

**ПАЛЛАДИЙСОДЕРЖАЩЕЕ ЗОЛОТО, МИКРОСФЕРУЛЫ МАГНЕТИТА И ШОРЛОМИТА РОССЫПЕЙ БЛАГОДАТНЕНСКОГО УЗЛА (ПРИМОРЬЕ) И ВОЗМОЖНЫЕ ИХ ИСТОЧНИКИ**

*Е.И. Медведев, В.П. Молчанов, В.Г. Хомич*

*Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток*

Изложены данные по типоморфизму и составу самородного золота и его площадному распределению в золоторудных образованиях и продуктах их экзогенного разрушения. В ассоциации с Pd-золотом установлены микросферулы шорломита, который встречается исключительно в ультраосновных породах. Присутствие этих микросферул рассматривается как свидетельство участия в россыпеобразующем процессе платиноидно-золотой минерализации, сформированной за счет гидротермальной переработки скрытых на глубине гипотетических основных и/или ультраосновных пород.

**Ключевые слова:** микросферулы шорломита и магнетита, Pd-золото, гидротермальная переработка, ультраосновные породы, Приморье.

**ВВЕДЕНИЕ**

Центральный Сихотэ-Алинь, особенно его северная часть (в границах Приморского края), где известно несколько рудно-россыпных узлов, относится к числу старейших районов золотодобычи на Дальнем Востоке. Так, первые материалы о наличии золота на территории Благодатненского рудно-россыпного узла были получены в начале XX в. в результате заверочных работ по следам старых разработок [1]. Интенсивная промышленная добыча россыпного золота началась с 30-х гг. прошлого столетия. В 40-х гг. отрабатывались рудные образования. В связи с истощением значительной части россыпей узла и ограниченностью запасов руд остро стоит вопрос поиска новых типов коренных источников благородного металла. Решению отдельных аспектов обозначенной проблемы способствует изучение самородного золота руд и россыпей как носителя ценной геолого-генетической информации.

**ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЙ**

В региональном плане изученный узел приурочен к юго-восточной части Амурского золотоносного пояса [14], контролируемого одноименной унаследованно развивавшейся рифтогенной системой. Рудно-россыпные проявления узла сосредоточены преимущественно на правобережье р. Колумбе, впа-

дающей в р. Большая Уссурка (рис. 1,А). Крупные по промышленной значимости россыпи расположены (с запада на восток) в бассейнах рек Большая Приисковая, Малая Приисковая, 3-я Щедринка, Пионерка, Комсомольская, Нежданная, Большая Северная (рис. 1,Б). Преобладают аллювиальные россыпи долинного типа, реже встречаются аллювиально-делювиальные ложковые россыпи.

Металлоносная площадь сложена песчано-алевролитовыми толщами, выделяемыми в качестве ключевской, усть-колумбинской и приманкинской свит ( $K_1$ ). В западной части узла терригенные толщи прорваны гранитоидами Приискового массива ( $K_2$ ). Комплекс малых интрузий представлен штоками и дайками диоритов, диоритовых порфиритов и гранодиоритов ( $K_2$ ).

Характеризуемый узел объединяет Благодатненское (междуречье рек 3-я Щедринка и Пионерка) и Нежданное (район верхнего течения рек Комсомольская и Нежданная) коренные проявления золота, представленные, соответственно, золото-кварцевыми жилами и минерализованными зонами дробления и смятия пород. Для жильных тел наиболее характерны кварц, кальцит, а также мелкая и тонкая вкрапленность пирита, арсенопирита, реже халькопирита, сфалерита, галенита, буланжерита и золота [3, 10]. Последнее чаще всего тяготеет к приконтактовым ча-

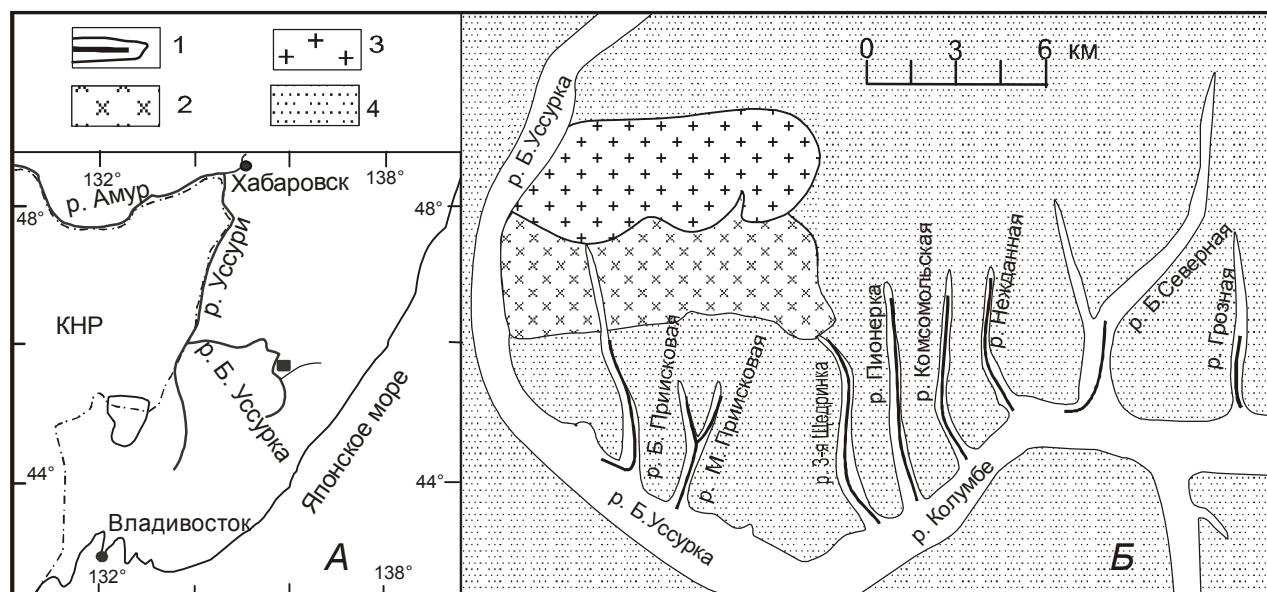


Рис. 1. Схема размещения золотоносных россыпей Благодатненского узла.

А – местоположение изученной площади; Б – схема: 1 – золотоносные россыпи; 2, 3 – гранитоиды Приискового массива ( $K_2$ ): 2 – диориты, гранодиориты, 3 – граниты; 4 – терригенные толщи ( $K_1$ ).

стям жил, но распределено крайне неравномерно, что подтверждено результатами не только опробования канав и шурфов, но и подземных разведочно-эксплуатационных выработок. Содержание металла в отдельных пробах достигает нескольких десятков, реже сотен граммов на тонну. Морфология выделений золота довольно разнообразна. Встречаются золотины комковидной, угловатой, прожилковидной и ажурной форм, средние размеры которых редко превышают 0,5 мм в поперечнике. Пробность золота варьирует в основном в пределах 800–870 единиц, постоянно присутствуют примеси Hg, Cu, As, Fe, Pb, Sb (30–80 г/т), Bi, Ni, Mn (до 10 г/т).

В минерализованных зонах дробления и смятия пород основной жильный минерал – кварц, представленный несколькими генерациями, по-разному окрашенными (от черной до белой). Структура их – от тонко до грубозернистой, текстура – от массивной до брекчиевой и полосчатой. В участках метасоматического преобразования пород преобладают тонкозернистые разновидности кварца. Крупно- и грубозернистый кварц, пустоты в котором заполнены гребенчатыми и друзовидными разновидностями, чаще встречается в участках выполнения открытых полостей. В подчиненных количествах присутствуют карбонаты, в частности, кальцит. Из рудных минералов следует, прежде всего, отметить арсенопирит, пирит; гораздо реже встречаются галенит и самородное золото. Последнее от такового из кварцево-жильных

образований отличают значительные концентрации Pb (100–300 г/т) и Hg (800–1000 г/т), а также более высокая пробность (880–920).

Сложный рельеф и плохая обнаженность изученной площади в значительной мере осложняют поиск проявлений золоторудной минерализации. Поэтому при прогнозной оценке изученной территории использовались материалы по площадному распределению шлихового золота и его минералов-спутников.

В гравитационных концентратах из аллювия большинства россыпей узла доминирует магнетит. В небольших количествах присутствуют арсенопирит, пирит, сфалерит, галенит, самородное золото. Преобладают золотины мелких и средних размеров (менее 1 мм). Крупное золото встречено лишь в шлихах из россыпи по одному из притоков р. Большая Приисковая. Форма золотины преимущественно грубопластинчатая, проволочковидная, изредка комковидная. Основная примесь золота – Ag. Усредненные значения его концентрации, определяющие величину пробности, заметно меняются от россыпи к россыпи. Металл средней пробности (800–850) превалирует в рыхлых отложениях междуречья рек 3-я Шедринка и Пионерка. Среди постоянных микропримесей в золоте следует отметить также Fe, Cu, Sb, As, Hg (до 50 г/т). Редко появляются Bi и Mn (до 5 г/т). Спектр элементов-примесей и уровень их концентрации близки к аналогичным характеристикам металла из кварцево-

жильных образований, вероятно, участвовавших в россыпеобразовании.

Высокопробное золото (900–920) более распространено в россыпях рек Комсомольская, Нежданная и Б. Северная. По сравнению с металлом россыпей центра узла оно содержит повышенные количества Pb и Hg (до 200 г/т), Cu и As (до 100 г/т). Возможно, выявленные изменения состава золота связаны со сменой источников питания россыпей: от жил к минерализованным зонам. В итоге вырисовывается стройная схема направленных изменений состава шлихового золота к востоку от гранитоидной интрузии.

Исключением из этого ряда является черный шлик из аллювия р. Б. Приисковая, дренирующей вышеупомянутую интрузию. Его основу составляют ильменит, магнетит, хромит, вольфрамит, касситерит. В меньших количествах фиксируются сульфиды (молибденит, арсенопирит, пирит), шеелит, минералы висмута, а также шаровидные минеральные обособления, сложенные оксидами Fe, Ti, Mn. Это так называемые магнитные шарики (микросферулы), обнаруженные еще В.И. Вернадским в месторождениях Урала.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследованиями с применением микросонда выявлены две основные минеральные фазы, слагающие микросферулы – силикатная и магнетитовая [6].

Мономинеральные Fe-Ti-Mn-силикатные сфероиды представляют собой мелкие зерна (размером менее 0,25 мм в диаметре), обладающие сильным стекляннным блеском, смоляно-черным цветом. Форма этих выделений обычно идеально шаровидная, редко эллипсоидная. Их химический состав (табл.) соответствует гранату типа шорломита. Этот минерал встречается исключительно в ультраосновных породах – нефелиновых пироксенитах, якупирангитах, мельгейгитах, иногда в ийолитах [5].

Магнетитовые шарики, близкие по химическому составу к стехиометрии, пользуются наибольшей распространенностью. Чаще всего это каплевидные, иногда идеально круглые выделения черного цвета с матовой поверхностью, диаметром до 0,6 мм.

В отдельных случаях отмечены полиминеральные микросферулы, в строении которых участвуют магнетит и шорломит. При их исследованиях в обратнорассеянных электронах обнаруживается (рис. 2), что матрица сфероидов (серая фаза) сложена магнетитом, а шорломит (темная фаза) выполняет межзерновые пространства. Судя по площадному распределению отмеченных фаз на плоскостях

**Таблица. Химический состав (масс. %) минеральных фаз, слагающих микросферулы.**

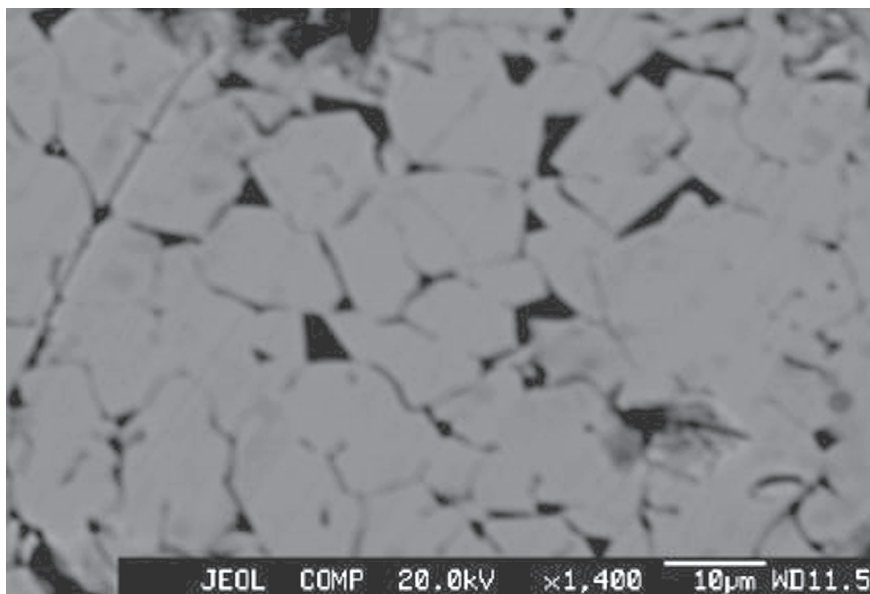
Оксиды	1	2	3	4	5
SiO <sub>2</sub>	0,16	0,10	15,63	27,82	15,89
TiO <sub>2</sub>	0,07	0,08	40,06	21,33	39,16
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,15	0,18	1,93	3,50	2,15
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	68,72	67,98	-	-	-
FeO	30,12	30,87	17,43	17,44	16,94
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,14	-	0,41	0,19	0,33
MnO	0,62	0,11	10,93	12,87	11,32
MgO	-	0,05	2,65	6,68	2,73
CaO	-	-	8,77	7,92	8,89
Na <sub>2</sub> O	-	0,03	0,33	0,57	0,30
K <sub>2</sub> O	-	-	1,42	0,91	1,44
Сумма	99,98	99,31	99,56	99,23	99,15

*Примечание.* 1, 2 – магнетит; 3–5 – шорломит. Прочерк – не обнаружено. Анализы выполнены на микроанализаторе JXA-8100 (ДВГИ ДВО РАН) при ускоряющем напряжении 20 kV, токе зонда  $1 \times 10^{-8}$  А, диаметр пучка – 1 мкм.

срезов микросферул, соотношение магнетита и шорломита меняется от 10:1 до 15:1.

Шлиховое золото россыпи р. Б. Приисковая по особенностям химизма можно разделить на серебряную и Pd-содержащую группы [7]. Типичной особенностью состава золотин первой группы является широкий диапазон колебаний значений пробности (420–880), а также присутствие Bi (до 50 г/т). Частицы металла второй группы характеризуются высокой пробой (910–990). Кроме Pd (до 6 г/т), для них типична Cu (до 100 г/т), довольно часто фиксируется Sn (до 10 г/т). Минеральный состав черного шлика россыпи и присутствие Pd в шлиховом золоте позволяют рассматривать исследуемую россыпь в качестве аналога объектов с платиноидно-золото-редкометалльной минерализацией сопредельного Тумнинского рудного района (Северный Сихотэ-Алинь).

Платиноносность Тумнинского района установлена в конце прошлого столетия при минералогических исследованиях золото-редкометалльных руд месторождения Оемку [8]. Палладий здесь проявляется как в виде примеси в самородном золоте, так и в виде собственных минералов соболевскит (PdBi) – садбериитового (PdSb) ряда. Такие минералы характеризуются устойчивыми связями с магматическими породами повышенной основности и распространены среди пород щелочно-ультраосновных массивов (алданский тип) и в медно-никелевых рудах (норильский тип). Находки палладистого золота и садбериита в гидротермальных жилах Оемку можно было бы отнести к минералогическим исключениям, если бы не обнаружение примеси Pd в самородном золоте других рудно-россыпных узлов Северного Сихотэ-



**Рис. 2** Срастания магнетита (светлая фаза) и шорломита (темная фаза).

Изображение в обратнорассеянных электронах, масштабная линейка 10 мкм.

Алиня: Зимовьинского, Болотистого, Катэнского. Очевидно, Pd-золото является надежным индикатором платиноидно-золото-редкометалльного оруденения. Выявление Pd-содержащего золота в россыпях Благодатненского узла не только расширяет границы ареала распространения этого необычного типа проявлений, но и позволяет уточнить особенности их генезиса.

#### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

На природу платиноносности золоторудных гидротермальных образований существует несколько точек зрения. По мнению А.Ф. Коробейникова [4], формирование совмещенных золотых, платиноидных и редкометалльных руд происходит за счет совместного выноса золота и элементов платиновой группы из мантии глубинными флюидами. Появление в риолитах Приполярного Урала золото-платиновой минерализации увязывается, согласно [12], с гидротермальной переработкой еще не вскрытых ультраосновных пород, залегающих на значительной глубине. Близкой точки зрения на формирование благороднометалльной минерализации Катэнского узла (Северный Сихотэ-Алинь) придерживаются И.С. Филин и И.И. Фатьянов [13]. Подобное явление могло иметь место и в рассматриваемом районе.

Минеральные микросферулы магнетита и шорломита в последние годы обнаружены в современной гидротермальной системе вулкана Баранского (остров Итуруп). По мнению С.Н. Рычагова с соавторами [11], эти сфероиды образуются в пределах не вскрытой интрузии основного состава и транспортируются уже сформированными к дневной поверхности восходящими потоками флюида. С рудными и силикат-

ными шариками в гидротермальную систему приносятся дополнительные количества благородных металлов, Fe, Ti, Mn, Cr и других элементов. Возможность переноса рудных и силикатных сфероидов гидротермами с известными оговорками допускается М.И. Новгородовой и др. [9].

Изложенное выше позволяет авторам вполне обоснованно рассматривать факт появления Pd-золота, сфероидов магнетита и шорломита в россыпях изученного узла как свидетельство гидротермальной переработки гипотетических основных и/или ультраосновных пород, скрытых на глубине.

Наличие признаков платиноносности в золотых россыпях региона не является случайным, а подтверждает сделанный нами ранее вывод [8] о продолжении Среднеазиатско-Китайского платиноносного пояса [2] на территории России. Таким образом, при определении направлений прогнозных и оценочных работ в пределах Благодатненского узла в качестве дополнительного критерия целесообразно использовать специфику площадного распределения Pd-золота и его минералов-спутников.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выявленные индикаторные свойства состава шлихового золота, микросферул магнетита и шорломита позволяют не только идентифицировать источники питания россыпей, но и наметить локальные участки территории, потенциально перспективные на обнаружение новых типов золотых руд. Полученный материал убеждает: золотой потенциал Благодатненского рудно-россыпного узла далеко не исчерпан и раскрыт не в полной мере. Перспективы его, по мнению авторов, связаны, в том числе, с присутстви-

ем на глубине нескрытого интрузива основного состава, свидетельством чего являются приведенные выше результаты исследований. Они могут служить весомым основанием для прогноза платиноидно-золото-редкометалльной минерализации, ранее не известной на данной площади, в эндо-экзоконтактовой зоне массива гранитоидов.

Работа выполнена при финансовой поддержке ДВО РАН: проекты 05-III-Г-08-082, 05-III-Б-12-010.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Анерт Э.Э. Богатства недр Дальнего Востока. Хабаровск-Владивосток: Кн. дело, 1928. 932 с.
2. Додин Д.А., Поляков Г.В., Дюжиков О.А. и др. Платиноидные месторождения северо-азиатского кратона и его обрамления: металлогения и геодинамика // Геология и геофизика. 1999. Т. 40, № 11. С. 1619–1634.
3. Киселев В.И., Молчанов В.П. Изотопный анализ углерода и кислорода карбонатов из осадочных пород и гидротермальных образований золото-кварцевого месторождения // Физико-химические методы исследования горных пород и руд. Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. С. 61–69.
4. Коробейников А.Ф. Условия образования и размещения комплексных золото-платиноидно-редкометалльных месторождений // Геология, генезис и вопросы освоения комплексных месторождений благородных металлов. М.: ИГЕМ РАН, 2002. С. 39–42.
5. Кухаренко А.А. Минералогия россыпей М.: Госгеолтехиздат, 1961. 316 с.
6. Молчанов В.П., Медведев Е.И., Хомич В.Г. Pd-золото и микросферулы магнетита, шорломита россыпей Благодатненского узла (Приморье) как свидетельство наличия скрытой интрузии ультраосновного состава // Ультрамафит-мафитовые комплексы складчатых областей докембрия. Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 2005. С. 159–162.
7. Молчанов В.П., Хомич В.Г., Медведев Е.И. Индикаторное значение Pd-содержащего золота из россыпей Благодатненского узла (Приморье) // Изв. вузов. Геология и разведка. 2004. № 3. С. 36–38.
8. Молчанов В.П., Моисеенко В.Г., Хомич В.Г., Горячев Н.А. Палладий-золото-редкометалльная минерализация Оемкинского рудного узла (Сихотэ-Алинь) // Докл. АН СССР. 2000. Т. 375, № 4. С. 518–520.
9. Новгородова М.И., Гамянин Г.Н., Жданов Ю.Я. и др. Палладий-золото-редкометалльная минерализация Оемкинского рудного узла (Сихотэ-Алинь) // Геохимия. 2004. № 2. С. 160–172.
10. Перунков Д.П., Саядян Г.Р., Хомич В.Г. Кварцевая и сульфидная минерализация Благодатненского рудно-россыпного узла // Генезис месторождений золота и методы добычи благородных металлов. Благовещенск: АмурКНИИ ДВО РАН, 2001. С. 102–104.
11. Рычагов С.Н., Главатских С.Ф., Сандиминова Е.И. Рудные и силикатные магнитные шарики как индикаторы структуры, флюидного режима и минералорудообразования в современной гидротермальной системе Баранского (о-в Итуруп) // Геология руд. месторождений. 1996. Т. 38, № 1. С. 31–40.
12. Тарбаев М.В., Кузнецов С.К., Моралев Г.В. и др. Новый золото-палладиевый тип минерализации в Кожимском районе приполярного Урала (Россия) // Геология руд. месторождений. 1996. Т. 38, № 1. С. 15–30.
13. Филин И.С., Фатьянов И.И. О коренных источниках золота одной из морфоструктур Катэнского узла россыпей (Северный Сихотэ-Алинь) // Геология и горное дело в Приморье в прошлом, настоящем и будущем. Владивосток: Дальнаука, 2000. С. 82–86.
14. Хомич В.Г., Уткин В.П. Амурский благороднометалльный пояс: геологическое положение, типы месторождений, металлогенический потенциал // Закономерности строения и эволюции геосфер. Владивосток: Дальнаука, 2000. С. 216–217.

Поступила в редакцию 22 февраля 2006 г.

Рекомендована к печати В.Г. Гоневчуком

*Ye.I. Medvedev, V.P. Molchanov V.G. Khomich*

#### **Palladium-bearing gold, magnetite and shorlomite microspherules from placers of the Blagodatnensky cluster (Primorye), and their possible sources**

The paper presents data on typomorphism and composition of native gold and its areal distribution in gold formations and products of their exogenous destruction. In association with Pd-gold microspherules of shorlomite are recognized which is present solely in ultrabasic rocks. The presence of these microspherules is considered as evidence of platinoid gold mineralization involvement in placer formation. Platinoid gold mineralization formed due to hydrothermal reworking of hypothetical basic and/or ultrabasic rocks concealed at depth.

**Key words:** magnetite and shorlomite microspherules, Pd-gold, hydrothermal reworking, ultrabasic rocks.