

УДК 553.41.553.491(571.7)

О КОРЕННЫХ ИСТОЧНИКАХ БЛАГОРОДНОМЕТАЛЬНЫХ РОССЫПЕЙ ГУЛИНСКОГО МАССИВА (ПОЛЯРНАЯ СИБИРЬ): НОВЫЕ МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

© 2013 г. К. Н. Малич, Н. В. Сорохтина, И. Ю. Баданина, Н. Н. Кононкова

Представлено академиком В.А. Коротеевым 29.06.2012 г.

Поступило 16.07. 2012 г.

DOI: 10.7868/S0869565213190201

Гулинский массив ультраосновных и щелочных пород с карбонатитами расположен в пределах Маймеча-Котуйской провинции на севере Сибирской платформы [2, 4, 6, 11]. Дуниты массива образуют в плане серповидное тело протяженностью около 30 и шириной 10–15 км, занимающая площадь около 450 км². В юго-западной части они перекрыты толщей ультраосновных вулканических маймечинской свиты, а в центральной и южной частях прорваны штоками карбонатитов. Значительные прогнозные ресурсы благородных металлов (около 20 т) в комплексных золото-платиноидных россыпях Гулинского массива позволили по-новому оценить металлогенический потенциал Маймеча-Котуйской провинции [4, 6, 7, 9], традиционно перспективной на апатит-магнетитовые, флогопитовые руды, нефелиновое сырье и редкие металлы, ассоциирующие с ийолит-карбонатитовыми массивами Маймеча-Котуйской провинции [2]. В частности, было показано [4, 5, 8], что платиноидная минерализация генетически связана с дунитами и хромититами Гулинского массива. Однако вопрос о коренном источнике золота остается дискуссионным [1, 3, 9, 10, 13].

В нашем сообщении впервые приведена минералогическая характеристика цирконолита из полифазных включений в минералах золота из аллювиальных отложений верхнего течения р. Гулэ. На основании особенностей химического состава цирконолита и состава минералов-узников в минералах платиновой группы (МПП) и золота рос-

сыпей сделан вывод о различных коренных источниках золото-платиноидного оруденения.

Основными россыпеобразующими структурами являются долины рек и ручьев, дренирующих породы Гулинского массива [6, 7, 12]. Комплекс современных и верхнечетвертичных аллювиальных отложений рек Ингарингда, Сабыда, Гулэ, Селингда и их притоков осмиеносны и золотоносны на всем их протяжении. Продуктивны русловые и террасовые пласты. Наибольшее значение по количеству МПП и золота имеют пласты террасового комплекса. Гранулометрический состав МПП определяется тремя классами крупности, мм: $-0.5 + 0.25$ (60%); $-0.25 + 0.125$ (30%); $-1 + 0.5$ (~10%), золота – шестью классами – $-2 + 1$ (26%); $+4$ (22%); $-4 + 2$ (20%); $-1 + 0.5$ (20%); $-0.5 + 0.25$ (11%); $-0.25 + 0.125$ (~1%).

Подавляющее большинство МПП-россыпей представлено идиоморфными кристаллами и агрегатами зерен, образованными твердыми растворами Os-(Ir-Ru) или минералами Os [4, 12, 14]. Детальное изучение золотой минерализации из четвертичных отложений рек Гулэ и Дунитовая в юго-западной части Гулинского массива (290 шлиховых зерен размером 0.25–10 мм) позволило выявить разнообразие их морфологических и минеральных типов. Золотая минерализация представлена комковатыми, в различной степени окатанными индивидами и агрегатами кристаллов. По химическому составу выделено четыре минеральных типа, из которых электрум (Au,Ag) с содержанием серебра 20–60 мас. % преобладает над тетрааурикупридом (AuCu), серебросодержащим золотом (Au_xAg, где $x > 6$) и палладистым золотом (8–11 ат. % Pd). Электрум образует монофазные выделения и полифазные сростки с тетрааурикупридом (AuCu) и самородным золотом (Au).

Для минералов золота характерны разнообразные включения МПП (мончеита, сперрилита, изомертиита), сульфидов (пентландита, пирротина, халькопирита, борнита, кубанита, никелина,

*Институт геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого
Уральского отделения Российской Академии наук,
Екатеринбург*

*Институт геохимии и аналитической химии
им. В.И. Вернадского Российской Академии наук,
Москва*

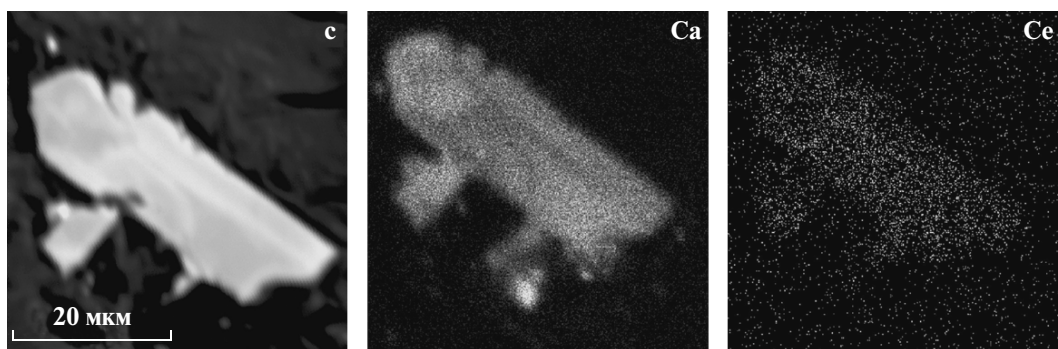


Рис. 1. Зональное распределение кальция и церия в цирконолите Гулинского массива. Изображения в обратно рассеянных электронах (с) и характеристическом излучении указанных элементов.

галенита), силикатов (оливина, диопсида, Ti-содержащего граната, флогопита, серпентина, сфена, эгирина, хлорита), оксидов (ильменита, магнетита, гематита, рутила, бадделеита, перовскита) и редкоземельного фосфата.

Минеральные индивиды золота, в котором были обнаружены включения цирконолита, характеризуются неоднородным составом. Для них установлено увеличение концентраций серебра в периферических частях зерен. Средний химический состав центральных и краевых частей, по данным микрорентгеноспектрального анализа, составляет, мас. %: Au – 89.19, Ag – 11.54, Hg –

0.23, Cu – 0.05, Te – 0.05 ($n = 4$) и Au – 83.92, Ag – 13.84, Cu – 0.19, Hg – 0.13, Te – 0.08, Sb – 0.03 ($n = 4$) соответственно.

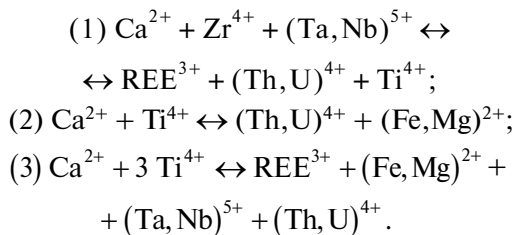
Цирконолит в золоте образует уплощенно-призматические кристаллы до 50 мкм (рис. 1). Химический состав цирконолита неоднороден по всем основным и примесным компонентам (табл. 1), характеризуясь умеренным содержанием Nb и повышенным – РЗЭ. В обратно рассеянных электронах отмечаются более светлые участки, обогащенные РЗЭ, Nb, и более темные, обогащенные Ca, Si (рис. 1; табл. 1). Для цирконолита характерна положительная корре-

Таблица 1. Представительные микрорентгеноспектральные анализы (1–12) цирконолита, мас. %

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Темные зоны						Светлые зоны			Измененные зоны		
CaO	9.32	9.23	10.18	5.63	5.54	6.04	6.27	5.89	6.01	5.02	8.72	6.33
Y ₂ O ₃	1.97	2.03	1.87	1.65	1.51	2.42	2.18	2.03	1.81	1.36	1.94	1.96
La ₂ O ₃	0.52	0.50	0.32	0.78	0.72	0.67	0.72	0.78	0.87	0.79	0.45	0.66
Ce ₂ O ₃	3.83	3.86	3.09	4.13	4.71	4.33	5.94	6.37	6.68	5.69	3.85	3.79
Nd ₂ O ₃	3.15	2.96	2.82	3.52	4.47	4.22	5.24	5.05	5.09	4.33	2.77	3.71
Sm ₂ O ₃	н.а.	н.а.	н.а.	2.33	2.18	2.07	2.21	2.13	1.78	1.89	1.51	1.44
ThO ₂	3.00	3.03	3.00	6.89	6.70	2.23	2.18	3.71	2.85	4.77	0.56	1.46
UO ₂	<п.о.	<п.о.	<п.о.	0.54	0.26	0.14	0.29	0.19	0.14	0.33	<п.о.	0.94
BaO	0.13	0.15	0.13	0.14	0.24	0.53	<п.о.	0.33	0.11	0.23	0.22	0.2
ZrO ₂	30.83	30.65	30.77	26.24	28.28	29.58	29.60	27.86	28.51	25	30.45	25.86
TiO ₂	33.45	33.19	34.88	25.38	25.00	27.69	27.00	25.89	26.1	21.54	31.61	24.81
SiO ₂	0.25	0.17	0.09	0.91	0.32	0.17	0.20	0.2	0.24	4.14	0.74	3.33
MgO	0.06	0.06	0.04	0.19	0.18	0.11	0.13	0.17	0.2	0.35	0.11	0.28
FeO	6.45	6.39	6.33	7.09	8.05	8.20	7.80	7.75	7.67	9.50	6.90	8.49
Nb ₂ O ₅	3.03	2.98	1.88	6.89	7.16	4.64	5.79	6.44	6.04	5.89	3.42	4.08
Ta ₂ O ₅	<п.о.	0.14	<п.о.	0.24	0.31	0.18	0.06	0.20	0.25	0.22	0.04	0.06
Сумма	95.99	95.34	95.4	92.55	95.63	93.22	95.61	94.99	94.35	91.05	93.29	87.4

Примечание. <п.о. – ниже предела обнаружения; н.а. – не анализировали.

ляционная связь между Ca и PЗЭ. Наиболее вероятные схемы изоморфного замещения между основными элементами могут быть представлены следующим образом:



Эволюция состава главных и второстепенных элементов цирконолита из включений в шлиховом золоте приведена на обобщающей диаграмме в координатах $(\text{Y} + \text{PЗЭ})^{3+} - (\text{Th} + \text{U})^{4+} - (\text{Nb} + \text{Ta})^{5+}$ (рис. 2), предложенной в работе [15] и дополненной литературными данными для пород различного генезиса [13]. Точки составов цирконолита из включений в золоте располагаются в поле составов цирконолита из карбонатитов и сиенитов щелочных комплексов Араксы, Самчампи, Африканды, Арбарахстаха, Чилвы, Ловозера, Хибин (рис. 2), в которых этот минерал встречается, как правило, в поздних низкотемпературных ассоциациях.

Анализ состава минералов-узников в россыпном золоте и состава золото-серебряных фаз позволил сделать вывод о длительном процессе формирования золотого оруденения — от высокотемпературной магматической (пироксен, перовскит, бадделеит и др.) до низкотемпературной гидротермальной стадии (галенит, гематит, хлорит и др.). Верхний температурный предел постмагматического рудообразования определяется формированием тетрааурикуприда ($T \sim 400^\circ\text{C}$). Полученные данные контрастируют с результатами изучения минералов-включений в шлиховых минералах осмия [4, 8], в которых доминирует набор высокотемпературных минералов ультраосновного парагенезиса.

Совокупность полученных результатов позволяет сделать следующие выводы:

1) Особенности химического состава включений цирконолита в золоте р. Гулэ и сходство с цирконолитом из щелочных пород и карбонатитов сходных комплексов других провинций свидетельствуют о том, что в золотом рудообразовании значительная роль принадлежала производным ийолит-карбонатитового магматизма.

2) Выявленные различия минералов-узников в МПГ и минералах золота, а также разные морфологические и гранулометрические особенности благороднометалльных минерализаций из россыпей Гулинского массива согласуются с выводом об их различных источниках. Для МПГ основным коренным источником являются дуниты и хромититы, для золота — породы ийолит-карбонатитовой ассоциации Гулинского массива.

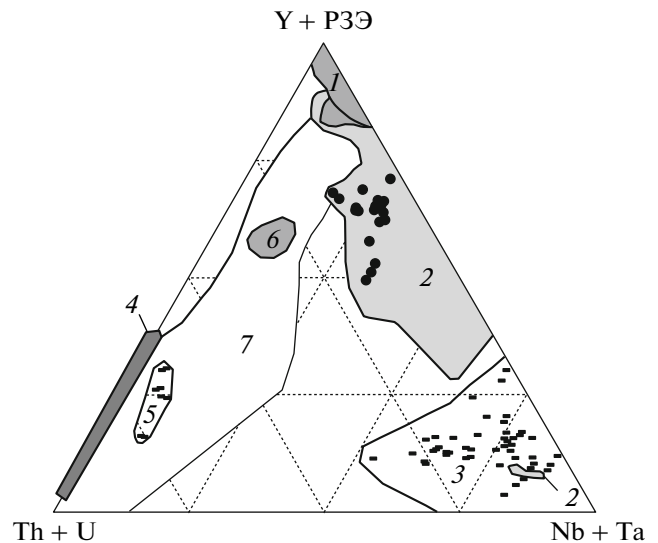


Рис. 2. Вариации состава цирконолита Гулинского (залитые круги) и других магматических комплексов в координатах $\text{Y} + \text{PЗЭ} - \text{Th} + \text{U} - \text{Nb} + \text{Ta}$ (ат. %).

Поля составов 1–7 [13, 15]: 1 — лунные породы и ультрамафиты интрузивов Лайони—Алжир; Рум—Шотландия; 2 — щелочные и карбонатитовые массивы Араксы—Бразилия; Африканды, Арбарахстаха, Ловозера, Хибин—Россия; Самчампи—Индия; Кимберли—Африка; Чилва—Малави, Айфель—Германия; 3 — карбонатитовые массивы Себлявр, Ковдор, Вуориярви, Сокли—Россия; Кайзерштуль—Германия; Якупиранга—Бразилия; 4 — хромититы Финеро—Италия; 5 — карбонатиты Палаборы—ЮАР; 6 — лампроиты Альтиплано—Перу; 7 — метасоматиты Адамелло, вулканические сиениты Вико—Италия; Бергель—Швейцария; калиевые лавы Левотолло—Индонезия.

Авторы выражают признательность главному геологу Полярной партии ПГП “Норильскгеология” М.М. Гончарову за предоставленную коллекцию благороднометалльной минерализации.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки России (Гос. контракт 02.740.11.0726) и программы фундаментальных исследований УрО РАН (проекты 12–П–5–2015, 12–5–6–019–АРКТИКА).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баданина И.Ю., Малич К.Н., Гончаров М.М., Туганова Е.В. В сб.: Материалы Всерос. конф. “Самородное золото: типоморфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождений, задачи прикладных исследований”. М.: ИГЕМ РАН, 2010. Т. 1. С. 56–58.
2. Егоров Л.С. Ийолит-карбонатитовый плутонизм (на примере Маймеча-Котуйского комплекса Полярной Сибири). Л.: Недра, 1991. 260 с.
3. Когарко Л.Н., Сенин В.Г. // ДАН. 2011. Т. 441. № 1. С. 81–82.

4. Малич К.Н. Платиноиды клинопироксенит-дуни-
товых массивов Восточной Сибири (геохимия, ми-
нералогия, генезис). СПб.: Санкт-Петербургская
картограф. фабрика ВСЕГЕИ, 1999. 296 с.
5. Малич К.Н., Кадик А.А., Баданина И.Ю., Жар-
кова Е.В. // Геохимия. 2011. Т. 49. № 7. С. 767–771.
6. Малич К.Н., Лопатин Г.Г. // Геология руд. место-
рождений. 1997. Т. 39. № 3. С. 247–257.
7. Малич К.Н., Малич Н.С., Симонов О.Н., Лоп-
атин Г.Г., Науменко Н.Г. // Отеч. геология. 1998.
№ 3. С. 30–35.
8. Малич К.Н., Оже Т. // ДАН. 1998. Т. 361. № 6.
С. 812–814.
9. Сазонов А.М., Звягина Е.А., Леонтьев С.И. Плати-
ноносные щелочно-ультраосновные интрузии
Полярной Сибири. Томск: Изд-во ЦНТИ, 2001.
510 с.
10. Dvorani S.N., Thalhammer O.A.R., Loidl G.C. //
10th Intern. Platinum Symp. Extended abstracts.
Espoo: Geol. Surv. Finland, 2005. P. 319–321.
11. Kogarko L.N., Kononova V.A., Orlova M.P., Wooley A.R.
Alkaline rocks and carbonatites of the world. Pt 2.
Former USSR. L.: Chapman and Hall, 1995. 226 p.
12. Malitch K.N., Auge T., Badanina I.Yu., Gon-
charov M.M., Junk S.A., Pernicka E. // Mineral. and
Petrology. 2002. V. 76. P. 121–148.
13. Malitch K. N., Sorokhtina N.V., Kononkova N.N., Gon-
charov M.M. Abstracts Volume. Workshop on Peralka-
line Rocks and Carbonatites. Tubingen, 2011. P. 147–
150.
14. Merkle R.K.W., Malitch K.N., Grasser P.P.H., Badani-
na I.Yu. Mineral. and Petrology. 2012. V. 104. № 1/2.
P. 115–127.
15. Williams C.T., Giere R. // Bull. Natur. Hist. Museum
London. Geol. 1996. V. 52. P. 1–24.