

## САМОРОДНОЕ ЗОЛОТО ТИТАНОНОСНЫХ РОССЫПЕЙ АРИАДНИНСКОГО УЗЛА И ЕГО КОРЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ (ПРИМОРЬЕ)

*В.П. Молчанов, Г.Р. Саядян, Е.И. Медведев*

*Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток*

Поступила в редакцию 25 июня 2007 г.

Многовековая интенсивная добыча благородных металлов из россыпей юга Дальнего Востока привела к истощению их геологических запасов. Укрепление сырьевой базы региона связано с комплексными экзогенными месторождениями, в которых минералы благородных металлов являются попутными компонентами. Изучен состав самородного золота титаноносных россыпей, пространственно и генетически связанных с Ариаднинским массивом базит-гипербазитов (левобережье р. Б. Уссурка). Полученные данные позволили сделать вывод об участии в россыпеобразовании полигенных и полихронных коренных источников. В качестве поставщика медистого и ртутистого золота выступали мафит-ультрамафиты. Другим источником питания россыпей, по-видимому, послужили кварцево-жильные образования с золото-сурьмяной минерализацией.

**Ключевые слова:** серебристое, медистое и ртутистое золото, титаноносные россыпи, мафит-ультрамафиты, Ариаднинский массив, Приморье.

### ВВЕДЕНИЕ

Юг Дальнего Востока относится к числу известных россыпных районов. Золото здесь добывалось задолго до прихода первых русских землепроходцев. Длительная эксплуатация экзогенных месторождений и недостаточное восполнение геологических запасов привели к резкому снижению 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 комплексными проявлениями экзогенной минерализации. Именно к таким относятся титаноносные россыпи, в которых минералы БМ являются попутными компонентами. Большинство из них пространственно и генетически связано с интрузиями базитов и гипербазитов. Примером тому является Ариаднинский массив и сопровождающий его довольно широкий спектр экзогенных скоплений полезных ископаемых. Изучение типоморфных свойств россыпеобразующих минералов, в первую очередь самородного золота, позволит идентифицировать источники питания россыпей и локализовать участки их максимального распространения.

При исследованиях использовались методы локально-спектрального анализа (микроанализаторы JXA-5A и JEOL-8100).

### КРАТКИЙ ОЧЕРК ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ

Ариаднинский массив располагается в среднем течении р. Малиновка (бассейн р. Б. Уссурка) (рис. 1А). Он относится к группе дифференцированных интрузий габбро-верлитовой формации, приуроченных к границе мезозойской Сихотэ-Алинской и раннепалеозойской Ханкайской аккреционных систем. Располагаются интрузивы вдоль Ханкайского массива, образуя зону, протягивающуюся в северо-восточном направлении от мыса Поворотный на юге через верховья р. Усури к верховьям р. Хор на севере [2].

В геологическом строении Ариаднинского рудно-россыпного узла (рис. 1Б) принимают участие позднеюрско-раннемеловые туфо-терригенные образования, позднепермская толща алевролитов и песчаников, а также средне-позднеюрские вулканогенно-терригенные породы с олистостромами. Вулканогенно-осадочные толщи прорваны Ариаднинским массивом, имеющим концентрически зональное строение: перидотиты (ядро тела) меняются через ильменитовые, плагиоклаз-оливиновые, мономинеральные пироксениты к ильменитовым габбро на периферии [10]. Вышеперечисленные стратифицированные и магматические образования, в свою очередь, прорваны поздними интрузивными телами – гранитоидами, дайками основного и кислого состава позднемелового возраста.

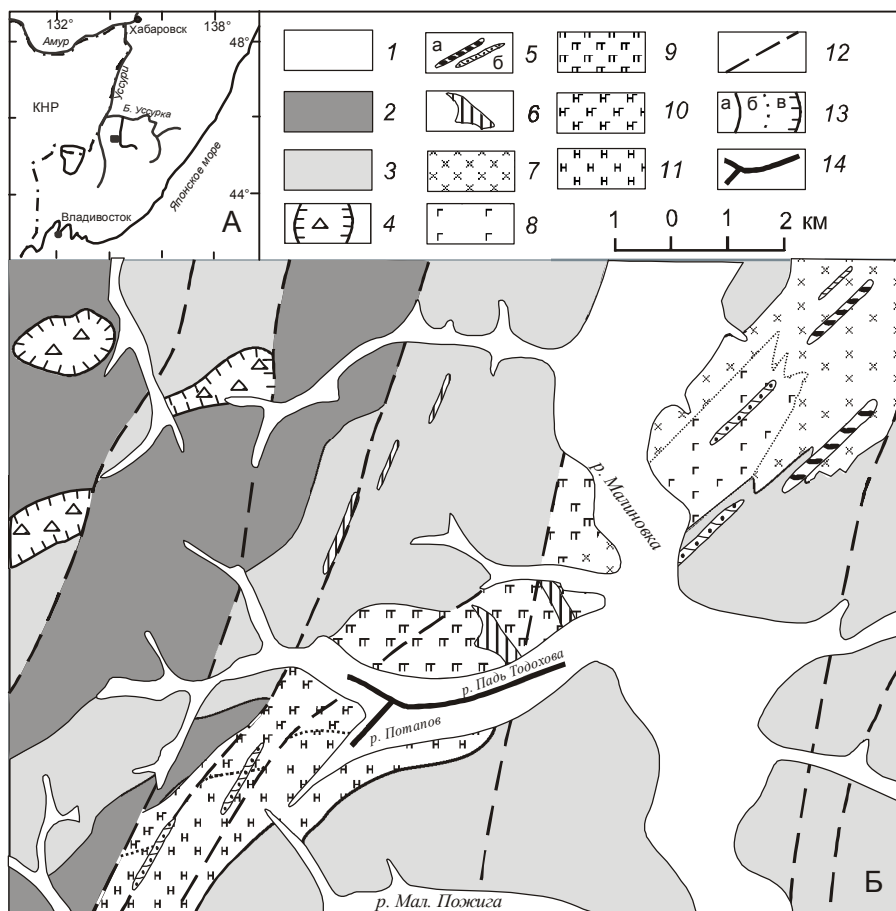


Рис. 1. Схема геологического строения Ариаднинского рудно-россыпного узла (составлена по материалам В.М. Лосива, 1990 г.).

А – местоположение изученной площади; Б: 1 – четвертичные аллювиальные отложения; 2 – алевролиты, алевролиты с тонкими прослоями песчаников, туффиты ( $J_3$ - $K_1$ ); 3 – переслаивание песчаников и алевролитов, ( $J_3$ ); 4 – алевролиты, спилиты, базальты, кремни, кремнистые алевролиты ( $J_2$ - $J_3$ ); 5 – дайки основного (а) и кислого (б) состава ( $K_2$ ); 6 – диориты, кварцевые диориты, гранодиориты ( $K_2$ ); 7–11 – породы Ариаднинского массива ( $J_3$ - $K_1$ ): 7 – диориты, кварцевые диориты, 8 – габбро, ильменитовые габбро, 9 – габбро, пироксениты, 10 – габбро со шлирами перидотитов, 11 – перидотиты; 12 – разрывные нарушения; 13 – границы разновозрастных стратиграфических и интрузивных образований (а), в т.ч. фациальные (б) и надвиговые (в); 14 – титаноносные россыпи.

С габброидами связано ильменитовое оруденение. Рудные тела представляют собой залежи сложной морфологии северо-восточного простирания протяженностью до 2200 м при ширине до 400 м, прослеженные по падению до 400 м. Среднее содержание  $TiO_2$  в них составляет 6.16 %,  $V_2O_5$  – 0.086 %,  $Fe_2O_3$  – 13.28 %, Sc – 0.0045 %. С глубиной в руде отмечается увеличение концентраций Cu и Ni, достигающих, соответственно, 0.1 и 0.3 % (Лосив, 1990 г.).

Геохимическими особенностями мафит-ультрамафитов являются повышенные содержания золота и рутения и пониженные – основной массы элементов платиновой группы. Подтверждением этого может послужить присутствие в базит-гипербазитах первичной (магматической) благороднометалльной ми-

нерализации. Минералы БМ в протолочках неизменных ультраосновных пород, по данным С.А. Щеки и А.А. Вржосека [10], представлены сперрилитом, золотом высокой и низкой пробы. Высокопробные частицы последнего (Au – 93.53 и Ag 6.6 мас.%) находятся в сростках с силикатами – клинопироксенном, керсутитом, плагиоклазом. Низкопробное золото (Au – 50.59, Ag – 49.7 и Pd – 0.011 мас.%) появляется лишь в тех пробах, где присутствует поздний пирит.

В пределах узла широко развита сеть северо-восточных разрывных нарушений, контролирующая положение кварцевых жил с золото-сурьмяной минерализацией. Большой частью они приурочены к экзоконтакту базит-ультрабазитов с песчаниками и алев-

ролитами. По простирацию они прослежены до 4000 м, по падению – до 400 м. Главный рудный минерал – антимонит, реже встречаются арсенопирит, пирит, марказит. Содержания основных полезных компонентов варьируют в следующих пределах: Sb – 0.18–23.4 % (среднее – 2.2 %), Ag – 500–1820 г/т; Au – 0.14–0.74 г/т (среднее – 0.3 г/т) (Лосив, 1990 г.).

#### ТИПОМОРФИЗМ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА РОССЫПЕЙ

Ариаднинский массив продуцирует ряд крупных титаноносных россыпей. Издавна [1] они известны присутствием россыпного золота и минералов платиновой группы. Так, в аллювии руч. Виноградного С.А. Щекой и А.А. Вржосеком [10] отмечены единичные зерна сперрилита и золота. Проба шлихового золота достигает 900–910 ‰.

Авторами обнаружено [5] самородное золото в тяжелой фракции россыпей р. Тодохова и ее правого притока руч. Потапова (рис. 16). Протяженность этих аллювиальных россыпей долинного типа составляет соответственно 4 км и 1.2 км при ширине до 450 м и 250 м и средней мощности продуктивного пласта 6.9 м с содержанием ильменита до 35 кг/м<sup>3</sup>. Кроме того, в гравитационном концентрате в незначительных количествах присутствуют хромит, рутил, сфен, циркон, апатит, сульфиды (единичные зерна арсенопирита и пирита).

Шлиховое золото по особенностям химизма подразделяется на три группы: серебристую, ртутистую и медистую.

*Серебристое золото.* В первую группу входят низко- и высокопробные, в понимании Н.В. Петровской [7], разновидности золото-серебряных соединений. Макроскопически низкопробные фазы – мелкие (менее 0.25 мм) пластинчатые, иногда комковидные частицы желтого цвета. Поверхность золотин – мелкоямчатая, окатанность – средняя, иногда хорошая. Они характеризуются сравнительно узким диапазоном колебаний пробы от 670 до 740 ‰. На периферии зерен довольно часто наблюдаются коррозионные 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 наблюдаются мелкие вроски арсенопирита (рис. 2). 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 золото-серебряных соединений характеризуется высокими значениями пробы (до 970–999 ‰). Спорадически в этих золотинах обнаруживаются дискретные микроскопические обособления самородного серебра. Их появление, скорее всего, связано с гипергенными преобразованиями низкопробного золота. Высвободившееся при этом серебро отлагалось в виде самостоятельных минеральных фаз.

Широкое развитие в рыхлых отложениях Ариаднинского узла золото-серебряных фаз, возможно, является подтверждением участия в россыпеобразовании золото-сурьмяной минерализации, генетически связанной с гранитоидным магматизмом и приуроченной к среднему течению р. Падь Тодохова. Самородное золото подобных образований, по данным Э.М. Спиридонова и П.А. Плетнева [9], наиболее серебристое в ряду плутоногенных гидротермальных месторождений.

*Ртутистое золото.* Представлено низкопробными ртутьсодержащими фазами (Au от 53.72 до 55.37 мас.%, Ag от 39.1 до 41.45 мас.%, Hg от 3.47 до 4.31 мас.%). Они характеризуются невысокой гипер-

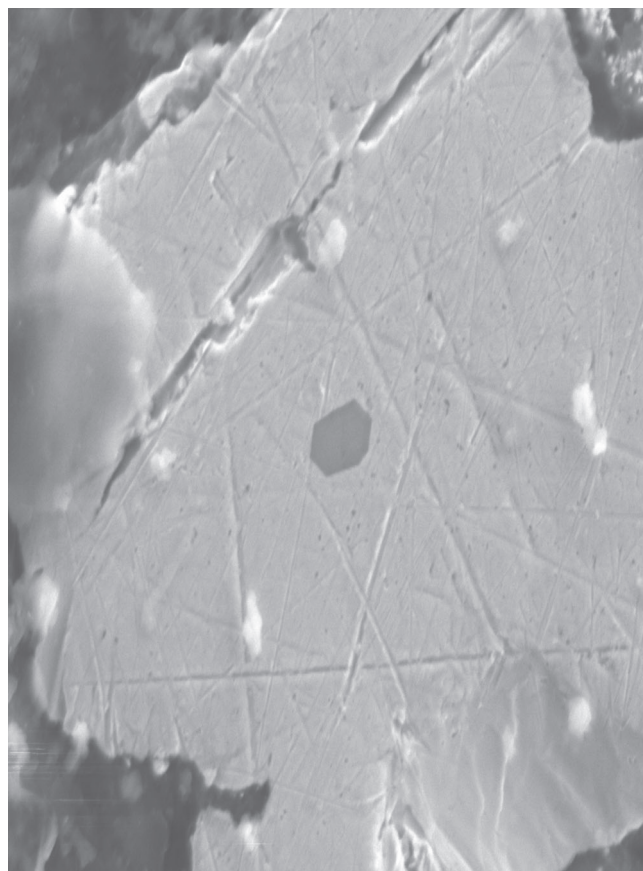


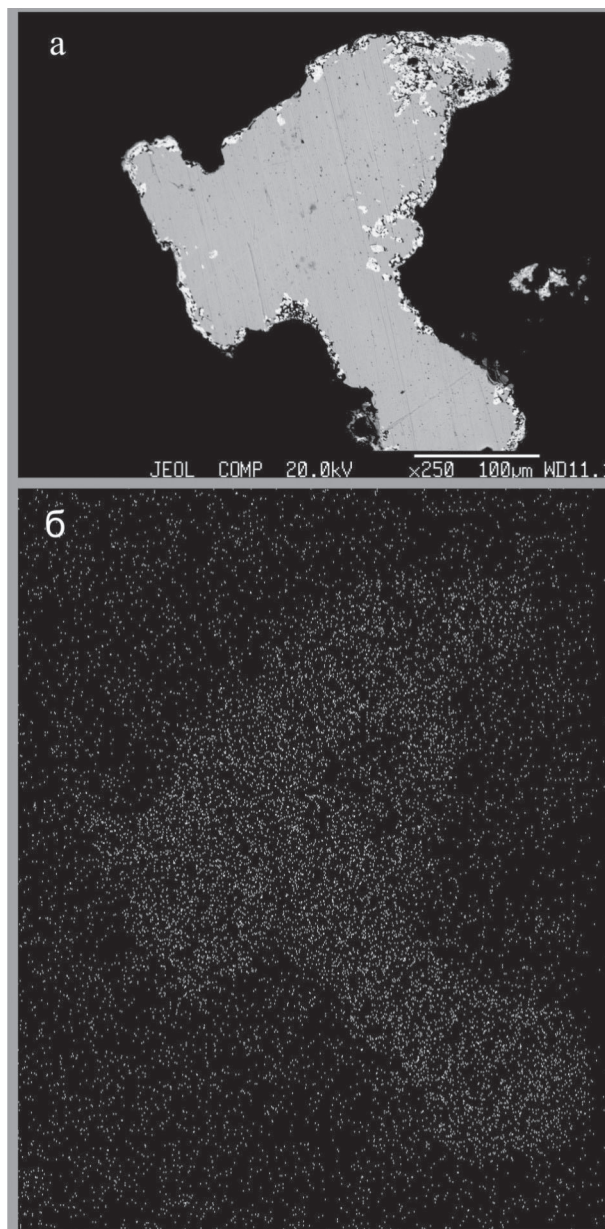
Рис. 2. Включение арсенопирита в самородном золоте, изображение в обратных электронах. Увел. 194 ×.

генной устойчивостью (рис. 3а). Свообразие вторичных преобразований выразилось в образовании высокопробной пористой диффузионной зоны шириной до 100 мкм, в которой практически полностью отсутствует Hg (рис. 3б). Подобные изменения претерпело гипогенное ртутистое золото в процессе формирования многих россыпей Урала [6]. Отличительными чертами такого золота являются пониженные значения пробы, монокристаллическое (плотное) внутреннее строение, прямая корреляция концентраций Ag и Hg. Подобными характеристиками обладают изученные ртутистые фазы. Это позволяет сделать вывод о синхронной кристаллизации ртути и золота, а не о техногенном “заражении” шлихового золота в процессе эксплуатации россыпей. Таким образом, изложенные данные позволяют уверенно относить изученное ртутистое золото к природным твердым растворам системы Au-Ag-Hg.

*Медистое золото.* Эта группа состоит из тонких (менее 0.1 мм), относительно изометричных выделений золота ярко-желтого цвета с красноватым оттенком. Типоморфной примесью этих золотин средней пробы (850–900 ‰) можно считать Cu (0.1–3.2 ат.%). В процессе микросондовых исследований установлен неравномерный характер распределения этого элемента. Размер гомогенных участков редко превышает первые десятки микронов.

Ртутистый и медистый состав самородного золота россыпей указывает на “ультрабазитовый” тип коренного источника. Так, находки самородного золота с высокими концентрациями Cu и Hg неоднократно отмечались в рудо-россыпепроявлениях, тяготеющих к базит-гипербазитам Урала [8, 9], Приамурья [3]. В пользу этой точки зрения, в нашем случае, свидетельствует близость макросоставов шлихового золота “ультрамафитового” профиля и его аналогов из ультраосновных пород. Факт сохранения геохимических характеристик россыпных золотин первичномагматического генезиса имеет принципиальное значение, поскольку может использоваться при металлогенических построениях, а также при оценке перспектив ресурсного потенциала территорий не только юга Дальнего Востока, но и других регионов.

В то же время, нельзя до конца исключать гипотетической возможности обогащения самородного золота Hg и Cu за счет мафит-ультрамафитов, послуживших боковыми породами для флюидов, формировавших золото-сурьмяную минерализацию. При этом метасоматические преобразования могли сопровождаться выносом Au, Cu, Hg из ультраосновных пород, отличавшихся их повышенной концентрацией по сравнению с эдуктом, с последующим по-



**Рис. 3.** Гипергенное преобразование Hg-электрума. Изображение: а – в обратных электронах; б – в рентгеновских лучах ртути.

ступлением этих элементов в гидротермальную систему. Поликомпонентные природные соединения Au, Ag, Hg, Cu в ассоциации с Pt-Fe сплавами были обнаружены авторами в россыпях Фадеевского узла на юго-западе Приморья [4], где их присутствие увязывается с гидротермальной переработкой находящихся на глубине тел базит-гипербазитов.

Интерпретация полученных материалов приводит к выводу о том, что процесс формирования коренных источников россыпей Ариаднинского узла охватывает длительный период времени. Его можно

разделить на два этапа. На первом этапе, предположительно ( $J_2$ - $K_1$ ), формировались собственно магматогенные ильменитовая и благороднометалльная минерализации, связанные со становлением дифференцированного массива гипербазитов. Последующая магматическая активизация на втором этапе ( $K_2$ ) привела к появлению золото-сурьмяных руд, ассоциирующих с поздними гранитоидными интрузиями. Разрушение вышеупомянутых магматических и рудных образований привело к поступлению в россыпи ильменита и минералов БМ.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенных исследований дают основания полагать, что базит-гипербазиты Ариадненского узла активно участвовали в формировании россыпей, поставляя в них ильменит, медистое и ртутистое золото, минералы металлов платиновой группы. Распространенность золотин с включениями арсенипирита отражает факт участия в россыпеобразовании и других коренных источников. Выявленные индикаторные свойства шлихового золота позволяют не только уточнить особенности его генезиса, но и наметить локальные участки территорий, потенциально перспективные на тот или иной тип золотых руд.

Извлечение минералов БМ из титаноносных песков может повысить рентабельность разрабатываемых объектов. Сказанное позволяет нам предполагать, что благороднометалльный потенциал комплексных россыпей Приморья далеко не исчерпан и можно надеяться на выявление новых экзогенных месторождений.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов ДВО РАН: проекты №№ 15-ИН-07, 06-3-А-08-325, 06-1-ОХНМ-134.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анерт Э.Э. Богатство недр Дальнего Востока. Хабаровск: Кн. дело, 1928. 923 с.
2. Моисеенко В.Г., Степанов В.А., Эйриш Л.В. и др. Платиноносность Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 2004. 176 с.
3. Молчанов В.П., Зимин С.С., Гвоздев В.И. и др. 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.
4. Молчанов В.П., Моисеенко В.Г., Хомич В.Г. Минералы благородных металлов россыпей Фадеевского узла (Приморье) как индикаторы формационной принадлежности коренных источников // Докл. РАН. 2005. Т. 402, № 5. С. 661–664.
5. Молчанов В.П., Саядян Г.Р., Медведев Е.И., и др. Ртутистое золото россыпей Ариадненского узла (Приморье) как индикатор формационной принадлежности коренных источников // Россыпи месторождений кор выветривания: факты, проблемы, решения. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2005. С. 173–175.
6. Мурзин В.В., Малюгин А.А. Типоморфизм золота зоны гипергенеза (на примере Урала). Свердловск: УНЦ, 1987. 96 с.
7. Петровская Н.В. Самородное золото. М.: Наука, 1973. 345 с.
8. Сазонов В.Н., Мурзин В.В., Огородников В.Н. и др. Золотое оруденение, сопряженное с альпинотипными ультрабазитами (на примере Урала) // Литосфера. 2002. № 4. С. 63–77.
9. Спиридонов Э.М., Плетнев П.А. Месторождение медистого золота Золотая гора (о “золото-родингитовой” формации). М.: Науч. мир, 2002. 220 с.
10. Щека С.А., Вржосек А.А. Редкий тип магматической платино-золотой минерализации в базит-гипербазитовых интрузиях // Типоморфные ассоциации акцессорных минералов и микроэлементов. Владивосток. ДВНЦ АН СССР, 1985. С. 82–85.

*Рекомендована к печати Н.А. Горячевым*

*V.P. Molchanov, G.R. Sayadyan, E.I. Medvedev*

#### **Native gold from titanium-bearing placers of the Ariadnensky unit and its native sources (Primorye)**

Centuries-old intensive mining of precious metals from placers of the south of the Far East has led to a depletion of their geological reserves. Strengthening of a raw-material base of the region is associated with complex exogenous deposits where precious metal minerals are secondary constituents. The structure of native gold from titanium-bearing placers spatially and genetically connected with the Ariadnensky massif of basic-ultrabasic rocks (left bank of the Bolshaya Ussurka River) has been studied. Data obtained let us draw a conclusion that the placer origin occurred with the participation of polygenetic native sources. Mafite-ultramafites were copper and mercury gold suppliers. Apparently, quartz veined formations containing gold and antimony were the other mineral source for the placers.

**Key words:** argentiferous gold, copper gold, mercury gold, titanium-bearing placer, mafite-ultramafite, Ariadnensky massif, Primorye.