

ИЗОФЕРРОПЛАТИНОВАЯ АССОЦИАЦИЯ МИНЕРАЛОВ ИЗ РОССЫПИ РЕКИ БУРГАСТАЙН-ГОЛ (Западная Монголия)

Т. Оюунчимэг^{1,2}, А.Э. Изох², А.В. Вишнеvский², В.М. Калугин²

¹*Institute of Geology and Mineral Resources, Mongolian Academy of Sciences, Peace avenue 63, Ulaanbaatar, Mongolia,*

²*Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, 630090, Новосибирск, просп. Контоза, 3, Россия*

В золотоносных россыпях рек Бургастайн-Гол и Илджгэн-Гол Западной Монголии выявлена ассоциация минералов элементов платиновой группы (ЭПГ), представленная зернами изоферроплатины (Pt_3Fe) с включениями куперита (PtS), лаурит-эрлихманита (RuS_2-OsS_2), купрородсит-маланита ($CuRh_2S_4-CuPt_2S_4$), ирарсит-холлингвортита (IrAsS-RhAsS) и бауита (Rh_2S_3).

Установлено, что коренным источником россыпной изоферроплатиновой ассоциации являются породы пикритового вулканоплутонического комплекса Урэгнурского ареала, который распространен в структурах центральной части Хархиринского аккреционного террейна. Анализ ассоциации минералов ЭПГ и хромшпинелидов позволяет отнести ее к урало-алаянскому типу.

Изоферроплатиновая ассоциация, урало-алаянский тип, Западная Монголия.

ISO FERROPLATINUM MINERAL ASSEMBLAGE FROM THE BURGASTAIN GOL RIVER PLACER (western Mongolia)

T. Oyunchimeg, A.E. Izokh, A.V. Vishnevskii, and V.M. Kalugin

Platinum group element (PGE) mineral assemblage has been discovered in the gold placers along the Burgastain Gol and Iljigen Gol Rivers (western Mongolia). It includes isoferroplatinum (Pt_3Fe) grains with inclusions of cooperite (PtS), laurite-erlichmanite (RuS_2-OsS_2), cuprorhodsite-malanite ($CuRh_2S_4-CuPt_2S_4$), irarsite-hollingworthite (IrAsS-RhAsS), and bowieite (Rh_2S_3).

It has been established that the isoferroplatinum assemblage was generated from a volcanoplutonic picrite complex in the Uregnuur area, which is widespread in the central part of the Harhira accretionary terrane. According to the composition, the PGE mineral—Cr-spinellide assemblage was referred to as the Urals-Alaskan type.

Isoferroplatinum assemblage, Urals-Alaskan type, western Mongolia

ВВЕДЕНИЕ

На территории Монголии находки минералов элементов платиновой группы (ЭПГ) в россыпях известны еще с начала XX в. [Высоцкий, 1933]. Впервые состав платиновых минералов был изучен для россыпных проявлений Монголии, связанных с альпинотипными гипербазитами Наранского массива [Сидоров и др., 1987]. В настоящее время детально изучены минералы ЭПГ хромитов из ультрабазитов офиолитовых ассоциаций каледонских и герцинских складчатых структур Монголии [Леснов, 1994; Агафонов и др., 2001, 2005; Шархуухэн, 2002]. Исследование минералов ЭПГ было проведено для малосульфидного оруденения Номгонского троктолит-анортозит-габбрового массива [Изоx и др., 1992], однако промышленных проявлений пока не обнаружено. Известно, что промышленные россыпные платиновые месторождения связаны с концентрически-зональными ультрабазит-базитовыми массивами урало-алаянского типа, основным минералом ЭПГ в которых является изоферроплатина (месторождения Кондер, Гальмозан и Урала) [Платиноносность..., 1995]. В Алтае-Саянской складчатой области (Кузнецкий Алатау, Горная Шория, Салаир) установлены золото-ферроплатиновые россыпи (рис. 1) [Кривенко и др., 1994; Tolstykh et al., 2002; Подлипский и др., 2007]. В Кузнецком Алатау ферроплатиновая россыпная ассоциация исследована в Золотокитатской зоне. Предполагается, что ее коренным источником является Кайгадатский габбро-пироксенит-перидотитовый массив иркутского комплекса. Изоферроплатина в россыпях обнаружена по рекам Средняя Терсь, Красная Речка и Ивановка, в осевой зоне Кузнецкого Алатау, где она, вероятно, связана с дунитами Среднетерсинского массива [Платиноносность..., 1995]. В Горной Шории аналогичная россыпная платиновая минерализация установлена по рекам Каура, Каурчак, Мрассу, Азарт, в руч. Тюленевский, где ее связывают с массивами сеглебирского комплекса неясной формационной принадлежности. Особенности состава платины не оставляют сомнения, что эта россыпная платиновая провинция обязана своим появлением телам, близким по составу к интрузиям урало-алаянского типа, однако ее коренной источник до сих пор не установлен [Tolstykh et al., 2002].



Рис. 1. Размещение россыпной изоферроплатиновой минерализации в структурах Алтае-Саянской складчатой области (АССО).

1 — Кайгадатский массив; 2 — Среднетерсинский массив; 3 — россыпи Горной Шории; 4 — Урэгнурская ассоциация.

В Монгольском Алтае, к югу от оз. Урэг-Нур, в пределах распространения пород ранне-среднекембрийской вулканоплутонической пикритовой ассоциации Западной Монголии, нами были выявлены россыпные проявления изоферроплатины, которая присутствует в золотоносных россыпях р. Бургастайн-Гол. Единичные зерна изоферроплатины обнаружены также при шлиховом опробовании в верхнем течении р. Илджэн-Гол, ниже выходов пород Урэгнурской вулканоплутонической ассоциации [Izokh et al., 2004; Поляков и др., 2006].

Целью настоящей статьи является определение типа платинометалльного оруденения и его возможного источника посредством выявления общих особенностей состава минералов ЭПГ, хромитов, их парагенезисов, а также сопоставление с минеральными ассоциациями Кузнецкого Алатау, Горной Шории и известных промышленных районов добычи россыпной платины.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ УРЭГНУРСКОЙ АССОЦИАЦИИ

Урэгнурская вулканоплутоническая пикритовая ассоциация, впервые описанная Н.А. Берзиным [Berzin, 1991], располагается к югу от оз. Урэг-Нур в восточной части Яматугольской зоны Монгольского Алтая, в пределах Хархиринского террейна [Tectonic..., 2002], представляющего собой сложную аккреционную структуру (рис. 2). В состав ассоциации входят лавовые потоки и гиалокластиты пикритов, оливин-пироксен-порфириновых и пироксен-профириновых базальтов, силлы, дайки и дифференцированные интрузивные ультрамафит-мафитовые тела. Вулканические породы перемежаются с туфотурбидитами, алевритами и песчаниками, включая мономинеральные пироксеновые песчаники. В районе горы Будун среди терригенных пород обнажаются мощные дифференцированные силлы с серией пород от перидотитов через верлиты и оливиновые клинопироксениты до меланомонцогаббро, а также многочисленные дайки пироксеновых долеритов и пикритов, секущих всю вышеописанную толщу. В отдельных дайках наблюдаются признаки дифференциации течения, что позволяет рассматривать их как магмоподводящие каналы для вулканических образований.

Крупный Бургастайнский интрузив с площадью выхода на поверхность около 6 км² имеет преимущественно тектонические контакты с вмещающими породами, однако обнаружены и интрузивные взаимоотношения с образованием роговиков, что свидетельствует об относительно низкой величине давления на момент внедрения. Бургастайнский дифференцированный ультрамафит-мафитовый интрузив представлен верлитами, оливиновыми клинопироксенитами и шрисгеймитами. Результаты исследования показали правомерность выделения нами единой вулканоплутонической ассоциации по совокупности общих геологических, петро- и геохимических особенностей [Изох и др., 2007].

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Нами проведены микрозондовые исследования минералов элементов платиновой группы и хромшпинелидов из этих россыпей. Составы всех зерен из шлиховых проб изучались на микроанализаторе Camebax Micro в ИГМ СО РАН, г. Новосибирск (аналитик Е.Н. Нигматулина), ускоряющее напряжение 20 кВ, ток зонда 20—40 нА, время счета 10 с. Всего проанализировано около 300 зерен минералов ЭПГ, а также золото и хромшпинелиды. В качестве стандартов для определения Pt, Ir, Os, Pd, Rh и Ru исполь-

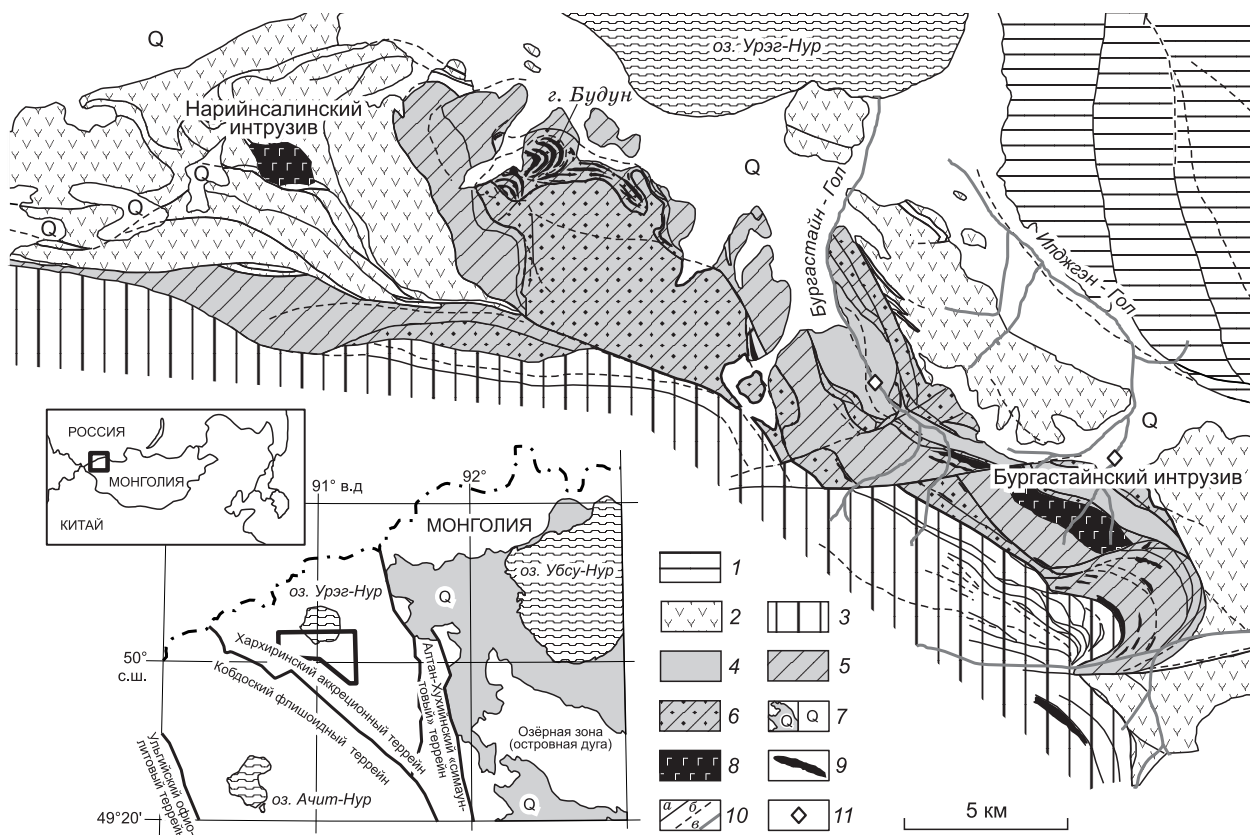


Рис. 2. Геологическая схема центральной части Хархинского террейна (северный склон хр. Тургастайн-Гол), по Н.А. Берзину [1995] с авторскими дополнениями.

1 — ранние каледониды, 2 — флишевые и вулканогенные комплексы Урэгнурского блока; 3—6 — структуры Яматугольской зоны: 3 — Байримская, 4 — Бургастайнская, 5 — Нарийнсалинская, 6 — Харгитгольская; 7 — четвертичные отложения; 8 — ультрамафит-мафитовые интрузивы, 9 — ультраосновные вулканиты и гипабиссальные ультрамафит-мафитовые тела; 10: а — разломы, б — предполагаемые разломы, в — водотоки; 11 — места отбора шлиховых проб с платинометалльной минерализацией.

зовались чистые металлы, для Cu, Fe и S — CuFeS_2 , для As — FeAsS , для хромшпинелидов — минералы известного состава. Хромшпинелиды из пород Урэгнурской ассоциации были проанализированы на микроанализаторе JEOL JXA-8100 в ИГМ СО РАН, аналитик Е.Н. Нигматулина.

ПЛАТИНОМЕТАЛЛЬНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ

Были изучены две россыпи в восточной части ареала распространения пород Урэгнурской вулканоплутонической ассоциации, содержащие минералы ЭПГ. Первая находится в среднем течении р. Бургастайн-Гол (рис. 2). Руслу реки и ее притоков прорезают северный склон хребта, на котором обнажаются породы Урэгнурской ассоциации. Вторая россыпь находится в 8 км к востоку, в верхнем течении р. Илджэн-Гол, ниже выходов вулканитов, многочисленных гипабиссальных тел ультрабазит-базитов и Бургастайнского интрузива. В обеих россыпях минералы ЭПГ представлены Pt-Fe сплавами. В россыпи Бургастайн-Гол это мелкие, слабоокатанные зерна размером менее 0.2 мм, неправильной или изометричной формы, иногда уплощенные. В россыпи р. Илджэн-Гол — единичные крупные, изометричные, хорошо окатанные зерна размером от 0.1 до 0.5 мм. Одно из зерен покрыто золотой рубашкой. Помимо минералов ЭПГ в россыпях присутствуют хромшпинелиды, а также магнетит, ильменит, оливин, циркон, гранат и золото.

Изоферроплатина. В обеих россыпях преобладают платиножелезистые сплавы, которые по номенклатуре, предложенной Л.Ж. Кабри и К.Е. Физе [Cabri, Feather, 1975] соответствуют изоферроплатине (Pt_3Fe) с содержанием Fe от 20.8 до 25 ат. % (80 %) и самородной платине с содержанием железа от 14 до 20 ат. % (20 %) (табл. 1). Среди Pt-Fe сплавов по содержанию Ir выделяются 2 группы зерен: Ir-обедненные (≤ 1 мас. % Ir) и Ir-обогащенные (до 6.34 мас. % Ir) (рис. 3). Все Pt-Fe сплавы содержат в качестве примеси небольшое количество Cu (менее 2.5 мас. %), которое отрицательно коррелирует с железом, замещая его в структуре изоферроплатины. По результатам анализа элементов рассчитаны коэффициен-

Таблица 1. Состав Pt-Fe и Os-Ir-Ru сплавов из россыпей рек Бургастайн-Гол и Илджэн-Гол, мас. %

Номер анализа	Pt	Ir	Os	Pd	Rh	Ru	Fe	Ni	Cu	Сумма
1	89.05	0.72	2.50	0.00	0.36	0.22	5.04	0.08	2.18	100.16
2	86.45	0.72	2.54	0.00	1.74	0.18	5.15	0.08	2.71	99.59
3	86.76	2.23	0.75	1.87	0.35	0.08	6.41	0.11	1.42	99.99
4	88.19	0.13	0.62	0.21	1.44	0.10	6.88	0.08	1.47	99.17
5	89.28	0.00	0.45	0.85	0.18	0.04	7.19	0.07	0.98	99.07
6	89.40	0.12	0.47	0.71	0.08	0.02	7.43	0.10	1.07	99.41
7	88.57	0.19	0.36	1.26	0.14	0.00	7.46	0.12	0.94	99.07
8	89.00	0.07	0.00	1.63	0.23	0.11	7.49	0.08	1.08	99.68
9	88.17	0.18	0.39	1.12	0.34	0.14	7.50	0.12	0.94	98.92
10	81.51	6.34	0.52	0.00	0.14	0.21	7.65	0.04	0.18	96.63
11	89.82	0.00	0.32	0.38	0.63	0.00	7.66	0.11	0.78	99.74
12	87.27	0.35	0.17	1.88	1.32	0.00	7.68	0.11	0.54	99.35
13	88.92	0.00	0.43	1.56	0.06	0.02	7.69	0.19	0.93	99.83
14	89.25	0.15	0.00	0.78	0.58	0.01	7.73	0.07	1.06	99.62
15	89.06	0.28	0.00	1.28	0.33	0.04	7.76	0.09	0.78	99.67
16	88.56	0.00	0.00	1.65	0.16	0.07	7.78	0.10	1.19	99.53
17	89.34	0.00	0.00	0.59	0.41	0.10	7.78	0.08	0.87	99.17
18	84.60	3.45	2.09	0.00	0.10	1.00	7.78	0.04	0.18	99.25
19	89.36	0.72	0.00	0.61	0.15	0.03	7.81	0.09	1.00	99.80
20	89.55	0.18	0.00	0.46	0.03	0.02	7.88	0.07	0.76	98.99
21	84.37	5.51	0.47	0.00	0.11	0.33	7.99	0.01	0.25	99.06
22	88.25	0.23	0.00	1.08	0.02	0.00	8.02	0.10	1.22	98.94
23	89.35	0.41	0.00	0.65	0.35	0.03	8.07	0.05	0.80	99.71
24	88.14	0.00	0.00	1.52	0.29	0.04	8.08	0.10	0.95	99.12
25	90.27	0.00	0.00	0.33	0.04	0.09	8.15	0.06	0.49	99.44
26	89.38	0.00	0.00	0.86	0.08	0.11	8.47	0.06	0.25	99.54
27	87.89	0.23	0.00	1.56	0.28	0.03	8.48	0.06	0.43	98.98
28	87.62	0.25	0.00	1.58	0.39	0.08	8.53	0.08	0.46	99.01
29	88.05	0.02	0.00	0.61	1.20	0.05	8.57	0.05	0.67	99.22
30	89.42	0.06	0.00	0.52	0.14	0.00	8.69	0.06	0.42	99.30
31	85.48	0.05	0.00	1.95	0.05	0.00	8.78	0.11	1.84	99.13
32	87.49	0.06	0.03	0.96	0.69	0.00	8.83	0.00	0.08	98.14
33	86.86	0.10	0.62	0.86	0.73	0.09	8.84	0.00	0.10	98.20
34	87.72	0.02	0.04	0.87	0.71	0.03	8.73	0.00	0.07	98.19
35	88.17	0.07	0.01	0.87	0.65	0.03	8.90	0.00	0.07	98.77
36	0.61	41.08	44.89	0.00	0.54	9.99	1.26	0.29	0.00	98.67
37	0.50	41.11	45.60	0.00	0.41	9.68	1.38	0.28	0.00	98.96
38	0.40	39.87	46.68	0.00	0.44	9.44	1.15	0.32	0.00	98.36

Примечание. Анализы 1—35 — Pt-Fe сплавы; 36—38 — Os-Ir-Ru сплав (3 точки в одном зерне). 1—31, 36—38 из россыпи р. Бургастайн-Гол, 32—35 — из россыпи р. Илджэн-Гол. Анализы выполнены на микроспектрометре Camebax Micro в ИГМ СО РАН, аналитик Е.Н. Нигматулина.

ты парной корреляции для изоферроплатины. Наблюдаются значимые отрицательные парные корреляции Pt с Ir, Ru и Fe с Os, Cu, Rh, что свидетельствует об изоморфном замещении Pt на Ru и Ir и увеличении роли Cu и Pd при уменьшении концентрации Fe. В изоферроплатине из россыпи р. Бургастайн-Гол отмечается также сильно выраженная тенденция изоморфного замещения платины иридием, а железа осмием и иридием с коэффициентом корреляции $r_0 = (0.70—0.74)$. Для изоферроплатины россыпи р. Илджэн-Гол значимых парных корреляций не обнаружено. Содержание Ir достигает 6.34 мас. % аналогично россыпям р. Каура [Кривенко и др., 1994; Платиноносность..., 1995] и платиновой провинции Файфилд (Австралия) [Slansky et al., 1991]. По количеству осмия в изоферроплатине выделяются две группы

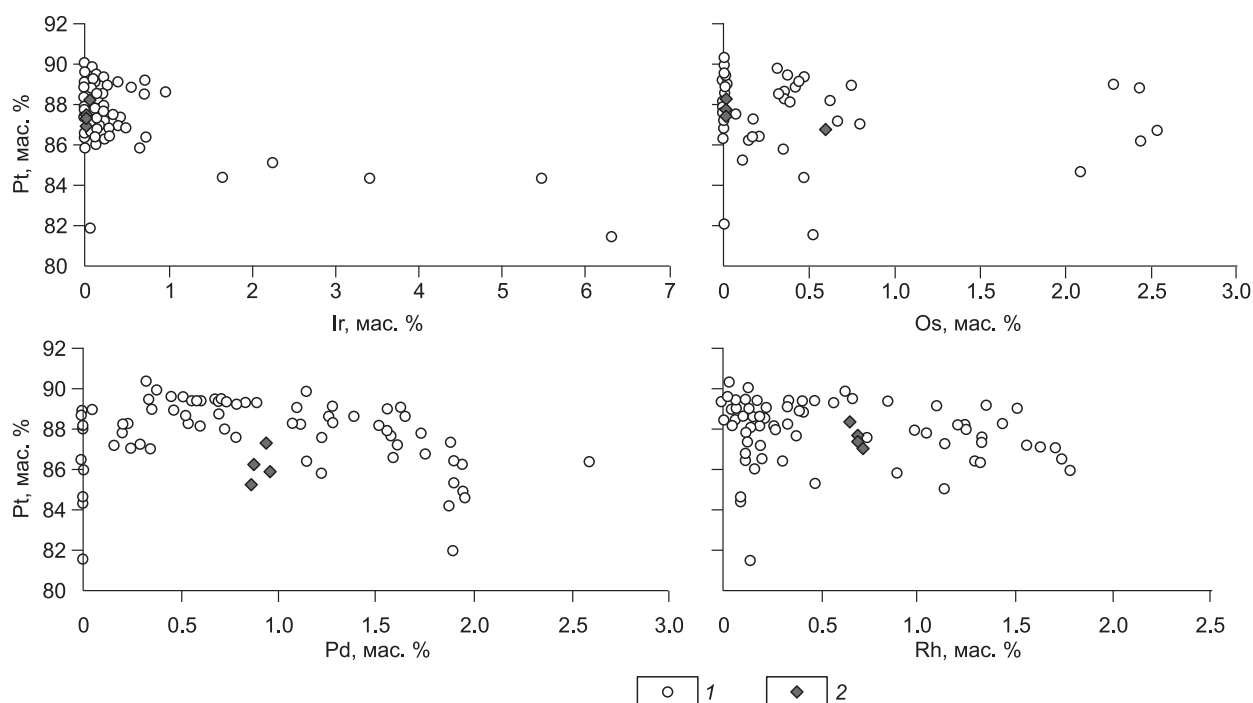


Рис. 3. Примеси ЭПГ в Pt-Fe сплавах из россыпей рек Бургастайн-Гол (1) и Илджэн-Гол (2).

зерен: с содержанием Os от 0 до 0.8 мас. % и от 2.1 до 2.54 мас. % (см. рис. 3). В изоферроплатине из шлихов р. Илджэн-Гол концентрация Os не превышает 0.61 мас. %. Для изоферроплатины из обеих россыпей характерны постоянные примеси Pd и Rh на уровне первых процентов (см. рис. 3), содержание достигает 2.59 мас. % Pd и 3.24 мас. % Rh. Концентрации этих элементов не показывают какой-либо корреляции с количеством платины.

Включения в изоферроплатине. В зернах Pt-Fe сплавов в виде включений и в каймах присутствуют различные минералы ЭПГ: сульфиды (куперит (PtS), бауит (Rh_2S_3), лаурит-эрлихманит (RuS_2-OsS_2), купрородсит-маланит ($CuRh_2S_4-CuPt_2S_4$)), сульфоарсениды (ирарсит ($IrAsS$), холлингвортит ($RhAsS$)), арсениды (сперрилит ($PtAs_2$)), осмий (рис. 4, е), а также хромшпинелиды. Морфология включений свидетельствует о более позднем их образовании по сравнению с изоферроплатиной. Совокупность второстепенных поздних минералов аналогична широкому спектру сульфидов, относящихся к классу тиошпинелей, а также бауиту и купериту, характерным для других источников минерализации урало-аляскинского типа [Johan et al., 1990; Slansky et al., 1991; Подлипский, 1999; Tolstykh et al., 2002; Сидоров и др., 2004; Shcheka et al., 2004]. Форма включений округлая, реже неправильная, размеры их варьируют от нескольких до 30 мкм.

Куперит (PtS) в россыпи р. Бургастайн-Гол присутствует в виде двух типов — вторичный и первичный. Вторичный куперит образует тонкие каймы на зернах Pt-Fe сплавов (см. рис. 4, з), тогда как первичный — встречается в виде включений (см. рис. 4, э). Отличительная особенность этого куперита — присутствие в нем палладия (до 5.16 мас. %), вторичный куперит обычно его не содержит [Shcheka et al., 2004]. Одно из проанализированных зерен содержит до 6.99 мас. % Rh. В целом куперит не содержит примесей как, например, в россыпи р. Каура (Горная Шория) [Платиноносность..., 1995].

Купрородсит-маланит ($CuRh_2S_4-CuPt_2S_4$) — медно-родиевая и медно-платиновая тиошпинели, являющиеся самыми распространенными минералами, которые отмечаются в виде мелких округлых, неправильной формы и многофазных включений серого цвета в зернах изоферроплатины россыпи р. Бургастайн-Гол (см. рис. 4, а, г, д). В россыпи р. Илджэн-Гол тиошпинели встречаются в сростаниях с поздними фазами, предельными сперрилитом и куперитом, слагающими каймы зерен Pt-Fe сплавов (см. рис. 4, б). Аналогичная морфология тиошпинели характерна для россыпей р. Майор (массив Филиппа) на Камчатке [Сидоров и др., 2004] и руч. Симоновский на Салаирском кряже [Подлипский и др., 2007]. В виде примесей в тиошпинели отмечается небольшое количество железа. Тиошпинель из россыпей урало-аляскинского типа обычно содержит до 6 мас. % Fe [Johan et al., 1990; Подлипский, 1999; Сидоров и др., 2004; Shcheka et al., 2004; Izokh et al., 2004]. Купрородсит содержит Pt в количестве 35.18 %. В системе трех крайних членов маланит—купрородсит—купроиридсит $CuIr_2S_4$ составы минералов отвечают твердому раствору купрородсита и маланита с незначительной примесью Ir (табл. 2). Включения борнита ($Cu_{5,6}Fe_{0,56}S_{3,84}$) серого или темно-коричневого цветов имеют неправильную и гексагональную

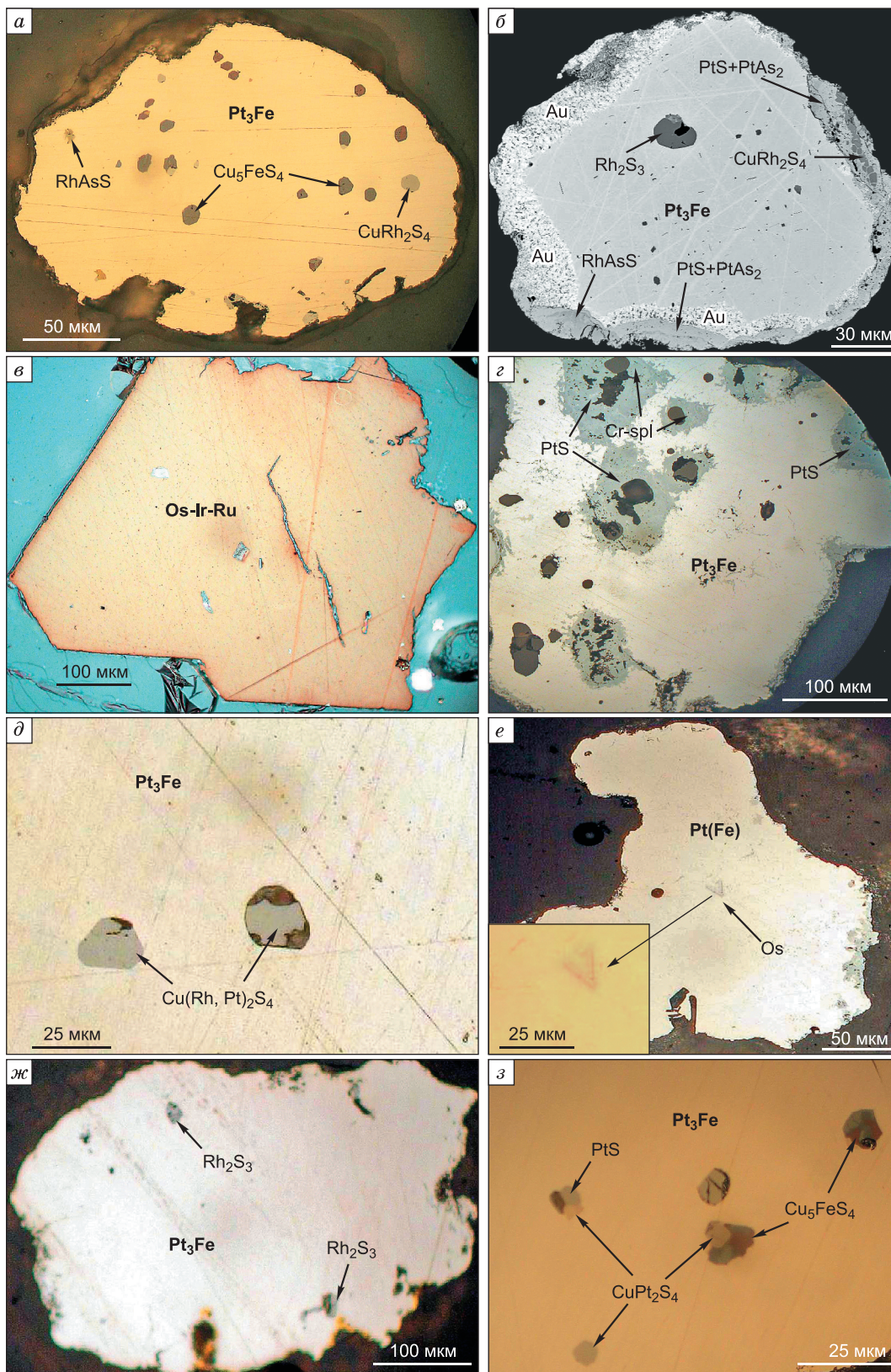


Рис. 4. Микрофотографии минералов ЭПГ из россыпей рек Бургастайн-Гол и Илджэн-Гол (*б* — сканирующий электронный микроскоп LEO-420, *а, в—з* — оптический микроскоп Carl Zeiss Axio-lab 40 Pol).

а, б, г—з — включения в изоферроплатине Pt_3Fe : *а* — холлингвортит ($RhAsS$), борнит (Cu_5FeS_4), купрородсит ($CuRh_2S_4$), *б* — купрородсит, бауит (Rh_2S_3), тонкие сростания сперрилита ($PtAs_2$) и куперита (PtS), *г* — куперит и хромшпинелиды ($Cr-spl$), *д* — тиюшпинель ($Cu(Pt,Rh)_2S_4$), *е* — включения осмия в самородной платине, *ж* — бауит, *з* — маланит ($CuPt_2S_4$), борнит, куперит; *в* — зерно Os-Ir-Ru сплава.

Таблица 2. Состав включений сульфидов, сульфоарсенидов и арсенидов в изоферроплатине, мас. %

№	Os	Ir	Rh	Pt	Pd	Ru	Fe	Cu	Ni	S	As	Сумма	Формула минерала
Куперит													
1	0.17	—	—	77.71	5.14	—	0.08	0.51	0.4	15.61	—	99.62	$(Pt_{0.84}Pd_{0.10}Cu_{0.02})S_{2.0}$
2	—	—	—	84.98	—	—	—	—	0.03	15.54	—	100.6	$Pt_{0.95}S_{1.05}$
3	—	—	—	86.13	—	0.08	0.02	—	0.01	15.4	—	101.6	$Pt_{0.96}S_{1.04}$
4	—	—	—	84.36	—	—	0.02	—	0.01	15.02	—	99.41	$Pt_{0.96}S_{1.04}$
5	—	—	6.99	69.67	—	—	0.41	—	0.02	13.47	6.81	97.37	$(Pt_{0.88}Rh_{0.17})_{1.05}(S_{1.03}As_{0.22})_{1.25}$
Купрородсит-маланит													
6	—	1.49	24.49	32.85	—	—	0.68	11.25	0.08	27.38	—	98.22	$(Cu_{0.85}Fe_{0.06})_{0.91}(Rh_{1.14}Pt_{0.81}Ir_{0.04})_{1.99}S_{4.09}$
7	—	1.25	22.85	35.18	—	—	0.77	12.1	0.06	27.53	—	99.75	$(Cu_{0.91}Fe_{0.06})_{0.97}(Rh_{1.05}Pt_{0.86}Ir_{0.03})_{1.94}S_{4.08}$
8	—	4.12	18.01	37.15	—	0.23	0.48	12.02	0.09	26.54	—	98.64	$(Cu_{0.93}Fe_{0.04})_{0.97}(Pt_{0.94}Rh_{0.86}Ir_{0.11})_{1.91}S_{4.09}$
9	—	3.36	17.46	34.78	—	0.01	0.39	17.24	0.09	26.86	—	100.2	$(Cu_{1.28}Fe_{0.03})_{1.31}(Pt_{0.84}Rh_{0.80}Ir_{0.08})_{1.72}S_{3.95}$
10	—	2.11	15.23	47.6	—	—	0.45	8.3	—	24.33	—	98.08	$(Cu_{0.70}Fe_{0.04})_{0.74}(Pt_{1.31}Rh_{0.80}Ir_{0.06})_{2.17}S_{4.08}$
11	—	1.88	20.28	38.39	—	—	1.12	9.05	—	25.95	—	96.68	$(Cu_{0.72}Fe_{0.10})_{0.82}(Pt_{1.06}Rh_{1.00}Ir_{0.05})_{2.05}S_{4.12}$
Рутениридосмин													
12	73.69	1.91	0.52	22.23	—	1.09	1.42	0.5	0.05	—	—	101.4	$Os_{0.92}Ru_{0.03}Ir_{0.02}Ni_{0.02}Rh_{0.01}$
Бауит													
13	0.8	0.78	53.9	13.2	—	—	0.54	2.16	—	28.03	—	99.41	$(Rh_{1.73}Pt_{0.22}Cu_{0.11})_{2.06}S_{2.88}$
14	0.28	5.85	62.19	1.37	—	0.05	0.04	—	—	30.67	—	100.4	$(Rh_{1.89}Ir_{0.1}Pt_{0.02})_{2.01}S_{2.99}$
15	0.18	6.09	58.71	1.16	—	0.07	0.04	—	—	30.89	—	97.18	$(Rh_{1.81}Ir_{0.10}Pt_{0.02})_{1.93}S_{3.06}$
16	0.059	0.77	59.23	8.38	—	0.54	0.08	—	0.48	27.23	—	96.78	$(Rh_{1.94}Pt_{0.14}Ru_{0.02})_{2.10}S_{2.86}$
Холлингвортит													
17	1.6	5.06	31.69	10.48	—	6.28	0.62	1.11	—	18.36	22.74	97.95	$(Rh_{0.68}Ru_{0.13}Pt_{0.12}Ir_{0.06})_{0.99}As_{0.67}S_{1.26}$
18	—	—	—	68.96	0.3	—	—	—	—	8.91	20.44	98.61	$Pt_{1.14}As_{0.88}S_{0.89}$
Сперрилит													
19	—	—	0.582	56.88	0.326	—	0.239	0.22	—	3.12	35.25	99.14	$Pt_{1.16}(S_{0.91}As_{0.9}Sb_{0.01})_{1.83}$
20	0.12	—	—	66.89	0.46	—	0.01	0.01	—	6.29	26.25	100	$Pt_{1.15}(As_{1.17}S_{0.66})_{1.83}$
21	0.06	—	0.09	59.94	1.71	—	0.01	0.09	—	4.99	31.19	98.16	$(Pt_{1.03}Pd_{0.01})_{1.04}(As_{1.39}S_{0.52})_{1.9}$

Примечание. Формула 12 рассчитана без Pt и Fe. Анализы выполнены на микрозондовом анализаторе Camebax Micro в ИГМ СО РАН, аналитик Е.Н. Нигматулина.

формы, встречаются сростания с тиошпинелью в матрице изоферроплатины (см. рис. 4, а, з). Купрородсит-маланит и борнит указывают на присутствие в системе твердых растворов Pt, Fe, Rh, Cu и S при высоких температурах [Johan et al., 1990]. Следует отметить, что включения тиошпинелей в изоферроплатиновых сплавах являются типичными для платинометаллических россыпей, связанных с комплексами урало-алаянского типа.

Бауит (Rh_2S_3) обычно встречается в виде округлых включений в матрице изоферроплатины (см. рис. 4, б, ж). Концентрация Pt в нем варьирует от 1.16 до 13.2 мас. %. Все анализы бауита из россыпей рек Бургастайн-Гол и Илджэн-Гол показывают также примесь Ir (0.77—5.85 мас. %), наибольшие концентрации которого отмечаются в образцах с меньшим содержанием Pt (см. табл. 2). Наиболее близкий по составу бауит был обнаружен в россыпях окрестностей г. Гаоситай (Китай) [Desborough et al., 1984].

Холлингвортит ($RhAsS$) встречается как в виде изометричных, идиоморфных включений в изоферроплатиновой матрице, так и в каймах изоферроплатины, где образует тонкие сростания с куперитом и сперрилитом (см. рис. 4, а, б). Холлингвортит из россыпи р. Бургастайн-Гол содержит примеси Ru (6.28 мас. %) и Os (1.60 мас. %) (см. табл. 2).

Сперрилит ($PtAs_2$) совместно с куперитом образуют тонкие структуры взаимного прорастания, замещая Pt-Fe сплавы в каймах зерен, где они ассоциируют с золотом (см. рис. 4, б). Это явление, по-видимому, связано с поздними гидротермально-метасоматическими процессами. Подобный характер замещения Pt-Fe сплавов сульфидом и арсенидом платины широко проявлен в россыпях Алтае-Саянской складчатой области и Камчатки [Платиноносность..., 1995; Толстых и др., 1996; Tolstykh et al., 2002; Сидоров и др., 2004].

Самородный осмий (Os) встречен в виде единственного включения в изоферроплатине, имеющего слабовытянутую форму и размер около 15 мкм (см. рис. 4, е).

Таблица 3.

**Химический состав хромшпинелидов из пород Урэгнурской вулканоплутонической ассоциации,
из россыпи р. Бургастайн-Гол и включений в Pt-Fe сплавах**

Компонент	Покриговая дайка О-20/3-06										Гиаокластит О3/08										Туф О-15/2-06																																						
	0.61	0.31	0.28	1.24	1.22	0.34	0.45	0.38	0.41	0.4	0.36	0.34	0.35	0.37	0.34	0.27	0.45	0.7	0.39	0.36	0.61	0.31	0.28	1.24	1.22	0.34	0.45	0.38	0.41	0.4	0.36	0.34	0.35	0.37	0.34	0.27	0.45	0.7	0.39	0.36	0.61	0.31	0.28	1.24	1.22	0.34	0.45	0.38	0.41	0.4	0.36	0.34	0.35	0.37	0.34	0.27	0.45	0.7	0.39
TiO ₂ , мас. %	44.44	53.6	51.57	20.43	19.97	54.49	52.35	53.17	53.88	53.08	55.33	54.41	54.51	52.17	55.26	49.16	42.47	52.16	52.64	44.44	53.6	51.57	20.43	19.97	54.49	52.35	53.17	53.88	53.08	55.33	54.41	54.51	52.17	55.26	49.16	42.47	52.16	52.64	44.44	53.6	51.57	20.43	19.97	54.49	52.35	53.17	53.88	53.08	55.33	54.41	54.51	52.17	55.26	49.16	42.47	52.16	52.64		
Cr ₂ O ₃	8.6	7.32	7.01	12.66	12.84	6.96	8.91	8.08	8.17	8.07	7.87	8.35	8.84	8.47	6.97	9.88	14.42	9.55	8.72	8.6	7.32	7.01	12.66	12.84	6.96	8.91	8.08	8.17	8.07	7.87	8.35	8.84	8.47	6.97	9.88	14.42	9.55	8.72	8.6	7.32	7.01	12.66	12.84	6.96	8.91	8.08	8.17	8.07	7.87	8.35	8.84	8.47	6.97	9.88	14.42	9.55	8.72		
Al ₂ O ₃	34.98	27.06	34.07	62.01	62.36	24.36	25.77	25.14	23.98	23.48	21.38	19.82	22.3	26.95	24.48	26.7	27.86	24.47	24.18	34.98	27.06	34.07	62.01	62.36	24.36	25.77	25.14	23.98	23.48	21.38	19.82	22.3	26.95	24.48	26.7	27.86	24.47	24.18	34.98	27.06	34.07	62.01	62.36	24.36	25.77	25.14	23.98	23.48	21.38	19.82	22.3	26.95	24.48	26.7	27.86	24.47	24.18		
FeO	0.29	0.31	0.48	2.33	1.76	0.24	0.26	0.24	0.24	0.22	0.22	0.19	0.26	0.31	0.28	0.26	0.25	0.27	0.26	0.29	0.31	0.48	2.33	1.76	0.24	0.26	0.24	0.24	0.22	0.22	0.19	0.26	0.31	0.28	0.26	0.25	0.27	0.26	0.29	0.31	0.48	2.33	1.76	0.24	0.26	0.24	0.24	0.22	0.22	0.19	0.26	0.31	0.28	0.26	0.25	0.27	0.26		
MnO	10.73	11.22	6.54	0.18	0.31	13.4	13.08	12.76	12.95	14.51	14.42	16.4	12.95	11.38	12.07	12.66	13.54	12.2	12.64	10.73	11.22	6.54	0.18	0.31	13.4	13.08	12.76	12.95	14.51	14.42	16.4	12.95	11.38	12.07	12.66	13.54	12.2	12.64	10.73	11.22	6.54	0.18	0.31	13.4	13.08	12.76	12.95	14.51	14.42	16.4	12.95	11.38	12.07	12.66	13.54	12.2	12.64		
Сумма	99.65	99.82	99.95	98.85	98.46	99.79	99.46	99.47	99.66	99.72	99.56	99.52	99.23	99.62	99.33	99.11	99.24	99.04	98.8	99.65	99.82	99.95	98.85	98.46	99.79	99.46	99.47	99.66	99.72	99.56	99.52	99.23	99.62	99.33	99.11	99.24	99.04	98.8	99.65	99.82	99.95	98.85	98.46	99.79	99.46	99.47	99.66	99.72	99.56	99.52	99.23	99.62	99.33	99.11	99.24	99.04	98.8		
Cr#	70.5	82.4	81.5	39.6	38.9	81.8	79.7	81.5	83.3	80.6	84	81.9	85.5	81.7	84.2	78.8	74.4	83.7	82.6	70.5	82.4	81.5	39.6	38.9	81.8	79.7	81.5	83.3	80.6	84	81.9	85.5	81.7	84.2	78.8	74.4	83.7	82.6	70.5	82.4	81.5	39.6	38.9	81.8	79.7	81.5	83.3	80.6	84	81.9	85.5	81.7	84.2	78.8	74.4	83.7	82.6		
Mg#	52.4	55.2	33.6	1	1.7	64.9	63.3	62.1	64.9	62.6	69.5	69.2	63	56	59.4	61.3	63.3	59.4	62.2	52.4	55.2	33.6	1	1.7	64.9	63.3	62.1	64.9	62.6	69.5	69.2	63	56	59.4	61.3	63.3	59.4	62.2	52.4	55.2	33.6	1	1.7	64.9	63.3	62.1	64.9	62.6	69.5	69.2	63	56	59.4	61.3	63.3	59.4	62.2		

Окончание табл. 3

Компонент	Из россыпи р. Бургастайн-Гол										Из включений в Pt-Fe сплавах																																																		
	0.29	0.32	0.29	0.26	0.25	0.17	0.21	0.24	0.17	0.24	0.28	0.2	0.23	0.26	0.24	0.21	0.24	0.19	0.24	0.22	0.29	0.32	0.29	0.26	0.25	0.17	0.21	0.24	0.17	0.24	0.28	0.2	0.23	0.26	0.24	0.21	0.24	0.19	0.24	0.22																					
TiO ₂ , мас. %	53.42	52.77	55.21	52.44	56.55	59.23	56.61	54.11	57.72	54.92	55.1	58.31	55.83	56.18	53.12	54.11	53.79	51.68	51.76	53.42	52.77	55.21	52.44	56.55	59.23	56.61	54.11	57.72	54.92	55.1	58.31	55.83	56.18	53.12	54.11	53.79	51.68	51.76	51	53.42	52.77	55.21	52.44	56.55	59.23	56.61	54.11	57.72	54.92	55.1	58.31	55.83	56.18	53.12	54.11	53.79	51.68	51.76	51		
Cr ₂ O ₃	9.2	10.21	8.23	8	9.25	7.46	8.17	8.31	6.3	9.87	8.38	8.45	7.03	9.77	8.11	7.63	7.67	7.52	7.61	9.2	10.21	8.23	8	9.25	7.46	8.17	8.31	6.3	9.87	8.38	8.45	7.03	9.77	8.11	7.63	7.67	7.52	7.61	7.61	9.2	10.21	8.23	8	9.25	7.46	8.17	8.31	6.3	9.87	8.38	8.45	7.03	9.77	8.11	7.63	7.67	7.52	7.61	7.61		
Al ₂ O ₃	25.62	26.68	22.08	30.37	18.24	18.45	20.24	26.02	21.76	22.37	23.38	18.41	26.61	17.4	25.47	23	23.26	28.01	27.94	25.62	26.68	22.08	30.37	18.24	18.45	20.24	26.02	21.76	22.37	23.38	18.41	26.61	17.4	25.47	23	23.26	28.01	27.94	30.65	25.62	26.68	22.08	30.37	18.24	18.45	20.24	26.02	21.76	22.37	23.38	18.41	26.61	17.4	25.47	23	23.26	28.01	27.94	30.65		
FeO	0.3	0.52	0.24	0.4	0.21	0.22	0.22	0.31	0.54	0.27	0.28	0.22	0.32	0.19	0.44	0.25	0.29	0.5	0.39	0.3	0.52	0.24	0.4	0.21	0.22	0.22	0.31	0.54	0.27	0.28	0.22	0.32	0.19	0.44	0.25	0.29	0.5	0.39	1.21	0.3	0.52	0.24	0.4	0.21	0.22	0.22	0.31	0.54	0.27	0.28	0.22	0.32	0.19	0.44	0.25	0.29	0.5	0.39	1.21		
MnO	10.38	8.85	13.07	7.68	14.56	13.9	13.71	9.94	12.41	11.71	11.96	14.01	9.81	15.98	10.78	12.8	12.73	9.25	6.84	10.38	8.85	13.07	7.68	14.56	13.9	13.71	9.94	12.41	11.71	11.96	14.01	9.81	15.98	10.78	12.8	12.73	9.25	9.32	6.84	6.84	10.38	8.85	13.07	7.68	14.56	13.9	13.71	9.94	12.41	11.71	11.96	14.01	9.81	15.98	10.78	12.8	12.73	9.25	9.32	6.84	6.84
Сумма	99.21	99.35	99.12	99.15	99.06	99.43	99.16	98.93	98.9	99.38	99.38	99.6	99.83	99.78	98.16	98	97.98	97.15	97.46	99.21	99.35	99.12	99.15	99.06	99.43	99.16	98.93	98.9	99.38	99.38	99.6	99.83	99.78	98.16	98	97.98	97.15	97.46	97.53	99.21	99.35	99.12	99.15	99.06	99.43	99.16	98.93	98.9	99.38	99.38	99.6	99.83	99.78	98.16	98	97.98	97.15	97.46	97.53		
Cr#	79.6	77.6	81.8	81.5	80.4	84.2	82.3	81.4	86	78.9	81.5	82.2	84.4	79.4	81.5	82.6	82.5	82.2	81.6	79.6	77.6	81.8	81.5	80.4	84.2	82.3	81.4	86	78.9	81.5	82.2	84.4	79.4	81.5	82.6	82.5	82.2	81.6	81.8	81.8	79.6	77.6	81.8	81.5	80.4	84.2	82.3	81.4	86	78.9	81.5	82.2	84.4	79.4	81.5	82.6	82.5	82.2	81.6	81.8	81.8
Mg#	51.4	44.4	63.8	39.2	70.2	67.7	66.8	49.8	62.2	57.2	58.6	67.7	4.5	75.4	54.2	63.4	63.1	47.7	47.6	51.4	44.4	63.8	39.2	70.2	67.7	66.8	49.8	62.2	57.2	58.6	67.7	4.5	75.4	54.2	63.4	63.1	47.7	47.6	36.5	36.5	51.4	44.4	63.8	39.2	70.2	67.7	66.8	49.8	62.2	57.2	58.6	67.7	4.5	75.4	54.2	63.4	63.1	47.7	47.6	36.5	36.5

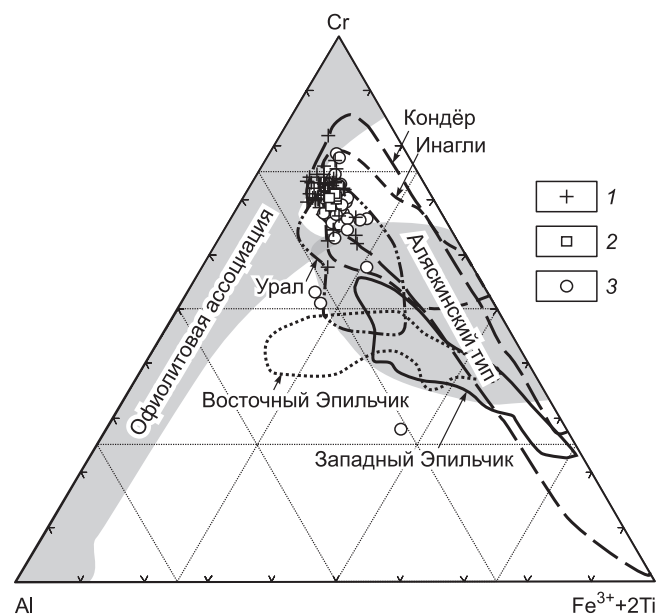
Примечание. Cr# = 100·Cr/(Cr + Al); Mg# = 100·Mg/(Mg + Fe²⁺). Анализы хромшпинелидов выполнены на микрозондовых анализаторах Camebax Micro (из россыпей) и JEOL JXA-8100 (из пород) в ИГМ СО РАН, аналитик Е.Н. Нигматулина.

Рис. 5. Диаграмма Al—Cr—(Fe³⁺ + 2Ti) для составов хромшпинелидов из россыпей и пород Урэгнурской вулканоплутонической ассоциации.

1 — хромшпинелиды из россыпей; 2 — включения хромшпинелидов в Pt-Fe сплавах; 3 — акцессорные хромшпинелиды в породах Урэгнурской ассоциации.

СОСТАВ ХРОМШПИНЕЛИДОВ

Хромшпинелиды широко распространены в шлихах исследуемых россыпей, где они присутствуют в виде мелких зерен как неправильной, так и октаэдрической формы, а также как включения в изоферроплатине. Сопоставление составов хромшпинелидов из шлихов Pt-Au россыпей, включений в изоферроплатине и в оливинах из пикритов позволяет обосновать коренной источник платины. Проведенные исследования показали, что составы хромшпинелидов из коренных источников и россыпей совпадают и соответствуют субферрихромиту и ферриалюмохромиту, по классификации Н.В. Павлова [1949]. Специфической особенностью состава хромшпинелидов является относительно высокое среднее содержание в них Cr₂O₃ (53.0 мас. %), MgO (12.0 мас. %), Fe₂O₃ (9.8 мас. %) и низкое содержание TiO₂ (0.3 мас. %), Al₂O₃ (8.0 мас. %) (табл. 3). Все изученные хромшпинелиды представлены умеренно глиноземистыми разновидностями. Они образуют компактное поле составов и совпадают с хромшпинелидами из ультраосновных пород урало-алаякского типа на классификационной диаграмме Al—Cr—(Fe³⁺ + 2Ti) (рис. 5). Хромшпинелиды имеют состав, характерный для ассоциаций этого типа, заметно отличаясь от хромитов, типичных для гипербазитов офиолитовых ассоциаций. Хромшпинелиды из включений в изоферроплатине имеют хромистость (Cr#) 81.5—82.6 % и магнезиальность (Mg#) 54—63 %, что соответствует среднему составу хромшпинелидов из россыпей (см. рис. 5, табл. 3). Для хромшпинелидов из пикритов Урэгнурской вулканоплутонической ассоциации отмечается более широкий спектр составов, но тренд изменения их состава также соответствует трендам, характерным для массивов урало-алаякского типа, т. е. от ферриалюмохромита к титаномагнетиту.



ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Широкое распространение и слабая окатанность изоферроплатины из россыпи р. Бургастайн-Гол и присутствие крупных знаков в шлихах из верховий р. Илджэн-Гол свидетельствуют, что коренной источник платины находится относительно недалеко. В то же время в золотоносной россыпи р. Илджэн-Гол платина более окатанная и покрыта золотой каймой, поэтому не исключено, что она попадает в россыпь из золотоносных неогеновых конгломератов.

В исследуемых россыпях присутствуют практически только Pt-Fe сплавы, которые по составу классифицируются как изоферроплатина и самородная платина с характерными для массивов урало-алаякского типа геохимическими особенностями (повышенные содержания Ir, Rh, Pd и Cu, минеральные включения сульфидов (лаурит-эрлихманит, куперит, бауит, купородсит-маланит), сульфоарсенидов (холлингвортит, ирарсит), арсенидов (сперрилит). Кроме Pt-Fe сплавов обнаружено одно ксеноморфное зерно Os-Ir-Ru сплава (см. рис. 4, в, табл. 2).

По видовому составу платиносодержащие золотоносные россыпи южного берега оз. Урэг-Нур резко отличаются от россыпей восточных предгорий хр. Хархира в Цаганшибетинской зоне разломов. Здесь в одноименной золотой россыпи р. Бургастайн-Гол Л.В. Агафоновым исследовано более 400 зерен платиноидов. Преобладают минералы системы Os—Ir—Ru (65 %), при этом на долю кубических твердых растворов приходится 13 %, а гексагональных — 87 % [Агафонов и др., 2001]. Доля изоферроплатины составляет только 35 %. По особенностям составов минералов ЭПГ системы Os—Ir—Ru образуют четко выраженный рутениевый тренд, что характерно для минералов ЭПГ, связанных с хромититами офиолитов, и, в частности, для россыпей Наранского гипербазитового массива [Сидоров и др., 1987]. Вероятно, источником этих сплавов являлись офиолитовые гипербазиты, которые широко распространены вдоль Цаганшибетинской зоны разломов. Что касается ферроплатины из этой россыпи, то по особенностям состава (высокие содержания Ir, Rh и Cu) и составу минеральных включений некоторые из зерен

похожи на урэгнурусскую платину, другие же резко отличаются, что позволяет предполагать два независимых источника (офиолитовые гипербазиты и интрузивы урало-аяскинского типа).

Состав отдельных зерен хромшпинелидов из россыпей рек Бургастайн-Гол и Илджгэн-Гол и из включений в платине практически одинаков и в целом соответствует аксессуарным шпинелям из включений в оливинах пикритов и ультраосновных гиалокластитов (см. рис. 5). Это также указывает на то, что коренным источником платины следует считать Урэгнурусскую пикрит-базальтовую вулканоплутоническую ассоциацию.

Исследование этой ассоциации показало, что лавовая толща сложена многочисленными потоками пикробазальтов, пироксен-порфировых и пироксен-плаггиоклаз-порфировых базальтов, а также отдельными телами ультраосновных вулканитов (гиалокластитов), развитых в нижней части разрезов. В некоторых потоках наблюдается гравитационная дифференциация — нижние их части обогащены клинопироксеном и(или) оливином. Для вулканических разрезов наиболее характерны пироксен-порфировые базальты с крупными вкрапленниками хромистого диопсида, которые достигают размера 10—12 мм. В результате Ag-Ag изотопных исследований биотита из пикритовой дайки получено хорошее плато, соответствующее возрасту закрытия изотопной системы на 512.4 ± 6.1 млн лет, что отвечает среднему кембрию [Изох и др., 2006]. Полученные данные позволяют относить время формирования пикритовой вулканоплутонической ассоциации к границе нижнего и среднего кембрия. Этому же временному интервалу отвечают специфические обогащенные диопсидом базальты усть-семинской свиты в Чепошской зоне Горного Алтая, и здесь же отмечаются небольшие субвулканические тела пикритов и пироксенитов (Апшиятинский интрузив), сходных по составу с Урэгнурусским ареалом [Гибшер и др., 1997]. Важно отметить, что именно для диопсид-порфировых базальтов усть-семинской свиты, широко развитой в Горном Алтае и Горной Шории, характерны аксессуарные хромиты [Зыбин, 2006]. Аналогичные дайки пироксеновых порфиритов описаны в районе Среднетерсинского дунитового массива, с которым, как отмечалось, связана россыпная платиновая минерализация [Пругов, Пругова, 1980].

Формирование пикрит-базальтовой Урэгнурусской ассоциации, согласно данным численного моделирования и оценок давления кристаллизации клинопироксена, проходило за счет кристаллизационно-гравитационной дифференциации пикритового родоначального расплава в промежуточной камере при давлении порядка 2.5—3 кбар [Изох и др., 2007; Вишневецкий, 2007]. При этом главный объем кумулятов должны слагать дуниты и клинопироксениты, что характерно для интрузивов урало-аяскинского типа. Поскольку промышленные россыпи платины связаны с более глубоко эродированными массивами, где преобладают ультрамафиты (дуниты и пироксениты), можно предполагать, что в более эродированных районах развития этой ассоциации следует ожидать более перспективные россыпи.

Выявленная изоферроплатиновая россыпная минерализация — это первая находка подобного типа россыпной платины в Монгольском Алтае. Учитывая данные по составу изоферроплатины Алтае-Саянской области, можно выделить единый металлогенический пояс, связанный с кембро-ордовикским этапом ультрабазит-базитового магматизма и протягивающийся от северных отрогов Кузнецкого Алатау (Кайгадатский и Среднетерсинский массивы) через Горную Шорию (россыпные проявления платины по рекам Каурчак и Мрассу), Горный Алтай до Западной Монголии (см. рис. 1). Возможно, что этот пояс захватывает и Салаир, где также установлены ферроплатиновые россыпи и ордовикские клинопироксенит-габбровые массивы (Верх-Яминский) [Изох и др., 1995; Подлипский и др., 2007].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Платиносодержащие россыпи рек Бургастайн-Гол и Илджгэн-Гол, по минералого-геохимической классификации [Россыпные..., 1997], относятся к иридисто-платиновому типу. Такие россыпи обычно связаны с концентрически-зональными габбро-пироксенит-дунитовыми массивами. Одинаковый состав хромшпинелидов из пикритов и из россыпей рек, а также включений в изоферроплатине позволяет считать, что они связаны с ультрамафит-мафитовыми телами, принадлежащими пикритовой вулканоплутонической ассоциации. Ассоциация и состав минералов ЭПГ и хромитов из этих россыпей аналогичны набору минералов из россыпей урало-аяскинского типа.

К основным характеристикам платинометалльной ассоциации оз. Урэг-Нур относятся: преобладание Pt-Fe сплавов, преимущественно изоферроплатины, над другими минералами, включения в них сульфидов и арсенидов платиновых металлов, таких как тиошпинель, куперит, бауит, холлингвортит, а также гидротермально-метасоматическое замещение изоферроплатины тонкозернистым агрегатом сперритита и куперита.

Авторы выражают благодарность д.г.-м.н. Н.А. Берзину, д.г.-м.н. Н.Д. Толстых, к.г.-м.н. Л.В. Агафонову и к.г.-м.н. В.П. Пругову за помощь и консультации при подготовке статьи.

ЛИТЕРАТУРА

Агафонов Л.В., Лхамсурэн Ж., Борисенко А.С., Жмодик С.М. Россыпная платинометаллическая минерализация Монголии // Докл. РАН, 2001, т. 378, № 4, с. 1—4.

Агафонов Л.В., Лхамсурэн Ж., Кужугет К.С., Ойдуп Ч.К. Платиноносность ультрамафит-мафитов Монголии и Тувы. Улан-Батор, Оюуны зууч, 2005, 224 с.

Берзин Н.А. Тектоника Южной Сибири и горизонтальные движения континентальной коры: Автореф. дис. ... д.г.-м.н. Новосибирск, ОИГГМ СО РАН, 1995, 51 с.

Вишневский А.В. Результаты математического моделирования по Урэгнурской пикрит-базальтовой ассоциации (Монгольский Алтай) // Строение литосферы и геодинамика: Материалы XXII Всероссийской молодежной конференции 24—27 апреля 2007 г. Иркутск, ИЗК СО РАН, 2007, с. 122—123.

Высоцкий Н.К. Платина и район ее добычи. Ч. 5. Обзор месторождений платины вне Урала. Л., Изд-во АН СССР, 1933, 240 с.

Гибшер А.С., Есин С.В., Изох А.Э., Киреев А.Д., Петрова Т.В. Диоксидсодержащие базальты кембрия Чепошской зоны Горного Алтая: модель фракционирования гибридных магм в промежуточных магматических камерах // Геология и геофизика, 1997, т. 38 (11), с. 1760—1772.

Зыбин В.А. Эталон усть-семиинского комплекса порфировых базальтов и трахибазальтов (Горный Алтай). Новосибирск, СНИИГГиМС, 2006, 278 с.

Изох А.Э., Майорова О.Н., Лаврентьев Ю.Г. Минералы платиновых металлов в Номгонском троктолит-анортозит-габбровом интрузиве (МНР) // Геология и геофизика, 1992 (1), с. 104—110.

Изох А.Э., Гибшер А.С., Владимиров А.Г., Токарев В.Н. Ордовикские габброидные ассоциации Горной Шории и Салаира и их геодинамическая интерпретация // Геологическое строение и полезные ископаемые западной части Алтае-Саянской горной области. Новокузнецк, Изд-во «Новокузнецк», 1999, с. 200—202.

Изох А.Э., Поляков Г.В., Травин А.В., Калугин В.М., Шелепаев Р.А., Вишневский А.В., Оюунчимэг Т. Кембрийский возраст Урэгнурской платиноносной пикрит-базальтовой вулканоплутонической ассоциации Монгольского Алтая (Западная Монголия) // Актуальные проблемы рудообразования и металлогении. Новосибирск, Академ. изд-во «Гео», 2006, с. 94—95.

Изох А.Э., Вишневский А.В., Калугин В.М., Оюунчимэг Т. Петрология и геодинамическая позиция Урэгнурской пикритовой вулканно-плутонической ассоциации (Западная Монголия) // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Материалы научного совещания по интеграционным проектам ОНЗ СО РАН. Т. 1. Иркутск, ИЗК СО РАН, 2007, с. 89—91.

Кривенко А.П., Толстых Н.Д., Нестеренко Г.В., Лазарева Е.В. Типы минеральных ассоциаций платиноидов в золотоносных россыпях Алтае-Саянской складчатой области // Геология и геофизика, 1994, т. 35 (1), с. 70—78.

Леснов Ф.П. Три типа минерализации элементов платиновой группы в Наранском полигенном базит-гипербазитовом плутоне (Западная Монголия) // Геология и генезис месторождений платиновых металлов. М., Наука, 1994, с. 206—217.

Павлов Н.В. Химический состав хромшпинелидов в связи с петрографическим составом пород ультраосновных интрузивов // Труды Института геол. наук АН СССР. Сер. рудных месторождений, 1949, вып. 103, № 13, 88 с.

Платиноносность ультрабазит-базитовых комплексов юга Сибири / Под ред. Г.В. Полякова, В.И. Богнибова. Новосибирск, Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ СО РАН, 1995, 151 с.

Подлипский М.Ю. Минералогия ферроплатиновой ассоциации в россыпях: Автореф. дис. ... к.г.-м.н. Новосибирск, ОИГГМ СО РАН, 1999, 24 с.

Подлипский М.Ю., Нестеренко Г.В., Кривенко А.П. Изоферроплатиновая ассоциация минералов в золотоносной россыпи Северо-Западного Салаира // Геология и геофизика, 2007, т. 48 (3), с. 372—381.

Поляков Г.В., Изох А.Э., Кривенко А.П. Платиноносные ультрамафит-мафитовые формации подвижных поясов Центральной и Юго-Восточной Азии // Геология и геофизика, 2006, т. 47 (12), с. 1227—1241.

Пругов В.П., Пругова И.В. Особенности локализации и состав хромшпинелидов в среднетерсинском базит-гипербазитовом плутоне (Кузнецкий Алатау) // Петрология и рудоносность магматических формаций Сибири. Новосибирск, Наука, 1980, с. 126—157.

Россыпные месторождения России и других стран СНГ / Ред. Н.Г. Патык-Кара. М., Научный мир, 1997, 479 с.

Сидоров Е.Г., Изох А.Э., Кривенко А.П., Чубаров В.М. О минералах платиноидов Монголии // Геология и геофизика, 1987 (12), с. 108—112.

Сидоров Е.Г., Толстых Н.Д., Подлипский М.Ю., Пахомов И.О. Минералы элементов платиновой группы из россыпи клинопироксенит-дунитового массива Филиппа (Камчатка) // Геология и геофизика, 2004, т. 45 (9), с. 1128—1144.

Толстых Н.Д., Кривенко А.П., Батурин С.Г. Особенности состава самородной платины из различных ассоциаций минералов элементов платиновой группы // Геология и геофизика, 1996, т. 37 (3), с. 39—46.

Шархуухэн Д. Геохимические особенности платиноидной минерализации района Алтан-уул Тамгат: Автореф. дис. ... к.г.-м.н. Улан-Батор, Монгольский государственный университет науки и технологии, 2002, 25 с.

Berzin N.A. Fragments of Early Hercynian rift structure with ultrabasic volcanism in Caledonides of the northwestern Mongolia // Geodynamic evolution and main sutures of Paleasian ocean. IGCP Project 283, report № 2, 1991, Beijing, p. 9—14.

Cabri L.J., Feather C.E. Platinum iron alloys: a nomenclature based on a study of natural and synthetic alloys // Canad. Miner., 1975, v. 12, p. 117—126.

Desborough G.A., Griddle A.J. Bowieite: a new rhodium-iridium-platinum sulfide in platinum-alloy nuggets, Goodnews Bay, Alaska // Canad. Miner., 1984, v. 22, p. 543—552.

Johan Z., Ohnenstetter M., Fischer W., Amosse J. Platinum-group minerals from the Durance River Alluvium, France // Miner. Petrol., 1990, v. 42, p. 287—306.

Izokh A.E., Agafonov L.V., Borisenko A.S., Tolstykh N.D., Slytzker E.M., Babich V.V., Lobanov K. V., Goverdovskiy V.A. Kuznetsk Alatau — Altai platinum-bearing belt in West Altai — Sayan fold region (Russia — West Mongolia) // Metallogeny of the Pacific Northwest: Tectonics, Magmatism and Metallogeny of Active Continental Margins: Proceedings of the Interim IAGOD Conference. Vladivostok, Dalnauka, 2004, p. 350—352.

Shcheka G.G., Vrzhosek A.A., Lenmann B., Tolstykh N.D. Associations of platinum-group minerals from the Zolotaya gold placer, Primorye, Russian Far East // Canad. Miner., 2004, v. 42, p. 583—599.

Slansky E., Johan Z., Ohnenstetter M., Barron L.M., Suppel D. Platinum mineralization in the Alaskan-type intrusive complexes Near Fifield, N.S.W. Australia. Part 2. Platinum-group minerals in placer deposits at Fifield // Miner. Petrol., 1991, v. 43, p. 161—180.

Tectonic map of Mongolia, scale 1:1 000 000 / Ed. O. Tomurtogoo. Ulaanbaator, MRAM, 2002, 39 p.

Tolstykh N., Krivenko A., Sidorov E., Laajoki K., Podlipsky M. Ore mineralogy of PGM placers in Siberia and the Russian Far East // Ore Geol. Rev., 2002, v. 20, p. 1—25.

*Рекомендована к печати 29 апреля 2009 г.
А.С. Борисенко*

*Поступила в редакцию
13 марта 2009 г.*