выделениями ярко-желтого цвета с красноватым оттенком. Типоморфной примесью этих золотинок средней пробности (850–900‰) можно считать Cu (0,1–3,2 ат. %). В процессе микронзондовых исследований установлен неравномерный характер распределения этого элемента. Размер гомогенных участков редко превышает первые десятки микронов.

Самородное золото ртутистого и медистого состава неоднократно отмечалось в рудо-россыпе-проявлениях, тяготеющих к базит-ультрабазитам Урала [7], Приамурья [8]. В пользу “ультрабазитового” типа коренного источника в нашем случае свидетельствует близость макросоставов шлихового золота и его аналогов из ультраоснов-

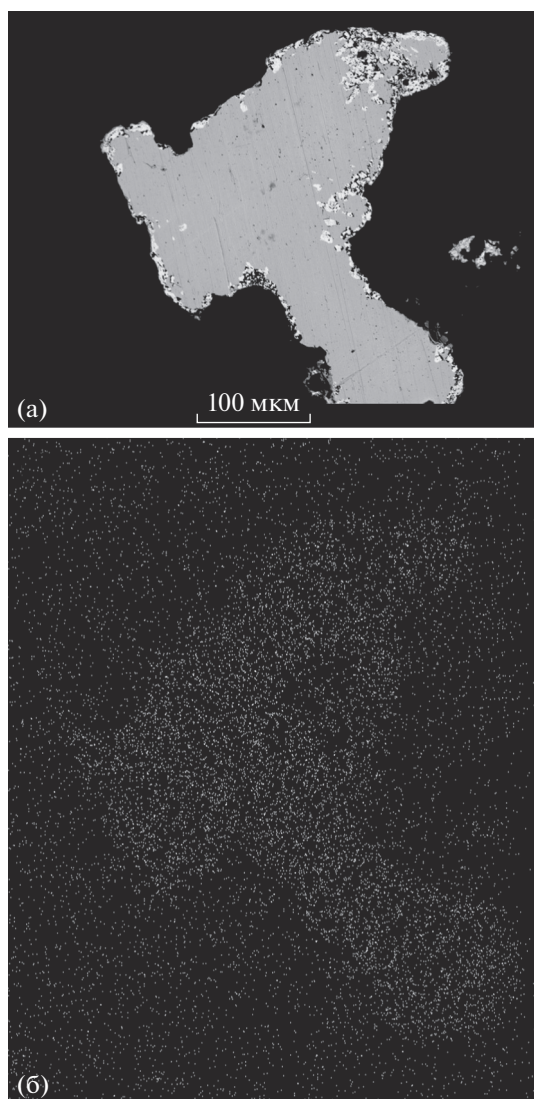


Рис. 2. Гипергенные преобразования ртутистого золота. Изображение: а – в обратных электронах; б – в рентгеновских лучах Hg.

ных пород. Факт сохранения геохимических характеристик россыпных золотин первично-магматического генезиса имеет принципиальное значение, поскольку может использоваться при металлогенических построениях, а также оценке перспектив ресурсного потенциала территорий не только юга Дальнего Востока, но и других регионов.

Минералы металлов платиновой группы присутствуют в шлихах по сравнению с золотом в гораздо меньших количествах. Шлиховая платина обычно встречается в виде комковатых обособлений неправильной или овальной, уплощенной формы, в поперечнике не превышающих 0,3 мм (рис. 3). Анализ изученных восьми зерен показывает, что они представлены твердыми растворами

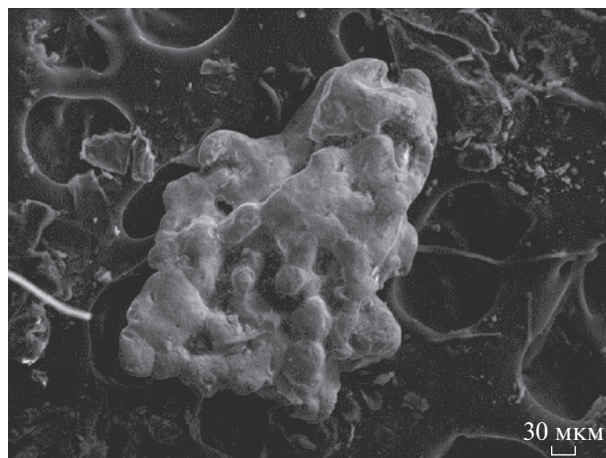


Рис. 3. Морфология зерен изоферроплатины.

Fe–Pt, где ведущим минералообразующим элементом является Pt (87,1–90,8 мас. %). Их можно отнести, используя известную номенклатуру [9], к изоферроплатине с концентрацией Fe+Cu в интервале 25,7–27,9 ат. %. Минералы системы Fe–Pt близкого состава наблюдались авторами и в других платиноидно-золотых россыпях Приморья, тяготеющих к интрузиям базит-ультрабазитов [10].

Результаты проведенных исследований дают основания полагать, что ариадненские базит-ультрабазиты активно участвовали в формировании россыпей, поставляя в них ильменит, серебристое, медистое и ртутистое золото, платину, а также широкий круг стратегических металлов. Основу шлихового материала составляет ильменитовый концентрат с высокой примесью V, Nb, Nd, Co, отвечающий нормам промышленного производства. Немагнитный концентрат примечателен, кроме промышленных концентраций Au и Pt, присутствием таких дефицитных для промышленности металлов, как Hf и Y. Представляется, что комплексное использование титаноносных россыпей, связанных с базит-ультрабазитами Сихотэ-Алиня, в значительной мере поможет удовлетворить потребности страны по целому ряду стратегических видов минерального сырья.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 20–05–00525.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анерт Э.Э. Богатство недр Дальнего Востока. Хабаровск: Книжное дело, 1928. 923 с.
2. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России / под ред. А.И. Ханчука. Кн. 1. Владивосток: Дальнаука, 2006. 572 с.

3. *Щека С.А., Вржосек А.А.* Редкий тип магматической платино-золотой минерализации в базит-гипербазитовых интрузиях // Типоморфные ассоциации аксессуарных минералов и микроэлементов. Владивосток. ДВНЦ АН СССР. 1985. С. 82–85.
4. *Байбеков М.К., Попов В.Д., Чепрасов И.М.* Производство четыреххлористого титана. Москва: Металлургия. 1980. 120с.
5. *Петровская Н.В.* Самородное золото. М.: Наука, 1973. 345 с.
6. *Мурзин В.В., Малюгин А.А.* Типоморфизм золота зоны гипергенеза (на примере Урала). Свердловск: УНЦ, 1987. 96 с.
7. *Сазонов В.Н., Мурзин В.В., Огородников В.Н.* Золотое оруденение, сопряженное с альпинотипными ультрабазитами (на примере Урала) // Литосфера. 2002. № 4. С. 63–77.
8. *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.
9. *Harris D.C., Cabri L.J.* Nomenclature of Platinum-group-elements Allous. Review and Revision // Can. Miner. 1991. V. 29. P. 231–237.
10. *Молчанов В.П., Ханчук А.И., Медведев Е.И., Плюснина Л.П.* Уникальная ассоциация природной амальгамы золота, киновари, самородных металлов и карбидов Фадеевского рудно-россыпного узла, Приморье // ДАН. 2008. Т. 422. № 4. С. 536–538.
11. *Kemkin I.V., Khanchuk A.I., Kemkina R.A.* Accretionary Prisms of the Sikhote-Alin Orogenic Belt: Composition, Structure and Significance for Reconstruction of the Geodynamic Evolution of the Eastern Asian Margin // Journal of Geodynamics. 2016. V. 102. P. 202–230.

THE FIRST FINDS OF NATIVE GOLD AND PLATINUM IN ILMENITE PLACERS OF THE ARIADNE INTRUSION OF BASITE ULTRABASITES (PRIMORYE)

Academician of the RAS A. I. Khanchuk^a, V. P. Molchanov^{a,#}, and D. V. Androsov^a

^a *Far Eastern Geological Institute, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russian Federation*

[#] *E-mail: vpmol@mail.ru*

The main features of the mineralogy and geochemistry of gold-ilmenite placers, spatially and genetically associated with the Ariadne intrusion of ultrabasites (the right bank of the Ussuri River) are determined. The composition of platinum and gold was studied, a complex of associated high-tech metals was revealed. It has been established that basite ultrabasites acted as the main supplier of useful components in the placer. In-depth mineralogical and geochemical studies of ore-bearing intrusions of ultrabasites of the Sikhote-Alin orogenic belt will expand the prospects for the raw material base of strategic metals in the south of the Far East.

Keywords: titanium placers, basite-ultrabasites, Ariadne massif, Primorye