

## ГЕОЛОГИЯ. ГЕОЭКОЛОГИЯ

Научная статья  
УДК 552.3(571.6)

### ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГАББРОИДОВ И ГРАНИТОИДОВ НЯТЫГРАНСКОГО КОМПЛЕКСА (БУРЕЙНСКИЙ МАССИВ)

Е.В. Нига́й

Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН,  
ул. Ким Ю Чена 65, г. Хабаровск, 680000,  
e-mail: [helenvn54@gmail.com](mailto:helenvn54@gmail.com), <https://orcid.org/0009-0000-9649-6626>

*Гнейсовидные габбро, габбродiorиты, гранодиориты и граниты позднепротерозойского нятыгранского комплекса, вскрытые эрозией в восточной части Буреинского массива, слагают небольшие и малые интрузивы в бассейне р. Буряя и ее крупных притоков. Геохимические особенности пород комплекса установлены нами на основе анализа микроэлементного и химического составов пород комплекса. Рассчитанные показатели агпаитового индекса для габброидов очень низкие, они составили 0.11–0.33. У гранодиоритов значения индекса несколько выше – 0.38–0.50 и только гнейсограниты имеют плюмазитовые значения агпаитности – 0.45–0.75. По показателям агпаитности и габброиды, и гранитоиды относятся к известково-щелочным породам. Гнейсовидные габбро, в которых преобладают темноцветные минералы (лабрадор, роговая обманка), имеют повышенную для габбро щелочность (4%); в них магнезиальность преобладает над железистостью. Для них характерна высокая глиноземистость (15–18%), достигающая 20,38%. Геохимически они интерпретируются как магматические породы I-типа. Гнейсовидные гранитоиды с небольшим преобладанием железистости над магнезиальностью менее глиноземистые ( $Al_2O_3$  12–15%). Интерпретируются они как гранитоиды S-типа (sedimentary) и I-типа (igneous), которые сформировались в осадочном и гранитном слоях земной коры. Габброиды и гранитоиды нятыгранского комплекса по данным петрохимических диаграмм относятся к вулканическим дугам активной континентальной окраины.*

**Ключевые слова:** габброиды, гранитоиды, нятыгранский комплекс, Буреинский массив, химический и микроэлементный составы пород.

**Образец цитирования:** Нига́й Е.В. Геохимические особенности габброидов и гранитоидов Нятыгранского комплекса (Буреинский массив) // Региональные проблемы. 2024. Т. 27, № 1. С. 103–111. DOI: 10.31433/2618-9593-2024-27-1-103-111.

#### Введение

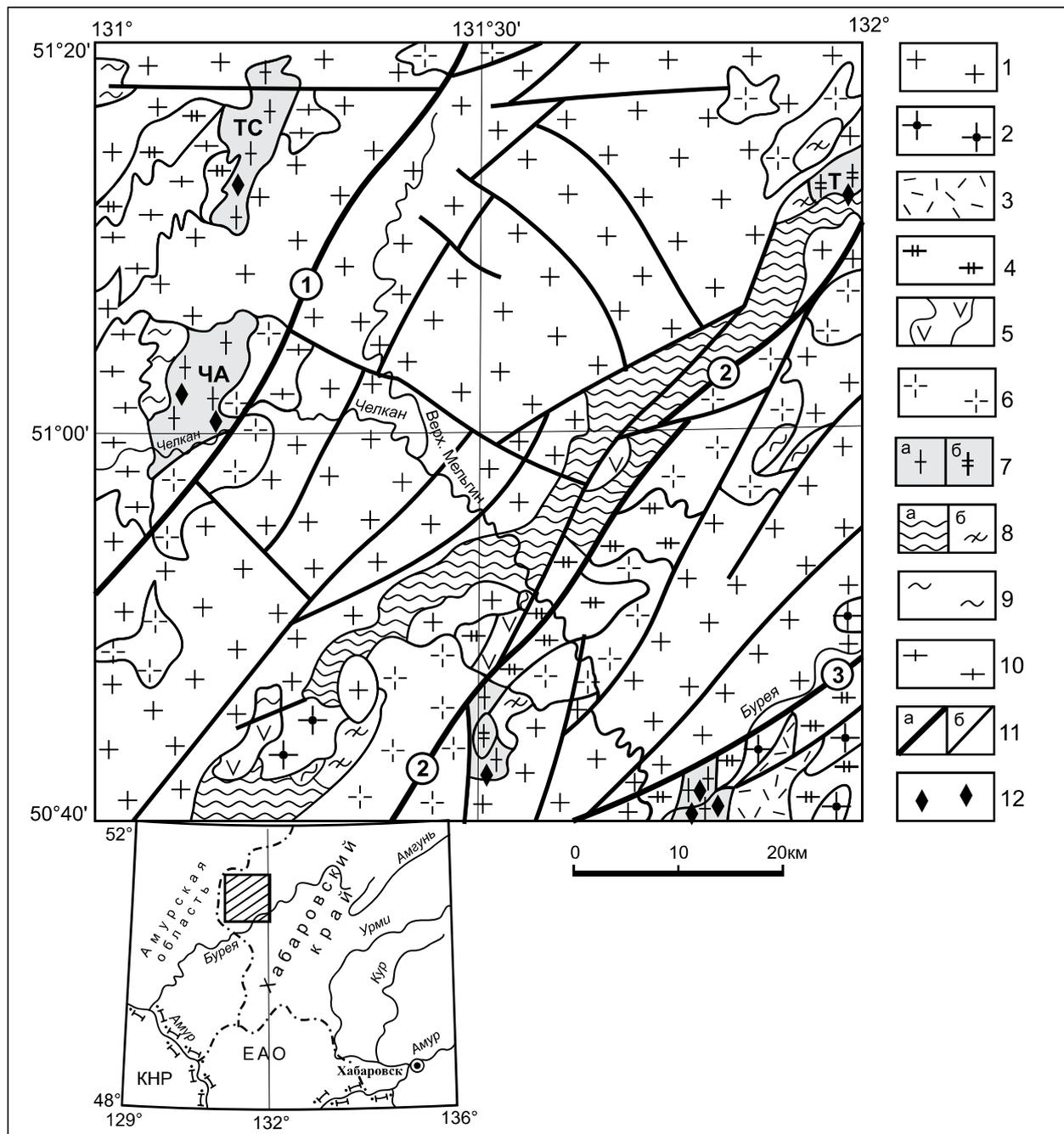
Целью исследований явилось выяснение важнейших геохимических характеристик интрузивных пород нятыгранского интрузивного комплекса.

Методы исследований заключались в обработке, анализе и обобщении геохимических данных, подборе и построении петрохимических диаграмм, их интерпретации. Подсчитывались кларки концентраций металлов, редких и редкоземельных элементов. При построении диаграмм использовались опубликованные и фондовые данные по химическому и микроэлементному составам нятыгранских пород, а также некоторые

новые неопубликованные данные, полученные в ЦКП ИТиГ ДВО РАН.

Интрузивные массивы нятыгранского интрузивного комплекса образуют небольшие и мелкие массивы вблизи Чепканского, Мельгинского и Буреинского разломов северо-восточного простирания.

Наиболее крупные из нятыгранских интрузивных массивов по [1] – это Томь-Сербакский (17х6 км<sup>2</sup>), Чепкан-Алагирский (18х8 км<sup>2</sup>) и Талибджанский (6х3 км<sup>2</sup>), локализованные в бассейнах рек Алагир, Чепкан, Талибджан. Более мелкие интрузивы вскрыты в устье р. Верх. Мельгин и по право- и левобережью долины р. Буряя в ее среднем течении (рис. 1).



**Рис. 1. Схематическая геологическая карта бассейна р. Верхний Мельгин**

*Составлена Е.В. Нигай с использованием данных [1, 2]:*

1 – триас-юрские граниты харинского комплекса; 2 – позднетриасовые сиениты алтахтинского комплекса; 3 – триасовые риолиты таловского комплекса; 4 – пермско-триасовые гранитоиды тырмо-буреинского комплекса; 5 – позднепалеозойские (D–P?) вулканогенно-осадочные образования амганского комплекса; 6 – кембрий-ордовикские гранитоиды кивилийского и суларинского комплексов; 7 – неопротерозойский нятыгранский комплекс: а – гранитоиды, б – габбро и габбродiorиты; 8 – нерасчленённые протерозойско-палеозойские комплексы пород Мельгинского прогиба (а), протерозойские слюдяные черные сланцы нятыгранской свиты (б); 9 – позднеархейские (?) гнейсовидные плагиограниты древнебуреинского комплекса; 10 – позднеархейские (?) кристаллосланцы и гнейсы дягдаглейской толщи; 11 – разломы: а – основные, б – второстепенные: 1 – Чепканский, 2 – Мельгинский, 3 – Буреинский; 12 – места отбора проб; интрузивные массивы нятыгранского комплекса: ТС – Томь-Сербакский, Т – Талибджанский, ЧА – Чепкан-Алагирский; на врезке квадратом показан район исследований

**Fig. 1. Schematic geological map of the Upper Melgin River basin**

Compiled by E.V. Nigai, using data from [1, 2]:

1 – Triassic-Jurassic granites of the Kharinsky Complex; 2 – Late Triassic syenites of the Altakhta Complex; 3 – Triassic rhyolites of the Talovsky Complex; 4 – Permian-Triassic granitoids of the Tyrma-Bureya Complex; 5 – Late Paleozoic (D–P?) volcanogenic-sedimentary rocks of the Amgan Complex; 6 – Cambrian-Ordovician granitoids of the Kivilian and Sularinsky complexes; 7 – Neoproterozoic Nyatygran Complex: *a* – granitoids, *b* – gabbro and gabbrodiorites; 8 – poorly defined Proterozoic-Paleozoic rock assemblages of the Melgin trough (*a*), Proterozoic mica and graphite schists of the Nyatygran Formation (*b*); 9 – Late Archean (?) gneissic plagiogranites of the Drevnebureinsky Complex; 10 – Late Archean (?) crystalline schists and gneisses of the Dyagdagleya strata; 11 – faults: *a* – principle, *b* – auxiliary: 1 – Chepkansky, 2 – Melginsky, 3 – Bureinsky; 12 – sampling sites; intrusive massifs of the Nyatygran Complex: TC/TS – Tom-Serbaksky, T – Talibdzhansky, ЧА/ChA – Chepkan-Alagirsky; The square in the inset shows the study area

Гнейсовидные габброиды (габбро и габбро-диориты) имеют незначительное распространение и слагают ксенолиты (площадью до 1,0 км<sup>2</sup>) внутри указанных массивов, а также разрозненные небольшие малые интрузии в притоках р. Верх. Мельгин и р. Буря площадью менее 2,0 км<sup>2</sup>. Талибджанский массив представляет собой небольшое тело в северо-восточной части Мельгинского прогиба, вытянутое в северо-восточном направлении и сложенное преимущественно полосчато-сланцеватыми массивными габбро и габбро-диоритами. Гнейсовидными гранодиоритами и гранитами комплекса сложены Томь-Сербакский, Чепкан-Алагирский массивы и периферийные части Талибджанского массива, а также малые интрузии в бассейне среднего течения р. Буря.

**Особенности химического и микроэлементного составов пород**

Химический состав проб нятыгранского комплекса и состав микроэлементов представлен в табл. 1–3. На основе них построены геохимические диаграммы и спайдер-диаграммы, показывающие петрологические особенности этих образований и принадлежность к различным типам магматитов, рассчитаны показатели агпаитности.

Показатели агпаитового индекса для габброидов очень низкие, они составили 0.11–0.33, у гранодиоритов значения индекса несколько выше – 0.5–0.38 и только гнейсограниты имеют плюмазитовые значения агпаитности – 0.45–0.75. По показателям агпаитности и габброиды, и гранитоиды относятся к известково-щелочным породам.

По содержанию K<sub>2</sub>O габброиды относятся к умереннокалиевым (2.1%) и низкокалиевым (0.2%) породам, гранодиориты – к низкокалиевым (1.1–1.2%), граниты – к высококалиевым (3.0–7.4%) (табл. 1).

Большую часть проб, как видно из табл. 1, составляют гранитоиды (SiO<sub>2</sub> 63.9–74.5%, сумма щелочей 6.2–10.5%). Пробы габбро (SiO<sub>2</sub> 46.2–49.3%, сумма щелочей 1.6–3.9%) и габбро-диоритов (SiO<sub>2</sub> 54.5%, сумма щелочей 5.0%) составляют небольшое количество. Геохимические диаграммы, построенные с использованием данных табл. 1, представлены на рис. 2 (а, б, в, е).

Фигуративные точки нятыгранских габброидов на TAS-диаграмме SiO<sub>2</sub> – Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O по [5] находятся в поле пород нормальной и повышенной щелочности (рис. 2а).

На диаграмме разделения пород по степени глиноземистости Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/(CaO+Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/(Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) по [6] точки габброидов разместились в поле метглиноземистых пород, содержания глинозема выше суммы щелочных оксидов натрия и калия в 1.8–3.4 раза (рис. 2б). Это можно видеть и в представленных таблицах – содержания Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в пробах габбро достигают 17.9–20.3%. Все фигуративные точки, характеризующие габброиды комплекса, на диаграмме «железистость – магнезиальность», построенной по соотношениям FeO\*/(FeO\* + MgO) по [4], находятся в поле магнезиальных пород (рис. 2в).

На диаграмме Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/(CaO+Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) – (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> по разделению пород на А, I и S-типы по [6] (рис. 2е) фигуративные точки габброидов разместились в поле магматических пород I-типа (igneous), насыщенных темноцветными минералами, кристаллизация которых произошла на самых ранних стадиях внедрения магмы основного состава. Габбро нятыгранского комплекса, таким образом, представляют собой высокоглиноземистые и высокомагнезиальные магматические породы I-типа.

Гнейсовидные гранитоиды согласно диаграмме SiO<sub>2</sub> – Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O по [5] являются породами

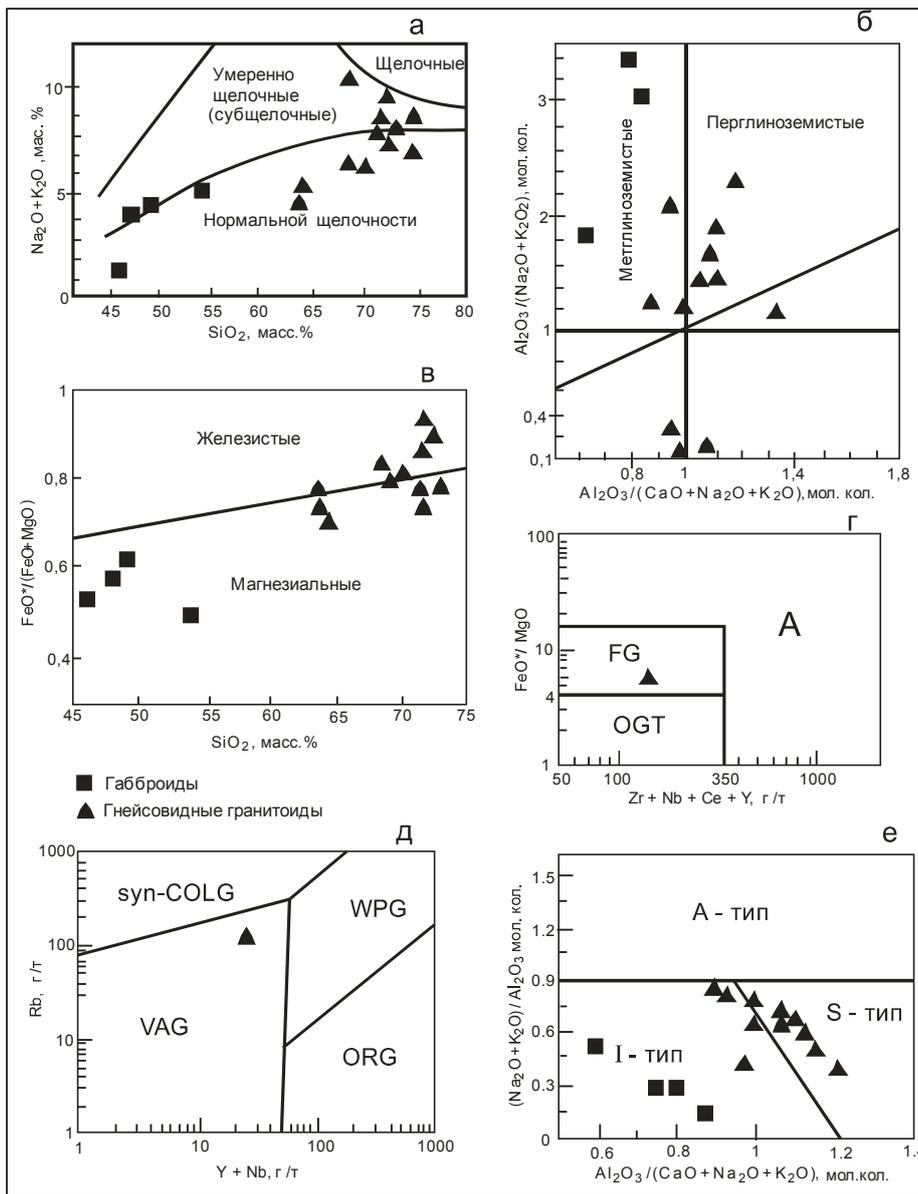
## Химический состав представительных проб нятыгранского комплекса [1]

Table 1

Chemical compositions of the Nyatygransky omplex representative samples [1]

№ пробы	335901	K-1041	339101	5634-a	2196	2310	588	K-1001	K-1038	5620	K-832	8168	3314	3278	129604	5054
№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
SiO <sub>2</sub>	48.13	54.55	46.2	49.31	69.1	70.04	68.9	72.66	74.51	71.45	63.95	64.03	73.05	72.1	72.27	71.89
TiO <sub>2</sub>	1.58	0.62	<b>3.57</b>	1.36	0.37	0.31	0.22	0.23	0.24	0.28	0.55	0.54	0.28	0.3	0.35	0.13
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<b>17.89</b>	<b>13.96</b>	<b>14.07</b>	<b>19.26</b>	<b>14.94</b>	<b>14.78</b>	<b>16.11</b>	13.36	12.06	13.75	<b>15.78</b>	<b>16.48</b>	13.4	<b>14.24</b>	<b>14.24</b>	<b>15.03</b>
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.21	3.04	3.06	2.85	0.48	0.48	0.36	0.15	0.24	1.4	1.11	1.48	0.3	0.49	1.0	0.18
FeO	7.44	4.93	8.31	5.67	3.46	3.2	1.53	2.01	1.65	1.99	4.47	4.55	2.06	2.05	1.67	1.04
MnO	0.16	0.06	0.08	0.16	0.04	0.07	0.05	0.03	0.01	0.07	0.2	0.13	0.03	0.05	0.04	0.03
MgO	5.97	8.27	9.29	5.19	1.1	0.81	0.42	0.26	0.39	1.08	1.5	2.12	0.67	0.16	0.5	0.42
CaO	10.16	8.4	11.97	9.54	3.43	3.25	1.41	0.93	1.38	2.11	5.28	3.57	1.95	1.59	2.03	1.87
Na <sub>2</sub> O	2.31	2.9	1.36	3.4	3.34	3.34	<b>3.17</b>	<b>3.64</b>	<b>2.45</b>	3.75	3.48	3.72	3.38	3.46	3.21	<b>3.74</b>
K <sub>2</sub> O	1.64	2.17	0.26	0.96	3.0	2.85	<b>7.37</b>	<b>5.96</b>	<b>6.03</b>	3.11	1.09	1.25	4.35	4.35	4.02	<b>4.81</b>
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.19	0.1	0.05	0.46	0.07	0.06	0.04	0.04	0.06	0.04	0.13	0.13	0.08	0.05	0.1	0.02
П. п. п.	0.11	0.0	0.31	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.12	0.0
Сумма	99.5	99.6	99.8	99.8	100	99.5	100	99.7	99.5	99.8	99.5	99.9	100	99.6	100	99.6

**Примечание:** Выделены повышенные содержания Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> > 13.9 %, повышенное (в сумме) количество Na<sub>2</sub>O и K<sub>2</sub>O**Note.** It is found the elevated contents of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> > 13.9% and increased amounts of the sum of Na<sub>2</sub>O and K<sub>2</sub>O



**Рис. 2. Классификационные геохимические диаграммы для магматических пород нятыгранского комплекса**

Составлены Е.В. Нугай

а – диаграмма разделения магматических пород по степени щёлочности  $\text{SiO}_2\text{--Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ; б – диаграмма разделения пород по степени глиноземистости  $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})\text{--Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ ; в – диаграмма «железистость–магнезиальность»:  $\text{FeO}^*/(\text{FeO}^* + \text{MgO})$ ; г – диаграмма  $\text{FeO}^*/\text{MgO}\text{--Zr} + \text{Nb} + \text{Ce} + \text{Y}$ : поля гранитоидов: FG – фракционированных гранитоидов, OGT – нефракционированных М-, I-, S-типов, А – анорогенных гранитов А-типа; д – диаграмма  $\text{Y} + \text{Nb}\text{--Rb}$ ; гранитоиды: sin-COLG – синколлизийные, WPG – внутриплитные, VAG – вулканических дуг, ОРG – океанических хребтов; е – диаграмма

$\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})\text{--}(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/ \text{Al}_2\text{O}_3$ : разделение на А-тип (анорогенные граниты), I-тип (магматогенные граниты), S-тип (седиментационные граниты); 1 – габброиды; 2 – гнейсо-граниты

**Fig. 2. Classification geochemical diagrams for igneous rocks of the Nyatygransky Complex**

Compiled by E. V. Nigai:

a – diagram showing the division of igneous rocks by their degree of alkalinity  $\text{SiO}_2\text{--Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ; б – diagram showing the division of rocks by their degree of alumina  $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})\text{--Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ ; c – iron content-magnesium content diagram:  $\text{FeO}^*/(\text{FeO}^* + \text{MgO})$ ; д – diagram  $\text{FeO}^*/\text{MgO}\text{--Zr} + \text{Nb} + \text{Ce} + \text{Y}$ : granitoid fields: FG – fractionated granitoids, OGT – unfractionated M-, I-, S-types, А – A-type anorogenic granites; е –  $\text{Y} + \text{Nb}\text{--Rb}$  diagram; sin-COLG – syncollisional granitoids, WPG – within-plate granitoids, VAG – volcanic arc granitoids, ОРG – oceanic ridges granitoids; f – diagram  $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})\text{--}(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/ \text{Al}_2\text{O}_3$ : division into А-type (anorogenic granites), I-type (igneous granites), S-type (sedimentary granites); 1 – gabbroids; 2 – gneiss-granites

повышенной и нормальной щелочности (рис. 2а). На диаграмме  $Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O) - Al_2O_3/(Na_2O+K_2O)$  по [6] они разделились на перглиноземистые, метглиноземистые и нормальной глиноземистости граниты (рис. 2б). Соотношения глинозема и суммы щелочных оксидов рассчитаны в молекулярных количествах. На диаграмме  $FeO^*/(FeO^* + MgO)$  по [4] гранитоиды разделились на железистые гранитоиды (большая часть) и магнезиальные (меньшая часть) (рис. 2в).

На диаграмме  $Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O) - (Na_2O+K_2O)/Al_2O_3$  по разделению пород на А, I и S-типы по [6] (рис. 2е) большая часть фигуративных точек попала в поле магматитов S-типа (sedimentary), а меньшая – в поле гранитоидов I-типа (igneous). Гранитоиды S-типа – это кварц-полевошпатовые амфибол-биотитовые и биотитовые граниты и лейкограниты с преоблада-

ющей долей переплавленных при высоких температурах пород осадочного слоя коры. Гранитоиды I-типа были выплавлены в гранитном слое, в условиях гораздо более высоких температур и давлений. Они представлены гранодиоритами. По химическому составу они близки к габбродиоритам.

Данные табл. 2 характеризуют микроэлементный состав единственной пробы (обр. 129604) нятыгранского гнейсогранита, проанализированной в ЦКП ХИАНЦ при ИТиГ ДВО РАН им. Ю.А. Косыгина на редкие, редкоземельные, радиоактивные и благородные металлы. Использовались эти данные при построении диаграмм, показанных на рис. 2г, 2д. Калиевый гнейсогранит ( $SiO_2$  72.2%; сумма щелочей 7.2%;  $K_2O:Na_2O=4:3$ ) относится к фракционированным гранитам FG (рис. 2г), разделение границ по [10]. На диаграмме с разделением границ по [6] фигуративная точка

Таблица 2

Микроэлементный состав нятыгранского гнейсогранита

Table 2

Trace-element compositions of the Nyatygransky gneiss-granite

Образец 129604 (PR <sub>3n</sub> )							
Элемент	г/т /Кк	Элемент	г/т /Кк	Элемент	г/т /Кк	Элемент	г/ т/Кк
Li	29.16/0.36	Ge	1.43/0.95	La	37.36/ <b>1.06</b>	Hf	1.28/0.18
Be	1.99/0.58	As	0.47/0.29	Ce	76.24/ <b>1.05</b>	Ta	0.98/0.39
B	1.32/0.088	Rb	129.9/0.61	Pr	8.61/0.95	W	57.33/ <b>28.66</b>
P	398.16/0,45	Sr	288.8/ <b>1.06</b>	Nd	30.36/0.97	Y	13.26/0.33
Sc	5.55/ <b>138.75</b>	Zr	45.11/0.22	Sm	5,67/0.63	Hg	2.60/ <b>37.14</b>
Ti	1925.9/0.96	Nb	12.51/0.62	Eu	1.14/0.87	Tl	0.87/0.46
V	10.69/0,15	Mo	0.76/0.5	Gd	5.73/0.76	Pb	20.91/ <b>1.04</b>
Cr	3.37/0.24	Ag	0.001/0.025	Tb	0.69/0.62	Bi	0.06/0.09
Mn	301.86/0.55	Cd	0.04/0.23	Dy	3.19/0.78	Th	14.18/0.67
Co	2.42/0.242	Sn	1.76/0.35	Ho	0.53/0.37	U	1.75/0.38
Ni	2.36/0.295	Sb	0.04/0.13	Er	1.40/0.41	Au	0.018/ <b>9.26</b>
Cu	3.26/0.13	Te	0.001/ <b>1.01</b>	Tm	0.18/0.25	Pt	0.002/0.68
Zn	83.26/ <b>1.4</b>	Cs	2.54/0.5	Yb	1.03/0.26	Pd	0.0056/ <b>5.65</b>
Ga	18.20/0.96	Ba	1133.7/ <b>1.6</b>	Lu	0.13/0.12	Ir	0.0015/ <b>250</b>

**Примечания.** Проба проанализирована в ЦКП ХИАНЦ при ИТиГ ДВО РАН им. Ю.А. Косыгина. Аналитики А.В. Штарева, А.И. Лушникова, Г.М. Золотухина. В числителе – содержание, в знаменателе – Кк. Выделены Кк>1.0. Кк элементов по отношению к их средним содержаниям в кислых породах по [3], рассчитаны автором

**Note.** The sample was analyzed at the Khabarovsk Innovation and Analytical Center of the Kosygin Institute of Tectonics and Geophysics, FEB RAS. The analysts are: A.V. Shtareva, A.I. Lushnikova, and M. Zolotukhina. The content is the numerator, Kk - the denominator. The analysis results showed Kk>1.0. Kk of elements in relation to their average contents in acidic rocks according to [3] was calculated by the author

## Chemical and REE compositions of rocks from the complex [1, 2]

Номера проб	10400	C-1226	C-1191	C-1154	129604	407101	C-1257
№ п/п	1	2	3	4	5	6	7
Петрогенные оксиды, %							
SiO <sub>2</sub>	47.69	73.06	72.89	71.31	72.27	72.85	72.88
TiO <sub>2</sub>	0.99	0.33	0.26	0.32	0.35	0.33	0.20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<b>20.38</b>	13.59	13.26	14.17	14.24	13.73	13.20
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.85	2.64*	3.38*	3.95*	1.0	1.0	2.72*
FeO	4.38				1.67	1.64	
MnO	0.12	0.06	0.04	0.06	0.04	0.04	0.03
MgO	8.76	0.26	0.45	0.76	0.50	0.81	0.13
CaO	10.42	1.95	2.22	2.82	2.03	2.03	1.71
Na <sub>2</sub> O	2.10	3.61	3.29	3.90	3.21	3.08	3.63
K <sub>2</sub> O	0.55	3.87	3.09	2.37	4.02	3.84	4.18
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.04	0.10	0.04	0.06	0.12	0.08	0.03
П. п. п.	1.04	0.23	0.36	0.36	0.40	0.48	0.11
Сумма	100.32	99.7	99.28	100.21	99.45	99.16	99.26
РЗЭ, г/т							
La	5.37	34.22	48.19	34.29	37.36	35.18	<b>99.51</b>
Ce	11.9	61.19	109.84	61.91	76.24	79.92	<b>204.34</b>
Pr	1.52	7.75	10.33	6.54	8.61	7.03	<b>23.02</b>
Nd	7.55	29.94	38.36	26.84	30.36	23.73	<b>87.84</b>
Sm	1.64	7.05	8.32	5.34	5.67	3.83	<b>19.71</b>
Eu	0.87	1.11	1.17	0.86	1.14	0.63	<b>1.91</b>
Gd	1.52	8.15	9.48	6.48	5.73	4.31	<b>23.79</b>
Tb	0.23	1.25	1.32	0.88	0.69	0.52	<b>3.70</b>
Dy	1.29	7.47	7.58	5.84	3.19	2.54	<b>22.95</b>
Ho	0.31	1.56	1.12	1.17	0.53	0.49	<b>5.14</b>
Er	0.8	4.08	4.18	3.88	1.40	1.35	<b>14.80</b>
Tm	0.1	0.58	0.55	0.52	0.18	0.18	<b>2.15</b>
Yb	0.76	3.44	3.38	3.88	1.03	1.7	<b>13.05</b>
Lu	0.11	0.53	0.50	0.54	0.13	0.16	<b>1.94</b>
Σ РЗЭ	33.97	91.91	244.32	158.97	172,26	161.57	<b>523.85</b>

**Примечания.** Выделены: а) высокое содержание глинозема в габбро; б) повышенные содержания РЗЭ в пробе С-1257. Звездочкой отмечено суммарное железо в форме Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

**Note.** Findings: a) high alumina content in gabbro; and b) elevated REE contents in sample C-1257. The asterisk indicates the total iron in the form of Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

попала в поле VAG – гранитоидов вулканических дуг (рис. 2д).

В табл. 2 выделены химические элементы с  $K_k > 1.0$ . Одну группу представляют металлы с высокими концентрациями, значительно превышающими их средние содержания в кислых породах (в скобках рассчитанные нами кларки концентраций  $K_k$ ): это Sc (138.75), W (28.66), Hg (37.14), Au (9.26), Pd (5.65) и Ir (250). Другую группу представляют элементы, в которых установлены кларковые и повышенные содержания, от 1.0 до 1.6 – это Zn, Sr, Te, Ba, La, Ce, Pb. Остальные элементы содержатся в низких концентрациях, их  $K_k < 1.0$ .

В табл. 3 представлен химический состав нятыгранских пород и содержания в них редкоземельных элементов. Обращает на себя внимание проба высокоглиноземистого гнейсовидного габбро (обр. 10400) с содержанием  $Al_2O_3$  20.38%. Повышенная сумма РЗЭ отмечается в пробе гнейсогранита С-1257. Она равна 523.85 г/т (*примечание автора: промышленно интересная сумма содержаний РЗЭ по методическим справочникам составляет 400 г/т и выше*). При сравнении содержаний РЗЭ в габброидах и гранитоидах выявлены низкие содержания их в габбро и повышенные в гранитах – суммы РЗЭ в гранитах от 3 до 15 раз выше, чем в габбро. В гранитоидах отношение LREE (легких РЗЭ) к HREE (тяжелым РЗЭ) следующее: La/Yb=7-10; Ce/Lu=100-500.

#### Заключение

Габбро и габбродиориты гнейсовидного облика нятыгранского интрузивного комплекса нормальной и повышенной щелочности относятся к высокоглиноземистым и высокомагнезиальным породам. Установленные в пробах содержания  $Al_2O_3$  достигают высоких значений, до 19.3–20.4%. Концентрации MgO в габбро и габбродиоритах повышенные и составляют 8–9%. Габброиды представляют собой типичные магматические породы I-типа. Гранитоиды имеют нормальную и повышенную щелочность и преимущественно повышенную глиноземистость (14,07–16,5%  $Al_2O_3$ ), в них отмечается небольшое преобладание железистости над магнезиальностью. Они представлены S- и I-типами гранитоидов, сформированных в осадочном и гранитном слоях земной коры. Формирование нятыгранских магматитов происходило в позднем докембрии [1, 2], в условиях палеогеодинамической обстановки вулканических дуг.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Арапов В.Н. Государственная геологическая карта масштаба 1:200 000. Лист М-52-ХII. Объяснительная записка / В.Н. Арапов,

С.А. Амелин. СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2018. 324 с.

2. Овчинников Р.О. Древнейшие комплексы Буреинского континентального массива: возраст, источники, геодинамические условия формирования: дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Благовещенск, 2020. 137 с.
3. Требования к геохимической основе Государственной геологической карты РФ. М., 2001. 29 с.
4. Frost B.R., Barnes C.G., Collins W.J., Arculus R.J., Ellis D.J., Frost C.D. A geochemical classification for granitic rocks // J. Petrol. 2001. Vol. 42, N 11. P. 2033–2048.
5. Le Maitre R.W. Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms: Recommendations of the International Union of Geological Sciences, Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks. Oxford: Blackwell, 1989. 193 p.
6. Maniar P.D., Piccoli P.M. Tectonic discrimination of granitoids // Geological Society of America Bulletin. 1989. Vol. 101, N 5. P. 635–643.
7. Pearce J.A., Harris N.B.W., Tindle A.G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rock // J. of Petrol. 1984. Vol. 25. P. 956–983.
8. Sun S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalt: implication for mantle composition and processes // Geol. Soc. Spec. Publ. 1989. N 42. P. 313–345.
9. Taylor S.R. The continental crust: Its evolution and composition / S.R. Taylor, S.M. McLennan. London: Blackwell, 1985. 312 p.
10. Whalen J.B., Currie K.L., Chappell B.W. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis // Contributions to Mineralogy and Petrology. 1987. Vol. 95, N 4. P. 407–419.

#### REFERENCES:

1. Arapov V.N. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta masshtaba 1:200 000. List M-52-XII. Ob'yasnitel'naya zapiska (State Geological Map, scale 1:200 000. Sheet M-52-XII. Explanatory Note), V.N. Arapov, S.A. Amelin. Saint Petersburg: VSEGEI Card Factory. 2018. 324 p. (In Russ.).
2. Ovchinnikov R.O. The most ancient complexes of the Bureya continental massif: age, sources, geodynamic formation settings. Dissertation of cand. Sci. (geol. –mineral.). Blagoveshchensk, 2020. 137 p. (In Russ.).
3. Trebovaniya k geokhimicheskoi osnove Gosudarstvennoi geologicheskoi karty RF (Requirements for the geochemical basis of the

- State Geological Map of the Russian Federation). Moscow, 2001. 29 p. (In Russ.).
4. Frost B.R., Barnes C.G., Collins W.J., Arculus R.J., Ellis D.J., Frost C.D. A geochemical classification for granitic rocks. *J. Petrol.*, 2001, vol. 42, no. 11, pp. 2033–2048.
  5. Le Maitre R.W. *Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms: Recommendations of the International Union of Geological Sciences, Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks*. Oxford: Blackwell, 1989. 193 p.
  6. Maniar P.D., Piccoli P.M. Tectonic discrimination of granitoids. *Geological Society of America Bulletin*, 1989, vol. 101, no. 5, pp. 635–643.
  7. Pearce J.A., Harris N.B.W., Tindle A.G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rock. *J. of Petrol.*, 1984, vol. 25, pp. 956–983.
  8. Sun S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalt: implication for mantle composition and processes. *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 1989, no. 42, pp. 313–345.
  9. Taylor S.R. *The continental crust: Its evolution and composition*, S.R. Taylor, S.M. McLennan. London: Blackwell, 1985. 312 p.
  10. Whalen J.B., Currie K.L., Chappell B.W. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 1987, vol. 95, no. 4, pp. 407–419.

## GEOCHEMICAL FEATURES OF GABBROIDS AND GRANITOIDS FROM THE NYATYGRANSKY COMPLEX (BUREYA MASSIF)

E.V. Nigai

*Gneissic gabbros, gabbrodiorites, granodiorites, and granites of the Late Proterozoic Nyatygransky Complex, exposed by erosion in the eastern part of the Bureya massif, form small intrusive bodies within the boundaries of the Melgin metalliferous trough, as well as around it. Analysis of chemical and trace-element compositions of rocks from the Nyatygransky Complex revealed their geochemical features. The calculated agpaitic index values for gabbroids are very low and range from 0.11 to 0.33. Granodiorites have slightly higher index values ranging from 0.5 to 0.38, and only gneiss-granites are plumbitic with agpaitic index values between 0.45 and 0.75. Both gabbroids and granitoids are assigned to calc-alkaline rocks by their agpaitic index. Gneissic gabbros, dominated by dark-colored minerals (labradorite, hornblende), show enhanced alkalinity not common to gabbros (4%); in them, the magnesium content prevails over the iron content. They are characterized by high alumina content (15–18%), reaching 20.38%. Geochemically, they are interpreted as I-type igneous rocks. Gneissic granitoids with a slight predominance of the iron content over the magnesium content are less aluminous ( $Al_2O_3$  12–15%). They are interpreted as S-type (sedimentary) and I-type (igneous) granitoids, formed in sedimentary and granitic layers of the earth's crust. According to petrochemical diagrams, the gabbroids and granitoids of the Nyatygransky Complex belong to the volcanic arcs of the active continental margin.*

**Keywords:** gabbroids, granitoids, Nyatygransky Complex, Bureya massif, chemical and trace-element compositions of rocks.

**Reference:** Nigai E.V. Geochemical features of gabbroids and granitoids from the Nyatygransky Complex (Bureya Massif). *Regional'nye problemy*, 2024, vol. 27, no. 1, pp. 103–111. (In Russ.). DOI: 10.31433/2618-9593-2024-27-1-103-111.

*Поступила в редакцию 12.02.2024*

*Принята к публикации 22.03.2024*