



К ВОПРОСУ О ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЗИЦИИ И ПЛАТИНОНОСНОСТИ МАССИВА ГАББРО-10, МОНЧЕГОРСКИЙ КОМПЛЕКС, КОЛЬСКИЙ РЕГИОН

Геологические и геохимические исследования показывают, что массив Габбро-10 представляет собой позднюю интрузивную фазу расслоенного массива Нюд-Поаз и является частью палеопротерозойской рудно-магматической системы Мончегорского комплекса. Платинометалльно-медно-никелевая минерализация массива, содержащая, по нашим данным, до 2,3 г/т Pd, относится к контактовому типу. Оруденение образовалось в результате взаимодействия сульфидного и силикатного расплавов в промежуточной камере на глубине при значениях R-фактора в диапазоне от 2000 до 20 000 и является потенциально экономически значимым. Промышленные перспективы связаны с рудными телами разведанного в 30-е годы XX в. медно-никелевого рудопоявления и практически не изученной на элементы платиновой группы толщей метагаббро в блоке Верхний Нюд. Ближайший аналог массива Габбро-10 – Фёдоровотундровское месторождение, руды которого образовались в результате позднего внедрения насыщенного сульфидной жидкостью расплава в базальную часть расслоенного интрузива. Установление геологической позиции массива вносит важный вклад в понимание петрологии расслоенных интрузий и процессов формирования платинометалльных месторождений контактового типа.

Ключевые слова: Мончегорский комплекс, расслоенные интрузии, контактовый тип, сульфидное оруденение, никель, элементы платиновой группы.

Массив Габбро-10 располагается вблизи южного контакта массива Нюд-Поаз палеопротерозойского (2,5 млрд лет) Мончегорского комплекса [15] и представляет собой уплощённую субгоризонтальную линзу метагаббро в архейских диоритах (рис. 1). Метагаббро перекрыты метадиоритами, которые отделяют массив Габбро-10 от меланоритов массива Нюд-Поаз. Метаморфические преобразования и относительно эволюционированный состав метагаббро вместе с их неоднозначным геологическим положением (см. геологические карты [8, 15]) лежат в основе дискуссии, до сих пор не давшей однозначного ответа на вопрос: являются ли эти породы позднеархейскими или представляют поздние дифференциаты Мончеплутона [1, 2, 9]. Решение этого вопроса важно как с петрологической точки зрения, так и для понимания процессов рудогенеза, поскольку с метагаббро связана сульфидная платинометалльно-медно-никелевая минерализация. Нами приводятся новые геологические данные, а также результаты повторного опробования пород на элементы платиновой группы (ЭПГ), Au, Cu и Ni, которые позволяют уточнить роль массива Габбро-10 в становлении рудно-магматической системы Мончеплутона.

**Грошев
Николай Юрьевич**

кандидат геолого-минералогических наук
научный сотрудник
groshev@geoksc.apatity.ru

**Припачкин
Павел Валентинович**

кандидат геолого-минералогических наук
старший научный сотрудник
paul@geoksc.apatity.ru

ФГБУН Геологический институт
Кольского научного центра РАН,
г. Апатиты

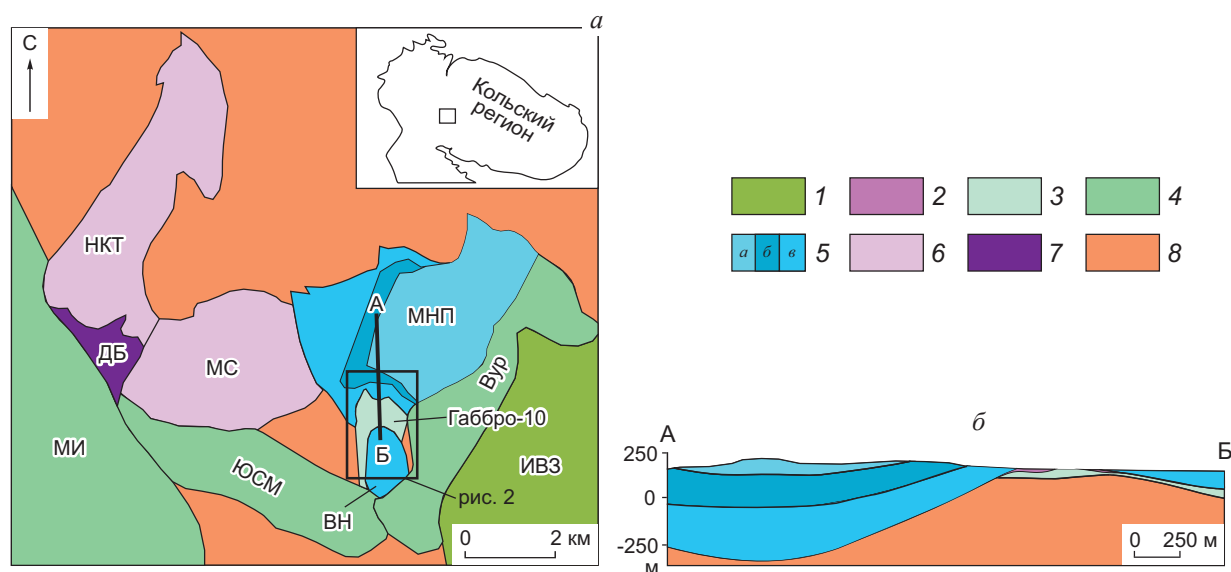


Рис. 1. СХЕМА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ МОНЧЕГОРСКОГО ПЛУТОНА (а) И УПРОЩЁННЫЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ А–Б МАССИВОВ НЮД-ПОАЗ, ГАББРО-10 И БЛОКА ВЕРХНИЙ НЮД (б):

1 – метабазальт; 2 – метадиорит; 3 – метагаббро (на схеме этой заливкой показаны и метагаббро, и метадиориты); 4 – габбронорит; 5 – норит (а), оливиновый (б) и меланократовый (в) нориты; 6 – перидотит, пироксенит; 7 – дунит; 8 – породы архейского фундамента; массивы Вурэчуайвенч (Вур), Ниттис-Кумужья-Травяная (НКТ), Сопча (МС), Нюд-Поаз (МНП), Южносопчинский (ЮСМ); блоки Дунитовый (ДБ), Верхний Нюд (ВН); Мончетундровская интрузия (МИ); Имандра-Варзугская зона (ИВЗ)

Авторами изучен и опробован керн скважин, пробуренных в рамках проекта поисковых работ на ЭПГ в северо-западной части массива (В.С.Войтехович и др., 2002 г.). Керновые пробы, а также несколько штучных образцов из обнажений общим числом 74 штуки измельчены, истёрты и проанализированы на Cu, Ni, Au, Pt, Pd и S (табл. 1) в лаборатории Геологического института КНЦ РАН (г. Апатиты). Определение Cu и Ni проводилось атомно-абсорбционным методом на спектрометре AAnalyst 400 после разложения проб фтористоводородной кислотой с добавлением серной (пределы обнаружения 0,01 масс. %). Содержание благородных металлов определялось после разложения проб в смеси кислот экстракционно-атомно-абсорбционным методом; в качестве экстрагента использовалась смесь сульфидов нефти и алкиланилина. Концентрация Au определялась на спектрометре IL-157 (предел обнаружения 0,004 г/т), Pt и Pd – на спектрометре Perkin-Elmer 4110 ZL (пределы обнаружения 0,02 и 0,004 г/т соответственно). Определение S (от 0,01 масс. %) выполнялось гравиметрическим методом после разложения проб в смеси брома, азотной и концентрированной соляной

кислот. Кроме этого, в четырёх пробах после их сплавления с никелевым штейном в лаборатории ЦНИГРИ (г. Москва) были определены шесть ЭПГ и золото масс-спектрометрическим методом с индуктивно связанной плазмой (табл. 2).

Геологическое строение и платинометалльно-медно-никелевая минерализация массива Габбро-10. Разрез массива включает краевую и габбровую зоны (рис. 2). Краевая зона мощностью до 10 м сложена мелко-среднезернистым сланцеватым метагаббро, которое по химическому составу соответствует мезократовым габброноритам [3].

Габбровая зона состоит из крупно-среднезернистого метагаббро, часто имеющего такситовую текстуру, обусловленную чередованием участков породы различной зернистости. Мощность зоны, по нашим данным, равна 30–40 м (рис. 3; см. рис. 2). Согласно данным С.М.Рутштейна с коллегами (1964 г.), мощность габбровой зоны увеличивается в восточном направлении, достигая 80 м. По химическому составу метагаббро соответствуют кварцевым мезо-лейкократовым габброноритам. В метагаббро встречаются ксенолиты относительно высокомагнезиальных метапород, размер которых в ряде слу-

1. КОНЦЕНТРАЦИЯ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ (г/т), МЕДИ, НИКЕЛЯ И СЕРЫ (масс. %) В ПОРОДАХ ОБОБЩЁННОГО РАЗРЕЗА ЭНДО- И ЭКЗОКОНТАКТА МАССИВА НЮД-ПОАЗ

Пробы	h, м	Породы	Au	Pt	Pd	Cu	Ni	S
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1817_49.1	-20,0	Меланорит	0,008	нпо	0,044	0,01	0,05	0,08
1817032	-9,0	Меланорит мелкозернистый	0,050	0,10	0,780	0,10	0,27	0,35
1817_66.1	-8,0	Меланорит мелкозернистый	0,065	0,14	1,030	0,19	0,25	0,70
1817_66.3	-7,8	Меланорит мелкозернистый	0,048	0,10	0,072	0,18	0,24	0,44
1817_69.8	-5,0	Меланорит мелкозернистый	0,023	0,06	0,390	0,08	0,15	0,26
1817_79	-3,0	Меланорит мелкозернистый	0,043	0,14	1,090	0,23	0,23	0,77
1817033	-1,0	Меланорит мелкозернистый	0,040	0,10	0,790	0,11	0,27	0,64
181001а	32,0	Метадиорит	0,010	0,03	0,020	0,02	0,01	0,45
1810_18.3	33,0	Метадиорит	0,004	нпо	0,006	0,01	нпо	0,22
181001	34,0	Метадиорит	0,010	0,02	0,010	0,02	0,01	1,33
1810_21.4	36,0	Магнетитовая порода	0,012	нпо	0,005	0,01	0,02	0,78
181002а	36,0	Магнетитовая порода	0,010	0,02	0,010	0,01	0,01	0,10
181003а	38,0	Метагаббро	0,020	0,05	0,260	0,02	0,04	0,29
1810_28.3	40,0	Хлорит-амфиболовый ксенолит	0,016	нпо	0,020	нпо	0,05	0,05
1810_30.4	42,0	Хлорит-амфиболовый ксенолит	0,016	0,02	0,026	нпо	0,04	0,02
181002	45,0	Метагаббро	0,010	0,02	0,020	0,02	0,03	0,42
1810_40.5	48,0	Метагаббро	0,008	нпо	0,004	0,01	нпо	0,14
181003	50,0	Метагаббро	0,010	0,02	0,010	0,01	0,01	0,13
1810_46.9	53,0	Метагаббро	0,007	нпо	нпо	0,01	0,01	0,09
181004	53,0	Метагаббро	0,010	0,02	0,020	0,04	0,01	0,04
1809_25.1	55,0	Метагаббро	0,004	нпо	0,005	0,01	0,01	0,06
181005	56,0	Метагаббро	0,010	0,02	0,020	0,01	0,04	0,03
181006	57,0	Метагаббро	0,010	0,02	0,030	0,01	0,01	0,07
G180	59,0	Ксенолит мелкозернистого метагаббро	0,031	0,03	0,130	0,13	0,12	0,24
181007	60,0	Метагаббро	0,010	0,06	0,010	0,01	0,01	0,06
G181-1	63,0	Метагаббро	0,120	0,24	1,780	0,77	0,06	1,18
1810_54.1	64,0	Метагаббро	0,004	нпо	нпо	0,01	0,01	0,10
G181-2	64,0	Метагаббро	0,150	0,17	1,080	0,31	0,05	0,77
1810_54.2	64,1	Метагаббро	0,005	нпо	0,010	0,01	0,01	0,16
180801а	68,0	Сланцеватое метагаббро	0,080	0,06	0,300	0,25	0,10	0,47
1808_5.4	68,5	Сланцеватое метагаббро	0,069	0,07	0,580	0,35	0,18	1,29
180802а	69,0	Сланцеватое метагаббро	0,010	0,03	0,080	0,13	0,06	0,21
1808_10.7	69,5	Сланцеватое метагаббро	0,012	нпо	0,010	0,08	0,04	0,19
180803а	70,0	Сланцеватое метагаббро	0,010	0,04	0,150	0,10	0,05	0,26
180804а	71,0	Сланцеватое метагаббро	0,010	0,02	0,040	0,04	0,03	0,09
180805а	72,0	Сланцеватое метагаббро	0,010	0,02	0,080	0,09	0,04	0,20
1809_31.7	72,5	Сланцеватое метагаббро	0,007	нпо	0,005	0,01	0,03	0,13
1810_58.4	72,5	Сланцеватое метагаббро	0,004	нпо	0,004	0,01	0,01	-
180806а	73,0	Сланцеватое метагаббро	0,020	0,02	0,060	0,10	0,04	0,10
1810_57.6	73,5	Сланцеватое метагаббро	0,005	нпо	0,004	0,03	0,03	0,16
180807а	74,0	Сланцеватое метагаббро	0,010	0,03	0,140	0,10	0,05	0,07
G184	74,5	Сланцеватое метагаббро	0,011	0,02	0,120	0,04	0,05	0,08
180820	75,2	Диорит фундамента	0,010	0,02	0,040	0,06	0,03	0,04
180821	77,2	Диорит фундамента	0,010	0,02	0,010	0,01	0,01	0,06
1817_84.4	78,0	Диорит фундамента	0,004	нпо	0,010	нпо	0,01	0,05
180822	78,8	Диорит фундамента	0,020	0,02	0,020	0,01	0,01	0,03

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
180823	79,9	Диорит фундамента	0,030	0,02	0,010	0,02	0,01	0,11
180824	81,4	Диорит фундамента	0,010	0,02	0,020	0,03	0,02	0,13
180825	82,7	Диорит фундамента	0,020	0,03	0,250	0,18	0,03	0,35
180826	84,0	Диорит фундамента	0,010	0,02	0,010	0,01	0,01	0,08
180827	86,0	Диорит фундамента	0,010	0,02	0,010	0,01	0,01	0,05
180828	88,0	Диорит фундамента	0,010	0,02	0,010	0,01	0,01	0,03
180829	90,0	Диорит фундамента	0,010	0,02	0,010	0,01	0,01	0,03
180830	92,0	Диорит фундамента	0,010	0,02	0,030	0,03	0,01	0,03
180831	94,0	Диорит фундамента	0,010	0,02	0,010	0,02	0,01	0,02
180928	96,0	Диорит фундамента	0,040	0,02	0,040	0,01	0,01	0,04
180929	98,0	Диорит фундамента	0,020	0,02	0,010	0,01	0,01	0,05
180930	100,0	Диорит фундамента	0,010	0,04	0,100	0,01	0,01	0,03
180931	102,1	Диорит фундамента	0,040	0,02	0,050	0,01	0,01	0,12
180932	104,2	Диорит фундамента	0,010	0,03	0,039	0,01	0,01	0,05
180933	105,7	Диорит фундамента	0,010	0,02	0,020	0,01	0,01	0,04
180934	106,4	Диорит фундамента	0,070	0,46	2,280	0,80	0,44	2,32
180935	107,6	Диорит фундамента	0,030	0,02	0,060	0,02	0,02	0,02
180936	109,6	Диорит фундамента	0,030	0,06	0,450	0,01	0,01	0,01
1809_70.2	110,0	Диорит фундамента	0,005	нпо	0,004	0,01	0,01	0,05
1809_70.9	110,7	Диорит фундамента	0,014	нпо	0,007	нпо	0,01	-
180937	111,2	Диорит фундамента	0,010	0,03	0,210	0,06	0,03	0,05
180938	112,1	Диорит фундамента	0,010	0,02	0,030	0,01	0,02	0,01
180939	113,5	Диорит фундамента	0,020	0,02	0,030	0,01	0,01	0,01
180940	115,1	Диорит фундамента	0,020	0,02	0,050	0,01	0,01	0,02
180941	116,6	Диорит фундамента	0,020	0,02	0,020	0,01	0,01	0,01
180942	118,6	Диорит фундамента	0,010	0,02	0,010	0,01	0,01	0,01
180943	120,7	Диорит фундамента	0,010	0,02	0,010	0,01	0,01	0,02
180944	123,3	Диорит фундамента	0,010	0,02	0,040	0,02	0,01	0,02

Примечание. нпо – ниже порога обнаружения, *h* – глубина ниже базального контакта массива Нюд-Поаз, прочерк – элемент не определялся.

2. КОНЦЕНТРАЦИЯ ЭПГ И Au (мг/т) В ПОРОДАХ МАССИВА ГАББРО-10 В СРАВНЕНИИ С ТАКСИТОВЫМИ ГАББРОНОРИТАМИ ИЗ РУДНОЙ ЗОНЫ ФЁДОРОВТУНДРОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ФТМ)

Пробы	G181-1	G181-2	1808_5.4	G180	Среднее (n=4)	
Породы	Метагаббро	Метагаббро	Сланцеватое метагаббро	Ксенолит мелкозернистого метагаббро	Габбронорит ФТМ	
Элементы	Os	3,3	2,5	нпо	нпо	6,5
	Ir	13,6	6,6	4,2	нпо	14,2
	Ru	7,8	5,1	3,5	2,3	6,2
	Rh	66,0	36,2	21,4	2,0	71,2
	Pt	457,4	285,4	164,1	15,9	1032,1
	Pd	2064,1	767,4	566,9	28,3	4476,9
	Au	153,4	86,7	40,6	3,2	310,3

Примечание. Предел обнаружения, согласно методике HСAM 540-МС/ААС, для Pt и Pd составляет 5 мг/т, для Os (не сертифицирован), Ir, Ru, Rh и Au – 2 мг/т.

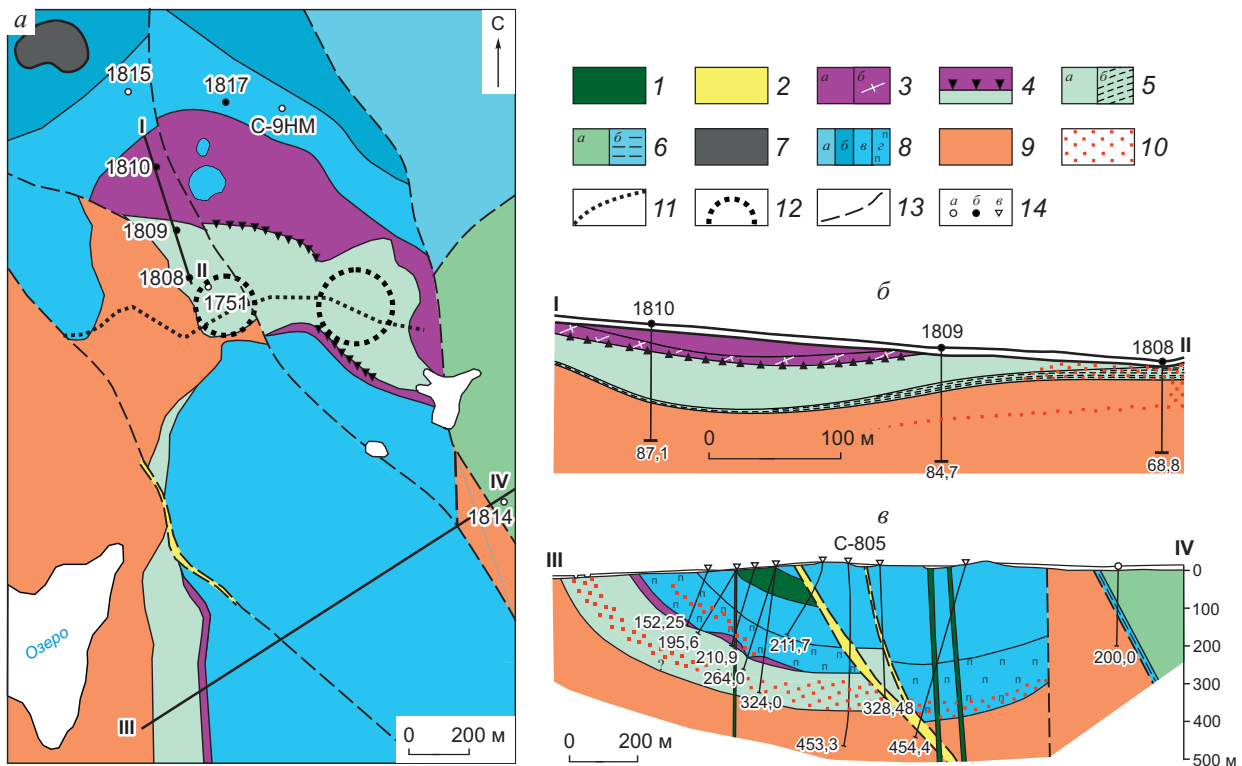


Рис. 2. СХЕМАТИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА (а) И УПРОЩЁННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАЗРЕЗЫ МАССИВА ГАББРО-10 (б) И БЛОКА ВЕРХНИЙ НЮД (в), СОСТАВЛЕННЫЕ ПО ФОНДОВЫМ МАТЕРИАЛАМ (С.М.Рутштейн и др., 1964 г.; В.С.Войтехович и др., 2002 г.) И ДАННЫМ АВТОРОВ:

1 – метагаббродолерит; 2 – тектоническая зона; 3 – метадiorит (а), чередование метадiorитов, диоритов фундамента и магнетитовых пород (б); 4 – магнетитовая порода; 5 – массив Габбро-10 (а – метагаббро, б – сланцеватое метагаббро); 6 – массив Вурэчуайвенч (а – метагаббронорит, б – сланцеватый метанорит); массив Нюд-Поаз и блок Верхний Нюд: 7 – критический горизонт, 8 – норит (а), оливинный норит (б), меланократовый норит (в), порфировидный меланорит (г); 9 – диорит фундамента; 10 – сульфидная вкрапленность; 11 – 10-я аномалия электропроводности Мончегорского рудного района; 12 – примерные контуры рудных медно-никелевых штоков; 13 – разрывные нарушения; 14 – скважины (а – опробованные на ЭПГ, б – изученные авторами, в – изученные только на цветные металлы)

чаев превышает 10×15 м. По структурно-текстурным особенностям и химическому составу большая часть пород ксенолитов отвечает меланоритам массива Нюд-Поаз [3].

Метагаббро перекрываются толщей так называемых метадiorитов, с которыми ассоциирует магнетитовая минерализация, включая пласт массивных магнетитовых пород (см. рис. 3). По данным ступенчатого опробования в этих породах нет значимых концентраций ЭПГ, впрочем, большая часть их разреза не изучена. Происхождение толщи метадiorитов и магнетитового пласта является предметом отдельной дискуссии [1, 2], выходящей за рамки данной работы.

По результатам бурения на никель (С.М.Рутштейн и др., 1964 г.), в юго-западной и восточной частях массива выделяются два рудных медно-никелевых штока, расположенных на геофизической аномалии (см. рис. 2, а). Концентрация никеля в рудных штоках варьирует от 0,2 до 0,9 масс. %, достигая на отдельных участках 1,3 масс. %. Отношение Cu/Ni в рудах составляет 1,5–2,5. По данным В.С.Войтеховича (2002 г.), концентрация благородных металлов в единичных пробах из скв. 1751, пересекшей один из рудных штоков, составляет десятки грамм на тонну.

Платинометалльно-медно-никелевая минерализация массива Габбро-10 связана с неравномер-

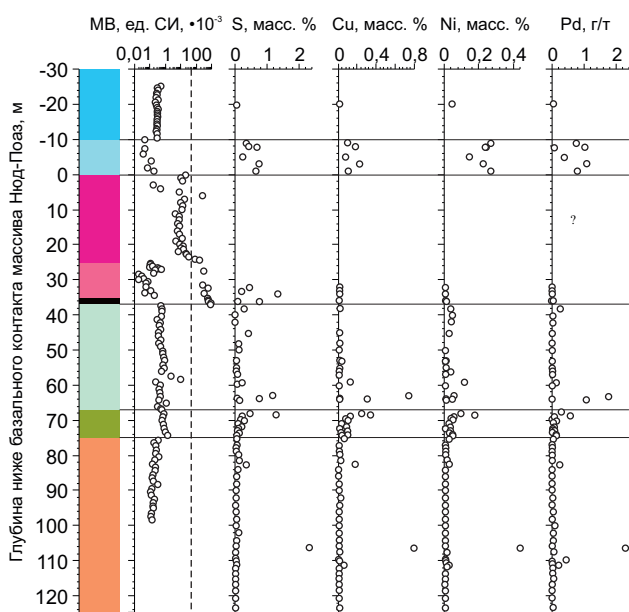


Рис. 3. УПРОЩЕННАЯ СОСТАВНАЯ СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ КОЛОНКА ЧЕРЕЗ ЭНДО- И ЭКЗОКОНТАКТЫ МАССИВА НЮД-ПОАЗ С ВАРИАЦИЯМИ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ (МВ) И КОНЦЕНТРАЦИЙ S, Cu, Ni, Pd В ПОРОДАХ (использованы геологические и геофизические данные по скважинам С-9НМ (-30–50 м), 1810 (50–99 м), 1809 (99–125 м), данные опробования по скважинам 1808, 1809, 1810, 1817 (см. табл. 1), данные о магнитной восприимчивости пород по скважине С-9НМ предоставлены В.В.Чашным):

1 – меланорит (Нюд-Поаз); 2 – мелкозернистый меланорит (Нюд-Поаз); 3 – метадиорит; 4 – чередование метадиоритов, диоритов фундамента и магнетитовых пород; 5 – магнетитовая порода; 6 – метагаббро; 7 – сланцеватое метагаббро; 8 – диорит фундамента

1 2 3 4 5 6 7 8

ной и участками гнездовой вкрапленностью сульфидов. Вкрапленность приурочена преимущественно к краевой зоне, однако нередко распространяется в метагаббро и диориты фундамента. Содержание сульфидов изменяется от единичных зёрен до 10 об. %. Сульфиды представлены в основном пентландитом, пирротинном и халькопиритом; встречаются пирит, миллерит, виоларит, маккинавит, ковеллин. Сульфидная вкрапленность обогащена халькопиритом, слагающим от 60 до 95% сульфидной массы. Существенное обогащение халькопиритом отличает данную минерализацию от минерализации эндоконтакта массива Нюд-Поаз, где преобладает пирротин [13]. Из минералов платиновой группы в породах массива Габбро-10 установлены котульскит, майченерит, сперрилит; отмечается также ЭПГ-содержащий кобальтин [6].

Результаты выполненного нами опробования керн буровых скважин и поверхности (см. табл. 1) приведены на обобщённом разрезе (см. рис. 3), охватывающем (снизу вверх) архейские диориты фундамента, сланцеватые метагаббро контактовой зоны, метагаббро центральной части массива и ксенолиты в них, магнетитовые породы, метадиориты и меланократовые нориты массива Нюд-Поаз, включая их мелкозернистую разновидность в эндоконтакте. Результаты анализа показывают, что максимальная концентрация Pd в сланцеватых метагаббро краевой зоны составляет 0,58 г/т (скв. 1808), в метагаббро – 1,78 г/т (проба G181-1 из об-

нажения), а в диоритах фундамента – 2,28 г/т (скв. 1809). Содержание никеля лишь в единичных пробах сланцеватых метагаббро и диоритах фундамента превышает 0,1 масс. % при относительно высоком Cu/Ni отношении. К сожалению, доступные в настоящее время для просмотра скважины, пробуренные в начале 2000-х годов, не пересекли рудные штоки, выделенные в 1960-е годы в ходе работ на никель. Но даже в слабо насыщенных сульфидами породах содержание ЭПГ сопоставимо с таковым в мелкозернистых меланоритах эндоконтакта массива Нюд-Поаз (рис. 4; см. рис. 3) и в краевых зонах других расслоенных интрузий Фенноскандинавского щита [11, 16]. На рис. 4 видно, что фигуративные точки минерализованных пород массива Габбро-10 и меланоритов массива Нюд-Поаз в целом образуют достаточно компактные и слабо перекрывающиеся поля. Можно отметить, что при одинаково высоком отношении Pd/Pt для пород массива Габбро-10 существует явная тенденция к смещению точек в область обогащения Cu, тогда как для пород массива Нюд-Поаз – в сторону обогащения Ni (см. рис. 4, д, е).

Предполагаемые объекты-аналоги и модели образования платинометалльно-медно-никелевой минерализации массива Габбро-10. Типичные примеры платинометалльно-медно-никелевого оруденения контактового типа в палеопротерозойских расслоенных интрузиях Фенноскандинавского щита – «донная залежь» Мончегорского плутона, ору-

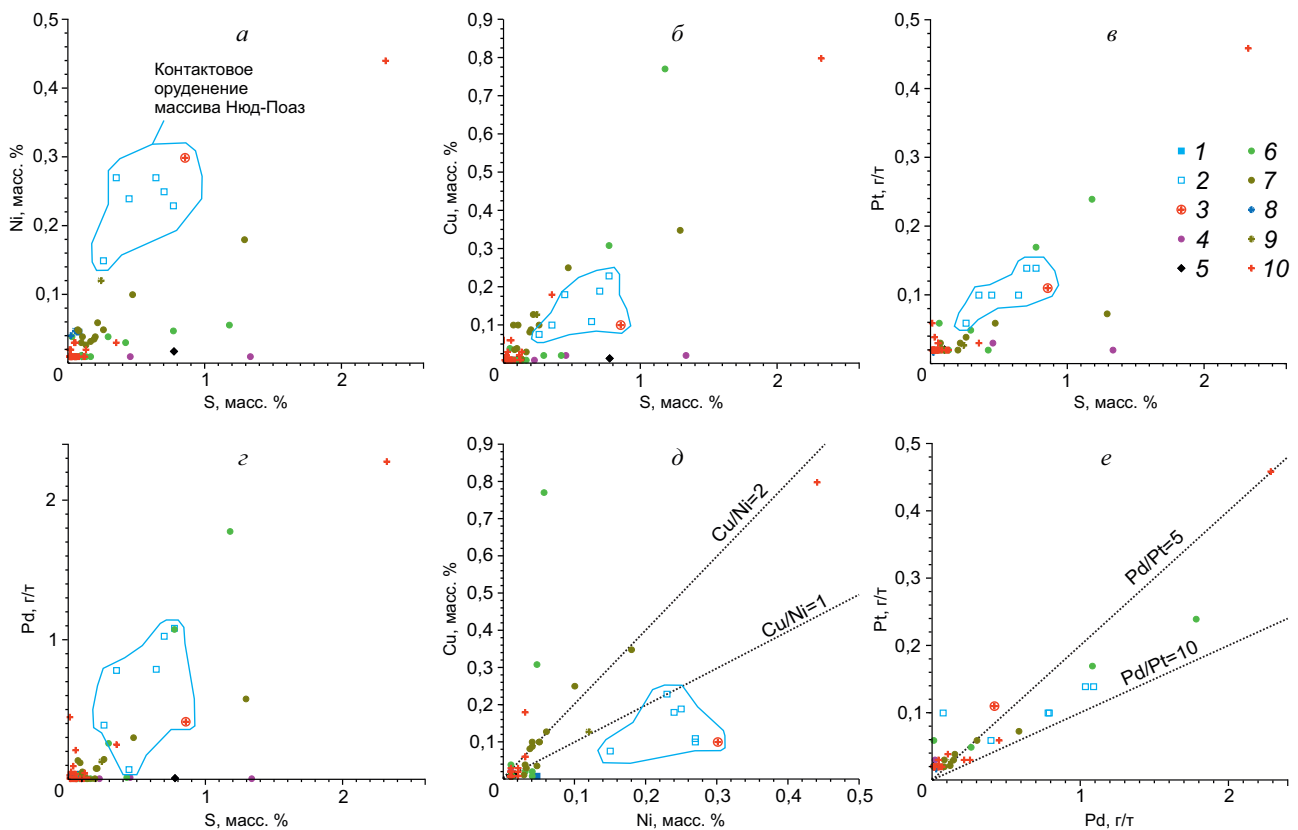


Рис. 4. БИНАРНЫЕ ВАРИАЦИОННЫЕ ДИАГРАММЫ РУДОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (данные по минерализованным диоритам фундамента массива Нюд-Поаз (скв. 1815), по [13]):

массив Нюд-Поаз: 1 – меланорит, 2 – мелкозернистый меланорит, 3 – диорит фундамента (скв. 1815); массив Габбро-10: 4 – метадiorит, 5 – магнетитовая порода, 6 – метагаббро, 7 – сланцеватое метагаббро, 8 – ксенолиты хлорит-амфиболовой породы, 9 – ксенолиты мелкозернистого метагаббро, 10 – диорит фундамента

денение краевых серий комплекса Порtimo в Финляндии и Фёдоровотундровского массива на Кольском полуострове. Общими чертами этих объектов являются приуроченность минерализации к зоне контакта расслоенных массивов с породами фундамента, в некоторых случаях – развитие эруптивных брекчий и умеренные содержания сульфидов (5–10%). Концентрации металлов в этом типе руд, в отличие от платинометалльных рифов, в целом невысокие – 1–2 (до 10) г/т по сумме Au, Pt, Pd и по 0,2–0,3 масс. % Cu и Ni. Однако эти руды образуют залежи большой мощности и содержат значительные запасы металлов [11, 12, 16].

Ранее нами были предложены два механизма образования контактового оруденения. Первый предполагает [13] осаждение сульфидных капель вблизи дна камеры из насыщенного серой расплава при благоприятствующих гравитационному про-

цессу условиях во всей магматической колонне интрузива (например, при обогащении расплава летучими компонентами, понижающими его вязкость). При этом миграция сульфидной жидкости нередко затрагивает породы прогретого и, возможно, частично расплавленного фундамента. Так, в интрузивах Суханко и Контиярви комплекса Порtimo металлоносные сульфиды из пород краевой серии распространяются на десятки метров в глубь фундамента [16]. Во вмещающих массив Нюд-Поаз архейских диоритах сульфидная вкрапленность с отношением Cu/Ni, аналогичным таковому в породах эндоконтакта (~0,8), просачивается вниз на расстояние первых метров [13].

Другой механизм обоснован для платинометалльно-медно-никелевого месторождения Фёдоровой тундры, одного из крупнейших по запасам ЭПГ в Европе [4, 5, 7]. Месторождение приурочено-

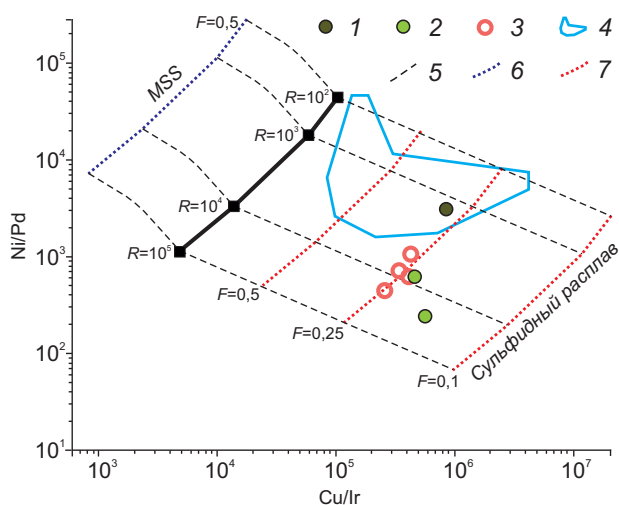


Рис. 5. БИНАРНАЯ ДИГРАММА ОТНОШЕНИЙ Ni/Pd И Cu/Ir (значение коэффициента разделения $D_{(mss/сульфидный\ расплав)}$ по [10], данные для минерализованного эндоконтакта массива Нюд-Поаз по [13]):

1 – сланцеватое метагаббро; 2 – метагаббро; 3 – рудные габбронориты массива Фёдоровой тундры; 4 – минерализованный эндоконтакт массива Нюд-Поаз; 5 – модельные составы моносульфидного твёрдого раствора (*mss*), кристаллизующегося из фракционирующей сульфидной жидкости, и остаточного расплава; 6 – составы конечных членов *mss*; 7 – составы остаточной сульфидной жидкости при различной степени фракционирования (*F* – доля остаточного расплава); $D_{(сульфидный/силикатный\ расплав)}$: 30 000 для ЭПГ, 1000 для Cu, 500 для Ni

но к толще такситовых рудоносных габброидов, которые, как полагают, внедрились в основание массива после кристаллизации расслоенной серии [4, 14]. В результате рудная зона месторождения представляет собой интрузивную брекчию мощностью до 300 м, содержащую крупные (десятки метров) обломки более ранней магматической фазы. Исследования состава ксенолитов в массиве Габбро-10 показывают, что они преимущественно являются обломками кумулатов нижней части расслоенной серии массива Нюд-Поаз [2]. Таким образом, массив Габбро-10, как и краевая серия массива Фёдоровой тундры, – поздняя интрузивная фаза по отношению к более крупному массиву. Следует отметить, что взаимоотношения ранней и поздней интрузивных фаз в массиве Габбро-10 подчёркиваются наличием в метагаббро обломков пород, соответствующих по составу эндоконтактовым меланоритам массива Нюд-Поаз.

Для объяснения процесса обогащения сульфидной вкрапленности ЭПГ применяется моделирование *R*-фактора, т.е. соотношения масс равновесно прореагировавших силикатного и сульфидного расплавов [10]. Сульфидная вкрапленность в мелкозернистых меланоритах массива Нюд-Поаз, к примеру, образовалась при относительно низких значениях *R*-фактора – от 2000 до 4000 [13]. С учётом принятых для массива Нюд-Поаз и Мончеплутона условий моделирования [13], полученные геохимические данные по оруденению массива Габбро-10 можно объяснить сегрегацией сульфидов при значениях *R*-фактора, достигающих 20000. Подобное соотношение масс прореагировавших сульфидного и силикатного расплавов характерно для

промышленных платинометалльно-медно-никелевых месторождений контактового типа (рис. 5). Обращает на себя внимание то, что оруденение массива Габбро-10, как и такситовые габбронориты Фёдоровой тундры, характеризуется фракционированным составом сульфидной жидкости, которая, по-видимому, потеряла комплементарный моносульфидный твёрдый раствор в промежуточной камере на глубине.

Таким образом, ассоциирующее с массивом Габбро-10 сульфидное платинометалльно-медно-никелевое оруденение образовалось, вероятно, в результате внедрения дополнительной магматической фазы, насыщенной сульфидной жидкостью. Сульфиды в процессе гравитационного осаждения и просачивания в интеркумулусном пространстве концентрировались в нижней части массива, преимущественно в породах краевой зоны (сейчас – сланцеватых метагабброидах). Этот процесс затронул и подстилающие архейские диориты, содержащие аналогичное с метагаббро сульфидное оруденение (см. отношение Cu/Ni, рис. 4, д).

Подчеркнём, что похожее метагаббро с сульфидной вкрапленностью развито в придонной части блока Верхний Нюд, расположенного южнее массива Габбро-10. Концентрации ЭПГ, выявленные в канавах в западной части блока (см. рис. 2, в), достигают 4,8 г/т (В.С.Войтехович и др., 2002 г.). По данным скв. С-805, опробованной лишь на медь и никель, мощность зоны сульфидной вкрапленности в метагаббро составляет ~100 м.

Выполненные исследования позволяют предположить нахождение в районе массива Нюд-Поаз и блока Верхний Нюд, в области развития поздней

интрузивной фазы метагаббро (массив Габбро-10, блок Верхний Нюд), среднего по запасам благородных металлов платинометалльно-медно-никелевого месторождения, размер которого можно оценить по аналогии с месторождением Фёдорова тундра. Необходимо отметить, что геологоразведочные работы следует проводить, опираясь на опыт, полученный на найденных месторождениях этого типа (Е.В.Ноздря и др., 2008 г.).

Массив Габбро-10 представляет собой позднюю интрузивную фазу расслоенного массива Нюд-Поаз и, таким образом, является частью палеопротерозойской рудно-магматической системы Мончегорского комплекса. Платинометалльно-медно-никелевая минерализация массива относится к контактовому типу. Массив Габбро-10 – второй объект Кольской платиноносной провинции (после месторождения Фёдорова тундра), для которого уста-

новлено, что контактовое платинометалльно-медно-никелевое оруденение сформировалось в результате позднего интрузивного события в базальной части расслоенной интрузии. В дальнейших исследованиях целесообразны постановка геологоразведочных работ и детальное научное изучение этого перспективного объекта.

Авторы выражают благодарность О.В.Казанову за предоставленный для изучения керн скважин и А.Н.Иванову за помощь в подготовке графики. Критические замечания Т.В.Рундквист и анонимного рецензента способствовали её улучшению. За проведённые измерения авторы признательны аналитикам ГИ КНЦ РАН Л.И.Константиновой, Л.В.Филиппычевой, И.Б.Карановой. Исследования выполнены в рамках темы НИР № 0231-2015-0002 при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ (проекты 16-05-00367, 15-35-20501).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Генезис магнетитового пласта массива Габбро-10, Мончегорский комплекс, Кольский регион: данные U-Pb SHRIMP-II датирования метадиоритов / Н.Ю.Грошев, П.В.Припачкин, Б.Т.Кариковски и др. // Геология рудных месторождений. 2018. № 6. С. 546-557.*
2. *Грошев Н.Ю., Малыгина А.В., Абрамова В.Д. Магнетитовый пласт в экзоконтакте массива Нюд Мончегорского комплекса: новые генетические ограничения по LA-ICP-MS данным о составе магнетита // Тр. ФНС. 2018. № 15. С. 124–127.*
3. *Грошев Н.Ю., Малыгина А.В., Тимофеева М.Г. Исследование природы высокомагнезиальных ксенолитов массива Габбро-10, Мончегорский комплекс, Кольский регион // Вестн. МГТУ. 2018. Т. 21. № 1. С. 5–17.*
4. *Грошев Н.Ю., Ниткина Е.А., Митрофанов Ф.П. Двухфазный механизм образования платинометалльных базитов Федоровотундровского массива на Кольском полуострове: новые геологические и изотопно-геохронологические данные // ДАН. 2009. Т. 427. № 5. С. 669–673.*
5. *Грошев Н.Ю., Савченко Е.Э. Риф Невидимый – новый уровень малосульфидной платинометалльной минерализации в массиве Федоровой тундры (Кольский полуостров, Россия) // Руды и металлы. 2011. № 5. С. 15–26.*
6. *Ефимов А.А., Субботин В.В., Вурсий Г.Л. Геологическое строение и характеристика сульфидной ЭПГ-содержащей минерализации массива Габбро-10 (Мончегорский интрузив, Кольский полуостров) // Мат-лы XV молодежной конференции, посвященной памяти К.О.Кратца. 2004. С. 74–76.*
7. *Корчагин А.У., Митрофанов Ф.П. Месторождения МПГ западной части Федорово-Панских тундр (Федорово и Малая Пана): состояние и перспективы освоения // Интеррег-Тасис проект: Стратегические минеральные ресурсы Лапландии – основа устойчивого развития Севера. Апатиты, 2008. Вып. 1. С. 42–51.*
8. *Малосульфидные платинометалльные руды палеопротерозойского Мончегорского плутона и массивов его южного обрамления (Кольский полуостров, Россия): геологическая характеристика и изотопно-геохронологические свидетельства полихронности рудно-магматических систем / В.В.Чащин, Т.Б.Баянова, Ф.П.Митрофанов и др. // Геология рудных месторождений. 2016. № 1 (58). С. 41–63.*
9. *Расслоенные интрузии Мончегорского рудного района: петрология, оруденение, изотопия, глубинное строение. Ч. 1 / Под ред. Ф.П.Митрофанова, В.Ф.Смолякина. – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2004.*
10. *Barnes S.-J., Maier W.D. The fractionation of Ni, Cu and the noble metals in silicate and sulfide liquids // Dynamic Processes in Magmatic Ore Deposits and Their Application in Mineral Exploration. Geological Association of Canada. Short Course. 1999. Vol. 13. P. 69–106.*
11. *Basal Platinum-Group Element Mineralization in the Fedorov Pansky Layered Mafic Intrusion, Kola Peninsula, Russia / D.Schissel, A.A.Tsvetkov, F.P.Mitrofanov et al. // Economic Geology. 2002. Vol. 97. P. 1657–1677.*
12. *Controls on the formation of contact-type platinum-group element mineralization in the East Bull Lake intrusion / D.C.Peck, R.R.Keays, R.S.James et al. // Economic Geology. 2001. Vol. 96. P. 559–581.*

13. *Critical Controls on the Formation of Contact-Style PGE-Ni-Cu Mineralization: Evidence from the Paleoproterozoic Monchegorsk Complex, Kola Region, Russia* / B.T.Karykowski, W.D.Maier, N.Y.Groshev et al. // *Economic Geology*. 2018. 113(4). P. 911–935.
14. *East Scandinavian and Noril'sk Plume Mafic Large Igneous Provinces of Pd–Pt Ores: Geological and Metallogenic Comparison* / F.P.Mitrofanov, T.B.Bayanova, A.U.Korchagin et al. // *Geology of Ore Deposits*. 2013. Vol. 55. P. 305–319.
15. *Geological structure and ore mineralization of the South Sopchinsky and Gabbro-10 massifs and the Morshkovoe Lake target, Monchegorsk area, Kola Peninsula, Russia* / P.V.Pripachkin, T.V.Rundkvist, Y.A.Miroshnikova et al. // *Mineralium Deposita*. 2015. P. 973–992.
16. *Ilijina M.J., Alapieti T.T., McElduff B.M.* Platinum-group element mineralization in the Suhanko-Konttijärvi intrusion, Finland // *Australian Journal of Earth Sciences*. 1992. Vol. 39 (3). P. 303–313.

GEOLOGICAL SETTING AND PLATINUM POTENTIAL OF GABBRO-10 MASSIF, MONCHEGORSK COMPLEX, KOLA REGION

N.Yu.Groshev, P.V.Pripachkin
(FSBSI Geological Institute of Kola Scientific Center RAS, Apatity)

Geological and geochemical studies suggest that Gabbro-10 massif is the late intrusive phase of Nyud-Poaz layered massif and forms a part of Paleoproterozoic ore-magmatic system of Monchegorsk complex. PGE-Cu-Ni massif mineralization containing up to 2,3 g/t Pd is assumed to be contact type. Mineralization resulted from sulfide and silicate melt interaction in an intermediate chamber at depth (R factor range of 2000–20000) and is potentially economic. Economic prospects are related to orebodies of a Cu-Ni occurrence explored in the 1930s and metagabbro strata in Verkhny Nyud block virtually unexplored for PGE. Gabbro-10 massif is most similar to Fedorova Tundra deposit where ore formation resulted from the late emplacement of sulfide fluid-rich melt in the layered intrusion basal part. The massif geological identification significantly contributes to understanding layered intrusion petrology and formation processes of contact-type PGM deposits.

Keywords: Monchegorsk complex, layered intrusions, contact type, sulfide mineralization, nickel, platinum-group elements.



ПРИГЛАШАЕМ К СОТРУДНИЧЕСТВУ

Журнал «Руды и металлы» приглашает к сотрудничеству представителей геологических, горно-геологических, горнодобывающих организаций и предприятий, отраслевых научно-исследовательских, академических и образовательных институтов

По вопросам размещения рекламы или издания целевого номера, посвящённого вашему предприятию, организации, её продукции и услугам обращаться по телефону 8 (495) 315-28-47 или электронной почте rudandmet@tsnigri.ru

Реклама по заказам отраслевых организаций и высших учебных заведений выполняется по льготным расценкам