

Платиновые металлы на Бамском золоторудном месторождении Верхнего Приамурья

С.М. Радомский*, В.И. Радомская

Институт геологии и природопользования Дальневосточного отделения РАН, Благовещенск, Россия

Вопросы комплексного извлечения благородных металлов (Ru, Rh, Pd, Ag, Os, Ir, Pt, Au) при разработке золотосеребряных месторождений в последнее время приобретают всё возрастающую практическую значимость и актуальность, в связи с отчётливой тенденцией к исчерпанию базы доступных руд, уменьшению в них концентраций полезных компонентов и ухудшению горнотехнических условий переработки. Целью работы было дополнительное исследование платиновой минерализации в рудных объектах на крупном Бамском золоторудном месторождении Верхнего Приамурья и получению оценок содержания благородных металлов методами атомно-абсорбционного, вольтамперометрического и химического анализов. Показано, что промышленные концентрации для добычи имеют золото и серебро, а платиновые металлы присутствуют в сопутствующих концентрациях и не достигают значений, необходимых для рентабельной промышленной переработки. Выявленными особенностями Бамского месторождения являются наложения высокотемпературных и низкотемпературных стадий минерализации благородных металлов в рамках рудных столбов, что приводит к усреднению общих геохимических закономерностей и нивелированию характерных локальных отличий. Отмечено, что платиновая минерализация возрастает с глубиной и близостью к источнику вулканического тепла, точно также, как и относительная проба золота.

Ключевые слова: геохимия, благородные металлы, распределение, Бамское золоторудное месторождение

Для цитирования: Радомский С.М., Радомская В.И. (2019). Платиновые металлы на Бамском золоторудном месторождении Верхнего Приамурья. *Георесурсы*, 21(1), с. 26-30 DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2019.1.26-30>

Введение

В сентябре 2014 г. правительство РФ рекомендовало приступить к отработке разведанного ранее и законсервированного Бамского золоторудного месторождения, при условии соответствующего выбора оптимальной технологии. Это коренное месторождение было открыто в 1979 г. по литохимическим потокам рассеивания Ag и Au в донных отложениях правых притоков р. Чульбангро экспедицией под руководством В.В. Домчака. До этого отрабатывались мелкие россыпные рудопроявления, имеющие генетические связи с материалом континентального сноса Бамского золоторудного узла, который характеризуется определённым геохимическим набором элементов. Позднее на выявленном объекте были изучены вторичные геохимические ореолы рассеивания элементов, вскрыты канавами отдельные рудные тела и определены сопутствующие элементы – Cu, W, Pb, Bi, Mo, Sb, Hg. В первое время месторождение оценивалось как среднее по запасам золота, а после проведения дополнительных поисково-оценочных работ, преимущественно буровым способом, в 1990-2013 г. были разведаны и утверждены запасы золота – 107,5 т, что позволило отнести месторождение к разряду крупных (Моисеенко, Эйриш, 1996; Степанов и др., 1998). В Амурской области золотоносные и платиноносные площади обособлены в 46 золотоносных и 7 потенциально платиноносных рудно-россыпных узлах, в которых отмечались случаи попутного извлечения выделений минералов группы платины, размерами до 3 мм (Моисеенко и др., 2004). Поэтому представляется

актуальным провести дополнительное исследование на содержание всей группы благородных металлов (БМ), в которой кроме золота находятся серебро и металлы группы платины (МГП). Серебро входит в состав минералов самородного золота, и часто их минерализацию рассматривают совместно, тогда как минерализация металлов группы платины менее изучена (Радомский, Радомская, 2017).

Целью работы являлось дополнительное изучение платиновой минерализации на крупном Бамском золоторудном месторождении для оценки возможности комплексного извлечения всей группы благородных металлов.

Материалы и методы исследования

Пробы рудного материала отбирались в соответствии с методическими указаниями, разработанными Центральным научно-исследовательским геологоразведочным институтом цветных и благородных металлов, для физико-химических исследований золоторудных месторождений. Аналитические определения выполнялись по III категории точности количественного анализа для исследования рядовых геохимических проб, допущенных отраслевыми методиками при исследованиях пород, руд, концентратов, хвостов обогащения. Общая метрологическая характеристика метода – суммарная погрешность по правильности, точности и воспроизводимости $\leq 30\%$. Для контроля полученных аналитических результатов в работе использованы следующие государственные стандартные образцы состава (ГСО) – концентрат никелевый КН-1 № 1702-86 и хвосты обогащения ХО-1 ГСО № 1703-86 (Радомский, Радомская, 2017).

Проанализированы усреднённые, отквартованные и сокращённые образцы следующих видовых характерных типов 14 рудных столбов (34 шт.) и 18 проб вмещающих и

* Ответственный автор: Сергей Михайлович Радомский
E-mail: rsm@ascnet.ru

вскрышных пород. Анализ группы благородных металлов (Ru, Rh, Pd, Ag, Os, Ir, Pt, Au) проводился в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52599-2006¹ (серебро – ОСТ № 130 ВИМС НСАМ 2010 г. и золото – ОСТ № 131 ВИМС НСАМ 2010 г.), платиновые металлы – ГОСТ Р 55558-2015². Количественное определение содержания золота и серебра проведено после отжига проб при 650°C в течение 1,5 часа и вскрытия навески (5-10 г) раствором смеси кислот HCl и HNO₃ в отношении 3:1, с последующим экстракционным атомно-абсорбционным определением золота в растворе 0,05М дибутилсульфида в метилбензоле и иодидных комплексов серебра в растворе 3-метилбутанола-1 (Радомская и др., 2005; Радомский, Радомская, 2017).

Анализ металлов группы платины осуществлялся по ГОСТ Р 55558-2015 со следующими внесёнными допустимыми дополнениями и изменениями. Методика определения металлов группы платины заключалась в концентрировании элементов из навески 10 г, путём предварительного сплавления на никелевый штейн, с последующим его растворением в соляной кислоте, разбавленной дистиллированной водой в отношении (1:1), и отделением нерастворимого остатка элементов группы платины, сплавлением нерастворимого остатка с пероксидом натрия и получением водного исходного раствора платиноидов, из которого отбирались аликвоты на дальнейшие отдельные определения металлов: перевод аликвоты в 0,1М уксуснокислый раствор для определения осмия и в 2-3М раствор HCl для анализа остальных металлов платиновой подгруппы. Содержание рутения, осмия и иридия определяли кинетическим, каталитическим и фотоколориметрическими методами соответственно. Вторичное концентрирование платины, палладия, родия проводили методом экстракции смесью 0,025М растворов ди-2-этилгексилдифосфорной кислоты и орто-алкиланилина в метилбензоле из солянокислого раствора. Анализы выполняли на атомно-абсорбционных спектрофотометрах «Hitachi 180-50» и «SOLAAR M-6» в варианте электротермической атомизации (Радомский, Радомская, 2017). Работа атомно-абсорбционного метода анализа контролировалась на внутри-лабораторном уровне инверсионным вольтамперометрическим методом анализа с чувствительностью определений БМ 0,001 мг/т и достигнутой аппаратной чувствительностью применённой методики > 0,1 мг/т, при навеске образца – 1 грамм (Колпакова, 2014).

БМ в природной среде распределены крайне неравномерно, и поэтому при исследовании их роли и поведения в геохимических процессах необходимо надёжно определять следовые количества, что задаётся условиями использования представительной навески для применяемых методов и использованием накопленного опыта в современных эффективных схемах анализов, связанных с предварительной подготовкой, отделением от матрицы и концентрированием, что позволяет избавиться от матричного эффекта и значительно повысить соотношение сигнал/шум (Колпакова, 2014; Радомская и др., 2005; Радомский, Радомская, 2017).

Результаты работ

Первые сообщения о платиновой минерализации Бамского золоторудного месторождения появились в 1998 г. В 14 пробах было установлено присутствие МПП с максимальными концентрациями вблизи рудопоявления Невачанской интрузии (Степанов и др., 1998; Моисеенко и др., 2004). Установленные нами валовые содержания БМ в рудах, вмещающих и вскрышных породах представлены в табл. 1. Кларки концентраций (КК) БМ для руд месторождения по отношению к их кларкам в земной коре по К.Г. Ведеполу (Wedepohl, 1995) составили: Ru – 110; Rh – 50; Pd – 55; Ag – 257; Os – 440; Ir – 340; Pt – 950; Au – 3000. Ряд КК для руд Бамского месторождения следующий: Au>Pt>Os>Ir>Ag>Ru>Pd>Rh; ряд в целом идентичен для распределения БМ в биогеохимических компонентах природной среды Верхнего и Среднего Приамурья, ограниченного рамками Амурской области (Радомский и др., 2008). Ряд КК БМ для вмещающих и вскрышных пород месторождения становится уже другим: Au(236)>Pt(325)>Os(140)>Ir(60)>Ag(11)>Ru(60)>Pd(15)>Rh(33), изменяясь незначительно в своей примесной части.

Корреляционные связи БМ с широким рядом химических элементов, имеющих как металлическую, так и неметаллическую природу, имеют значения близкие к сильным проявлениям, разнообразны и достаточно подробно описаны ранее (Моисеенко и др., 2004).

Элемент	Рудные столбы 34 пробы	Вмещающие породы 18 проб	Кларк в земной коре (Wedepohl, 1995)
Ru	<u>0,010 – 0,012</u> 0,011	<u>0,001 – 0,010</u> 0,006	0,0001
Rh	<u>0,002 – 0,004</u> 0,003	<u>0,001 – 0,003</u> 0,002	0,00006
Pd	<u>0,020 – 0,024</u> 0,022	<u>0,004 – 0,008</u> 0,006	0,0004
Ag	<u>1,00 – 35,00</u> 18,0	<u>0,50 – 0,98</u> 0,74	0,07
Os	<u>0,018 – 0,026</u> 0,022	<u>0,006 – 0,008</u> 0,007	0,00005
Ir	<u>0,010 – 0,024</u> 0,017	<u>0,002 – 0,004</u> 0,003	0,00005
Pt	<u>0,22 – 0,54</u> 0,38	<u>0,12 – 0,24</u> 0,13	0,0004
Au	<u>1,00 – 14,00</u> 7,5	<u>0,22 – 0,96</u> 0,59	0,0025

Табл. 1. Валовые концентрации благородных металлов в руде, вмещающих и вскрышных породах на Бамском золоторудном месторождении, числитель – интервал определяемых содержаний, знаменатель – среднее значение, ppm

Обсуждение результатов

Бамский рудный узел расположен на западном фланге Северо-Становой металлогенической зоны Приамурской золотоносной провинции позднемезозойского возраста и согласно геофизическим данным приурочен к вулканотектоническому поднятию центрального типа, площадью около 400 кв. км., выполненному субвулканическими интрузиями и дайками раннемелового возраста. Рамой его служат гранитоиды Чубачинского массива раннего протерозоя, содержащего ксенолиты гнейсов и кристаллосланцев архейского возраста (Степанов, 2000). Аномальные геохимические поля Бамского рудного

¹ ГОСТ Р 52599-2006 Драгоценные металлы и их сплавы. Общие требования к методам анализа. М: Стандартинформ, 2007, 10 с.

² ГОСТ Р 55558-2015 Руда сульфидная медно-никелевая. Масс-спектрометрический метод определения содержания платины, палладия, родия, рутения, иридия и золота с предварительным коллективированием на никелевый штейн. М: Стандартинформ, 2015, 36 с.

узла по А.А. Данилову (Данилов, 1998) представлены на рис. 1. К юго-востоку от Бамского месторождения, имеющего координаты: $55^{\circ}58'41''\text{N}$ $123^{\circ}53'6''\text{E}$, в верховьях рек Верхней и Средней Ларбы в центральной части Бамского рудного поля известны многочисленные рудопроявления Дес, Апсакан, Доминикан, Нормандия и др., которые по своим металлогеническим особенностям, геологии, морфологии рудных тел, вмещаемым породам, составу руд, пробе золота схожи с Бамским месторождением и отличаются лишь набором и содержанием сопутствующих химических элементов в геохимических рядах распространённости природных минералов (Эйриш, 2002). Юго-западнее находится Невачанская субвулканическая интрузия кварцевых сиенитпорфиров, медленно погружающаяся на восток под углами близкими к 30° к краям плоскости Бамского разлома, именуемого также Бамским сбросом. Оруденение неравномерное и преимущественно развито в лежачем боку Бамского сброса (Моисеенко, Эйриш, 1996).

Бамское месторождение относится к гидротермальной группе вулканогенного класса с оксидно-сульфидным типом руд. Имеет характерные парагенетические связи с вулканоплутоническими и палеовулканическими структурами и проявлениями субвулканических интрузий Невачанского плутоногенного комплекса, даек, силлов кислого и умереннокислого составов. Бамскому рудному узлу отвечает вулканоплутоническое поднятие центрального типа, выраженное отчётливыми геофизическими и геохимическими полями (Рис. 1). Бамское месторождение представляет собой зону тонкопрожилкового окварцевания, с золотосеребряной минерализацией, приуроченной к одноимённому рудоконтролирующему разлому. По геологическим данным возраст месторождения раннемеловой, подтверждается Rb-Sr методом по рудосопровождающим минералам в интервале $129 \pm 3,6$ млн лет (Степанов, 2000).

Рудные тела представляют собой минерализованные зоны дробления и брекчирования, пересекающие структуры вмещающих мигматитов, что характерно для хрупких, а не для пластинчатых деформаций, что позволяет считать характер оруденения гипабиссальным. Морфологически рудные тела представляют собой ленты и линзы, осложнённые флексурными изгибами по простиранию и падению. На месторождении сгущённые участки концентрированных проявлений оруденения получили название рудных столбов, которые удлинены по падению. Рудные столбы имеют характерное юго-восточное склонение и проявляют тенденцию к геометрическим и концентрационным изменениям по мере удаления от центрального вулканического поднятия. По мере удаления от Невачанской интрузии продуктивность рудных столбов и масштабы их проявлений ослабевают. В общем случае рудовмещающая структура рассматривается как зона трещин оперения в лежачем боку Бамского разлома под углами $40-50^{\circ}$ (Эйриш, 2002).

Рудные тела преимущественно состоят из адуляр-карбонатно-кварцевых пород, подверженных низкотемпературным гидротермальным изменениям, и представлены кулисорасположенными зонами прожилкового окварцевания и сульфидной вкрапленности с содержаниями золота и серебра до 160 г/т и 450 г/т в рудных столбах, соответственно. Околорудные изменения выражены в березитизации, калишпатизации и аргиллизации вмещающих пород.

Рудные минералы представлены сульфидами, количество которых достигает 5-10%, главные из которых пирит, халькопирит, галенит, блёклые руды, сульфосоли. Из других рудных минералов присутствуют золото, шеелит, теллуриды, селениды, киноварь.

Среди нерудных минералов отмечаются кварц, кальцит, анкерит, серицит, флюорит и барит. Главную ценность руд представляют золото и серебро в отношениях 1/3 до 1/5 с абсолютным содержанием 6,1 и 18,4 г/т, соответственно. Тонкое свободное золото преимущественно низкой пробы – 550-950‰, в ассоциациях с сульфидами, теллуридами, селенидами серебра, сурьмы и ртути свидетельствует о многостадийности рудообразующих процессов (Степанов и др., 2008).

На Бамском месторождении выявлено 14 рудных тел, их промышленные контуры определены по данным опробования и нередко совпадают с кварцевыми и кварц-карбонатными жилами; но чаще рудными телами являются линейно вытянутые минерализованные зоны трещиноватости, дробления, брекчирования гранитов, гнейсо-гранитов, мигматитов, гнейсов. Последние интенсивно изменены, содержат многочисленные различно ориентированные маломощные и непротяжённые прожилки кварцевого и карбонатно-кварцевого состава. Геохимические ореолы чередуются с разреженными и сопровождаются ореолами гидротермально-изменённых пород, относящихся преимущественно к березитовой формации. Мощность ореолов рассеивания одиночных жил не превышает нескольких метров, а для нескольких соседствующих составляет около десятка метров. Средний химический состав руд месторождения (%): $\text{SiO}_2 - 73,05$; $\text{TiO}_2 - 0,13$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 7,60$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 3,01$; $\text{FeO} - 0,66$; $\text{MnO} - 0,18$; $\text{MgO} - 4,13$; $\text{CaO} - 3,25$; $\text{Na}_2\text{O} - 0,77$; $\text{K}_2\text{O} - 2,76$; $\text{P}_2\text{O}_5 - 0,06$; $\text{CO}_2 - 2,41$; $\text{C}_{\text{орг.}} < 0,1$; $\text{S}_{\text{общ.}} - 1,20$; $\Sigma - 99,21$ (Степанов и др., 1998; Эйриш, 2002).

Близость вулканического тепла проявилась в вертикальной и горизонтальной зональности БМ на месторождении: в вертикальной зональности с глубиной возрастает количество золота и уменьшается количество серебра, а в горизонтальной зональности высокотемпературная ассоциация Au-Mo-W сменяется на Au-полиметаллическую, а затем низкотемпературную Au-Ag-Sb-Bi. Также, вулканическое тепло содействовало переносу рудоносного флюида в приповерхностную зону, дроблению потока на различные части и дальнейшим отложениям и переотложениям рудного вещества в соответствии с окислительно-восстановительными потенциалами БМ в определённых кислотно-основных параметрах вмещающей среды (Радомский, Радомская, 2010; Радомский, Радомская, 2013; Радомский, Радомская, 2015). Реперными точками для ранних стадий являются корреляции Au-Bi, а для поздних стадий Ag-Sb, и на Бамском месторождении они значительно перемешаны. Поэтому соответствующие геохимические ряды ореолов рассеивания как БМ, так и не благородных металлов для всех биогеохимических компонентов различны, и большинство корреляционных связей варьирует около значений, описывающих средние диапазоны подобных вариаций от одного рудного столба к другому, видоизменяясь и далее по всему Бамскому месторождению и его рудному полю (Рис. 1). Разброс содержаний золота и серебра в рудных столбах

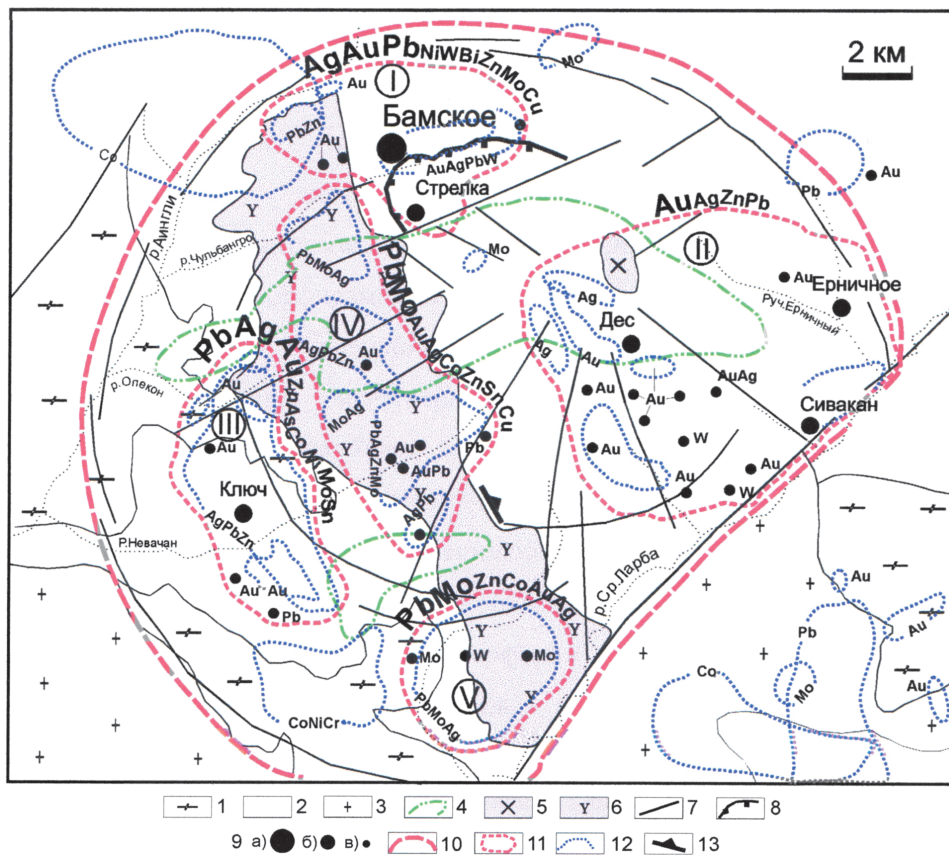


Рис. 1. Аномальные геохимические поля Бамского рудного узла по А.А. Данилову (Данилов, 1998). 1 – гнейсы и кристаллосланцы архея; 2 – гранитоиды раннепротерозойского чубачинского комплекса; 3 – гранитоиды тындынско-бакаранского комплекса позднеюрского-ранне мелового возраста; 4-6 – раннемеловые интрузивные образования: 4 – ареалы развития даек среднего состава, 5 – интрузия кварцевых монцодиоритов, 6 – Невачанская интрузия кварцевых сиенитов и кварцевых сиенит-порфиров; 7 – разломы; 8 – Бамский рудоуправляющий сброс; 9 – месторождения (а), проявления (б), пункты минерализации (в); 10 – граница рудного узла; 11 – границы аномальных геохимических полей и их геохимическая специализация (I – Бамское, II – Десовское, III – Ключевское, IV – Центрально-Невачанское, V – Южно-Невачанское; 12 – ареалы распространения аномальных потоков рассеяния элементов; 13 – элементы залегания кровли Невачанской интрузии.

сверхнормативный и крайне неравномерный. Порядка 11-13% руды относятся к «золотой головке» и имеют концентрации золота 13-15 г/т, тогда как оставшееся большинство – порядка 87% – имеет концентрации золота в руде 1-5 г/т. Бортовые концентрации золота и серебра для рудных тел месторождения приняты 1 г/т. По гравитационно-флотационной схеме извлекается из первичных руд 95,3% золота и 87,8% серебра, а из окисленных руд – 88,6% и 68,8%, соответственно (Моисеенко, Эйриш, 1996). Характерный элемент рудных столбов Sb, а характерной особенностью, отличающей его от большинства месторождений Приамурья, является низкое содержание As в рудах – до 100 г/т, что снимает целый ряд экологических ограничений и требований, накладываемых на горнодобывающие предприятия проводящие разработку и добычу БМ (Радомская и др., 2015).

Выводы

Массовая доля платины на Бамском месторождении является сопутствующей для золотосеребряной и не достигает рудных значений концентраций, необходимых для промышленной переработки.

Особенностями Бамского месторождения являются наложения высокотемпературных и низкотемпературных стадий минерализации в рамках рудных столбов, что приводит к усреднению общих геохимических закономерностей и нивелированию характерных локальных отличий.

Литература

Данилов А.А. (1998). Геохимическая характеристика и зональность золотого оруднения Бамского месторождения Приамурья. Автореф. дис. канд. геол.-мин. наук. Благовещенск.

Колпакова Н.А. (2014). Определение платиновых металлов в минеральном сырье методом инверсионной вольтамперометрии (обзор).

Заводская лаборатория. Диагностика материалов, 80(9), с. 5-13.

Моисеенко В.Г., Эйриш Л.В. (1996). Золоторудные месторождения Востока России. Владивосток: Дальнаука, 352 с.

Моисеенко В.Г., Степанов В.А., Эйриш А.В., Мельников А.В. (2004). Платиноносность Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 176 с.

Радомская В.И., Радомский С.М., Пискунов Ю.Г., Куимова Н.Г. (2005). Биогеохимия благородных металлов в водотоках бассейна реки Амур. *Геозкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология*, 4, с. 317-322.

Радомская В.И., Радомский С.М., Павлова Л.М., Кулик Е.Н. (2015). Биогеохимический отклик ландшафта на воздействие открытого способа разработки на примере Албьинского золоторудного месторождения Приамурья. *Экологическая химия*, 24(4), с. 207-218.

Радомский С.М., Радомская В.И., Моисеенко Н.В., Моисеенко В.Г. (2008). Благородные металлы в ландшафтах Амура-Зейской равнины Приамурья. *Доклады Академии наук*, 422(5), с. 665-667. <https://doi.org/10.1134/S1028334X0808014X>

Радомский С.М., Радомская В.И. (2010). Равновесные параметры процесса окисления благородных металлов. *Естественные и технические науки*, 49(4), с. 166-170.

Радомский С.М., Радомская В.И. (2013). Соотношение ионных и металлических форм благородных металлов на золотосеребряном месторождении Покровское (Верхнее Приамурье). *Горный информационно-аналитический бюллетень*, 1, с. 128-134.

Радомский С.М., Радомская В.И. (2015). Баланс форм благородных металлов на золоторудном месторождении Покровское (Верхнее Приамурье). *Георесурсы*, 63(4-1), с. 85-89. <http://dx.doi.org/10.18599/grs.63.4.14>

Радомский С.М., Радомская В.И. (2017). Платиновая минерализация на Маломырском золоторудном месторождении Приамурья. *Известия Сибирского отделения секции наук о Земле РАЕН. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых*, 40(4), с. 30-41. DOI: 10.21285/2541-9455-2017-40-4-30-41

Степанов В.А., Стриха В.Е., Черемисин А.А. и др. (1998). Бамское золоторудное месторождение. Владивосток: Дальнаука, 209 с.

Степанов В.А. (2000). Геология золота, серебра и ртути. Ч. 2. Золото и ртуть Приамурской провинции. Владивосток: Дальнаука, 161 с.

Степанов В.А., Мельников А.В., Вах А.С., Вьюнов Д.Л., Дементенко А.А., Пересторонин А.Е. (2008). Приамурская золоторудная провинция. Благовещенск.: АМГУ; НИГТЦ ДВО РАН, 232 с.

Эйриш Л.В. (2002). Металлогения золота Приамурья (Амурская область, Россия). Владивосток: Дальнаука, 194 с.

Wedepohl K.H. (1995). The composition of the continental crust. *Geochemica et Cosmochimica Acta*, 59(2), pp. 1217-1232. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(95\)00038-2](https://doi.org/10.1016/0016-7037(95)00038-2)

Сведения об авторах

Сергей Михайлович Радомский – канд. геол.-мин. наук, научный сотрудник Лаборатории рудогенеза, Институт геологии и природопользования Дальневосточного отделения РАН

Россия, 675000, Амурская обл., Благовещенск, Рёлочный пер., д. 1.

Тел: +7(4162)53-35-65, e-mail: rsm@ascnet.ru

Валентина Ивановна Радомская – канд. хим. наук, ведущий научный сотрудник Лаборатории биогеохимии, Институт геологии и природопользования Дальневосточного отделения РАН

Россия, 675000, Амурская обл., Благовещенск, Рёлочный пер., д. 1

Тел: +7(4162)53-16-57

E-mail: radomskaya@ascnet.ru

Статья поступила в редакцию 02.07.2018;

Принята к публикации 24.12.2018;

Опубликована 30.03.2019

IN ENGLISH

Platinum metals on the Bam gold ore deposit of the Upper Amur region

S.M. Radomskii, V.I. Radomskaya*

Institute of Geology and Nature Management of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Blagoveshchensk, Russian Federation

**Corresponding author: Sergey M. Radomskii, e-mail: rsm@ascnet.ru*

Abstract. The problems of complex extraction of noble metals (Ru, Rh, Pd, Ag, Os, Ir, Pt, Au) during the development of gold-silver deposits have recently acquired increasing practical importance and relevance, due to the clear tendency to exhaust the base of available ores, their concentration of useful components and deterioration of mining processing conditions. The aim of the work was an additional study of platinum mineralization in ore objects at the large Bam gold ore deposit of the Upper Amur region and obtaining estimates of noble metal contents by atomic absorption, electrochemistry and chemical analyzes. It is shown that industrial concentrations for mining are gold and silver, and platinum metals are present at concomitant concentrations and do not reach the values required for cost-effective industrial processing. The revealed peculiarities of the Bam deposit are superposition of high-temperature and low-temperature stages of mineralization of precious metals within the ore columns, which leads to averaging of general geochemical regularities and leveling of characteristic local differences. It is noted that platinum mineralization increases with depth and proximity to the source of volcanic heat, just like the relative sample of gold.

Keywords: geochemistry, noble metals, distribution, Bam gold ore deposit

Recommended citation: Radomskii S.M., Radomskaya V.I. (2019). Platinum metals on the Bam gold-ore deposit of the Upper Amur region. *Georesursy = Georesources*, 21(1), pp. 26-30. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2019.1.26-30>

References

- Danilov A.A. (1998). Geochemical characteristics and zonality of gold mineralization of the Bam field of Upper Amur region. *Avto-ref. Diss. kand. geol.-min. nauk* [Abstract Cand. geol. and min. sci. diss.]. Blagoveshchensk.
- Kolpakova N.A. (2014). Determination of platinum metals in mineral raw materials by the method of inversion voltammetry (review). *Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov*, 80(9), pp. 5-13. (In Russ.)
- Moiseenko V.G., Eirish L.V. (1996). *Zolotorydnye mestorozhdeniya vostochnykh Rossii* [Gold-ore deposits of the Russian Far East]. Vladivostok, Dalnauka Publ., 352 p. (In Russ.)
- Moiseenko V.G., Stepanov V.A., Eirish L.V., Melnikov A.V. (2004). *Platinonostnost' Dal'nego Vostoka* [Platinum Far East]. Vladivostok, Dalnauka Publ., 176 p. (In Russ.)
- Radomskaya V.I., Radomskii S.M., Piskunov Yu.G., Kuimova N.G. (2005). Biogeochemistry of noble metals in water streams of the Amur River Basin. *Geoekologiya, inzhenernaya geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya = Environmental Geoscience*, 4, pp. 317-322. (In Russ.)
- Radomskaya V.I., Radomskii S.M., Pavlova L.M. and Kulik E.N. (2015). Biogeochemical response of landscape on open pit mining impact evidence from Albynokoe gold field of Amur River Region. *Ekologicheskaya khimiya*, 24(4), pp. 207-218. (In Russ.)
- Radomskii S.M., Radomskaya V.I., Moiseenko N.V., Moiseenko V.G. (2008). Noble metals in landscapes of the Amur-Zeya plain in Priamurye.

Doklady Earth Sciences, 423(1), pp. 1250-1252. <https://doi.org/10.1134/S1028334X0808014X> (In Russ.)

Radomskii S.M., Radomskaya V.I. (2010). Equilibrium operation factors of noble metals in oxidated process. *Estestvennyye i tekhnicheskie nauki*, 49(4), pp. 166-170. (In Russ.)

Radomskii S.M., Radomskaya V.I. (2013). The ratio of ion and metal forms of noble metals at gold-silver layer Pokrovskoe (Upper Amur region). *Gornyy informatsionno-analiticheskiy bulletin' = Mining informational and analytical bulletin*, 1, pp. 128-134. (In Russ.)

Radomskii S.M., Radomskaya V.I. (2015). Balance of noble metals' forms in gold layer Pokrovskoe (Upper Amur region). *Georesursy = Georesources*, 63(4-1), pp. 85-89. <http://dx.doi.org/10.18599/grs.63.4.14> (In Russ.)

Radomskii S.M., Radomskaya V.I. (2017). Platinum mineralization on Malomyr gold-ore deposit of Amur Region. *Izvestiya Sibirskogo otdeleniya sektiiv nauki o Zemle RAEN. Geologiya razvedka i razrabotka mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh*, 40(4), pp. 30-41. DOI: 10.21285/2541-9455-2017-40-4-30-41 (In Russ.)

Stepanov V.A., Strikha V.Ye., Cheremisina A.A., et al. (1998). The Bam gold-ore deposit (geology, mineralogy and geochemistry). Vladivostok, Dalnauka Publ., 209 p. (In Russ.)

Stepanov V.A. (2000). *Geologiya zolota, srebra i rtyti. Ch. 2. Zoloto i rtyt' Priamurskoy provintsii* [Geology of Gold, Silver and Mercury. Part 2. Gold and Mercury of the Priamurye Province]. Vladivostok, Dalnauka Publ., 161 p. (In Russ.)

Stepanov V.A., Melnikov A.V., Vakh A.S., et al. (2008). *Priamurskaya zolotorudnaya provintsiya* [Priamurian gold province]. Blagoveshchensk, Izd. Amur State University Publ., 232 p. (In Russ.)

Eirish L.V. (2002). *Metallogeniya zolota Priamur'ya (Amurskaya oblast', Rossiya)* [Metallogeny of gold of Priamurye (Amur region, Russia)]. Vladivostok, Dalnauka Publ., 194 p. (In Russ.)

Wedepohl K.H. (1995). The composition of the continental crust. *Geochemica et Cosmochimica Acta*, 59(2), pp. 1217-1232. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(95\)00038-2](https://doi.org/10.1016/0016-7037(95)00038-2)

About the Authors

Sergey M. Radomskii – PhD (Geology and Mineralogy), Researcher, Institute of Geology and Nature Management of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences

1, Relochny Lane, Blagoveshchensk, Amur region, 675000, Russian Federation

Tel: +7(4162)533565, e-mail: rsm@ascnet.ru

Valentina I. Radomskaya – PhD (Chemistry), Leading Researcher, Institute of Geology and Nature Management of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences

1, Relochny Lane, Blagoveshchensk, Amur region, 675000, Russian Federation

Tel: +7(4162)531657, e-mail: radomskaya@ascnet.ru

Manuscript received 2 June 2018;

Accepted 24 December 2018;

Published 30 March 2019