

**ТОПОМИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ ПРОЕКЦИЯ ЭНДОГЕННОЙ
МИНЕРАЛИЗАЦИИ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ, РЕДКИХ И
РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЦЕНТРАЛЬНО-АЛДАНСКОЙ
МАГМАТОГЕННОЙ СИСТЕМЫ (АЛДАНСКИЙ ЩИТ, РОССИЯ)**

А.В. Округин¹, А.И. Журавлев¹, Г.В. Мохначевский¹, К.З. Ибрагимов²

1– Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, 677007, г. Якутск, пр-т Ленина, 39, Россия;

2– ООО «Орион-Север»; 677015, г. Якутск, кв-л Энергетиков, д 4, Россия

Рассматриваются минералы благородных металлов, редких и радиоактивных элементов, часто образующие комплексные ассоциации в россыпях Центрально-Алданского района. Предполагается существование парагенетической связи между данными минералами, связанными с единой мантийной рудно-магматогенной системой, которая образует металлогенические ареалы (Au-Pt-U оруденение) и магматические серии различных субщелочных и щелочных пород.

золото, платина, минералы редких и радиоактивных минералов, рудно-магматические системы

**TOPOMINERALOGICAL PROJECTION OF THE PRECIOUS METALS, RARE
AND RADIOACTIVE ELEMENTS ENDOGENETIC MINERALIZATION IN THE
CENTRAL ALDAN MAGMATOGENE SYSTEM (ALDAN SHIELD, RUSSIA)**

A.V. Okrugin, A.I. Zhuravlev, G.V. Mokhnachevsky, K.Z. Ibragimov

The article considers minerals of precious metals, rare and radioactive elements, frequently forming complex associations in placers of the Central-Aldan region. It is assumed that there is a paragenetic relation between these minerals, connected with single mantle ore-magmatogene system creating metallogenic areas (Au-Pt-U mineralization) and magmatic series of various subalkaline and alkaline rocks.

gold, platinum, rare and radioactive mineral, ore-magmatic system

Центрально-Алданский рудный района (ЦАРР) рассматривается как целостная мезозойская сверхкрупная рудообразующая магматогенная система с весьма значительными ресурсами золотоурановых руд [7]. Если уникальные золоторудные месторождения здесь достаточно хорошо изучены и общеизвестны, то проявления минералов платиновой группы (МПГ), редких и радиоактивных элементов (МРРА) пока остаются слабо исследованными объектами. В связи с предстоящим освоением месторождений Эльконского золотоурановорудного узла вопрос о комплексном подходе к исследованию процессов формирования месторождений благородных, редких и радиоактивных элементов приобретает в этом районе особую актуальность.

На территории ЦАРР, кроме известной платиновой россыпи Инаглинского массива, установлена попутная платиноносность ряда золотоносных россыпей рр. Селигдар, Бол. Куранах, Якоцит, Лев. Нимгеркан, Томмот, Ыллымах, Тимптон и их притоков [11, 14 и др.]. В последние годы в процессе производственно-испытательных работ ООО «Орион-Север» в аллювиальных отложениях Макылганского переката по р. Алдан (рис. 1) определены весовые концентрации комплекса благородных металлов и других рудных минералов редких и радиоактивных элементов, которые могут служить индикаторами рудоносных объектов в данном районе. В данном сообщении на основе сравнительного анализа типоморфных особенностей самородного золота, МПГ, МРРА и сопутствующих им минералов-спутников из Макылганского россыпепроявления с подобными минералами из других россыпных и рудных месторождений бассейна среднего течения р. Алдан мы рассматриваем возможные типы потенциально рудоносных коренных источников для таких комплексных благородно-редкометалльных россыпей.

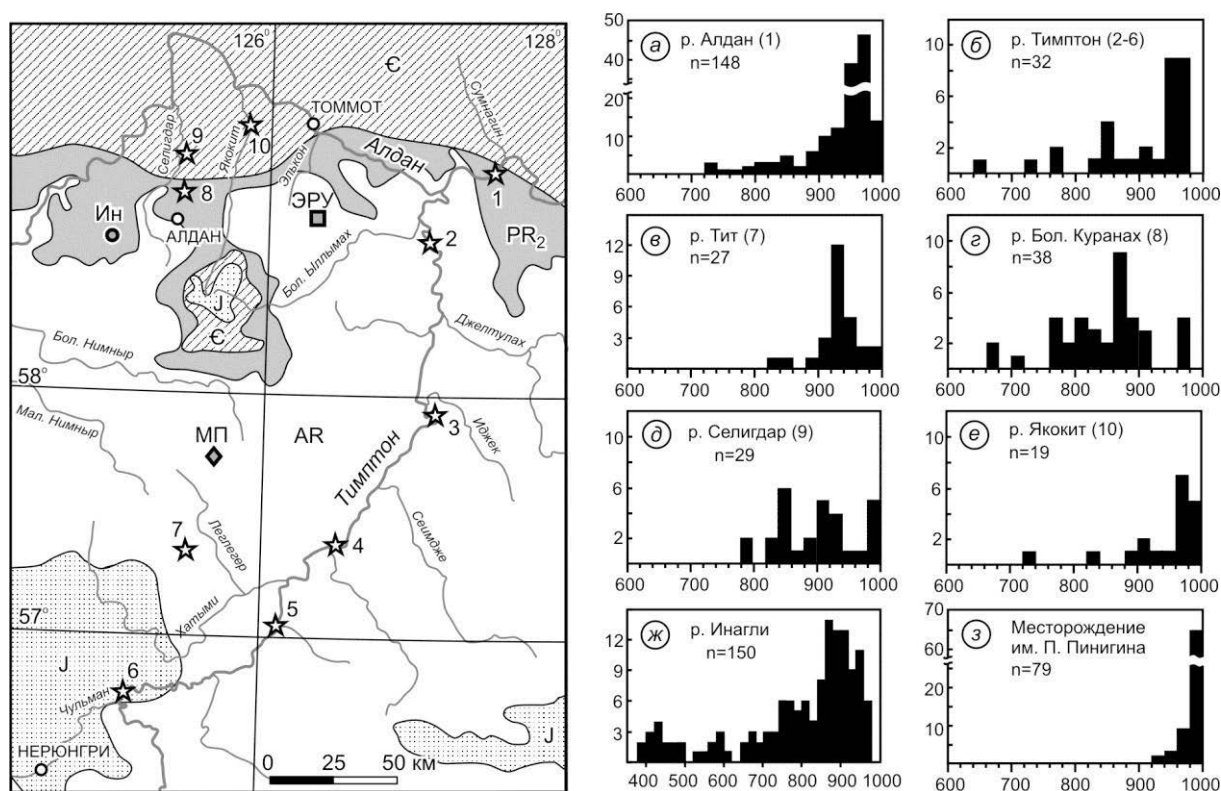


Рис. 1. Схема расположения изученных Pt-Au россыпных и коренных месторождений с гистограммами пробыности золота.

Звездочками показаны россыпепроявления: 1 – Макылганское, 2–6 – р. Тимптон; россыпи: 7 – руч. Тит, 8 – р. Бол. Куранах, 9 – р. Селигдар, 10 – р. Якоцит; коренные месторождения: Ин – Инаглинский массив с россыпью платины, МП – месторождение им. П. Пинигина с золотосодержащими сульфидными рудами, ЭРУ – Эльконский золотоураново-рудный узел.

Самородное золото в Макылганском россыпепроявлении представлено хорошо окатанными пластинчатыми, уплощенными и комковатыми зернами размером 0,1–0,5, реже до 1–2 мм (рис. 2 а). Пробность золота по микрондовым определениям 148 частиц варьирует от 720 до 990 ‰, в среднем 930 ‰. На гистограмме (см. рис. 1 а) наблюдается асимметричное распределение пробности металла с ярко выраженным пиком в области 80–980 ‰. В золоте, кроме типичного Ag, редко фиксируются примеси Cu и Hg до 0,5 %. Обнаружено также одно зерно палладистого золота, содержащее 12,98 % Pd, 0,83 % Pt, 1,26 % Ag и 5,51 % Cu.

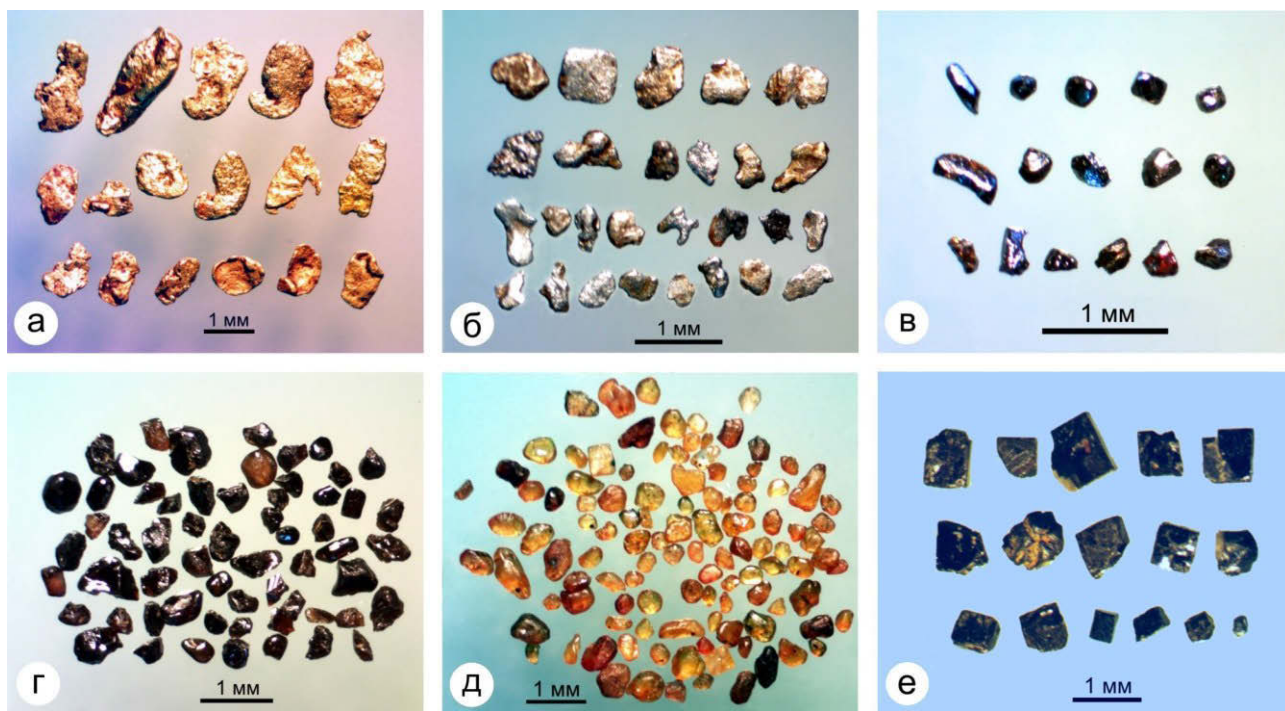


Рис. 2. Рудные минералы из Макылганского (а-д) и Инаглинского (е) россыпепроявлений.

а – самородное золото; б – железистая платина; в – сперрилит; г – черный ферберит и коричневый касситерит; д – монацит; е – ториянит.

По пробности и морфологическим особенностям золотины Макылганского проявления аналогичны таковым из россыпей р. Тимптон. Для россыпей, связанных с золоторудными месторождениями лебединского (р. Бол. Куранах) и куранахского (р. Селигдар) типа, характерно золото средней (800–900 ‰) и высокой (900–950 ‰) пробы [12]. Наличие золота весьма высокой (>950 ‰) пробности фиксировалось нами в аллювии р. Якобит, а также известно в сульфидных рудах, приуроченных к докембрийским метабазитам Au-рудного месторождения им. П. Пинигина [5]. Пробность золота, часто встречающегося в платиноносной россыпи Инаглинского массива, варьирует в очень широком диапазоне (от 380 до 980 ‰), основной пик – 900 ‰ (см. рис. 1 ж). Даже в пределах

одной частицы часто наблюдаются микронеоднородности высокопробного золота и электрума. Электрум характеризуется повышенным содержанием примеси Hg 0,2–0,8 %, а среди высокопробного металла встречаются редкие зерна с примесью Hg до 1,5–3,4 %, хотя основное количество золотин практически не содержит Hg. Установлены единичные знаки палладистого (Pd до 1–3 %) весьма высокопробного золота [12].

Минералы платиновой группы Макылганского проявления представлены в основном Fe-Pt сплавами с микровключениями иридия и осмия, а также единичными знаками сперрилита $PtAs_2$ (см. рис. 2 в) и лаурита RuS_2 . Fe-Pt сплавы слагают хорошо окатанные выделения пластинчатой и уплощенной форм размером обычно не более 0,5 мм (см. рис. 2 б). По данным микронзондового анализа они содержат 79–95 % Pt, 1,4–9,7 % Fe, до 10,7 % Ir и примеси других ЭПГ, Ni и Cu (табл. 1). На диаграмме Pt – (Fe+Ni+Cu) – (Ir+Os+Rh+Ru+Pd) с развернутой Cu-системой (рис. 3 а) составы Макылганских Fe-Pt сплавов попадают в поле изоферроплатины Инаглинского массива, но в отличие от последней имеют неупорядоченную гранецентрированную решетку. Согласно классификации Fe-Pt сплавов, макылганская платина относится к железистой. Некоторая часть платиновых металлов с низким количеством примесей отклоняется в сторону поля самородной платины. Они характеризуются повышенными содержаниями Cu (до 5,1 %) и приближаются к составу искусственного интерметаллида Pt_7Cu с упорядоченной структурой, т. е. здесь имеется вероятность обнаружения нового минерального вида. На другой мультидиаграмме (Pt+Pd+Fe+Ni+Cu) – (Ir+Os) – (Rh+Ru) с развернутой Pd-системой (см. рис. 3 б) макылганская железистая платина также попадает в поле Инаглинской изоферроплатины. Составы железистой платины из россыпей рр. Селигдар и Чара несколько отличаются более высокими содержаниями Ru, Rh, Pd, Fe, и Cu. Таким образом, можно предположить обнаружение в данном районе не установленного коренного источника платины, близкого по геохимической специализации Инаглинскому массиву. Лёллингит $FeAs_2$ в шлихах Макылганского проявления довольно часто встречается в виде слабо окатанных обломков зерен (см. рис. 2 г) размером 0,1–0,5, редко до 1 мм. В минерале установлены примеси Co (до 4,2 %), Ni (до 6 %), S (до 3,4 %), которые на диаграмме составов попадают в поля диарсенидов из сульфидных руд PGE-Cu-Ni месторождений Норильского района и частично месторождения Кобальт, Канада (рис. 4). Лёллингит из Co-Cu-колчеданных руд Ишкининского месторождения приуроченного к ультрамафитам Урала отличается высоким содержанием Ni. Лёллингит, появляющийся на более поздней метаморфогенно-гидротермальной стадии образования золотоносных сульфидных руд месторождения им. П. Пинигина на Алданском щите [5], характеризуется низкими содержаниями Co и Ni (не

более 0,п %). Образование лёллингита из Макылганского проявления с высоким содержанием примеси Ni можно объяснить его высокотемпературным генезисом.

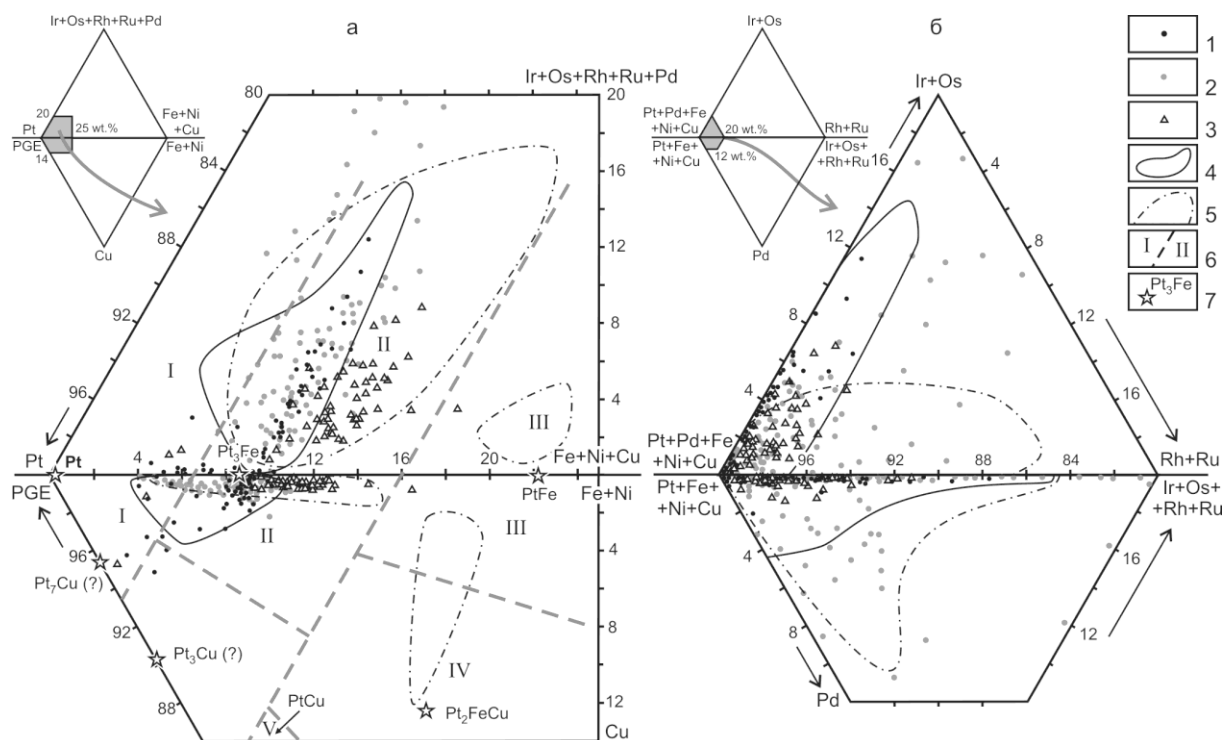


Рис. 3. Тройные мультидиаграммы составов для минералов платины:

а – Pt – Ir+Os+Rh+Ru+Pd – Fe+Ni+Cu и PGE – Fe+Ni – Cu;

б – Pt+Pd+Fe+Ni+Cu – Ir+Os – Rh+Ru и Pt+Fe+Ni+Cu – Ir+Os+Rh+Ru – Pd.

1 – Макылганское россыпепоявление р. Алдан; 2 – р. Чара; 3 – р. Селигдар; 4 – россыпь Инагли; 5 – р. Виллой; б – границы разделяющие поля самородной платины (I), железистой платины с изоферроплатиной (II), тетраферроплатины (III), туламинита (IV) и хонгшиита (V); 7 – точки стехиометрических составов платины и интерметаллидов Pt, Fe и Cu.

Таблица 1. Представительные анализы платины Макылганского россыпепоявления (мас.%)

№ ан.	Pt	Ir	Os	Ru	Rh	Pd	Fe	Ni	Cu	Сумма
Самородная платина										
40	93,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	1,38	0,00	4,32	99,27
58	92,97	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	2,73	0,00	3,33	99,08
42	94,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	3,72	0,00	0,63	99,38
48	92,67	0,00	0,09	0,00	0,00	0,14	4,34	0,00	2,55	99,78
Железистая платина										
56	84,70	3,76	0,14	0,00	0,19	0,11	6,46	0,10	2,83	98,29
19	84,35	5,58	0,80	0,05	0,04	0,00	6,90	0,24	1,74	99,70
55	78,82	8,32	0,99	1,01	0,09	0,21	7,15	0,11	1,62	98,32
9	79,77	10,66	0,75	0,48	0,28	0,09	7,83	0,12	0,44	100,40
53	79,90	5,00	1,36	0,56	2,32	0,00	8,09	0,11	0,77	98,11
31	84,67	4,82	0,50	0,00	0,00	0,17	8,23	0,17	0,75	99,30
22	83,21	5,04	0,75	0,31	0,14	0,28	8,60	0,15	0,80	99,28
33	86,99	2,17	0,09	0,00	0,00	0,33	8,74	0,20	0,27	98,79
32	89,52	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	9,14	0,01	0,06	98,76

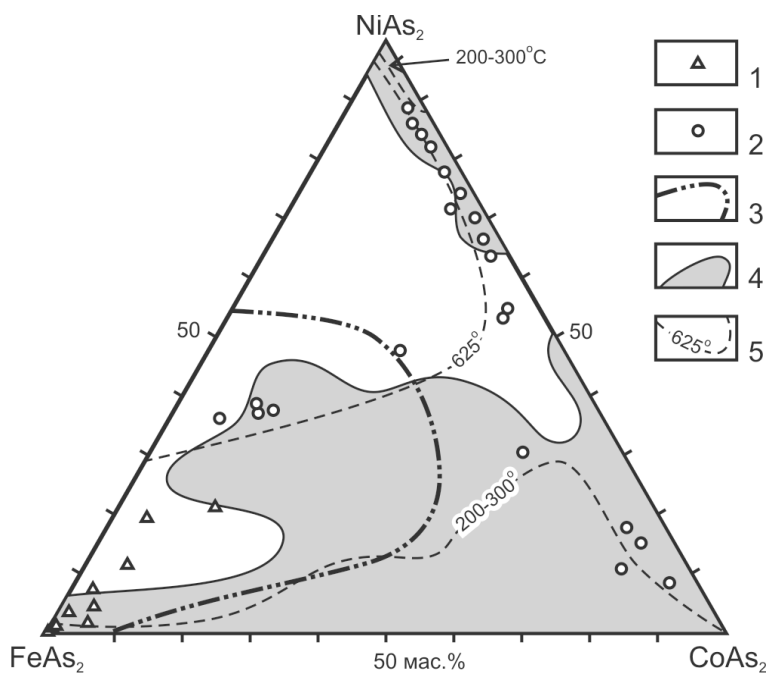


Рис. 4. Состав диарсенидов Fe-Co-Ni.

1 – Макылганское проявление; 2 – Ишкинское месторождение [8]; 3 – месторождения Норильского района [14]; 4 – месторождения Кобальт, Канада по [14]; 5 – изотермы сольвуса по [8].

Ферберит (FeWO_4) встречается в виде единичных черных обломков зерен, содержащих около 78 % WO_3 , 19–21 % FeO , примеси MnO около 0,35 %, HfO_2 0,25 % и Nb_2O_5 0,25–0,57 %. Шеелит ($\text{Ca}[\text{WO}_4]$) представлен полупрозрачными, слабоокрашенными зернами, состоящими из 19–20 % CaO и 79–80 % WO_3 с примесью MoO_3 0,1–1,4 %. Касситерит отмечается в виде мелких (до 1 мм) хорошо окатанных зерен буровато-красного и темно-коричневого цвета (см. рис. 2 г). В них постоянно отмечаются примеси: Ta_2O_5 0,1–1,1 %, Nb_2O_5 0,1–0,8 %, FeO до 0,5 %, CaO 0,8–0,9 %. Шеелит и вольфрамит в парагенезисе с касситеритом – обычные минералы высокотемпературных Sn-W грейзенов и рудных жил, связанных с кислым магматизмом.

Одним из наиболее распространенных минералов во всех россыпях является циркон с постоянной примесью HfO_2 около 1 %. В Макылганской россыпи, кроме того, фиксируются единичные желтовато-бурые зерна редкого минерала бадделеита (ZrO_2), содержащего примеси HfO_2 до 1,4 % и Nb_2O_5 до 0,4 %. Здесь часто встречается монацит в виде мелких (до 0,5 мм) окатанных зерен, окрашенных в разные желто-коричневые тона (см. рис. 2 д). В нем определены основные компоненты (P_2O_5 26–29, Ce_2O_3 28–35, La_2O_3 9–16, 7 $\text{ThO}_{2\text{M}}$ 3,7–17 %) и примеси (Y_2O_3 0,1–1,6, UO_2 0,2–1,3, HfO_2 0,2–0,8, CaO до 1–2 %). Иногда в монаците диагностируются микровключения (до первых десятков мкм) торита, состоящего из 50–59 % ThO_2 , 13–15 % SiO_2 , 3–4 % P_2O_5 , 2–4 % La_2O_3 , 7–10 % Ce_2O_3 , 1–5 % Nd_2O_3 , до 1 % UO_2 и до 3 % Fe_2O_3 . Находки ураноторита, содержащего 6 % UO_2 и 46,6 % ThO_2 , были описаны также в эгирин-альбитовых зонах и миаролах пегматитов Инаглинского массива [6].

В россыпи Инаглинского массива нами изучены минералы ураноторианита, встречающегося в шлихах в виде единичных черных кубических и кубоктаэдрических

кристалликов размером до 1 мм (см. рис. 2 е). Они состоят в основном из 47–70 % ThO₂ и 27–47 % UO₂, содержат незначительные примеси Ce₂O₃ (до 2 %), Y₂O₃ (до 0,6 %) и PbO (≈1 %). Известны проявления в рудах Эльконского горста, Куранахской впадины, Рябиновского массива, Самолазовского месторождения урановой минерализации, представленной браннеритом, уранинитом, настураном, ураноносными битумами и лейкоксеном [1, 7, 8].

По мнению Е.П. Максимова с соавторами [7], рудные объекты ЦАРР являются производными мантийных обогащенных К, Au и U магматических расплавов, из коровых и подкоровых очагов которых поступали разноглубинные серии щелочных и субщелочных магматитов с флюидными золотоураноносными растворами. Рябиновский массив рассматривается как рудно-магматическая система, несущая оруденение золотопорфировой формации с платиновой минерализацией [4]. Такая ассоциация пород, в которых кроме щелочных сиенитов участвуют дифференциаты мантийной щелочно-пикритовой магмы – шонкиниты [10], характерна и для Инаглинского дунит-клинопироксенит-шонкинитового зонально-кольцевого массива – источника золотоплатиновой россыпи [12].

В заключение отметим, что на юге-востоке Сибирской платформы в ультраосновных щелочных массивах центрального типа с карбонатитами широко проявлено уран-торий-редкометалльное оруденение обусловленное развитием апатита, циркона, бадделеита, монацита, пирохлора, ортита, ураноторианита и др. в карбонатитах, метасоматитах и альбититах [3]. Подобная ассоциация благородных металлов, минералов редких и радиоактивных элементов нами изучена в алмазоносных россыпях бассейна р. Анабар на северо-востоке Сибирской платформы, где широко развиты щелочные базит-ультрабазитовые комплексы с карбонатитами [13]. Таким образом, в связи с освоением уникальных Томторской и Эльконской групп месторождений редких и радиоактивных элементов, сопровождающихся благороднометалльной минерализацией, продолжение комплексных топоминералогических исследований на данных территориях приобретают особое значение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бойцов В.Е., Пилипенко Г.Н. Золото и уран в мезозойских гидротермальных месторождениях Центрального Алдана (Россия) // Геология рудных месторождений, 198. № 4. С. 354–369.
2. Генкин А.В., Дистлер В.В., Гладышев Г.Д. и др. Сульфидные медно-никелевые руды норильских месторождений. М.: Наука, 1981. 234 с.
3. Горошко М.В., Гурьянов В.А. Уран-редкометалльное оруденение в массивах ультраосновных щелочных пород юго-востока Сибирской платформы // Тихоокеанская геология, 2004. Т. 23. № 2. С. 76–91.

4. Кочетков А.Я. Рудоносность щелочных массивов Алданского щита. Рябиновское медно-золото-порфировое месторождение // Тихоокеанская геология, 2006. № 1. С. 62–73.
5. Кравченко А.А., Смелов А.П., Березкин В.И., Попов Н.В. Геология и генезис докембрийских золотоносных метабазитов центральной части Алдано-Станового щита (на примере месторождения им. П. Пинигина). Якутск. РИЦ «ОФСЕТ». 2010. 148 с.
6. Кравченко С.М., Власова Е.В. О редкометальной минерализации, связанной с нефелиновыми сиенитами щелочной провинции Центрального Алдана // ДАН СССР, 1959. Т. 128. № 5. 1046–1049.
7. Максимов Е.П., Уютов В.И., Никитин В.М. Центрально-Алданская золото-урановорудная магматогенная система (Алдано-Становой щит, Россия) // Тихоокеанская геология, 2010. № 2. С. 3–26.
8. Мигуга А.К. Состав и парагенетические минеральные ассоциации урановых руд Эльконского района (Алданский щит, Россия) // Геология рудных месторождений, 1997. № 4. С. 323–343.
9. Мелекесцева И.Ю., Зайков В.В., Тесалина С.Г. Сульфоарсениды и арсениды кобальта, железа и никеля в рудах Ишкинского кобальто-медно-колчеданного месторождения (Южный Урал) // ЗВМО, 2003. № 5. С. 66–77.
10. Округин А.В. Кристаллизационно-ликвационная модель формирования платиноидно-хромититовых руд в мафит-ультрамафитовых комплексах // Тихоокеанская геология, 2004. Т. 23. № 2. С. 63–75.
11. Округин А.В., Ким А.А. Топоминералогия платиноидов из россыпей восточной части Сибирской платформы // Редкие самородные металлы и интерметаллиды коренных и россыпных месторождений Якутии. Якутск. ЯНЦ СО РАН. 1992. С. 77–102.
12. Округин А.В., Журавлев А.И., Мохначевский Г.В. Минералого-геохимические и морфологические особенности россыпного золота юго-восточной части Сибирской платформы // Отечественная геология, 2013. № 5. С. 19–27.
13. Округин А.В., Земнухов А.Л., Иванов П.О. Минералы редких и радиоактивных элементов в комплексных золото-платина-алмазонасных россыпях бассейна р. Анабар // Наука и образование. Якутск. 2014. №1.
14. Разин Л.В., Васюков В.С., Избеков Э.Д., Миронов Е.П. Россыпная платиноносность Центрально-Алданской металлогенической области // Платина России. М.: Геоинформарк, 1994. С. 159–165.