

УДК 552.11+553.212

**СОСТАВ ПЛАГИОКЛАЗА В РАЗРЕЗЕ ГЛАВНОГО АНОРТОЗИТОВОГО ПЛАСТА
ЗАПАДНО-ПАНСКОГО ПЛАТИНОНОСНОГО МАССИВА
(КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ, РОССИЯ): НОВЫЕ ДАННЫЕ***

Н. Ю. Грошев, Е. С. Борисенко, Е. Э. Савченко
ФГБУН Геологический институт КНЦ РАН

Аннотация

В статье приводятся новые результаты изучения состава плагиоклаза в главном анортозитовом пласте Западно-Панского массива, вмещающем Южный платиноносный риф. По данным 10 изученных шлифов, из пересекшей анортозиты скважины кумулусный плагиоклаз в них, так же как и во вмещающих габброноритах, соответствует битовниту и содержит 73–75 % An. Среднее содержание FeO в кумулусных плагиоклазах анортозитов вдвое меньше, чем в плагиоклазах вмещающих пород, и составляет 0,3 мас. %. По аналогии с порфировыми базальтами, вкрапленники плагиоклаза в которых обеднены железом относительно микролитов основной массы, это объясняется, предположительно, ранней кристаллизацией плагиоклаза анортозитов из расплава. Платинометалльное оруденение в анортозитах не сопровождается значимыми вариациями состава кумулусного плагиоклаза, и его положение практически совпадает с уровнем предполагаемого просачивания в плагиоклазовые кумулаты интеркумулусной жидкости из вышележащей толщи. В связи с этим генезис богатых руд Южного рифа, по-видимому, определяется преимущественно позднемагматическим процессом. В совокупности полученные данные свидетельствуют о стратиграфических взаимоотношениях и синхронности образования анортозитов и вмещающих габброноритов.

Ключевые слова:

анортозиты, состав плагиоклаза, Западно-Панский массив, Южный риф.

**NEW DATA ON PLAGIOCLASE COMPOSITION IN THE SECTION
OF THE MAIN ANORTHOSITE LAYER OF THE WEST-PANA PGE-BEARING INTRUSION
(KOLA PENINSULA, RUSSIA)**

Nikolay Yu. Groshev, Elena S. Borisenko, Yevgene E. Savchenko
Geological Institute of the KSC of the RAS

Abstract

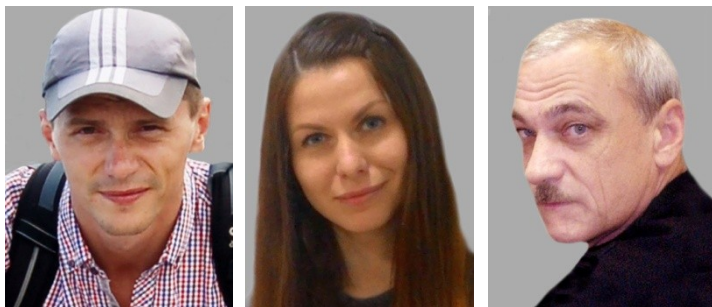
The article presents new microprobe data on compositions of plagioclase in the section of the main anorthosite layer hosting the South PGE Reef of the West-Pana intrusion. According to 10 studied thin sections from the drill hole that has intersected the anorthosites, cumulus plagioclase contains in average 75 % An, the same An content is observed in the underlying cumulates. Average FeO content in cumulus plagioclase of anorthosite is a twice lower than in gabbronorites and equals 0,3 wt. %. Similar to porphyreous basalts containing less ferrous plagioclase porphyrocrysts and more ferrous plagioclase microliths, it is supposed that the reason of this difference is an earlier crystallization of plagioclase of anorthosite from a less

* Работа подготовлена при финансовой поддержке проекта РФФИ № 15-35-20501.

ferrous melt. The position of PGE mineralization within the anorthosite layer is not controlled by variations in cumulus plagioclase compositions and coincides with the level of percolation of intercumulus liquid from overlying cumulates. So, it is supposed that the genesis of high-grade PGE ores of the South Reef is rather defined by predominant late-magmatic than early-magmatic processes. Collectively, the data suggest a stratigraphical relationship and a synchronous formation of the anorthosite and underlying gabbro-norites.

Keywords:

anorthosite, plagioclase composition, West-Pana intrusion, South Reef.



Введение

Одна из главнейших целей изучения расслоенных интрузий [1] заключается в определении причин образования слоев пород, сложенных различными наборами минералов [2, 3]. Данные об изменении состава кумулусных минеральных фаз важны для понимания процессов

образования слоев магматических пород. Вероятно, наиболее подходящим для исследований параметром является состав плагиоклаза, который в связи с крайне медленным диффузионным обменом между CaAl и NaSi [3] сохраняет свой первичный состав в центральных частях зерен, будучи наименее подверженным влиянию взаимодействия с интеркумулусной жидкостью и отличаясь в этом плане от железомagneзиальных силикатов [2].

Проведенное ранее изучение вариаций состава плагиоклазов в Западно-Панском массиве [4] выявило закономерный рост его основности в направлении Верхнего расслоенного горизонта, что объяснялось участием поздних дополнительных инъекций магмы. Изотопные U-Pb цирконметрические данные [5] показали, что возраст расположенного здесь главного анортозитового пласта моложе, чем возраст подстилающих базитов, примерно на 50 млн лет. Таким образом, согласно имеющимся данным, допускается возможность интродуирования массива этими анортозитами. Для проверки этого мы использовали детальное изучение состава плагиоклаза по разрезу пласта и во вмещающих породах. До наших исследований оценить эти вариации по всей мощности пласта не представлялось возможным в связи с недостаточностью данных (один анализ плагиоклаза из анортозитов представлен в работе [4]).

Материал и методика исследований

Состав плагиоклаза изучался микронзондовым методом в комбинированных шлифах, изготовленных из материала, отобранного из керна скважины BG-S-30. Всего было изучено 10 шлифов, по которым сделано 79 определений состава плагиоклаза. Измерения выполнены на микроанализаторе MS-46 Cameca. Ускоряющее напряжение — 22 кВ, ток зонда — 30 нА. Время измерения составляло 50 с в каждой точке. В целях предотвращения миграции Na из зоны анализа электронный зонд был расфокусирован до диаметра 10 мкм. В качестве веществ сравнения использовались: лоренценит ($\text{NaK}\alpha$, $\text{TiK}\alpha$), волластонит ($\text{SiK}\alpha$, $\text{CaK}\alpha$), вадеит ($\text{KK}\alpha$), $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ ($\text{AlK}\alpha$), гематит ($\text{FeK}\alpha$). Предварительно препараты просматривались на сканирующем электронном микроскопе Leo-1450 в режиме обратно отраженных электронов с целью выявления пригодных для анализа зерен плагиоклаза и конкретных областей в каждом из них.

Геолого-петрографическая характеристика

Западно-Панский массив входит в состав палеопротерозойского (2,5 млрд лет) Федорово-Панского интрузивного расслоенного комплекса, расположенного в центральной части Кольского п-ова (рис. 1). В массиве протяженностью 30 км и мощностью более 3,5 км преобладают однородные мезократовые породы базитового состава. Расслоенность, отчетливо проявленная на двух уровнях разреза — в Нижнем и Верхнем расслоенных горизонтах, а также в перекрывающем последний Оливиновом горизонте, — имеет юго-западное пологое падение. Подробное описание геологического строения и платинометалльного оруденения Западно-Панского массива приведено в работах [4, 6–8].

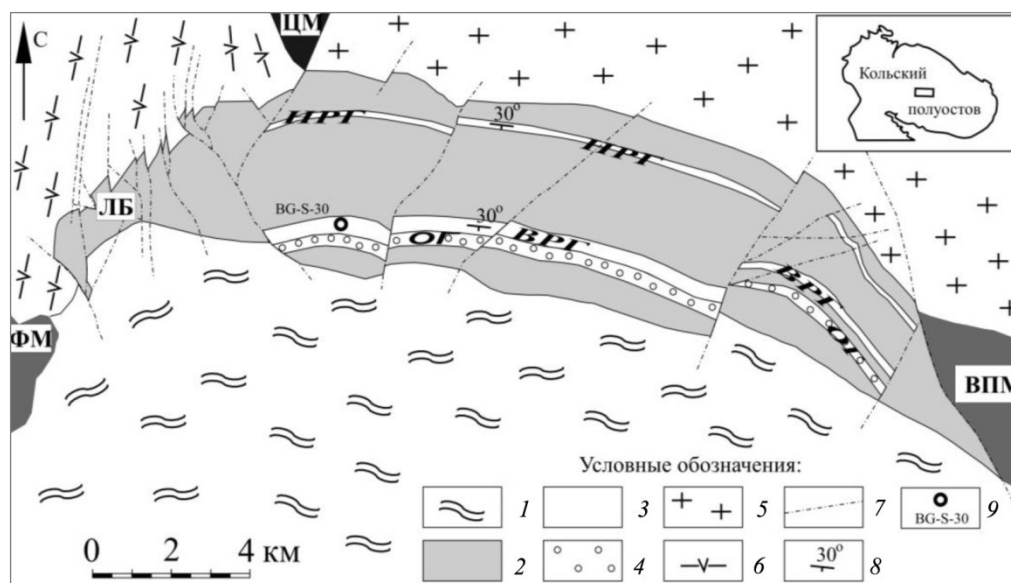


Рис. 1. Схема геологического строения Западно-Панского массива (с изменениями, по [6]):

ЦМ — Цагинский габбро-анортозитовый массив архейского возраста; ФМ, ЛБ и ВПМ — Федоровотундровский массив, Ластьяврский блок и Восточно-Панский массив Федорово-Панского комплекса;

1 — вулканогенно-осадочные породы зоны Имандра-Варзуга; породы Западно-Панского массива: 2 — габбронориты, 3 — расслоенные горизонты (НРГ — Нижний, ВРГ — Верхний), 4 — Оливиновый горизонт (ОГ); 5 — архейские щелочные граниты массива Белых тундр; 6 — архейские диорито-гнейсы; 7 — разрывные нарушения; 8 — элементы залегания расслоенности; 9 — местоположение скважины BG-S-30

Главный анортозитовый пласт (ГАП) располагается в основании Верхнего расслоенного горизонта, который представляет собой толщу габброноритов мощностью 100–150 м, содержащую прослои и линзы норитов и анортозитов. В отличие от других стратиформных анортозитов Западно-Панского массива, распространенных в Нижнем расслоенном и Оливиновом горизонтах, ГАП сравнительно выдержан по простиранию, имеет большую мощность (10–15 м) и не сопровождается комплементарными магнезиально-железистыми кумулатами, залегая среди мезократовых пород. В кровле ГАП в виде крайне прерывистых линз встречается вкрапленная сульфидная минерализация, во всех пересечениях экстремально обогащенная ЭПГ (до 40 г/т) и известная в литературе как Южный платиноносный риф. Перечисленные особенности пласта делают его важным маркирующим горизонтом и позволяют выделить в статусе главного среди анортозитов массива.

Разрез ГАП был детально изучен в скважине BG-S-30, пробуренной на участке Южный Каменник в 2012 г. (рис. 2). В заданной под прямым углом к пласту скважине он пересечен на протяжении 13 м (в интервале 26,35–39,70 м). В лежащем боку залегают массивные и трахитоидные габбронориты (плагиоклаз-авгит-энстатитовые кумулаты) мелко-среднезернистого сложения, которые вверх по разрезу в зоне мощностью около 1 м постепенно переходят к крупно-среднезернистым анортозитам (рис. 2). В висячем боку пласт перекрыт метровым слоем норитов (плагиоклаз-энстатитовых кумулатов) с резким нижним контактом между ними. Перекрывающие габбронориты (плагиоклаз-авгит-энстатитовые кумулаты) представлены чередованием средне- и крупнозернистых разновидностей с участком такситовых пород в интервале 20,70–22,85 м.

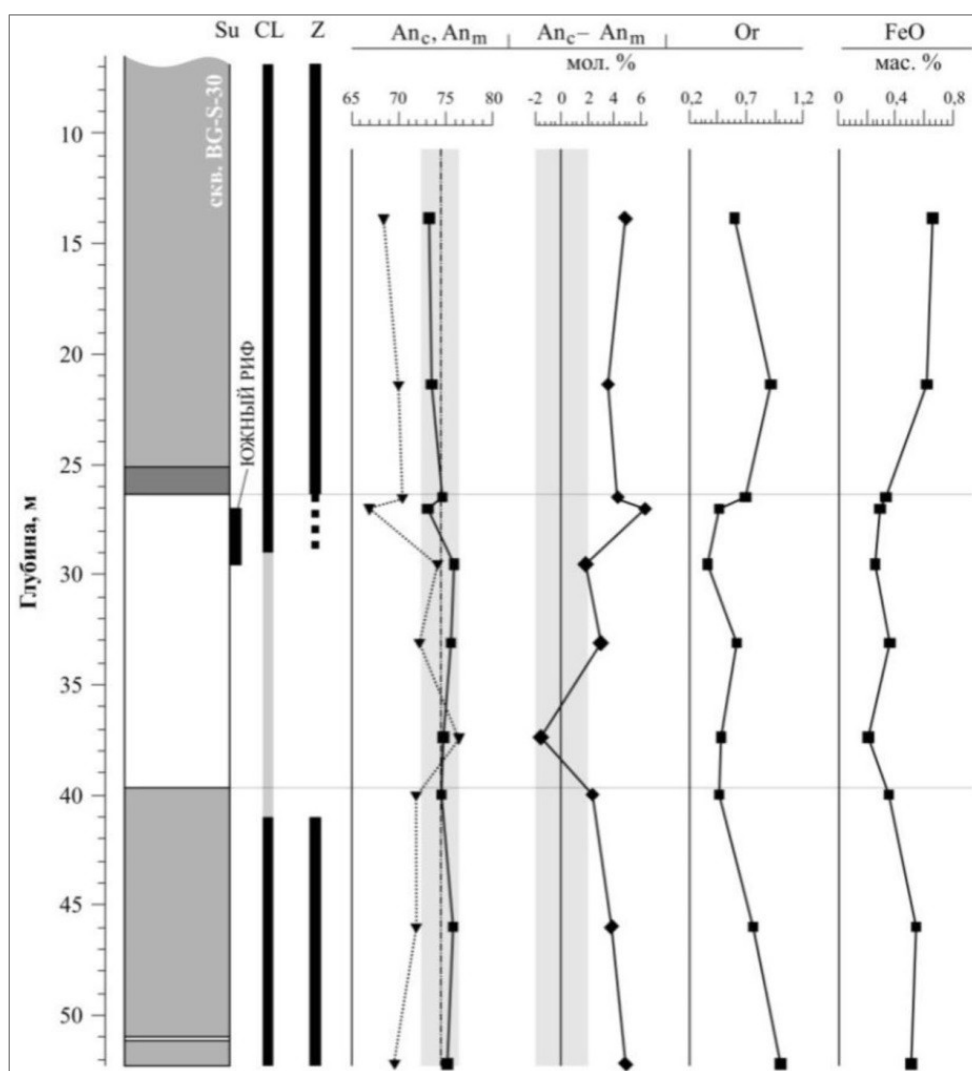


Рис. 2. Анортозитовый пласт (белое) во вмещающих габброноритах (серый цвет) и норитах (темно-серый цвет) с вариациями окраски, зональности и состава плагиоклаза по разрезу скважины BG-S-30:

An_c, An_m — содержание An в кумулатном ядре (квадраты) и кайме (треугольники) плагиоклаза, серым выделено поле погрешности анализа; Su — сульфидная минерализация; CL — цвет плагиоклаза в породе: черный и светло-серый; Z — типы зональности плагиоклаза по окраске в шлифах (сплошная линия — серое с буроватым оттенком ядро и бурая кайма, пунктир — бесцветное ядро и бурая кайма, нет линии — бесцветные ядро и кайма)

Плагиоклазовые кумулаты, слагающие ГАП, неоднородны и представлены незакономерным чередованием лейкоабброноритов (78–90 об. % плагиоклаза) и анортозитов (> 90 об. % плагиоклаза). Помимо главного минерала, кумулусного плагиоклаза, лейкоаббронориты содержат интрекумулусные клинопироксен (2–12 %), ортопироксен (5–10 %), кварц (до 1 %) и рудные минералы (до 5 %). Вторичные минералы представлены амфиболом, замещающим преимущественно ортопироксен, и минералами соссюритовой ассоциации. Темноцветные минералы анортозитов, как правило, полностью замещены амфиболом и биотитом. Вторичные изменения, сконцентрированные в анортозитах в интеркумулусном пространстве, практически не затрагивают кумулусный плагиоклаз. В породах ГАП акцессорные минералы включают циркон, бадделеит, апатит, эпидот, титанит, рутил, биотит, а рудные минералы — халькопирит, борнит, миллерит, пентландит, пирротин, магнетит, ильменит и, кроме того, широкий спектр минералов платиновой группы (высоцит, куперит-бреггит, котульскит, кейтконнит, мончеит, теллурупалладинит, сперрилит, стиллуотерит, торнроозит и др.) [8].

Состав кумулусного плагиоклаза

Вариации состава плагиоклаза в расслоенных интрузиях определяются составом кумулусного минерала, выделившегося в раннемагматическую стадию кристаллизации расплава. Понятие кумулусного плагиоклаза, изначально введенное Л. Уэйджером с коллегами [9], подразумевает наличие в нем центральной части (кумулусного ядра) и периферической оболочки (интеркумулусной каймы). В зависимости от характера различий в составе ядра и каймы минерал может иметь прямую или обратную зональность [3]. В настоящей работе используется 46 составов кумулусного плагиоклаза, усредненный состав которого приведен в табл. 1. В каждом шлифе определялся состав, как правило, пяти кумулусных участков зерен. Из расчета исключены единичные резко отличные по содержанию An анализы, которые попадают на участок зерна, близко расположенный к кайме, или двойниковый шов кристалла. Стандартное отклонение полученных средних содержаний An изменяется от $\pm 0,9$ до $2,6$ % и в большинстве случаев менее чем ± 2 %. По аналогии с детальными исследованиями плагиоклазов Бушвельда [2, 10] мы принимаем, что пределы неопределенности для всех использованных средних значений составляют ± 2 % An . На рис. 2 показано среднее содержание An в кумулусных зернах (An_c) для всех образцов в зависимости от глубины скважины.

Таблица 1

Средний химический состав кумулусных ядер плагиоклазов, мас. %

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	13,85	21,40	26,50	27,00	29,53	33,10	37,40	40,00	46,00	52,20
	$n = 4$	$n = 5$	$n = 5$	$n = 5$	$n = 5$	$n = 4$	$n = 5$	$n = 4$	$n = 4$	$n = 5$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO_2	50,29	50,56	50,17	49,75	48,97	49,95	49,94	50,29	49,33	50,08
TiO_2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	—
Al_2O_3	30,60	30,34	30,79	31,04	31,79	31,31	31,21	30,63	31,16	30,48

Na ₂ O	3,02	2,97	2,79	3,10	2,68	2,74	2,83	2,89	2,70	2,91
K ₂ O	0,10	0,16	0,12	0,08	0,06	0,11	0,08	0,08	0,13	0,17
Сумма	99,63	99,55	99,12	99,51	99,17	99,76	99,47	99,48	99,21	99,34
Коэффициенты в формуле (O = 8)										
Si	2,309	2,322	2,309	2,287	2,258	2,288	2,292	2,310	2,277	2,307
Al	1,656	1,642	1,670	1,682	1,727	1,690	1,688	1,658	1,695	1,655
Ti	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	–
Fe	0,025	0,024	0,013	0,011	0,009	0,015	0,008	0,015	0,021	0,020
Ca	0,736	0,733	0,736	0,751	0,762	0,749	0,748	0,747	0,759	0,750
Na	0,269	0,264	0,249	0,276	0,239	0,243	0,252	0,257	0,242	0,260
K	0,006	0,009	0,007	0,005	0,004	0,006	0,005	0,005	0,008	0,010
Сумма	5,000	4,994	4,984	5,012	5,000	4,992	4,992	4,992	5,001	5,001
Or	0,60	0,92	0,69	0,46	0,36	0,65	0,48	0,48	0,77	1,00
Ab	26,59	26,25	25,14	26,78	23,82	24,36	25,06	25,47	23,97	25,46
An	72,81	72,83	74,17	72,76	75,82	74,99	74,46	74,05	75,27	73,54
An _c	73,25	73,51	74,69	73,10	76,10	75,48	74,82	74,41	75,85	74,28
An _c min	71,58	71,91	72,20	70,40	74,80	72,49	71,40	73,48	73,69	72,32
An _c max	75,50	74,32	78,75	74,30	78,00	76,91	76,10	76,06	77,29	75,44

Примечание. Здесь и в табл. 2: 1–2 — габбронориты висячего бока, 3–7 — породы ГАП, 8–10 — габбронориты лежащего бока. $An_c = 100 \cdot An / (An + Ab)$, мол. %; An_{cmin} , An_{cmax} — пределы вариаций номера плагиоклаза в частных определениях.

По разрезу ГАП средняя доля An в кумулусном плагиоклазе варьирует от 73 до 76 %, не выходя за пределы поля ошибки, построенного относительно среднего номера плагиоклаза в анортозитах (74,8 %, $n = 24$). В подстилающей толще, включая габбронориты с неокрашенным плагиоклазом из области постепенного нижнего контакта пласта (рис. 2), состав плагиоклаза является таким же (74–76 % An). Немногим более кислый плагиоклаз перекрывающей толщи (рис. 2), также находясь в поле ошибки, варьирует в узких пределах (73–74 % An, табл. 1). Таким образом, эти данные показывают, что состав кумулусного плагиоклаза в изученном разрезе значимо не изменяется, соответствуя битовниту.

Отсутствие различий в составе плагиоклаза анортозитов и вмещающих пород предполагает их сингенетичность, не подтверждая возможность позднего внедрения анортозитов в габбронориты. В пользу этого также свидетельствуют постепенный нижний контакт пласта и плавное снижение содержания Or при переходе от подстилающих пород к анортозитам (рис. 2). Более того, судя по практически вдвое меньшему, чем в габброноритах, содержанию FeO в кумулусном плагиоклазе анортозитов, вероятной представляется его более ранняя кристаллизация по сравнению с плагиоклазом вмещающих пород из менее насыщенного

железом расплава. Такую интерпретацию поддерживают данные о содержании железа в плагиоклазах порфировых базальтовых лав современных вулканов: порфировкраспленники плагиоклаза в них содержат 0,3–0,6 мас. % FeO, в то время как микролиты плагиоклаза основной массы — 0,8–0,9 мас. % [12].

Важным и показательным в сравнении с промышленными рифовыми месторождениями Западно-Панского массива является отсутствие значительных изменений основности плагиоклаза в месте пересечения Южного рифа (рис. 2), чему яркий пример — платинометалльное месторождение Киевей в Нижнем расслоенном горизонте [6]. Согласно микрозондовым данным [4] и нормативным пересчетам состава пород [11], для этого месторождения установлено, что наиболее богатые платиноносные горизонты расположены в интервалах с максимальными содержаниями An в плагиоклазе. Они содержат заметно более основной плагиоклаз, отличающийся от состава плагиоклаза рудовмещающих пород на 4–10 % An. Такое соотношение богатого оруденения и скрытой расслоенности предполагает, что в образовании месторождения Киевей определяющую роль играл раннемагматический процесс, отразившийся в составе наиболее раннего и распространенного породообразующего минерала. Наблюдаемое в Южном рифе соотношение, наоборот, не выделяет раннемагматические события анортозитовой толщи в качестве определяющих рудообразование.

Зональность плагиоклаза

Практически во всех изученных шлифах плагиоклаз обладает прямой зональностью, когда кайма более кислого состава окружает кумулюсное ядро более основного состава. Состав каймы (An_m) определен в каждом шлифе и охарактеризован в общем 23 микрозондовыми анализами (рис. 2, табл. 2).

Таблица 2

Средний химический состав каймы кумулюсных плагиоклазов, мас. %

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	13.85	21.40	26.50	27.00	29.53	33.10	37.40	40.00	46.00	52.20
	<i>n</i> = 3	<i>n</i> = 2	<i>n</i> = 2	<i>n</i> = 3	<i>n</i> = 2	<i>n</i> = 1	<i>n</i> = 2	<i>n</i> = 3	<i>n</i> = 3	<i>n</i> = 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO ₂	51,48	51,19	51,28	51,04	49,64	50,67	49,91	51,11	50,15	51,53
TiO ₂	0,02	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	–
Al ₂ O ₃	29,90	30,15	30,01	30,20	31,85	31,36	30,88	30,52	30,81	29,68
FeO	0,69	0,56	0,52	0,21	0,36	0,25	0,24	0,24	0,61	0,49
CaO	13,87	14,17	13,90	14,32	14,86	14,54	15,40	14,56	14,63	14,05
Na ₂ O	3,54	3,36	3,22	3,93	2,87	3,08	2,62	3,12	3,14	3,41
K ₂ O	0,07	0,14	0,15	0,07	0,05	0,09	0,36	0,06	0,09	0,21
Сумма	99,56	99,57	99,10	99,77	99,64	99,98	99,41	99,62	99,42	99,37
Коэффициенты в формуле (O = 8)										
Si	2,357	2,345	2,355	2,335	2,274	2,308	2,296	2,335	2,305	2,363
Al	1,613	1,627	1,624	1,628	1,720	1,684	1,674	1,644	1,669	1,604

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ti	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	—
Fe	0,026	0,021	0,020	0,008	0,014	0,009	0,009	0,009	0,023	0,019
Ca	0,680	0,695	0,684	0,702	0,729	0,710	0,759	0,713	0,721	0,690
Na	0,314	0,298	0,287	0,349	0,255	0,272	0,234	0,276	0,280	0,303
K	0,004	0,008	0,009	0,004	0,003	0,005	0,021	0,003	0,005	0,012
Сумма	4,995	4,995	4,980	5,027	4,995	4,988	4,994	4,982	5,003	4,992
Or	0,39	0,82	0,92	0,40	0,32	0,50	2,04	0,33	0,51	1,21
Ab	31,45	29,76	29,29	33,04	25,79	27,56	23,11	27,83	27,85	30,17
An	68,16	69,41	69,79	66,56	73,89	71,94	74,86	71,83	71,63	68,62
An _m	68,43	69,99	70,43	66,83	74,12	72,30	76,43	72,07	72,01	69,46
An _m min	65,86	68,69	68,36	65,60	72,40	—	74,80	71,12	68,25	68,59
An _m max	71,75	71,30	72,51	68,10	75,80	—	78,10	72,72	73,94	70,33

Примечание. $An_m = 100 \cdot An / (An + Ab)$, мол. %; $An_{m\min}$, $An_{m\max}$ — пределы вариаций номера плагиоклаза в частных определениях.

Зональность отчетливо наблюдается по характеру погасания полисинтетических двойников и различным образом подчеркивается в окраске минерала из анортозитов и габброноритов (рис. 3). В разрезе анортозитового пласта преобладает плагиоклаз, который в шлифах не окрашен (рис. 3, а), что соотносится с его светло-серым цветом в породе (рис. 2). Разность состава кумулюсного ядра и каймы этих плагиоклазов $An_c - An_m$ варьирует от –2 до 3 %. Такие же низкие значения эта разность принимает в габброноритах из зоны постепенного нижнего контакта пласта, содержащей бесцветный в породе плагиоклаз. В остальных участках вмещающие породы содержат черный плагиоклаз, цвет которого коррелирует с бурой окраской минерала в шлифах (рис. 3, в). В целом габбронориты характеризуются относительно высокой разностью $An_c - An_m$ — от 4 до 5 %. Ее увеличение по сравнению с анортозитами сопровождается увеличением ширины каймы плагиоклаза, особенно проявленной в габброноритах висячего бока, где кайма может слагать до трети от объема зерна, указывая на высокую долю интеркумулусной жидкости в породе.

Следует отметить, что в верхней части пласта, где расположен платиноносный риф, плагиоклаз анортозитов имеет черный цвет (рис. 2), причем окраска минерала в обычном шлифе не проявляется. Изучение толстых шлифов, однако, показывает наличие относительно тонкой бурой каймы у значительной части зерен (рис. 3, б), которая, очевидно, и обуславливает цвет минерала в породе. Состав этой каймы существенно более кислый, чем в нижележащих анортозитах, близок к составам кайм плагиоклазов из перекрывающих габброноритов (рис. 2), как и разность $An_c - An_m$ (4–6 %). Таким образом, судя по отмеченным выше признакам обогащенности перекрывающей толщи интеркумулусным расплавом и близости состава каймы плагиоклаза в ней и в сопряженном интервале анортозитов, можно предположить, что эта часть пласта подверглась просачиванию интеркумулусной жидкости сверху в частично консолидированные плагиоклазовые кумулаты.

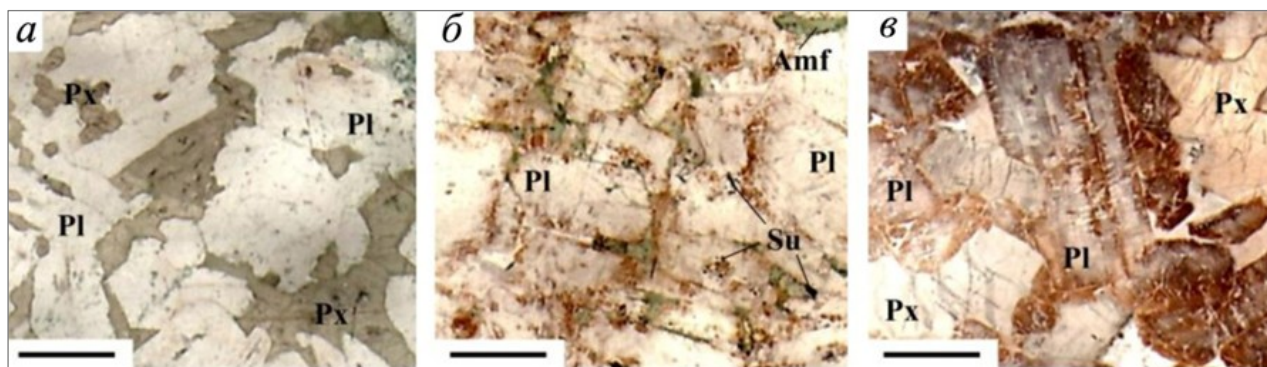


Рис. 3. Распределение окраски плагиоклаза в лейкогабброноритах (а) (г.л. 29,53 м), анортозитах (б) (г.л. 27,0 м) и габброноритах висячего бока (в) (г.л. 13,85 м). Сканированные толстые (~ 100 μm) шлифы. Масштабная линейка 2 мм

Распределение черной окраски плагиоклаза в ГАП, отражающее вероятную глубину проникновения в анортозиты интеркумулусной жидкости из вышележащей толщи, практически совпадает с положением обогащенных ЭПГ сульфидов Южного рифа в скважине BG-S-30 (рис. 2). Ранее изученная соседняя скважина BG-S-29 [13], анортозитовый пласт в которой не содержит ни сульфидной, ни платинометалльной минерализации, характеризуется исключительно светло-серым цветом плагиоклаза ГАП. Таким образом, связь между глубиной просачивания интеркумулусной жидкости, предполагаемой по окраске и составу каймы кумулусного плагиоклаза, и положением платинометалльного оруденения в верхней части пласта свидетельствует о преобладающей роли позднемагматического процесса, наложенного на анортозиты при формировании Южного рифа.

Выводы

Первые систематические микрозондовые данные о составе плагиоклаза по разрезу ГАП позволяют сделать следующие выводы.

1. Кумулусный плагиоклаз анортозитового пласта и подстилающих пород идентичен по составу и в среднем соответствует битовниту с номером 75. Перекрывающие породы содержат в кумулусе битовнит со средним номером 73, однако эти различия находятся в пределах статистической погрешности. Таким образом, исследования показывают, что состав кумулусного плагиоклаза в изученном разрезе значительно не изменяется.

2. Кумулусный плагиоклаз анортозитов содержит вдвое меньшее количество примеси FeO (0,3 мас. %), чем кумулусный плагиоклаз вмещающих пород. Это различие коррелируется с окраской ядер плагиоклазов в шлифах: в анортозитах они бесцветны, во вмещающих габброноритах окрашены в серый с буроватым оттенком цвет. Предположительно, обеднение плагиоклаза анортозитов железом связано с его более ранней кристаллизацией относительно плагиоклаза вмещающих габброноритов.

3. Кумулусный плагиоклаз вмещающих габброноритов обрастает более кислой (на 4–5 мол. %) каймой бурого цвета, за исключением переходных подстилающих пород вблизи подошвы пласта, где кайма не отличается от центральных частей ни по цвету, ни по составу. В анортозитах состав каймы в пределах ошибки идентичен составу кумулусного ядра. Исключение составляет верхний

рудоносный интервал анортозитов, часть кумулусных плагиоклазов которого обрастает более кислой каймой бурого цвета, образовавшейся, вероятно, в результате просачивания интеркумулусной жидкости.

4. Положение платинометалльного оруденения ГАП не выделяется в вариациях состава кумулусного плагиоклаза и практически совпадает с предполагаемым уровнем проникновения интеркумулусной жидкости. В связи с этим генезис богатых руд Южного рифа в кровле ГАП, по-видимому, определяется преимущественно позднемагматическим процессом.

5. Приведенные особенности геологического строения и петрографии пласта, одинаковое содержание анортита в кумулусном плагиоклазе в анортозитах и вмещающих породах свидетельствуют о стратиграфических взаимоотношениях и синхронности образования ГАП и подстилающих его пород и не поддерживают гипотезу о более позднем внедрении этих анортозитов. Вопрос о формировании перекрывающей толщи в результате дополнительной инъекции магмы [13], обсуждавшийся ранее, требует дальнейшего изучения.

Таким образом, исследование состава плагиоклаза может предоставить важную информацию для объяснения петрогенезиса анортозитов и происхождения платинометалльной минерализации в расслоенных интрузивах. В дальнейшем изученный разрез планируется детализировать дополнительными анализами в рудной части анортозитов (для подтверждения отсутствия здесь скрытой расслоенности и изучения, очевидно, связанных процессов рудообразования и миграции интеркумулусной жидкости), а также в перекрывающей толще (для поиска свидетельств внедрения новой порции расплава).

Авторы выражают благодарность А. У. Корчагину (ОАО «Пана») за возможность использования материалов бурения. Критические замечания В. В. Чашина, П. В. Припачкина, Т. В. Рундквист (ГИ КНЦ РАН) и анонимного рецензента к первоначальному варианту статьи способствовали ее улучшению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Igneous Layering in Basaltic Magma Chambers / O. Namur [et al.] // Layered Intrusions. Dordrecht: Springer Netherlands, 2015. P. 75–152.
2. Cawthorn R. G., Ashwal L. D. Origin of Anorthosite and Magnetite Layers in the Bushveld Complex, Constrained by Major Element Compositions of Plagioclase // J. Petr. 2009. No. 9 (50). P. 1607–1637.
3. Morse S. A., Nolan K. M. Origin of strongly reversed rims on plagioclase in cumulates // Earth and Planetary Sci. Let. 1984. No. 3 (68). P. 485–498.
4. Латыпов Р. М., Чистякова С. Ю. Механизм дифференциации расслоенного интрузива Западно-Панских тундр. Апатиты: КНЦ РАН, 2000. 315 с.
5. Баянова Т. Б. Возраст реперных геологических комплексов Кольского региона и длительность процессов магматизма. СПб.: Наука, 2004. 174 с.
6. Платинометалльное месторождение Киевей в Западно-Панском расслоенном массиве: геологическое строение и состав оруденения / А. У. Корчагин [и др.] // Стратегические минеральные ресурсы Лапландии — основы устойчивого развития Севера. Апатиты: КНЦ РАН, 2009. С. 12–32.
7. Геология и вещественный состав руд малосульфидного платинометалльного месторождения Северный Каменник в Западно-Панском массиве (Кольский полуостров, Россия) / А. У. Корчагин [и др.] // Руды и металлы. 2016. № 1. С. 42–51.
8. Субботин В. В., Корчагин А. У., Савченко Е. Э. Платинометалльная минерализация Федорово-Панского рудного узла: типы оруденения, минеральный состав, особенности генезиса // Вестник КНЦ. 2012. № 1 (8). С. 55–66.
9. Wager L. R., Brown G. M., Wadsworth W. J. Types of Igneous Cumulates // J. Petr. 1960. (1). P. 73–85.
10. Harney D. M. W., Von Gruenewaldt G., Merkle R. K. W. The use of plagioclase composition as an indicator of magmatic processes in the Upper Zone of the Bushveld Complex // Mineralogy and Petrology. 1996. No. 1 (56). P. 91–103.
11. Concentrations of trace elements in rocks of the Lower layered horizon of the West-Pana intrusion / N. Yu. Groshev [et al.] / Abstracts, 12th International Platinum Symposium, 11–14 August 2014. Ekaterinburg, 2014. P. 65–66.
12. Леснов Ф. П. Плагиоклазы полигенных базит-гипербазитовых плутонов. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1991. 110 с.
13. Грошев Н. Ю., Рундквист Т. В., Базаев А. В. Находка кордиеритовых роговиков в верхнем расслоенном горизонте Западно-Панского массива на Кольском полуострове // ЗРМО. 2015. № 2 (144). С. 82–98.

Сведения об авторах

Грошев Николай Юрьевич — кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник Геологического института КНЦ РАН

E-mail: nikolaygroshev@gmail.com

Борисенко Елена Сергеевна — младший научный сотрудник Геологического института КНЦ РАН

E-mail: elena.s.borisenko@gmail.com

Савченко Евгений Элланович — инженер Геологического института КНЦ РАН

E-mail: evsav@geoksc.apatity.ru

Author Affiliation

Nikolay Yu. Groshev — PhD (Geology and Mineralogy), Researcher of the Geological Institute of the KSC of the RAS

E-mail: nikolaygroshev@gmail.com

Elena S. Borisenko — Junior Researcher of the Geological Institute of the KSC of the RAS

E-mail: elena.s.borisenko@gmail.com

Yevgene E. Savchenko — Engineer at the Geological Institute of the KSC of the RAS

E-mail: evsav@geoksc.apatity.ru

Библиографическое описание статьи

Грошев, Н. Ю. Состав плагиоклаза в разрезе главного анортозитового пласта Западно-Панского платиноносного массива (Кольский полуостров, Россия): новые данные / *Н. Ю. Грошев, Е. С. Борисенко, Е. Э. Савченко* // Вестник Кольского научного центра РАН. — 2017. — № 1 (9). — С. 5–15.

Reference

Groshev Nikolay Yu., Borisenko Elena S., Savchenko Yevgene E. New Data on Plagioclase Composition in the Section of the Main Anorthosite Layer of the West-Pana PGE-Bearing Intrusion (Kola Peninsula, Russia). *Herald of the Kola Science Centre of the RAS*, 2017, vol. 1 (9), pp. 5–15 (In Russ.).