

**ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ ПО БЛАГОРОДНОМЕТАЛЛЬНОЙ ГЕОХИМИИ ПОРОД
ГАББРО-АНОРТОЗИТОВЫХ МАССИВОВ КАЛАРСКОЙ ГРУППЫ**

И.В. Бучко, А.А. Сорокин

*Институт геологии и природопользования ДВО РАН, пер. Релочный 1, г. Благовещенск, 675000,
e-mail: inna@ascnet.ru, sorokin@ascnet.ru*

Поступила в редакцию 10 декабря 2008 г.

В статье охарактеризованы геохимические особенности благороднометалльного вкрапленного сульфидного и титаномагнетитового оруденения в породах Каларской группы габбро-анортозитовых массивов автономного типа. На основании проведенных исследований предполагается, два этапа формирования этого оруденения. Первый этап связан с собственно габбро-анортозитами и может оказаться перспективным в отношении малосульфидного платинометалльного, а также платиносодержащего титаномагнетитового оруденения, в то время как второй – с телами ультрабазитов, к которым приурочена медно-никелевая или хромитовая минерализация с сопутствующими платиноидами. Для малосульфидных горизонтов в габбро-анортозитах и медно-никелевой минерализации в дунитах-пироксенитах характерно преобладание Pd над Pt, а для хромитсодержащих пород и титаномагнетитовых руд – преобладание Pt над Pd.

Ключевые слова: геохимия, благородные металлы, оруденение, габбро-анортозитовые массивы, Становой супертеррейн.

ВВЕДЕНИЕ

Габбро-анортозитовые массивы автономного типа, занимающие местами огромные пространства в докембрийских структурах, являются одними из ключевых объектов для реконструкции механизма формирования древних кратонов Земли [1, 13–16, 23, 27, 28, 30, 32–34]. Кроме этого они, по-видимому, могут представлять интерес и как возможный источник месторождений металлов платиновой группы. К наиболее изученным массивам, содержащим платиновое оруденение, относятся Бушвельд [10, 35], Стиллуотер [10, 31], Балтийский плутон с его тремя ветвями Печенго-Имандро-Варзугской, Северо- и Южно-Карельской [10]. Платиновая минерализация установлена в титаномагнетитовых рудах Пудожгорского, Качканарского, Чинейского и других массивов [8–10].

В последнее время получены новые данные о платиноносности Джугджурского габбро-анортозитового массива. В нем установлены платиновое ильменит-титаномагнетитовое оруденение в Геранской части, а в Лантарской – сульфидная существенно пирротиновая массивная и вкрапленная минерализация с незначительной примесью пирита и халькопирита с содержанием платины, палладия, золота и се-

ребра, достигающем в сумме 9–10 г/т (рудопроявление Няндомы) [5, 12, 20, 22, 25, 26].

В этой связи представляется актуальным обратиться к вопросам платиноносности иных габбро-анортозитовых массивов южного обрамления Северо-Азиатского кратона. Одним из типичных объектов может являться Каларская группа массивов, перспективы платинометалльного оруденения которых и рассматриваются в данной статье.

**КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО
СТРОЕНИЯ**

В состав Каларской габбро-анортозитовой ассоциации входят два сближенных массива габбро-анортозитов – Куранахский и Имангакитский (рис. 1), вытянутые в субширотном направлении и расположенные в пределах Курульгинского и Каларского блоков зоны сочленения Алданского щита и Джугджуро-Становой складчатой области [1, 14, 15, 23]. Контакты анортозитов с вмещающими породами чаще всего тектонические [14, 23], однако иногда отмечаются и их эруптивные взаимоотношения с формированием высокотемпературных роговиков в экзоконтактных зонах [21]. Массивы имеют зональное строение. Цен-

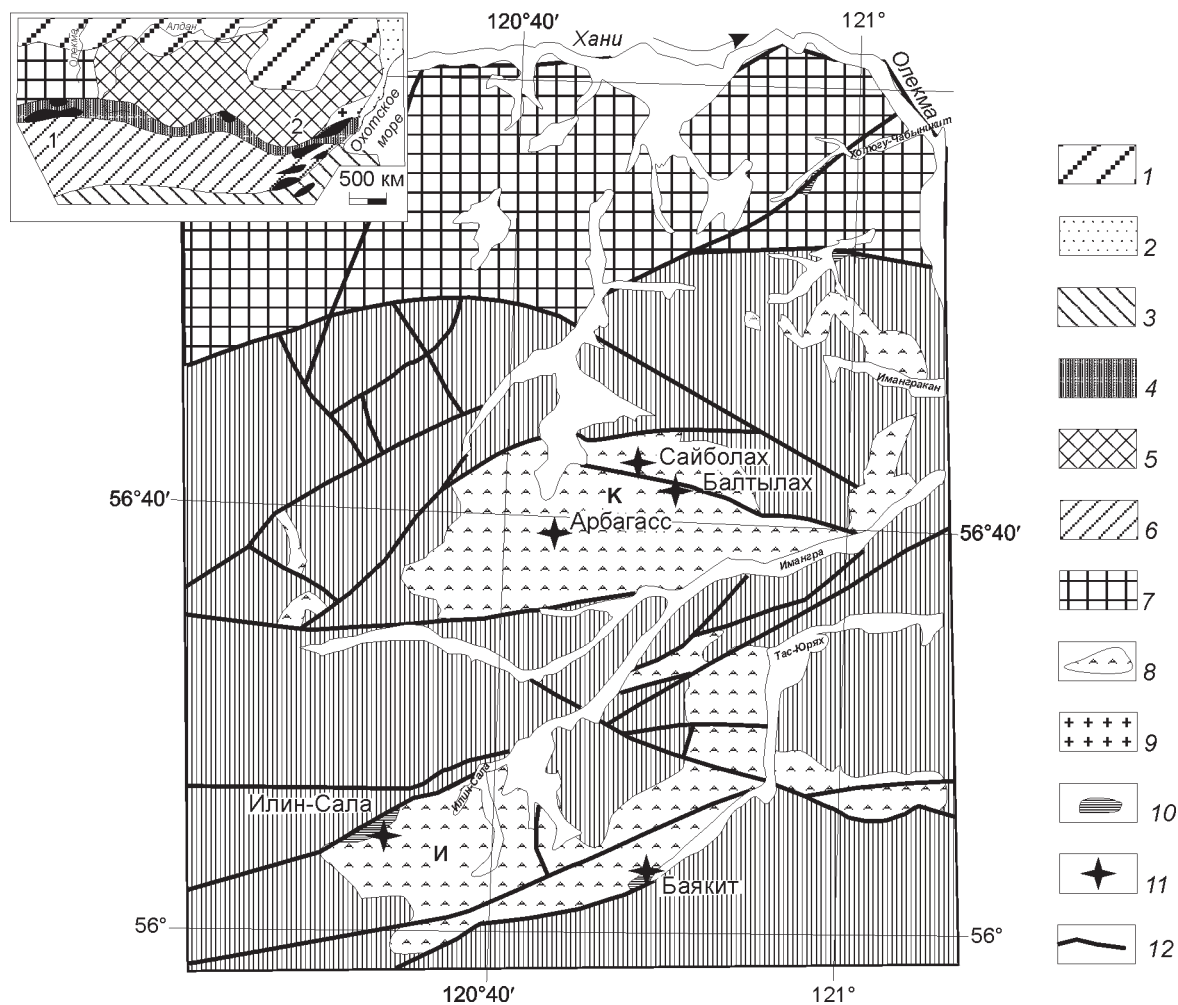


Рис. 1. Схема расположения массивов Каларской габбро-анортозитовой ассоциации в структурах Станового супертеррейна. Составлена по [7, 14, 23] с упрощениями.

1 – осадочный чехол Сибирской платформы, 2 – Охотско-Чукотский вулканический пояс, 3 – Монголо-Охотский складчатый пояс, 4 – зона сочленения Алданского щита и Джугджуро-Становой складчатой области, 5 – Алданский и Батомгский геоблоки Алданского щита, 6 – Джугджуро-Становая складчатая область, 7 – Чара-Олекминский геоблок Алданского щита, 8 – анортозиты Каларской группы массивов, 9 – анорогенные граниты и бимодальные вулканиды улканского комплекса, 10 – ультрабазит-базитовые массивы доросского комплекса, 11 – участки локализации платинометалльного оруденения, 12 – разломы. Буквами обозначены массивы: К – Куранахский, И – Имангакитский. На врезке черной заливкой показано размещение автономных анортозитов: 1 – каларская ассоциация, 2 – джугджурская ассоциация.

ральные части их сложены анортозитами, в то время как в краевых преимущественно распространены грубо-расслоенные меланократовые основные породы.

Преобладающим типом пород Каларской группы массивов являются анортозиты, среди которых наиболее характерными являются их андезиновые разновидности [1, 27]. Источником анортозитового расплава, предположительно, была мантийная магма, претерпевшая значительную коровую контаминацию на различных уровнях глубинности [14, 23]. Породы “краевого комплекса” представлены габброанортозитами, габброноритами, габбро, йотунитами и реже ку-

мулятами ультрамафического состава [14]. В целом, каларский комплекс принадлежит к анортозит-мангрит-чарнокит-гранитной (АМСГ) магматической ассоциации позднеархейского возраста (2.62 млрд лет) и является древнейшим ее представителем [14].

Интрузии каларского комплекса являются вмещающими для месторождений апатит-ильменит-титаномагнетитовых руд [2, 7, 20]. Важно отметить, что в титаномагнетитовых рудах Пудожгорского, Джугджурского массивов [8–10] установлено постоянное присутствие повышенных содержаний элементов платиновой группы (ЭПГ) [6, 9–11, 24, 35]. Это по-

зволяет предполагать наличие аналогичного оруденения и в пределах рассматриваемой группы массивов. Кроме того, с габбро-анортозитами Куранахского массива связываются и перспективы в отношении платинометалльного оруденения малосульфидного (стиллиуотерского или скергаардского) типа [3, 4].

Характерной особенностью описываемых габбро-анортозитовых массивов является приуроченность к ним многочисленных даек и дайкообразных тел ультраосновного состава (оливинит-дунитов и перидотитов) протяженностью 300–500 м при ширине выходов на дневную поверхность 20–30 м. Наиболее крупные выходы этих пород расположены в бассейне среднего течения рек Имангракан, Хотогоу-Чабыникит, Илин-Сала (рис. 1). Они ориентированы преимущественно в субширотном и северо-восточном направлениях, при этом данные об их возрасте отсутствуют. По существующим геологическим представлениям [7], ультрабазиты условно отнесены к раннему протерозою. По мнению авторов статьи, образование этих пород связано с одним из этапов становления каларского комплекса.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование концентраций благородных металлов проводилось в два этапа. Первоначально анализировались содержания Pt и Pd спектральным сцинтилляционным анализом в Институте геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН (г. Иркутск), а Au и Ag – химико-спектральным методом в лаборатории ОАО “Амургеология”. Далее пробы с повышенными содержаниями платиноидов были проанализированы атомно-абсорбционным методом в лаборатории Геологического института Кольского научного центра РАН (г. Апатиты). Пробоподготовка предусматривала предварительное концентрирование смесью алкиланилина и сульфидов нефти. Измерение концентраций Pd и Au выполнено на приборах IL-157 и Perkin-Elmer 4100ZL. Определение серебра проводилось атомно-абсорбционным методом с предварительным концентрированием сульфидами нефти.

Измерение концентраций Ni, Co и Cu выполнено методом пламенной фотометрии с использованием прибора AAS-1 в лаборатории Геологического института Кольского научного центра РАН (г. Апатиты). Определение серы проводилось весовым методом в этом же институте.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Одним из участков, перспективных в отношении малосульфидного платинометалльного оруденения, является Арбагасс площадью свыше 65 км², расположенный в южной части Куранахской ветви Ка-

ларской габбро-анортозитовой группы массивов (рис. 1), в приводораздельной части р. Арбагасс – левого притока р. Имангра.

В его геологическом строении принимают участие породы позднеархейской магматической ассоциации каларского комплекса, представленные чарнокитами, мангеритами, габброанортозитами, габбро, в том числе ильменит-магнетитовыми габбро, пироксенитами и меланогаббро (рис. 2). Основными направлениями разрывных нарушений являются северо-восточное и субширотное, причем северо-восточные направления совпадают с простиранием малосульфидных горизонтов, которым соответствует высокоградиентное магнитное поле ΔТ.

Габброанортозиты, анортозиты и габбро представляют собой разномасштабные породы, размеры зерен в которых увеличиваются по мере уменьшения количества темноцветных минералов, в основном моноклинного пироксена и роговой обманки.

Меланогаббро – мелко-среднезернистые породы офитовой структуры. Они состоят из лабрадора до 40 % и грязно-зеленой титанистой роговой обманки (керсутита (?)) до 60 %. Рудные минералы представлены титаномагнетитом до 10 %, пиритом до 7 %. В единичных зернах отмечаются сфен и апатит.

По участку отобрано 48 образцов, из которых в 22-х спектрально-сцинтилляционным анализом установлены значимые содержания платиноидов (табл.).

Анортозиты и габброанортозиты с вкрапленностью сульфидов образуют два четко выдержанных в северо-восточном направлении горизонта – Северный и Южный (рис. 2), в которых общее количество сульфидов не превышает 2–3 % от объема породы.

Северный малосульфидный горизонт имеет ширину выхода около 60–80 м и протяженность 6000 м. Обращает на себя внимание то, что характерными сульфидными минералами для него являются пирротин, халькопирит и пирит магматического генезиса, занимающие интерстиции между силикатными минералами. Следует отметить, что этот горизонт, по данным спектрального анализа, характеризуется повышенными содержаниями Ni (до 0.2 %), Cu (до 0.2 %), Ag (до 0.6 г/т), Au (до 0.008 г/т), Pt (до 0.1 г/т), Pd (до 0.152 г/т), Pt+Pd (до 0.23 г/т).

Южный малосульфидный горизонт расположен в 1000 м от Северного и имеет ширину выхода около 100 м. Установленная протяженность его в юго-западной части – 3000 м, в северо-восточной – 800 м, предполагаемая общая протяженность – 7000 м. Здесь содержания Ni составляют до 0.15 %, Cu – до 0.3 %, Ag – до 0.3 г/т, Pt – до 0.008 г/т, Pd – до 0.137 г/т, Pt+Pd – до 0.232 г/т.

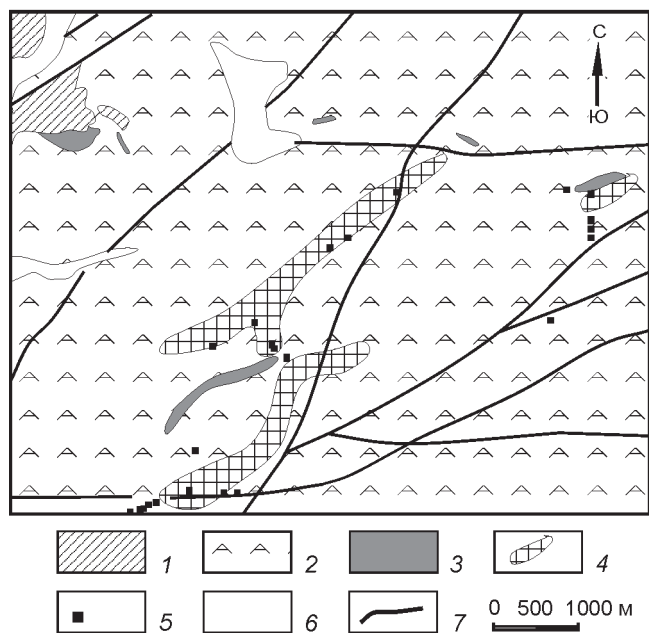


Рис. 2. Схематическая геологическая карта участка Арбагасс.

1–2 – породы позднеархейской анортозит-мангерит-чарнокит-гранитной ассоциации: 1 – чарнокиты, мангериты, 2 – габброанортозиты, анортозиты, габбро каларского комплекса, 3 – габбро, пироксениты доросского раннепротерозойского (?) комплекса, 4 – предполагаемые малосульфидные горизонты, в которых установлены повышенные содержания ЭПГ, 5 – места взятия штучных проб с повышенными содержаниями ЭПГ, 6 – отложения квартера, 7 – разломы.

Вторым типом платинометалльного оруденения, установленного в габброанортозитах, является титаномагнетитовый. Следует отметить, что в Каларской группе габбро-анортозитовых массивов как в пределах Куранахской, так и Имангакитской ее ветвей установлены многочисленные месторождения и рудопроявления титаномагнетита, к наиболее крупным из которых относятся Большой Сэйим, Куранах, Балтылах, Сайболах, Саикта и др. [7]. Вмещающими для данного типа оруденения являются крупнозернистые, массивные, розовато-сиреневые анортозиты, часто с хорошо проявленным иризирующим эффектом. Кроме этого отмечаются среднезернистые габбро, лейкогаббро с содержанием темноцветных минералов не более 10 %.

Нами были исследованы концентрации элементов платиновой группы в породах, вмещающих титаномагнетитовые руды, расположенные в пределах Куранахского массива. Значимые содержания ЭПГ, в основном, на уровне 0.0n г/т (табл.) установлены в

габброанортозитах, содержащих вкрапленную и рассеянную минерализацию на участках Балтылах и Сайболах. При этом максимальные содержания Pt (до 0.14 г/т) и Pd (до 0.0425 г/т) установлены в образцах с повышенными концентрациями S – до 1.5 %, Ni – до 0.11 % и умеренными Cu – до 0.056 % (табл.).

Третьим типом платинометалльного оруденения является медно-никелевый. В пределах Каларской группы массивов наиболее перспективными в отношении этого типа являются два тела серпентинизированных пироксенитов и перидотитов участка Баякит, расположенного в верховьях одноименного ручья, притока р. Гас-Юрях (рис. 1).

Серпентинизированные дуниты, гарцбургиты и вебстериты с вмещающими габброидами имеют интрузивные контакты и содержат ксенолиты габбро. Это темно-зеленые до черных породы (рис. 3А), тонко- мелкозернистые, панидиоморфнозернистой структуры (рис. 3Б). Они содержат до 30–60 % оливина (78–86 % Fo) с орто- и клинопироксеном (25–28 Fs) и до 35 % буро-зеленого амфибола, иногда до 8–10 % плагиоклаза (An_{72-85}) [2]. Темноцветные минералы частично или полностью замещены серпентином и актинолитом (рис. 3Б). Рудные минералы представлены магнетитом, пирротинном, пентландитом, халькопиритом (рис. 3А, Б; 4), пиритом и хромитом.

Медно-никелевая минерализация наблюдается только в южной части участка Баякит и характеризуется сингенетическими неравномерно вкрапленным, шлировым и гнездовым типами (до 5–7 %, участками – до 20 % сульфидов; рис. 3А, Б; 4), где пирротин практически всегда образует близкие по размерам индивиды изометричной формы средней величины 0.4×0.2 мм, часто в сростках с пентландитом (рис. 4). В последних иногда отмечаются также мелкие выделения халькопирита размером менее 0.1×0.1 мм. В единичных случаях в сростках встречаются темно-серые округлые изометричные или каплевидные зерна хромита диаметром около 0.2 мм. Последние оконтуриваются каймами магнетита шириной 0.1 мм, являющимися продолжением кайм вторичного магнетита, образующегося при серпентинизации породы (?). Единичные таблитчатые индивиды пирротина средней величины 0.1×0.03 мм встречаются в виде включений в темноцветных минералах и в магнетитовых каймах.

Пентландит и халькопирит присутствуют в сростках с пирротинном, при этом очень редко последний образует самостоятельные выделения. Установлено, что халькопирит и пирит формируют, в основном, зерна неправильной формы – амебообразные и т.д., величиной 0.05×0.05 мм, среди вторичного маг-

Таблица. (Продолжение).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
43-1572/9	0.1	0.004	н/о	-	-	-	-	-	-	-	-
M1	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-
Илин-Сала (хромитовое оруденение)											
43040	-	-	0.004	-	0.012	0.004	0.06	0.080	0.011	-	-
4310520	-	-	0.015	-	0.01	0.052	0.09	0.030	<0.01	-	-
43105260	-	-	н/о	-	0.01	0.009	0.09	0.040	<0.01	-	-
43110240	-	-	н/о	-	0.011	0.004	0.15	0.300	<0.01	-	-
4321100	-	-	0.003	-	0.01	0.004	0.05	0.030	0.16	-	-
4322130	-	-	0.005	-	0.012	0.005	0.03	0.050	<0.01	-	-
432498	-	-	н/о	-	0.012	0.004	0.03	0.050	0.19	-	-
4324100	-	-	н/о	-	0.013	0.006	0.07	0.060	0.22	-	-
432499	-	-	н/о	-	0.017	0.004	0.1	0.050	0.19	-	-
4330110	-	-	н/о	-	0.012	0.004	0.13	0.070	<0.01	-	-
4340500	-	-	0.03	-	0.01	0.086	0.13	0.060	0.089	-	-
4341130	-	-	н/о	-	0.015	0.004	0.13	0.300	<0.01	-	-
4342130	-	-	0.03	-	0.016	0.074	0.14	0.070	0.01	-	-
4344180	-	-	0.004	-	0.011	0.005	0.07	0.050	0.02	-	-
43480120	-	-	н/о	-	0.012	0.004	0.23	0.200	<0.01	-	-
43730	-	-	н/о	-	0.016	0.004	0.04	0.040	0.015	-	-
4370220	-	-	н/о	-	0.012	0.004	0.13	0.015	0.13	-	-
4370320	-	-	0.005	-	0.013	0.012	0.17	0.050	<0.01	-	-
4375239	-	-	н/о	-	0.064	0.018	0.23	0.070	0.054	-	-
4375510	-	-	н/о	-	0.01	0.004	0.25	0.060	<0.01	-	-
БП-2	-	-	0.002	-	0.012	0.004	0.02	0.020	0.14	-	-
БП-4	-	-	н/о	-	0.012	0.004	0.07	0.030	0.14	-	-
БП-5	-	-	0.002	-	0.010	0.004	0.15	0.040	0.15	-	-
БП-13	-	-	н/о	-	0.011	0.004	0.23	0.030	<0.01	-	-
БП-20	-	-	н/о	-	0.028	0.010	0.18	0.300	0.19	-	-
БП-1	0.01824	0.0034	-	-	-	-	-	0.0300	0.1500	-	-
БП-3	0.005072	0.005976	-	-	-	-	-	0.0036	0.1257	-	-
БП-12	0.009975	0.001099	-	-	-	-	-	0.0030	0.0081	-	-

Примечание. Элементы определены атомно-абсорбционным методом в Аналитическом центре Кольского НЦ (г. Апатиты); * – спектрально-сцинтилляционным методом в Институте геохимии (г. Иркутск, аналитик С.И. Прокопчук); ** – золото-спектральным, спектральным анализом в лаборатории Амургеологии (г. Благовещенск); н/о элемент не определен; - - анализ не производился.

нетита. Также они наблюдаются в изолированных выделениях, реже группами, образуя небольшие выделения вдоль границ породообразующих минералов.

Выявленные перидотиты и пироксениты с сульфидами обладают высокими содержаниями Ni (до 0.7 %), Co (до 0.05 %), Cu (до 0.4 %), Cr (до 0.4 %). Преобладающие содержания Pt+Pd свыше 0.0n г/т зафиксированы в 36 пробах при максимальном 0.2 г/т (табл.).

Серпентинизированные перидотиты установлены в пределах участка Илин-Сала (рис. 1), где слагают водораздельную часть хребта. Вероятнее всего, они выведены на современную поверхность по тектоническому нарушению северо-восточного направления, при этом мощность их выхода составляет не менее 100 м, а протяженность – не менее 2000 м. Внешне эти породы представляют собой темно-серые с коричневатым оттенком образования со слоистым распределением хромита, явно первично-магматического генезиса. Расслоенность

пород обусловлена параллельно расположенными полосовидными выделениями хромита мощностью 5–8 мм. Перспективы платинометалльного оруденения данного участка связываются с хромитсодержащими ультрабазитами, обладающими высокими содержаниями Ni – до 0.22 % и Co – до 0.07 %, повышенными – Pt – до 0.01824 г/т и Pd – до 0.0n г/т, Ag – до 0.23 г/т (табл.).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В ходе проведенных исследований в Каларском массиве авторами установлено два комплекса пород – габбро-анортозитовый и перидотит-пироксенитовый, в пределах развития которых выделены участки, благоприятные для локализации платинометалльного оруденения. Они определяются наличием значительных по размерам габбро-анортозитовых массивов (площадью не менее 50–70 км²), что является необходимым условием [9, 19, 29] для создания

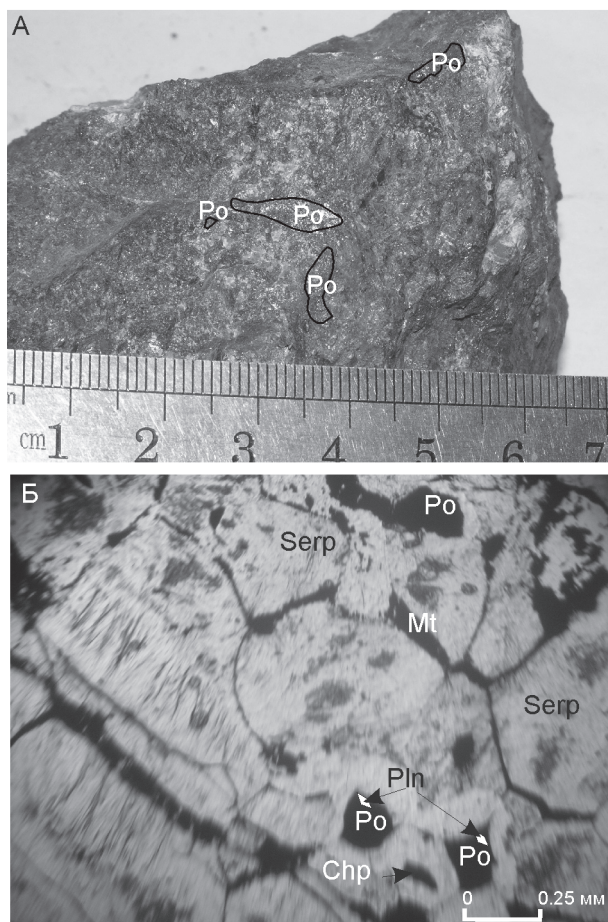


Рис. 3. А – фото образца серпентинита с рассеянной и гнездовой вкрапленностью пирротина, пентландита и халькопирита. Б – фото шлифа серпентинита (николи параллельны).

На рисунке хорошо видно, что первичные силикатные минералы полностью замещены агрегатом серпентина (Serp) и вторичного магнетита (Mt). В интерстициях между серпентинизированными силикатами наблюдаются выделения сульфидов – пирротина (Po), пентландита (Pln), халькопирита (Chp).

практически значимых рудных концентраций при дифференциации вещества в магматической камере. Всего в пределах распространения пород Каларского массива обнаружены участки, перспективные для локализации малосульфидного, титаномагнетитового, медно-никелевого и собственно платинового оруденения, связанного с хромитами. При этом первые два типа установлены в пределах Куранахской ветви, а третий и четвертый – в пределах Имангакитской.

Для платинометалльного оруденения участка Арбагасс характерно практическое отсутствие в габброанортозитах темноцветных минералов или присутствие их в незначительных количествах (около 10–15%), что при повышенных содержаниях Ni

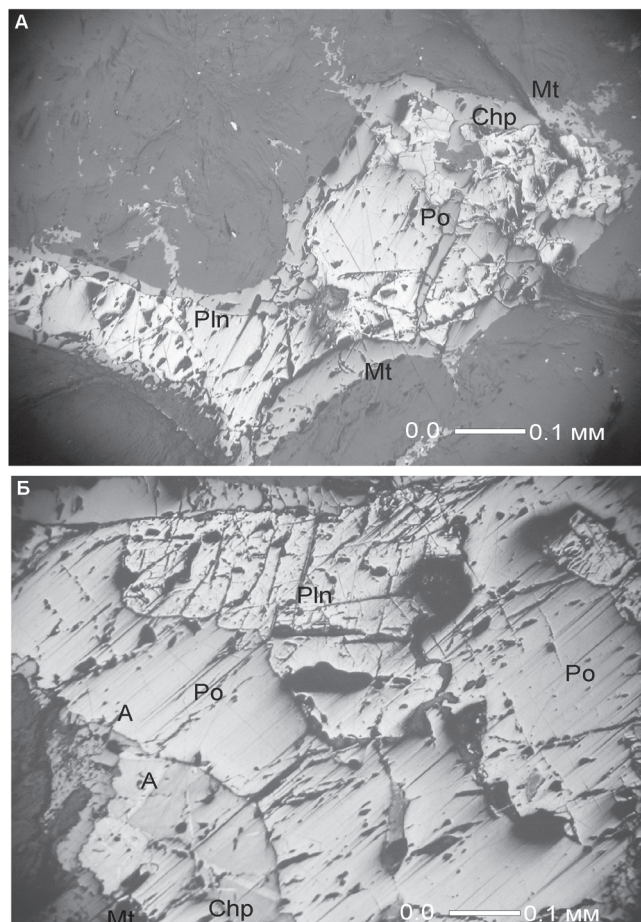


Рис. 4. Фото аншлифа серпентинизированного перидотита с первично-магматической сульфидной вкрапленностью (николи параллельны).

А – сульфидный агрегат ксеноморфной формы окружен магнетитовой каймой. Б – изометричный агрегат сульфидов окружен магнетитовой каймой. Между магнетитом и сульфидами наблюдается поверхность совместного роста. Сокращения: А – поверхность совместного роста минералов, Chp – халькопирит, Mt – магнетит, Pln – пентландит, Po – пирротин.

(0.1–0.2 вес. %) свидетельствует о наличии в породах сульфидов никеля и меди. При этом для данной минерализации установлено отчетливое преобладание Pd над Pt, Ir, Ru (табл., рис. 5) (палладиевый тип распределения ЭПГ). Это отражено «возрастающим» графиком нормированных содержаний этих элементов при величине $Pt/Pt^* = 0.07–0.89$, где $Pt^* = (Rh_n + Pd_n)/2$, что свойственно малосульфидному типу платинометалльного оруденения. Для Pt характерна отчетливая положительная корреляция (>0.5) с Mn, Mg, P, Ba, Ti, V, Cr, Zn и отрицательная (<-0.5) с Cu, Au, Ni, Na, Ag. Максимальные содержания палладия отмечаются в пробах с максимальными содержаниями меди при явном ее преобладании над никелем. Это

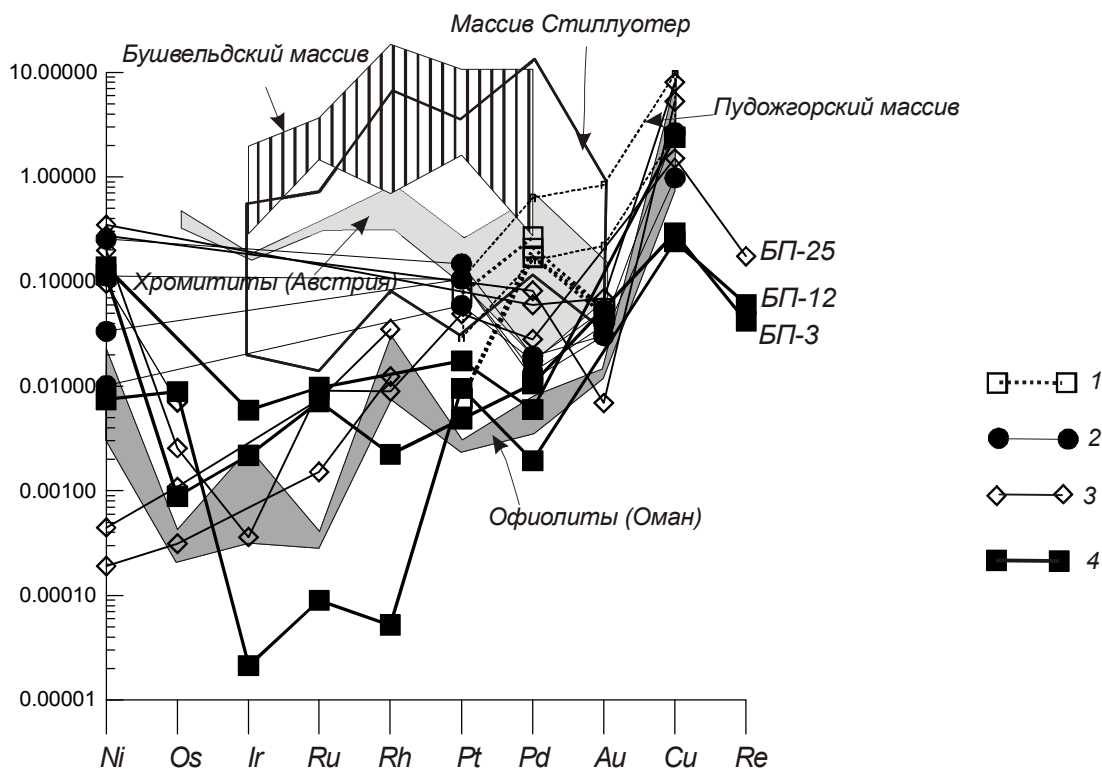


Рис. 5. Распределение содержаний ЭПГ в ультрабазитах Каларской ассоциации, нормализованных по хондриту C_1 [39], в сравнении с эталонными объектами.

Породы Каларской группы габбро-анортозитовых массивов: 1 – малосульфидное оруденение (палладиевый тип), 2 – титаномагнетитовое оруденение (платиновый тип), 3 – медно-никелевое оруденение (палладиевый тип), 4 – хромитовое оруденение (платиновый тип).

связано с входением ЭПГ в состав халькопирита, что подтверждается положительной корреляцией Pd с Cu и Au (>0.5) и отрицательной – с Cr (<-0.5). Следует отметить, что спектр распределения содержаний Pt и Pd, нормированных по хондриту C_1 [32], очень близок к спектрам массивов Стиллуотер [10] и Пухожгорский [10] (рис. 5), от которых отличается более низкими значениями.

Характерной особенностью платиносодержащего титаномагнетитового оруденения, локализованного в габброанортозитах участков Балтылах и Сайболах, является преобладание Pt над Pd (платиновый тип распределения ЭПГ) и высокий коэффициент корреляции между Pt и Ti (0.89). В то же время максимальные содержания ЭПГ установлены в образцах с повышенными количествами S, Cu и Ni (табл.). Эти геохимические свойства свидетельствуют о платиноносности сульфидсодержащих участков титаномагнетитовой минерализации. Обращает на себя внимание то, что по содержанию Pt и Cu платиносодержащее титаномагнетитовое оруденение Каларской группы массивов наиболее близко к аналогичной минерализации Пудожгорского массива, от которой от-

личается отчетливым минимумом Pd, C_1 [39], при величине $Pt/Pt^* = 7-18$, что отражено на графике распределения ЭПГ (рис. 5).

Платинометалльное оруденение участка Баякит локализуется в пределах сульфидно-вкрапленных минерализованных зон. При этом для медно-никелевой минерализации отношение Ni/Co составляет 4–10, а Cu/Ni – 0.1–0.3, редко до 1. Во многих образцах серпентинизированных перидотитов и пироксенитов установлены повышенные содержания Au – до 0.3 г/т, Ag – до 0.1 г/т, причем между этими элементами наблюдается прямая корреляционная зависимость. В большинстве образцов отмечается преобладание палладия над платиной (табл.1) (палладиевый тип распределения ЭПГ) ($Pt/Pt^* = 0.24-0.42$) (за исключением образца БП-25 (рис. 5)). Характер распределения ЭПГ сходен с установленным в известных платинометалльных месторождениях, таких как риф Меренского (Бушвельд) [37], риф G-M (Стиллуотер) [31], от которых он существенно отличается по абсолютным значениям.

Для хромитсодержащих серпентинизированных дунитов участка Илин-Сала характерно преоблада-

ние Pt над Ru, Pd и Ir, что свойственно платиновому типу распределения ЭПГ платинометалльного оруденения [10, 17, 18]. В целом спектр распределения (рис. 5) ЭПГ имеет корытообразный облик и близок к такому для офиолитов Омана [36]. От типичных хромититов [38] он существенно отличается численными значениями и «восстающим» графиком в области Rh-Cu. Обращают на себя внимание отчетливо проявленные максимумы Pt ($Pt/Pt^* = 3.43-9.62$) и Cu ($Cu/Cu^* = 8.01-13.90$, где $Cu^* = (Au_n + Re_n)/2$) (рис. 5), нормированных по хондриту C_1 [32].

Таким образом, для Каларского массива установлено два вида распределения ЭПГ – палладиевый и платиновый. В породах с первым типом распределения ЭПГ возможно обнаружение малосульфидного платинометалльного оруденения стиллуотерского типа, а со вторым – платиносодержащего титаномагнетитового оруденения пудожгорского типа.

ВЫВОДЫ

1. В пределах Каларской группы габбро-анортозитовых массивов установлено два этапа формирования платинометалльного оруденения: первый, связанный со становлением габбро-анортозитов, и второй, обусловленный внедрением тел ультрабазитов.

2. В габбро-анортозитах Куранахской ветви Каларской группы массивов установлены малосульфидный и титаномагнетитовый типы платинометалльного оруденения. При этом для первого типа свойственно отчетливое преобладание Pd над Pt, а для второго – преобладание Pt над Pd.

3. В ультрабазитах, расположенных в пределах Имангакитской ветви Каларской группы массивов, выявлены участки с платиносодержащим медно-никелевым и хромитовым оруденением. При этом для медно-никелевой минерализации участка Баякит характерно преобладание Pd над Pt, а для хромитсодержащих пород участка Илин-Сала – Pt над Pd.

Авторы выражают искреннюю признательность Н.А. Горячеву и В.С. Приходько за детальный анализ рукописи и конструктивные замечания.

Исследования выполнены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 08-05-10044), Департамента по природопользованию и горнодобывающему комплексу администрации Амурской области, Президиума ДВО РАН (проект 06-II-CO-08-007).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баженова Г.Н. Анортозиты Каларского массива // Анортозиты СССР. М.: Наука, 1974. С. 85–99.
2. Бирюков В.М. Магматические комплексы линейного и концентрического типов. Владивосток: Дальнаука, 1997. 268 с.
3. Бучко И.В. Перспективы платиноносности Каларского габбро-анортозитового массива // Проблемы геологии и разведки месторождений полезных ископаемых. Томск, 2005. С. 460–464.
4. Бучко И.В. Платиноносность Каларского габбро-анортозитового массива // Актуальные проблемы рудообразования и металлогении. Новосибирск, 2006. С. 42–43.
5. Гаврилов В.В. Платина в базитах Геранского габбро-анортозитового массива // Проблемы магматизма, метаморфизма и оруденения Дальнего Востока. Южно-Сахалинск: ДВО АН СССР, 1988. С. 77–78.
6. Гонгальский Б.И., Кривоуцкая Н.А. Чинейский расслоенный плутон. Новосибирск: Наука, 1993. 183 с.
7. Геологическая карта региона БАМ. 1:500 000. Лист О-51-В. СПб, 1984.
8. Додин Д.А. Минерально-сырьевой потенциал платиновых металлов России на пороге XXI века. М.: ЗАО “Геоинформмарк”, 1998. 121 с.
9. Додин Д.А. Платинометалльные месторождения России. СПб.: Наука, 2000. 754 с.
10. Додин Д.А., Ланда Э.А., Лазаренков В.Г. Платиносодержащие хромитовые и титаномагнетитовые месторождения. М.: ООО “Геоинформцентр”. 2003. 409 с.
11. Кашин С.А. Медно-титаномагнетитовое оруденение в основных интрузивных породах Урала // Тр. ИГН. Сер. рудн. месторождения. 1948. Вып. 91. 131 с.
12. Лазаренков В.Г. О титановом минеральном парагенезисе и распределении элементов платиновой группы в апатит-магнетит-ильменитовых рудах Геранского анортозитового массива, хребет Джугджур // Региональные проблемы. Бирибиджан, 2001. № 5. С. 34–39.
13. Ларин А.М., Котов А.Б., Ковач В.П. и др. Этапы формирования континентальной коры центральной части Джугджуро-Становой складчатой области. (Sm-Nd изотопные данные по гранитоидам) // Геология и геофизика. 2002. Т. 43, № 4. С. 395–399.
14. Ларин А.М., Котов А.Б., Сальникова Е.Б. и др. Каларский комплекс (Алдано-Становой щит) – древнейший представитель анортозит-мангерит-чарнокит-гранитной магматической ассоциации: результаты геохронологических, геохимических и изотопно-геохимических исследований // Петрология. 2006. Т. 14, № 1. С. 4–24.
15. Ленников А.М. Анортозиты юга Алданского щита и его складчатого обрамления. М.: Наука, 1979. 162 с.
16. Летников Ф.А. Сверхглубинные флюидные системы Земли и проблемы рудогенеза // Геология руд. месторождений. 2001. Т. 43, № 4. С. 291–307.
17. Маракушев А.А. Петрогенезис и рудообразование. М.: Наука, 1979. 262 с.
18. Маракушев А.А., Безмен Н.И. Минералого-петрологические критерии рудоносности изверженных пород. М.: Недра, 1992. 317 с.
19. Платиноносность ультрабазит-базитовых комплексов юга Сибири / В.И. Богнибов, А.П. Кривенко, А.Э. Изох и др. Новосибирск, 1995. 151 с.
20. Полезные ископаемые Хабаровского края. Хабаровск, 1996. 496 с.
21. Прияткина Л.А., Лаврович Н.Н. Геология и возраст Каларского массива габбро-анортозитов // Ранний докембрий Алданского массива и его обрамления. Л.: Наука,

1985. С. 144–162.
22. Приходько В.С., Ситников Н.В. Перспективы платиноносности Лантарского габбро-анортозитового массива // Петрография на рубеже XXI века: итоги и перспективы: Материалы Второго Всероссийского петрографического совещания. Т. III. Сыктывкар, 2000. С. 290–291.
 23. Сальникова Е.Б., Ларин А.М., Котов А.Б. и др. Каларский анортозит-чарнокитовый комплекс (Алдано-Становой щит): возраст и тектоническое положение // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2004. Т. 12, № 3. С. 3–11.
 24. Сереброва Е.Л., Филиппов Н.Б., Губко М.Г., Франк-Каменецкий Д.А. Платино- и золотометаллическая минерализация в титаномагнетитовых диабазах Карелии // Вестн. СПбГУ. 1995. Сер. 7. Вып. 1. С. 18–26.
 25. Соляник А.Н., Октябрьский Р.А., Ленников А.М. и др. Благоприятная минерализация массивных пирротитовых линз в джугджурских анортозитах // Тихоокеан. геология. 1999. Т. 18, № 4. С. 79–84.
 26. Соляник А.Н., Октябрьский Р.А., Ленников А.М. и др. Первая находка сперрилита, теллуридов платины и палладия и самородного золота в автономных анортозитах хребта Джугджур // Геодинамика и металлогения. Владивосток: Дальнаука, 1999. С. 152–156.
 27. Суханов М.К. Анортозитовая ассоциация Каларского массива // Анортозиты Земли и Луны. М: Наука, 1984. С. 86–111.
 28. Суханов М.К., Журавлев Д.З. Sm-Nd изотопный возраст Каларского чарнокит-анортозитового комплекса (Восточное Забайкалье) // Геохимия. 2002. № 8. С. 898–902.
 29. Чернышов Н.М., Додин Д.А. Формационно-генетическая типизация месторождений металлов платиновой группы для целей прогноза и металлогенического анализа // Геология и геофизика. 1995. Т. 36, № 1. С. 65–70.
 30. Ashwal L.D. Anorthosites. Springer-Verlag, Berlin. 1993. 422 p.
 31. Barnes S.J., Naldrett A.J. Geochemistry of J-M (Howland) Reef of the Stillwater Complex, Minneapolis Adit Area I. Sulfide chemistry and sulfide-olivine equilibrium // Econ. Geol. 1985. V. 80, N 3. P. 627–645.
 32. Emslie R. F. Anorthosite massifs, rapakivi granites, and late Proterozoic rifting of North America // Precambrian Research. 1978. N 7. P. 61–98.
 33. Emslie R. F., Hegner E. Reconnaissance isotopic geochemistry of anorthosite-mangerite-charnockite-granite (AMCG) complexes, Grenville Province, Canada // Chem. Geol. 1993. V. 106. P. 279–298.
 34. Emslie R.F., Hamilton M.A., Theriault R.J. Petrogenesis of mid-Proterozoic anorthosite-mangerite-charnockite-granite (AMCG) complexes: isotopic and chemical evidence from the Nain Plutonic Suite // J. Geol. 1994. V. 102, N 5. P. 539–558.
 35. Gruenwaldt G. Von. The mineral resources of the Bushveld complex // Miner. Sci. Eng. 1977. V. 9. P. 83–95.
 36. Lorand J.P., Juteau T. The Haymiliyah sulphide ores (Haylayn Massif, Oman Ophiolite): In-situ segregation of PGE-poor magmatic sulphides in a fossil oceanic magma chamber // Marine Geophys. Research. 2000. N 21. P. 327–349.
 37. Maier W.D., Barnes S.J. Platinum-Group elements in silicate rocks of the lower, critical and main zones at Union section, Western Bushveld Complex // Jour. of Petrology. 1999. V. 40, N 3. P. 1648–1670.
 38. Malitch K.N., Melcher F., Muhlans H. Palladium and gold mineralization in podiform chromitite at Kraubath, Austria // Mineralogy and Petrology. 2001. N 73. P. 247–277.
 39. McDonough W., Sun S-s. The composition of the Earth // Chem. Geol. 1995. V. 120, Is. 3–4. P. 223–253.

Рекомендована к печати Н.А. Горячевым

I.V. Buchko, A.A. Sorokin

First evidence of noble metal geochemistry of rocks of the gabbro-anorthosite massifs, Kalar group

The paper characterizes geochemical features of noble metal impregnated sulfide and titanium-magnetite mineralization in the Kalar rocks of autonomous-type gabbro-anorthosite massifs. The investigations suggest at least two stages of formation of this mineralization. The first stage is related to gabbro-anorthosites proper, and it may be promising with respect to low-sulfide platinum-metal and also platinum-bearing titanium-magnetite mineralization, whereas the second type is linked to ultrabasite bodies, which are associated with copper-nickel or chromite mineralization with accompanying platinoids. The low-sulfide horizons in gabbro-anorthosites and copper-nickel mineralization in dunites-pyroxenites are characterized by Pd predominance over Pt, and chromite-bearing rocks and titanium-magnetite ores are noted for Pt predominance over Pd.

Key words: geochemistry, noble metals, mineralization, gabbro-anorthosite massifs, Stanovoy superterrane.