

Прогнозирование возможных коренных источников золото-платиноидной минерализации на территории Лено-Виллюйского междуречья (восток Сибирской платформы)*

А. Г. Каженкина, З. С. Никифорова

Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН,
Российская Федерация, 678980, Якутск, пр. Ленина, 39

Для цитирования: Каженкина А. Г., Никифорова З. С. Прогнозирование возможных коренных источников золото-платиноидной минерализации на территории Лено-Виллюйского междуречья (восток Сибирской платформы) // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2018. Т. 63. Вып. 4. С. 520–532. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2018.407>

Для востока Сибирской платформы, в частности для центральной части Виллюйской синеклизы, характерен широкий ореол рассеяния россыпного мелкого и тонкого высокопробного золота с неустановленными до сих пор промышленными россыпями и коренными источниками. Последнее обстоятельство связано с тем, что исследуемая территория перекрыта мощным чехлом мезо-кайнозойских отложений, в котором традиционные методы поиска золоторудных месторождений не приносят положительных результатов. Известно, что россыпное золото способно сохранять «генетическую память» о своих первичных эндогенных золоторудных источниках. В связи с этим проведены детальные минералогические исследования россыпного золота, чтобы выявить минеральные типы золотого оруденения, а также прогнозировать коренную золотонность и оценить ее. Изучены минералого-геохимические особенности золота и закономерности его распределения в русловых и четвертичных отложениях многочисленных водотоков Лено-Виллюйского междуречья. Проанализировано более 300 проб, при этом исследованы морфологические особенности золота, гранулометрический состав, пробность, состав элементов-примесей, внутреннее строение и наличие в нем микроминеральных включений. В россыпном золоте отложений правобережных притоков р. Виллюй (рек Кемпендяй, Чыбыда, Тонгуо, Кюндяй и др.), протекающих в обрамлении Сунтарского свода, установлены постоянные примеси Pt (6–96 г/т), Pd (5–570 г/т) и Ni (5–100 г/т), а также микровключения экзотической минеральной фазы группы Pt. Кроме того, в золоте обнаружены микровключения гематита, ильменита, рутила, сульфидов (пирита, халькопирита, галенита) и Fe—Mg-алюмосиликатов, которые соответствуют рудной минерализации, характерной для магматизма основного состава. Комплекс выявленных минералого-геохимических особенностей золота свидетельствует о том, что его коренными источниками, могут быть докембрийские высокотемпературные оруденения больших глубин, что впервые позволило прогнозировать в пределах Сунтарского свода наличие коренных источников золото-платиноидной минерализации, вероятно, связанной с базитами раннепротерозойского и более позднего возраста.

Ключевые слова: россыпное золото, золото-платиноидная минерализация, коренные источники, минералого-геохимические особенности, Лено-Виллюйское междуречье, восток Сибирской платформы.

* Работа выполнена в рамках плана НИР ИГАБМ СО РАН, проект № 0381-2016-0004.

© Санкт-Петербургский государственный университет, 2018

Введение

Для востока Сибирской платформы, в частности, для центральной части Вилюйской синеклизы, характерен широкий ореол рассеяния мелкого и тонкого высокопробного золота с неустановленными промышленными россыпями и коренными источниками. Особенность россыпного золота — его способность сохранять информацию о своих первичных эндогенных источниках. Использование этих данных (т. е. детальное изучение минералого-геохимических особенностей россыпного золота для прогнозирования и оценки коренной золотоносности, а также для выявления минеральных типов золотого оруденения на закрытых территориях) дает достаточно успешные результаты.

Район исследований располагается в центральной части востока Сибирской платформы (южный борт Вилюйской синеклизы) и сложен в основном породами мезозойского и частично среднепалеозойского возраста, которые в значительной мере перекрыты четвертичными отложениями (рис. 1). Породы девонского, каменноугольного и пермского возраста имеют локальное распространение. Юрские и меловые отложения широко распространены по всей территории и характеризуются песчаниками с прослоями конгломератов, песками, углистыми аргиллитами и алевролитами. Магматические образования распространены крайне редко, на западной окраине Вилюйской синеклизы они представлены пермо-триасовыми долеритами, диабазами, габбро-диабазами, а в междуречье Марха—Вилюй — базальтовыми покровами среднепалеозойского возраста. На крыльях Кемпэндяйских дислокаций и на юго-западном борту Ыгыатинской впадины магматические породы сложены раннепротерозойскими и рифейскими гранитами, нижнепалеозойскими кварцевыми сиенитами и средне-позднепалеозойскими сиенит-порфирами.

В данной статье представлены результаты детального изучения минералого-геохимических особенностей (морфологии, пробности, элементов-примесей, микровключений, внутреннего строения и др.) россыпного золота из русловых и четвертичных отложений многочисленных водотоков Лено-Вилюйского междуречья, которые сопоставлены с ранее полученными данными по золотоносности из опубликованных и фондовых материалов.

1. Краткая история изученности

Вилюйский район относится к числу первых золотоносных районов, открытых на территории Республики Саха (Якутия). Именно обнаружение повышенных содержаний россыпного золота в русловых отложениях р. Вилюй привлекло внимание к этой потенциально золотоносной провинции, представляющей и промышленный, и научный интерес. Однако, несмотря на длительные исследования, до сих пор не установлен генезис россыпной золотоносности и ее коренные источники. О наличии платины в золотоносных россыпях р. Вилюй известно еще с 1908 г., наиболее высокие концентрации металлов платиновой группы (МПГ), по данным работы (Округин, 2000), наблюдаются в пределах Сунтарского свода от р. Укугут до р. Мархи, максимальное содержание металла в отдельных пробах достигает 300 мг/м^3 и более. В настоящее время существуют различные мнения о типах коренных источников, обусловивших образование столь обширного ореола знаковой

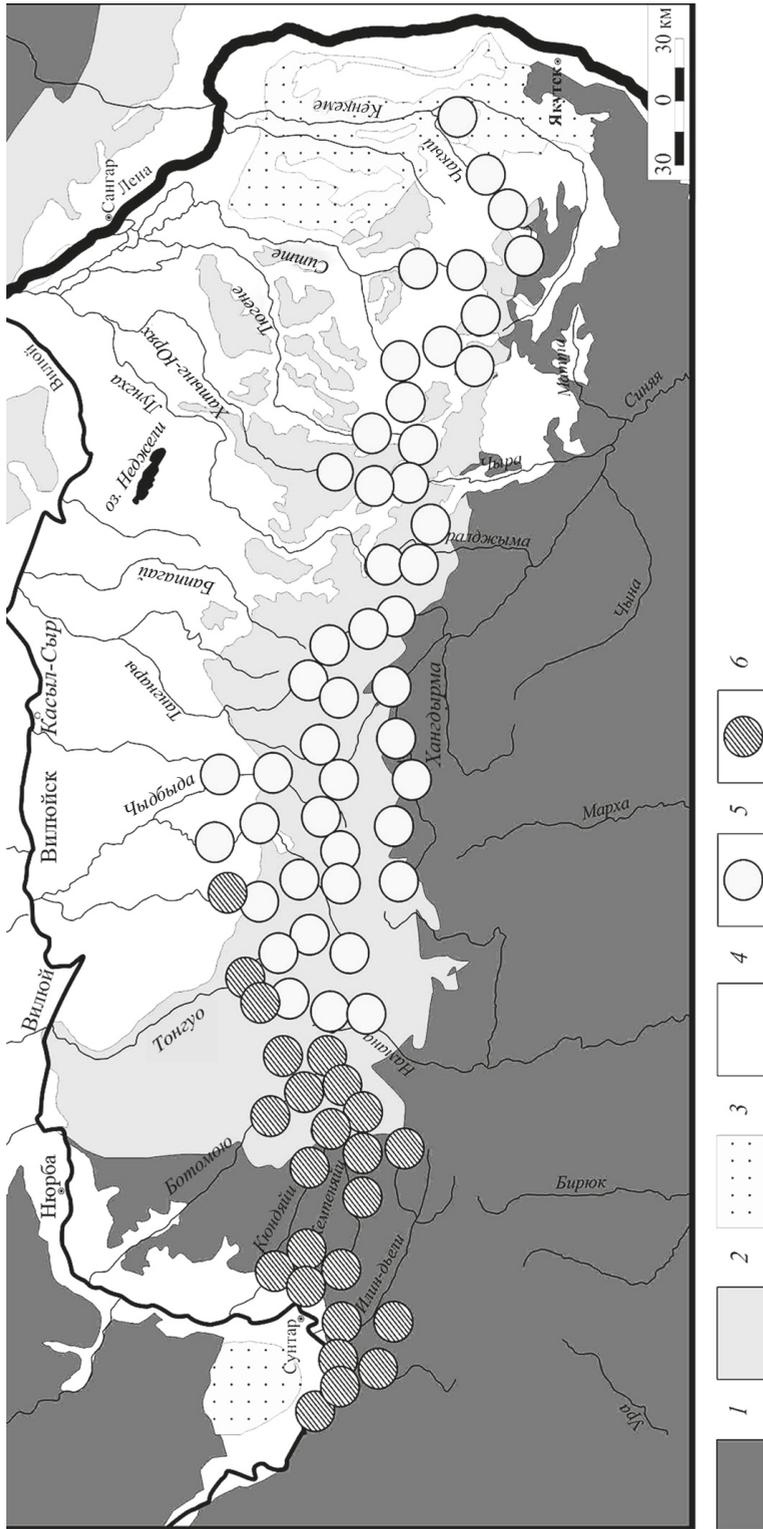


Рис. 1. Геологическое строение Лено-Вил'ноского междуречья:

1 — юрские отложения, J; 2 — меловые отложения, K; 3 — неогеновые отложения, N; 4 — четвертичные отложения, Q; 5 — места отбора проб россыпного золота; 6 — места отбора проб россыпного золота с выявленной Au—Pt-минерализацией

золотоносности Лено-Виллюйского междуречья. В работе (Ржонсницкий, 1924) образование россыпной золотоносности Лено-Виллюйского междуречья связано с размывом золоторудных тел Витимо-Патомского нагорья и привнесом этого материала в юрский период, а также с поступлением золота с широко распространенных трапповых полей. Действительно, ряд исследователей (Зверев, 1925; Обручев, 1961), основываясь на обнаружении золотопроявлений в эндоконтакте трапповых тел с карбонатными породами (гора Хапчан на р. Ыгыатте, гора Крестовая на р. Ахтаранде), выдвинули гипотезу, что главными первичными источниками платины и золота в россыпях Виллюя были породы траппового магматизма. Кроме того, они выявили повышенное содержание золота в обохренных конгломератах, расположенных вблизи траппов. В работе (Масайтис и др., 1969) предполагается, что одним из источников формирования современных россыпей стали золоторудные проявления, парагенетически связанные с базитовым магматизмом (содержание Au в них до 1 г/т). По данным Истомина, Мишнина (2003), на исследуемой территории обосновано существование раннепротерозойского подвижного пояса, где широко проявлен базитовый магматизм, с развитием которого связана металлоносность докембрийского возраста.

2. Методика исследований

Для определения пробности, основных элементов-примесей и выявления минеральных микровключений золотины монтировали в препараты из эпоксидной смолы. Чешуйчатые и пластинчатые золотины помещали в нее вертикально, чтобы в ходе полировки не потерять их. Таким образом достигали оптимальной площади среза золотины, необходимого для дальнейшего изучения, которая позволяла выявить его неизменную центральную часть. При длительном пребывании в экзогенных условиях золото облагораживается, снаружи золотин формируется высокопробная оболочка, а центральные их части не изменяются, поэтому такой подход позволяет выявить первичную эндогенную природу материала. Определения проводились путем микрозондового анализа на микроанализаторе Camebax-Micro фирмы Самеса по трем-пяти замерам в центральных и краевых частях золотин. В программу определения были включены Au, Ag, Cu и Hg. В расчет принимались результаты определений только реликтов первичного золота. Содержание микропримесей в нем определялось из навесок в 5 мг путем атомно-эмиссионного спектрального анализа с использованием спектрографа ДСФ-8 по методике, разработанной в Центральном научно-исследовательском геологоразведочном институте (ЦНИГРИ). Всего было проанализировано 112 проб. Микроминеральные включения в золоте изучались при помощи приставки к сканирующему электронному микроскопу JEOL JSM-6480 LV — энергетического спектрометра OXFORD INCA-sight. Для оперативного поиска таких включений, а также для выявления золота разной пробности внутри зерна использовали изображения, полученные методом электронной микроскопии. Ввиду очень маленького размера включений (менее 5 мкм) во многих случаях их суммы не дают 100 % состава выявленного микроминерала. Внутренние структуры россыпного золота были изучены по методике (Петровская и др., 1980) путем травления, для которого применяли реактив на основе царской водки, хромового ангидрида, хлористого железа и тиомоче-

вины. Все анализы были выполнены в лаборатории физико-химических методов анализа Института геологии алмаза и благородных металлов (ИГАБМ) СО РАН аналитиками Н. В. Лесковой, С. К. Поповой и Н. В. Христофоровой.

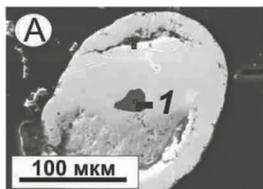
3. Минералого-геохимические особенности россыпного золота

Было изучено россыпное золото из русловых и четвертичных отложений Лено-Вилуйского междуречья. Всего проанализировано более 300 точек опробования, протяженность района исследования превысила 600 км. Выявлено, что на данной территории широко распространено хорошо окатанное чешуйчатое и пластинчатое золото с размером частиц 0,10–0,25 мм, высокой пробностью (950–999‰), низким содержанием Ag (0,75–7,4%) и повышенным Cu (0,27–2,22%). Содержание серебра в исследованных образцах варьирует. Известно, что с глубиной формирования руд связан градиент температур, влияющий на величину пробности самородного золота. Для глубинных месторождений характерно незначительное содержание серебра, а для близповерхностных содержание серебра достигает 50%. Содержание Ag в весьма высокопробном золоте (999–951‰) обычно составляет 0,75% (0–4,78%), а в высокопробном (900–950‰) — 7,4% (4,51–10,1%), что свойственно золоту в глубинных рудопоявлениях, видимо, докембрийского этапа рудообразования. Примесь меди присутствует в 40% проанализированных образцов золота, ее содержание изменяется от 0,002 до 0,27%. Повышенные содержания Cu (от 0,33 до 2,22%) обнаружены лишь в 2% образцов. Анализ содержания Cu в золоте показал, что его повышенные значения характерны для весьма высокопробного золота и изменяются от 0,27 до 1,47%. Приведенные результаты позволяют выявить слабую прямую корреляционную зависимость содержания Cu от пробности золота и подтверждают данные работы (Самусиков, 2003), что ее содержание уменьшается при переходе от глубинных к близповерхностным месторождениям.

Примесь ртути установлена в более 60% образцов исследуемого золота, в среднем ее содержание колеблется от 0 до 0,05%.

Вместе с основными элементами-примесями (Ag, Cu, Hg), выявленными путем микрозондового анализа и спектральным количественным методом, в россыпном золоте отложений правобережных притоков р. Вилуй — рек Кемпендяй, Чыбыда, Тонгуо, Кюндяй и др. (Сунтарское поднятие) — обнаружены примеси Pt с содержанием 6–96 г/т (в 6% проанализированных проб). В единичных пробах содержание Pt в золоте составляет 630 г/т, а в 4% проб оно достигает 1000–1130 г/т. Максимальное содержание Pt — 1130 г/т — выявлено в двух шлиховых пробах из русловых отложений правобережья р. Вилуй (2 км ниже п. Кокно). Примеси Pd с содержанием до 570 г/т (в единичном случае — более 1015 г/т) и Ni с содержанием от 5 до 100 г/т выявлены в 55% изученных проб. Обнаружение в золоте таких постоянных примесей, как Pt, Pd, Ni, только в обрамлении Сунтарского поднятия, указывает на рудные источники глубинных месторождений с золото-платиноидной минерализацией.

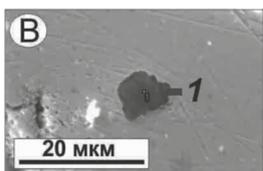
Методом растровой электронной микроскопии с различным разрешением установлено, что в зернах самородного золота встречаются включения размерами порядка микронов и субмикроннов. По составу эти включения представлены в основном порообразующими минералами: в процентном соотношении преобладает кварц, затем полевые шпаты — ортоклаз (рис. 2, а), альбит и микроклин, а также Fe—



Спектр	Включение	O	Al	Si	K	Сумма
1	<i>Ортоклаз</i>	45,85	9,79	31,47	13,88	100,99



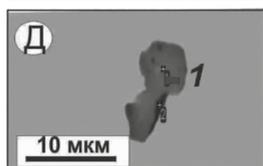
Спектр	Включение	O	Ti	Fe	W	Сумма
1	<i>Рутил TiO2</i>	38,77	53,50	2,67	5,05	99,99



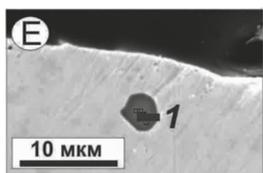
Спектр	Включение	O	Mg	Ti	Fe	Сумма
1	<i>Гематит Fe2O3</i>	30,59	1,50	6,41	60,94	99,44



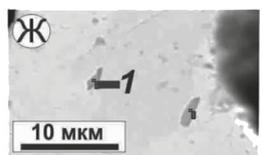
Спектр	Включение	O	Ti	Mn	Fe	Сумма
1	<i>Ильменит FeTiO3</i>	38,24	36,56	2,52	27,66	104,98



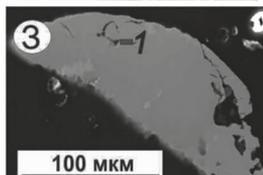
Спектр	Включение	S	Fe	Сумма
1	<i>Пирит FeS2</i>	37,62	61,28	98,90



Спектр	Включение	S	Fe	Cu	Сумма
1	<i>Халькопирит CuFeS2</i>	31,33	26,97	31,20	89,49



Спектр	Включение	S	Pb	Сумма
1	<i>Галенит PbS</i>	13,64	86,59	100,23



Спектр	Включение	O	Al	Si	Ti	Cr	Pt	Au	Сумма
1	экзотическая фаза Pt и Ti	25,85	2,92	5,82	3,15	11,59	10,03	17,72	77,08

Рис. 2. Микроминеральные включения в россыпном золоте:

а—з — образцы золота и химический состав микровключений (показаны цифрой 1) в них (%)

Mg-алюмосиликаты (оливин). Установленный состав породообразующих включений соответствует породам гипербазит-базитового комплекса, широко распространенного на востоке Сибирской платформы. В высоко- и среднепробных золоти́нах обнаружены микронные включения рудных минералов (размером 3–10 мкм), представленных сульфидами — пиритом, халькопиритом и галенитом (рис. 2, д, е и ж). Сульфидные микровключения имеют неправильно-продолговатую, округлую формы и расположены и в краевых частях, и непосредственно в матрице золотин. В изученных золоти́нах (20%) встречаются микроминеральные включения рутила, гематита и ильменита (рис. 2, б, в и г), что свидетельствует о рудной минерализации, характерной для магматизма основного состава. Кроме того, в высокопробных зернах, отобранных из русловых отложений р. Баага (правого притока р. Кемпендяй), обнаружены микронные включения экзотической минеральной фазы группы платины (содержание Pt достигает 6,89–10,03 мас. %). Малые размеры этих фаз не позволяют количественно определить химический состав соединений. Однако выявление в золоте экзотической минеральной фазы группы платины является еще одним доказательством, указывающим на наличие Au—Pt-минерализации в коренных источниках исследуемой территории (рис. 2, з).

Результаты изучения внутреннего строения россыпного золота Лено-Вилюйского междуречья показали, что подавляющее большинство частиц золота пробностью до 999‰ (60%) имеет структуру полной перекристаллизации (рис. 3, а и б). Характерная особенность внутренних структур россыпного золота из русловых отложений истоков рек Сергелях, Буягинская Нюччуку и Бурустур — широкое развитие межзерновых высокопробных прожилков, которые представлены линзообразными или нитевидными выделениями различной про-

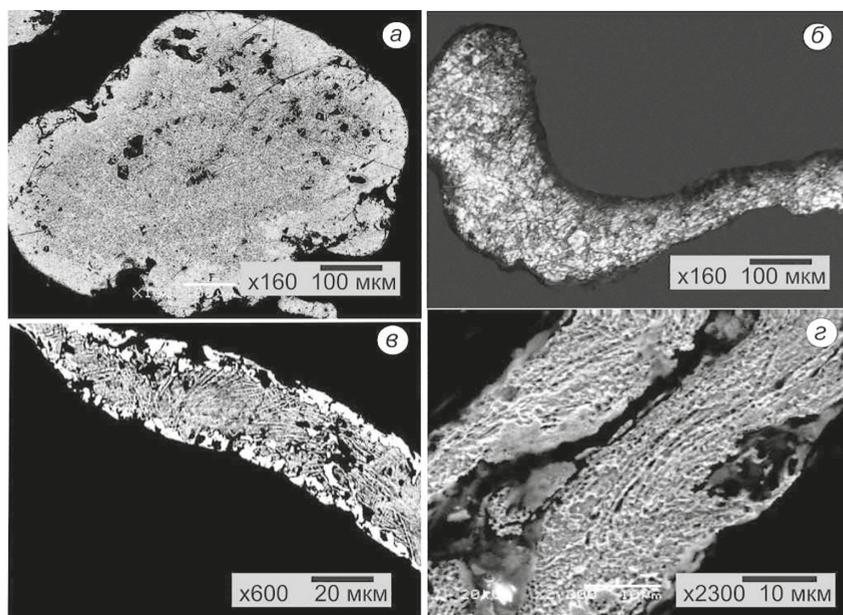


Рис. 3. Внутреннее строение россыпного золота:

а, б — перекристаллизованные структуры; в, г — структуры пластических деформаций

тяженности и мощности. Выявленные межзерновые прожилки иногда соединяются с высокопробными оболочками и имеют весьма высокую пробность (950–998 ‰), не зависящую от пробности первичных зерен. Пробность золота в этих прожилках изменяется в одних и тех же пределах и у среднепробного, и у исключительно высокопробного золота. В единичных золотилах наблюдаются структуры пластических деформаций в виде многочисленных линий трансляций (рис. 3, *в* и *г*). Пластические деформации приводят к полному или частичному исчезновению в золоте первичной гипогенной зернистой структуры, и оно приобретает слоистое строение, что указывает на длительное пребывание россыпного золота в экзогенных условиях и его неоднократное переотложение из древних толщ в более молодые образования. Подобные внутренние структуры были выявлены в россыпном золоте в районе среднего течения р. Большой Куонамки (Герасимов и Павлов, 2015), где его коренной источник, по мнению авторов указанной работы, — оруденение золото-платиноидной формации докембрийского этапа рудообразования. Наличие перекристаллизованных структур и многочисленных линий деформаций свидетельствует о том, что золото поступило из древних докембрийских золотоносных источников.

4. Обсуждение результатов

В результате анализа полученных данных по минералого-геохимическим особенностям россыпного золота Лено-Виллюйского междуречья установлено следующее.

1. На исследуемой территории широко распространено в основном чешуйчатое и пластинчатое золото с размером частиц 0,10–0,25 мм, высокой пробности, с низким содержанием Ag (0,75–7,4 %), повышенным Cu (0,27–1,27 %) с полностью перекристаллизованной внутренней структурой.
2. Золото пространственно приурочено к краевой части Сунтарского поднятия, где образует обширный ореол рассеяния.
3. Совокупность выявленных индикаторных признаков россыпного золота свидетельствует о том, что коренным источником изученного золота, вероятно, являлось докембрийское высокотемпературное оруденение больших глубин. Постоянные примеси Pt (6–96 г/т), Pd (5–570 г/т) и Ni (5–100 г/т) установлены только в обрамлении Сунтарского свода, в россыпном золоте правобережных притоков Вилюя (рек Кемпендй, Чыбыда, Тонгуо, Кюндй и др.).
4. Микровключения экзотической минеральной фазы группы платины, гематита, ильменита, рутила, а также сульфидов (пирита, халькопирита, галенита) и Fe—Mg-алюмосиликатов соответствуют рудной минерализации, характерной для магматизма основного состава.

На основании вышеизложенного мы впервые дали прогноз наличия коренных источников золото-платиноидной минерализации на исследуемой территории. Подтверждает это также работа (Глушкова, 2009), по данным которой спектральный количественный анализ крупной золотины (массой 5 мг) из русловых отложений р. Чара (юго-восток Сибирской платформы, бассейн средней Лены) позволил выявить примеси Pt (16 г/т), Pd (от 6–52 г/т) и Ni (40 г/т), характерные для

золото-платиноидной формации. По данным работы (Герасимов и Павлов, 2015), в россыпном золоте из аллювиальных отложений среднего течения р. Большой Куонамки (северо-восток Сибирской платформы, восточное обрамление Анабарского щита) также обнаружена палладистая золотина в сростании с железистой платиной, что свидетельствует о едином источнике МПГ и палладистого золота, связанных с расслоенными анортозитовыми плутонами Котуйкан-Монхолинской минерагенической зоны Анабарского щита.

Работы последних лет показали наличие золото-платиноидного оруденения и его связь с базитовым и ультрабазитовым магматизмом и в других регионах. Впервые золото-платиноидную формацию как ассоциацию горных пород, несущую золотое и платиноидное оруденение, выделил В. Д. Мельников (Мельников, 1984; Мельников, 1992; Мельников и Мельников, 2010). В самородном золоте из шлиховых проб Гонжинского рудного-россыпного района установлено содержание Pt и Pd соответственно до 280 и до 15 г/т (Мельников и др., 2012), источниками которых являются тела ультрабазитов габбро-пироксенит-перидотитового состава. В минералах золота из Гулинского массива впервые были обнаружены включения МПГ (Баданина и др., 2010), представленные мончеитом ($PtTe_2$), сперрилитом ($PtAs_2$) и изомертитом ($Pd_{11}Sb_2As_2$). Золото-платиноидное оруденение также было выявлено в корах выветривания (Северный Урал), где самородное золото характеризуется повышенным содержанием Ag и Cu (до 25%), а также Rh, Pt, Pd (в сумме до 10,3%) (Александров, Баранников, 2010). О возможной связи Восточно-Тагильского ультрабазитового массива (Средний Урал) с Au—Pt-оруденением упомянуто в работе (Азовскова и др., 2010). Кроме этого, в работе (Майорова и Филиппов, 2006) на основании обнаружения в россыпном золоте включений платиносодержащего теллурида палладия — меренскита ($(Pd,Pt)(Te,Vi)_2$), халькопирита и пирротина, в Приполярном Урале (Шугорский район) выделен новый нетрадиционный тип золото-платиноидного оруденения, связанного с породами глубинных базальтоидных ассоциаций (базальтоида, габброида, гипербазита).

Вывод

Таким образом, в пределах Сунтарского поднятия (Лено-Вилъюйское междуречье) нами впервые прогнозируется наличие коренных источников золото-платиноидной минерализации, вероятно, связанной с базитами раннепротерозойского и, возможно, более позднего возраста.

Литература

- Азовскова, О. Б., Александров, В. В., Гусева, Н. Н., 2010. Проявления углеродизации в северной части Восточно-Тагильского ультрабазитового массива (Средний Урал), возможная связь с Au—Pt-оруденением, в: Материалы Всероссийской конференции к 100-летию Н. В. Петровской. Самородное золото: Типоморфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождений, задачи прикладных исследований 1. ИГЕМ РАН, Москва, 17–20.
- Александров, В. В., Баранников, А. Г., 2010. Золото-платиноидное оруденение в корах выветривания Екатеринбургского рудно-россыпного узла (Северный Урал), в: Материалы Всероссийской конференции к 100-летию Н. В. Петровской. Самородное золото: Типоморфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождений, задачи прикладных исследований 1. ИГЕМ РАН, Москва, 20–23.

- Баданина, И. Ю., Малич, К. Н., Гончаров, М. М., Тутанова, Е. В., 2010. Благороднометалльные россыпи Гулинского массива (север Сибирской платформы): новые данные о необычных минеральных ассоциациях золота и платиноидов, в: *Материалы Всероссийской конференции к 100-летию Н. В. Петровской. Самородное золото: Типоморфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождений, задачи прикладных исследований 1.* ИГЕМ РАН, Москва, 56–59.
- Герасимов, Б. Б., Павлов, В. И., 2015. Минералогия россыпного золота восточного обрамления Анабарского щита, в: *Материалы V Всероссийской научно-практической конференции. Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России.* Якутск, 113–116.
- Глушкова, Е. Г., 2009. Типоморфные признаки самородного золота россыпных проявлений бассейна средней Лены (юго-восток Сибирской платформы). URL: <http://www.dissercat.com/content/typomorfnye-priznaki-samorodnogo-zolota-rossyupnykh-proyavlenii-basseina-srednei-leny-yugo-vo> (дата обращения: 22.11.2018).
- Зверев, В. Н., 1925. Условия золотоносности Вилейского района. *Изв. Геолкома* 44(5), 539–562.
- Истомин, И. Н., Мишнин, В. М., 2003. К проблеме поисков месторождений металлов платиновой группы в Якутии. *Вестник Госкомгеологии РС (Я)* 2 (5), 13–27.
- Майорова, Т. П., Филиппов, В. Н., 2006. Минералогические признаки золото-платиноидного оруденения в Шугорском районе Приполярного Урала. *Материалы Всероссийского совещания: Алмазы и благородные металлы Тимано-Уральского региона.* ИГ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, 189–191.
- Масайтис, В. Л., Тутанова, Е. В., Старицкий, Ю. Г., 1969. Рудоносность магматических формаций Сибирской платформы, в: *Рудообразование и его связь с магматизмом.* Якутское книжное издательство, Якутск, 112–114.
- Мельников, А. В., Мельников, В. Д., 2010. Геохимические типы золото-платиноидных формаций, в: *Материалы Всероссийской конференции к 100-летию Н. В. Петровской. Самородное золото: Типоморфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождений, задачи прикладных исследований 2.* ИГЕМ РАН, Москва, 33–35.
- Мельников, А. В., Мельников, Н. В., Попов А. Б., 2012. Платиноносность Гонжинского рудного района (Верхнее Приамурье). *Вестник Амурского государственного университета. Сер. Естественные и экономические науки*, 59, 128–133.
- Мельников, В. Д., 1984. Золоторудные гидротермалитовые формации. *ДВНЦ АН СССР, Владивосток.*
- Мельников, В. Д., 1992. Золоторудные гидротермалитовые формации юга Дальнего Востока. *Тихоокеанская геология* 3, 51–58.
- Обручев, В. А., 1961. *Избранные труды* 3, Издательство Академии наук СССР, Москва.
- Округин, А. В., 2000. Россыпная платиноносность Сибирской платформы. Якутский филиал изд-ва СО РАН, Якутск.
- Петровская, Н. В., Новгородова, М. И., Фролова, К. Е., 1980. О природе структур и субструктур эндогенных выделений самородного золота. *Минералогия самородных элементов.* ДВНЦ АН СССР, Владивосток, 10–20.
- Ржонсницкий, А. Г., 1924. Исследования в бассейне р. Вилюя. *Записки Минералогического общества* 2 (52), 554–555.
- Самусиков, В. П., 2003. Элементы-примеси в самородном золоте — критерии определения формационной принадлежности золоторудных месторождений. *Доклады РАН* 391 (1), 99–103.

Статья поступила в редакцию 4 апреля 2018 г.
Статья рекомендована в печать 15 октября 2018 г.

Контактная информация:

Каженкина Анисья Гурьевна — asiak@rambler.ru

Никифорова Зинаида Степановна — znikiforova@yandex.ru

Prediction of possible primary sources of gold-platinoid mineralization within the Lena-Viluy interfluvium (East Siberian platform)

A. G. Kazhenkina, Z. S. Nikiforova

Diamond and Precious Metal Geology Institute,
Siberian Branch, Russian Academy of Sciences (DPMGI SB RAS),
39, pr. Lenina, Yakutsk, 677980, Russian Federation

For citation: Kazhenkina A. G., Nikiforova Z. S. Prediction of possible primary sources of gold-platinoid mineralization within the Lena-Viluy interfluvium (East Siberian platform). *Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences*, 2018, vol. 63, issue 4, pp. 520–532. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2018.407> (In Russian)

A wide mineral scattering halo of fine and thin high-standard gold with still unidentified commercial placers and primary sources is typical for the East Siberian platform, particularly the central part of the Viluy syncline. It is related to the fact that the studied area overlaps with a thick layer of the Mesozoic-Cenozoic deposits, where traditional methods of prospecting for gold deposits do not yield positive results. It is well known that placer gold can retain “genetic memory” of its primary endogenous gold sources. In this connection, detailed mineralogical studies of placer gold were performed with the aim to identify mineral types of gold mineralization and to forecast and assess primary gold content. Mineralogical-geochemical features of gold and mechanisms of its distribution from channel fill and the Quaternary deposits of numerous water courses of the Lena-Viluy interfluvium. Over 300 samples were analysed, and the analysis takes morphologic features of gold, granulometric composition, fineness, composition of trace elements, inner structure and presence of micromineral inclusions into account. Permanent admixtures of Pt (6–96 g/t), Pd (5–570 g/t) and Ni (5–100 g/t), as well as micro-inclusions of the exotic mineral phase of platinum group are identified in placer gold of the Suntar arch in right-bank tributaries of the Viluy river (Kempenday, Chybyda, Tonguo, Kunday rivers etc.). Apart from that, micro-inclusions of hematite, ilmenite, rutile, sulfides (pyrite, chalcopyrite, galena) and Fe—Mg-aluminosilicates, which correspond to ore mineralization and are typical for magmatism of the basic composition, are found in gold. The combination of identified mineralogical-geochemical features of gold indicates that the Precambrian high-temperature, deep depth mineralization processes were primary sources of gold. This allowed to forecast the presence of primary sources of gold-platinoid mineralization, probably related to basites of the Early Proterozoic and later age, within the Suntar arch for the first time.

Keywords: placer gold, gold-platinoid mineralization, primary sources, mineralogical-geochemical features, Lena-Viluy interfluvium, east Siberian platform.

References

- Azovskova, O. B., Aleksandrov, V. V., Guseva, N. N., 2010. Proiavleniia uglerodizatsii v severnoi chasti Vostochno-Tagil'skogo ul'trabazitovogo massiva (Srednii Ural), vozmozhnaia sviaz' s Au—Pt-orudneniem [Manifestations of carbonization in the northern part of the East-Tagil ultrabasic massif (Middle Urals), possible relation with Au—Pt mineralization]. *Materialy Vserossiiskoi konferentsii k 100-letiiu N. V. Petrovskoi. Samorodnoe zoloto: Tipomorfizm mineral'nykh assotsiatsii, usloviia obrazovaniia mestorozhdenii, zadachi prikladnykh issledovaniu 1*. IGEM RAN, Moskva, 17–20. [Materials of All-Russian conference on the centenary of N. V. Petrovskaya. Native gold: typomorphism of mineral associations, conditions of deposit formation, goals of applied researches 1. Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry, RAS, Moscow, 17–20]. (In Russian)
- Aleksandrov, V. V., Barannikov, A. G., 2010. Zoloto-platinoidnoe orudnenie v korakh vyvetriviianiia Ekaterinskogo rudno-rossypnogo uzla (Severnyi Ural) [Gold-platinoid mineralization in weathering crusts of the Ekaterininsky ore-placer cluster (Middle Urals)]. *Materialy Vserossiiskoi konferentsii k 100-letiiu N. V. Petrovskoi. Samorodnoe zoloto: Tipomorfizm mineral'nykh assotsiatsii, usloviia obrazovaniia mestorozhdenii, zadachi prikladnykh issledovaniu 1*. IGEM RAN, Moskva, 17–20. [Materials of All-Russian conference on the centenary of N. V. Petrovskaya. Native gold: typomorphism of mineral associations, conditions of deposit formation, goals of applied researches 1. Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry, RAS, Moscow, 17–20]. (In Russian)

- iu N. V. Petrovskoi. Samorodnoe zoloto: Tipomorfizm mineral'nykh assotsiatsii, usloviia obrazovaniia mestorozhdenii, zadachi prikladnykh issledovaniy 1. IGEM RAN, Moskva, 20–23 [Materials of All-Russian conference on the centenary of N. V. Petrovskaya. Native gold: typomorphism of mineral associations, conditions of deposit formation, goals of applied researches 1. Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry, RAS, Moscow, 20–23]. (In Russian)
- Badanina, I. Y., Malich, K. N., Goncharov, M. M., Tuganova, E. V., 2010. Blagorodnometall'nye rossypyi Gulinskogo massiva (sever Sibirskoi platformy): novye dannye o neobychnykh mineral'nykh assotsiatsiyakh zolota i platinoidov [Precious metal placers of the Gulinsky massif (north Siberian platform): new data on unusual mineral associations of gold and platinum]. *Materialy Vserossiiskoi konferentsii k 100-letiiu N. V. Petrovskoi. Samorodnoe zoloto: Tipomorfizm mineral'nykh assotsiatsii, usloviia obrazovaniia mestorozhdenii, zadachi prikladnykh issledovaniy 1.* IGEM RAN, Moskva, 56–59 [Materials of All-Russian conference on the centenary of N. V. Petrovskaya. Native gold: typomorphism of mineral associations, conditions of deposit formation, goals of applied researches 1. Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry, RAS, Moscow, 56–59]. (In Russian)
- Gerasimov, B. B., Pavlov, V. I., 2015. Mineralogiia rossypnogo zolota vostochnogo obramleniia Anabarskogo shchita [Mineralogy of placer gold of the east framing of the Anabar shield]. *Materialy V Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Severo-Vostoka Rossii* [Materials of V All-Russian research and practice conference. Geology and mineral resources of the North-east Russia]. Yakutsk, 113–116. (In Russian)
- Glushkova, E. G., 2009. Tipomorfnye priznaki samorodnogo zolota rossypnykh proiavlennii basseina srednei Leny (iugo-vostok Sibirskoi platformy) [Typomorphic features of native gold of placer manifestations, middle Lena river basin (south-east Siberian platform)]. Available at: <http://www.dissercat.com/content/tipomorfnye-priznaki-samorodnogo-zolota-rossypnykh-proyavlenii-basseina-srednei-lenyyugo-vo> (accessed: 22.11.2018). (In Russian)
- Zverev, V. N., 1925. Usloviia zolotonosnosti Viliuiskogo raiona [Conditions of gold content of the Viluy region]. *Izv. Geolkoma* 44(5), 539–562. (In Russian)
- Istomin, I. N., Mishnin, V. M., 2003. K probleme poiskov mestorozhdenii metallov platinovoi gruppy v Iakutii [Problem of prospecting deposits of metals of platinum group in Yakutia]. *Vestnik Goskomgeologii RS (Ia)* [Bulletin of State committee of Geology, Republic of Sakha (Yakutia)] 2(5), 13–27. (In Russian)
- Mayorova, T. P., Filippov, V. N., 2006. Mineralogicheskie priznaki zoloto-platinoidnogo orudneniia v Shchugorskoy raione Pripoliarnogo Urala. *Materialy Vserossiiskogo soveshchaniia: Almazy i blagorodnye metally Timano-Ural'skogo regiona* [Mineralogical features of gold-platinoid mineralization on the Schugorsky region of the Subarctic Urals, in: Materials of the All-Russian meeting: Diamonds and precious metals of the Timan-Ural region]. Institute of Geology of the Komi Science Center, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, 189–191. (In Russian)
- Masaitis, V. L., Tuganova, E. V., Staritsky, Y. G., 1969. Rudonosnost' magmaticheskikh formatsii Sibirskoi platformy, v: Rudobrazovanie i ego svyaz' s magmatizmom [Ore content of magmatic formations of the Siberian platform. Ore origin and its relations with magmatism]. *Iakutskoe knizhnoe izdatel'stvo*, Yakutsk, 112–114. (In Russian)
- Melnikov, A. V., Melnikov, V. D., 2010. Geokhimicheskie tipy zoloto-platinoidnykh formatsii [Geochemical types of gold-platinoid formations], in: *Materialy Vserossiiskoi konferentsii k 100-letiiu N. V. Petrovskoi. Samorodnoe zoloto: Tipomorfizm mineral'nykh assotsiatsii, usloviia obrazovaniia mestorozhdenii, zadachi prikladnykh issledovaniy 2* [Materials of All-Russian conference on the centenary of N. V. Petrovskaya. Native gold: typomorphism of mineral associations, conditions of deposit formation, goals of applied researches 2]. Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry, RAS, Moscow, 33–35. (In Russian)
- Melnikov, A. V., Melnikov, N. V., Popov, A. B., 2012. Platinonosnost' Gonzhinskogo rudnogo raiona (Verkhnee Priamur'e) [Platinum content of the Gonzhinsky ore area (Upper Amur river region)]. *Vestnik Amurskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Estestvennye i ekonomicheskie nauki* [Bulletin of the Amur state University. Chapter: Natural and economic sciences] 59, 128–133. (In Russian)
- Melnikov, V. D., 1992. Zolotorudnye gidrotermalitovye formatsii iuga Dal'nego Vostoka [Gold-ore hydrothermalitic formations of the south Far East]. *Tikhookeanskaia geologiya* [Pacific geology] 3, 51–58. (In Russian)
- Melnikov, V. D., 1984. Zolotorudnye gidrotermalitovye formatsii [Gold-ore hydrothermalitic formations]. Far East Scientific center, Academy of Sciences USSR, Vladivostok. (In Russian)

- Obruchev, V. A., 1961. Izbrannye trudy 3 [Selected writings III]. Izdatel'stvo Akademii Nauk SSSR, Moscow. (In Russian)
- Okrugin, A. V., 2000. Rossypnaia platinonosnost' Sibirskoi platformy [Placer platinum content of the Siberian platform]. Siberian branch, Russian Academy of Sciences, Yakutsk. (In Russian)
- Petrovskaya, N. V., Novgorodova, M. I., Frolova, K. E., 1980. O prirode struktur i substruktur endogennykh vydelenii samorodnogo zolota [Nature of structures and substructures of endogenetic precipitations of native gold]. Mineralogiia samorodnykh elementov. [Mineralogy of native elements]. Far East Scientific center, Academy of Sciences, USSR, Vladivostok, 10–20. (In Russian)
- Rzhonsnitsky, A. G., 1924. Issledovaniia v basseine r. Viliuia [Studies in the Viluy river basin]. Zapiski Mineralogicheskogo obshchestva [Proceedings of Mineralogical society] 2(52), 554–555. (In Russian)
- Samusikov, V. P., 2003. Elementy-primesi v samorodnom zolote — kriterii opredeleniia formatsionnoi pri-nadlezhnosti zolotorudnykh mestorozhdenii [Trace elements in native gold — criteria for the determination of formation belongingness of gold deposits]. Reports of Russian Academy of sciences 391 (1), 99–103. (In Russian)

Received: April 4, 2018

Accepted: October 15, 2018

Author's information:

Anisia G. Kazhenkina — asiak@rambler.ru

Zinaida S. Nikiforova — znikiforova@yandex.ru