

УДК 550.84.094+552.2+.321.1(234.854)

© Д. чл. УАГН Г. И. Самаркин, Е. Я. Самаркина

**ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ
ОСОБЕННОСТИ ГРАНИТОИДНЫХ СЕРИЙ
БОРЛИНСКОГО КОМПЛЕКСА МУГОДЖАР (ЮЖНЫЙ
УРАЛ)**

*Институт геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого УрО РАН
620151 Екатеринбург, Почтовый переулок, 7*

© Samarkin G. I., Samarkina E. Ja.

**THE PETROGRAPHIC COMPOSITION AND GEOCHEMICAL
ESPECIALLY OF THE GRANITOID SERIES OF THE
BORLINSKY COMPLEX MOOGODJAR (SOUTH URALS)**

Автореферат

В составе борлинского комплекса впервые выделены три последовательно развитые серии: адамеллит-гранитная - D₃fm, габбро-монцодиорит-граносиенит-гранитная - C₁₋₂, субщелочная гранит-лейкогранитная - P₁₋₂. Соответственно доказана принадлежность гранитоидов выделенных серий к S, I, A типам. В породах изучено распределение Na, K, Sr, Rb, Li, Cs, Ba, Pb, Sn, Mo, La, Ce, Sm, Eu, Tb, Yb. Для гранитов характерна геохимическая специализация на Mo - 3.3-6.8 г/т. В них установлено закономерное снижение содержания Ba от ранних - D₃fm - 571 г/т, C₁₋₂ - 280 г/т к поздней серии - P₁₋₂ - 214 г/т и увеличение в этом направлении суммы La, Ce, Sm от 18.4-90.9 г/т до 73.6-138.8 г/т, что обусловлено повышением лейкократовости и щелочности гранитоидных пород.

Ключевые слова: петрография, петрохимия, гранитоиды, Борлинский комплекс, Мугоджары, Южный Урал.

Abstract

The borlinsky granit complex includes of the three series: adamellite-granitic - D₃fm, gabbro-monzodiorite-granosienite-granitic - C₁₋₂ and subalkali granite-leicogranitic - P₁₋₂. The granit series belong to S, I, A types. It was study the distribution of Na, K, Sr, Rb, Li, Cs, Ba, Pb, Sn, Mo, La, Ce, Sm, Eu, Tb, Yb in the rock types. The granites have of the geochemical specialization on Mo - 3.3-6.8 g/t. The Ba decrease from early (D₃fm - 571 g/t, C₁₋₂ - 280 g/t), to late serie (P₁₋₂ - 214 g/t) of granite. Has been estimated from the early series to late serie also granitics increase sum of La, Ce, Sm from 18.4-90.9 g/t to 73.6-138.8 g/t, that connection with increase of the rock alkalinity.

Геологическое развитие

К борлинскому комплексу относится субмеридиональный пояс гранитоидных массивов, приуроченных к зоне тектонических разломов, отделяющих рифейские метаморфические породы Мугоджарского блока от среднедевонских вулканических пород зеленокаменной зоны Западных Мугоджар (рис.1). Протяженность пояса около 100 км. Большинство интрузий борлинского комплекса располагаются среди рифейских метаморфических пород Мугоджарского блока. Реже они развиты среди вулканических пород зеленокаменной зоны Западных Мугоджар. Интрузии часто вытянуты в субмеридиональном направлении, что говорит о контролирующей роли в их расположении зоны тектонических нарушений.

До настоящего времени нет единства взглядов на геологическое развитие гранитоидов борлинского комплекса [4, 5, 6, 9, 10, 24, 27]. Тем не менее, исследователи считают, что в составе его развиты все группы интрузивных пород от габбро, диоритов, кварцевых диоритов до сиенитов и аляскитовых гранитов (табл. 1). В начале исследований гранитоиды борлинского комплекса были отнесены к соколовско-сарбайскому [4], а позднее к южной группе магнитогорского комплекса [5, 6]. Впервые борлинский комплекс гранитоидов выделен Г.И. Водорезовым [9,10]. Г.И. Водорезовым была указана приуроченность интрузий борлинского комплекса к зоне глубинных тектонических разломов, отделяющих Мугоджарский блок от вулканического пояса Западных Мугоджар [10]. Возраст формирования гранитоидов борлинского комплекса был отнесен к нижнему карбону на основании интрузивного влияния гранитов на визейские известняки в районе р. Байбек. В то же время было сказано, что “возраст этого комплекса точно не установлен” [10, стр. 122].

Проведенные полевые исследования позволили нам в борлинском комплексе выделить три последовательно развитые гранитоидные серии: адамеллит-гранитную, габбро-монцодиорит-граносиенит-гранитную и субщелочную гранит-лейкогранитную.

Для пород адамеллит-гранитной серии характерны плоские выходы и матрацевидная отдельность. Иногда они подвержены катаклазу с образованием булковидных линз (р. Шан-44

Схема развития гранитоидного магматизма борлинского комплекса

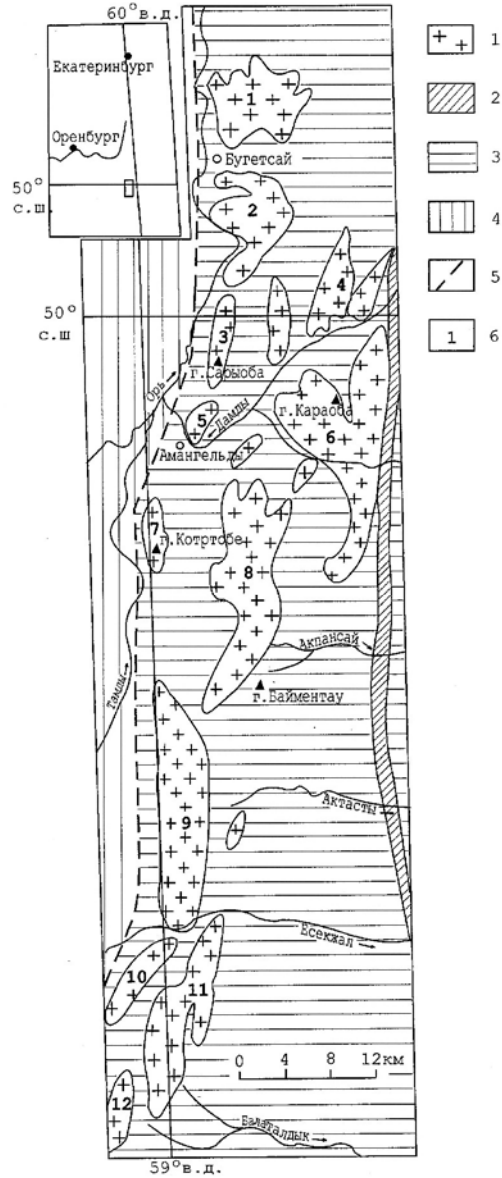


Рис. 1. Схематическая геологическая карта района борлинского комплекса (использованы геологические карты м-ба 1:200000 Г. А. Костик, 1:50000 И. Е. Костик, 1:50000 А. Ф. Шарапова, 1:100000 И. П. Смирнова).

1 - гранитоиды, 2 - осадочные отложения карбона, 3 - поздний рифей - нижний палеозой Мугоджарского блока (слоистые сланцы, плагиогнейсы, аплитогнейсы, кварциты, амфиболиты), 4 - вулканы и габброиды зеленокаменной зоны Западных Мугоджар, 5 - тектоническая зона борлинского глубинного разлома, 6 - массивы: 1 - Северо-Бугетсайский, 2 - Южно-Бугетсайский, 3 - Сарыобинский, 4 - Дамдынский, 5 - Амангельдынский, 6 - Караобинский, 7 - Котртобенский, 8 - Байментауский, 9 - Тамдынский, 10 - Байментауский, 11 - Теректауский, 12 - Игастыблакский.

Водорезов Г. И., 1961 [10]	Билибина Т. И., 1970 [6]	Федоров В. И. и др., 1970 [27]	Старков В. Д., Знаменский Н.Д., 1977 [24]	Гранитоидные серии по авторам
<p>I фаза 1. Розовые ортоклазовые граниты</p> <p>II фаза 1. Граниты красные среднезернистые лейкократовые ортоклаз-пертитовые 2. Кварцевые сиениты переходящие в сиениты</p> <p>III фаза 1. Мелкозернистые диориты, дайки диорит-порфиритов</p> <p>IV фаза 1. Дайки крупнозернистых щелочных сиенитов и щелочных гранитов</p>	<p>I фаза 1. Нормальные биотитовые граниты 2 Гранодиориты</p> <p>II фаза 1. Субщелочные пертитовые граниты 2. Граносиениты и кварцевые сиениты слагают тела в пертитовых гранитах и диоритах южной части массива</p>	<p>I фаза 1. Диориты 2. Гранодиориты</p> <p>II фаза 1. Амфиболовые граниты 2. Биотитовые граниты 3. Лейкограниты 4. Гранит-порфиры, гранит-аплиты 5. Гибридные породы, калишпатизированные диориты, кварцевые сиениты, рапакивиобразные щелочные граниты</p>	<p>I фаза (главная) 1. Граниты лейкократовые биотитовые и биотит-амфиболовые на отдельных участках переходят в граносиениты, сиениты, гранодиориты, диориты</p> <p>II фаза (дополнительных интрузий) 1. Лейкократовые мелкозернистые граниты 2. Гранит-порфиры</p>	<p>1. Адамеллит-гранитная, D₃fm(?) 2. Габбро-монцодиорит-граносиенит-гранитная, C₁-C₂ 3. Субщелочная гранит-лейкогранитная, P-T₁</p>

ды-Ащисай). В отличие от адамеллит-гранитной серии гранитоиды габбро-монцодиорит-граносиенит-гранитной серии наряду с плоскими выходами и грубой матрацевидной отдельностью образуют параллелепипедальную и шаровую отдельности. В серии установлено гомодромное развитие от габбро до гранитов. Гранитоиды этой серии (обычно дайки кварцевых сиенитов, монцодиоритов, граносиенитов, монцоадамеллитов) пересекают породы адамеллит-гранитной серии (правый берег р. Орь к северу от пос. Шиликтысай), а сами пересекаются дайками миаролитовых гранитов субщелочной гранит-лейкогранит-

Калий-аргоновый возраст гранитоидов борлинского комплекса

Автор	№ пробы	Массив	Порода	Минерал	Возраст млн. лет
Самаркин Г. И.	49*	Байментауский	Гранит амфибол-биотитовый	Биотит	252 ± 8
				Амфибол	338 ± 11
Самаркин Г. И.	41*	Тамдынский	Гранит амфибол-биотитовый	Биотит	280 ± 8
				Амфибол	320 ± 12
[24]	345-С	Байментауский	Биотитовый гранит	Биотит	345
[24]	452-С	Котртобенский г. Котртобе	Амфиболовый гранит	Амфибол	364
**		Тамдынский	Щелочной гранит	Порода	333 ± 7
**		Тамдынский	Гранит-порфир жильный	Порода	251; 293
**		Южная часть комплекса	Гранит амфибол-биотитовый	Порода	319
**		Тастыкарасайский	Лейкогранит	Порода	281
[27]		Борлинский массив (комплекс)	Лейкогранит	Порода	275

* - номера проб соответствуют табл. 3. ** - данные И. П. Смирнова

ной серии (Тамдынский, Байменбулакский, Теректауский массивы). Для пород субщелочной гранит-лейкогранитной серии характерны булковидная, шаровая и параллелепипедальная отдельности. Дайки этой серии часто располагаются вдоль плоскостей матрацевидной отдельности пород адамеллит-гранитной серии и секут породы габбро-монцодиорит-граносиенит-гранитной серии. Как установлено полевыми исследованиями в большинстве массивов борлинского комплекса наблюдается развитие пород всех трех серий, что говорит о полигенном и полихронном формировании массивов. Реже развиты массивы состоящие из гранитоидов одной серии. При этом в северной части пояса преобладают массивы адамеллит-гранитной (Южно-Бугетсайский) и субщелочной гранит-лейкогранитной (Северо-Бугетсайский, Тамдынский, Караобинский и др.) серий. В южной, наряду с указанными сериями, широко развиты гранитоиды габбро-монцодиорит-граносиенит-гранитной серии (Тамдынский, Байменбулакский, Теректауский, Итастыблакский массивы).

Определенный калий-аргоновым методом возраст гранитоидов борлинского комплекса варьирует от фамена до поздней перми включительно, что подтверждает длительное развитие в этой зоне гранитоидного магматизма и говорит о многократной тектонической активизации зоны сочленения рифейских метаморфических пород Мугоджарского блока с поясом вулканических пород Западных Мугоджар (табл. 2). На основании данных калий-аргонового возраста гранитоидов в зоне борлинского глубинного разлома отчетливо выделяется три этапа тектонической активизации: позднедевонский (фаменский) - 364 млн. лет, ранне-среднекаменноугольный - 345-293 млн. лет, ранне-позднепермский - 281-251 млн. лет (табл. 2). Выделенные этапы тектонической активизации борлинского разлома соответствуют по времени трем этапам рифтогенной активизации Уральской складчатой системы [19, 20, 23].

Петрографическая характеристика

Адамеллит-гранитная серия. В составе серии преобладают среднезернистые равномернозернистые, реже слабо порфировидные биотитовые адамеллиты (SiO_2 - 68-71%) и граниты (SiO_2 - 72-74%). Структура пород гипидиоморфнозернистая, местами катакластическая. Состав: кварц, плагиоклаз-олигоклаз, калие-

вый полевой шпат, биотит. Центральные части зерен плагиоклаза слабо пелитизированы и серицитизированы, иногда сосюритизированы. Состав калиевого полевого шпата изменяется от промежуточного ортоклаза ($\text{Or}_{91.7}\text{Ab}_{8.0}\text{An}_{0.3}$, $\Delta p=0$, $\Delta Z=0.50$) до максимального микроклина ($\text{Or}_{98.7}\text{Ab}_{0.9}\text{An}_{0.4}$, $\Delta p=0.75$, $\Delta Z=0.82$) [22]. При микроскопическом исследовании в них очень редко наблюдается четкая микроклиновья решетка. Под микроскопом, в отличие от интенсивно пертитизированных красновато-бурых калиевых полевых шпатов гранитоидов габбро-монцодиорит-граносиенит-гранитной и субщелочной гранит-лейкогранитной серий, они имеют светло-серый цвет с слабо окрашенными буроватыми участками, и содержат тонкие неравномерно развитые пертитовые вроски альбита. Местами в них видны мирмекитоподобные вроски кварца, что было установлено ранее [28]. В калиевых полевых шпатах гранитоидов более поздних серий мирмекиты не установлены. Развитие мирмекитовых структур, наряду с другими петрографическими особенностями, существенно отличает их от гранитов более поздних серий и позволяет относить граниты адамеллит-гранитной серии к более глубин-

ным, мезоабиссальным образованиям [31] и сопоставлять с позднедевонскими гранитами Западно-Кайрактинского массива [24].

Биотит в гранитах средне-мелкочешуйчатый, часто замещается хлоритом с выделением окислов железа. В единичных случаях наблюдается замещение биотита мусковитом, особенно в жильных гранит-аплитах. По химическому составу биотит относится к магнезиально-железистой группе триоктаэдрических слюд. Характеризуется высокими значениями коэффициента общей железистости - $Fe \cdot 100 / (Fe + Mg) = 54.6-71.0\%$. По общей глиноземистости выделяется два ряда биотитов - флогопит-аннитовый ($Al_2O_3 = 12.62-13.89\%$) и истонит-сидерофиллитовый ($Al_2O_3 = 17.64-18.25\%$). Последние по химическому составу сопоставимы с биотитами верхнепалеозойских гранитов Южного Урала [21], что еще раз подтверждает более глубокие условия формирования интрузий адамеллит-гранитной серии по сравнению с интрузиями габбро-монцодиорит-граносиенит-гранитной и субщелочной гранит-лейкогранитной серий борлинского комплекса.

Габбро-монцодиорит-граносиенит-гранитная серия. Состав серии варьирует от монцогаббро (SiO_2 - 53%) до гранита (SiO_2 - 72-74%). Макроскопически это серые, розовато-светлосерые средне- мелкозернистые породы, равномернозернистые в группах основных и средних пород. В более кислых породах, граносиенитах и гранитах, местами отчетливо выражена порфировидная структура и светло-сереневатый цвет, что сближает их с нижнекаменноугольными высококалийевыми гранитоидами Восточно-Кайрактинского массива. Структура в основных и средних породах габбровая, монцонитовая, реже призматическизернистая, в кислых - гипидиоморфнозернистая, иногда, микропегматитовая.

Характерной особенностью всех пород этой серии является развитие в них амфибола, постоянное присутствие кварца, зонального плагиоклаза, красновато-бурого пелитизированного калиевого полевого шпата, криптопертитового в габбро и диоритах и микропертитового в кварцевых монцодиоритах, граносиенитах, гранитах. Иногда в ассоциации с магнетитом видны мелкие реликтовые зерна клинопироксена. В породах кислой группы совместно с амфиболом развит биотит. Биотит обычно

замещает амфибол, т.е. является более поздним неравновесным по отношению к амфиболу минералом. Это объясняет более молодой калий-аргоновый возраст биотита по сравнению с сосуществующим амфиболом (табл. 2). Биотитовые граниты для данной серии не характерны.

Содержание плагиоклаза варьирует от 60% в габбро до 30-40% в гранитах. Состав изменяется от лабрадора-андезина в габбро и диоритах до кислого олигоклаза и альбита в гранитах. Центральные части зерен плагиоклазов часто серицитизированы и сосюритизированы, что говорит о их первичной зональности. Иногда зерна плагиоклаза обрастают каймой калиевого полевого шпата. Состав калиевого полевого шпата в гранитоидах серии изменяется от низкого ортоклаза ($Or_{98.9}Ab_{2.9}An_{0.2}$, $\Delta p = 0$, $\Delta Z = 0.80$) до микроклин-ортоклаза ($Or_{47.8}Ab_{50.1}An_{2.1}$, $\Delta p = 0/0.75$, $\Delta Z = 0.79/0.79$, $Or = 25\%$, $Mic = 75\%$) [22]. Амфиболы относятся к группе кальциевых амфиболов $(Na+K)/(Na+K+Ca) \leq 33$, к ряду низкоглиноземистых высокожелезистых роговых обманок - $Al_2O_3 = 6.70-4.64\%$, $Fe \cdot 100 / (Fe + Mg) = 52.2-77.6\%$. Содержание их варьирует от 50-40% в габбро до 3-5% в гранитах и граносиенитах. Биотит относится к магнезиально-железистой группе триоктаэдрических слюд, замещает амфибол. Часто подвержен опацификации. Характеризуется высокими коэффициентами общей железистости - $Fe \cdot 100 / (Fe + Mg) = 56.1-80.1\%$ и низкой общей глиноземистостью - $Al_2O_3 = 11.31-12.80\%$. По химическому составу соответствует ряду флогопита-аннита.

Субщелочная гранит-лейкогранитная серия. В серии установлены амфиболовые, амфибол-биотитовые и биотитовые разновидности гранитоидных пород. Характерными особенностями пород являются кирпично-красный и красноватый цвет, лейкократовость, среднезернистые и крупнозернистые непорфировидные структуры, часто с мелкими 1-3 мм миароловыми пустотами. В серии выделяются двухполевошпатовые и однополевошпатовые граниты. Местами установлены рапакивиобразные граниты (верховья ручья Курмуksай, 10 км к ю-в от пос. Шиликтысай, данные И.Е. Костик).

Структура пород гипидиоморфнозернистая, микропегматитовая, миаролитовая. Плагиоклазы представлены слабо пелитизированным альбитом и кислым олигоклазом. Кварц, наряду с

ксеноморфными, часто имеет округлые формы зерен. Калиевый полевой шпат имеет красновато-бурый цвет, интенсивно пелитизирован и пертитизирован. Состав его изменяется от низкого ортоклаза ($Or_{94.4}Ab_{5.0}An_{0.6}$, $\Delta p=0$, $\Delta Z=0.72$) и микроклин-ортоклаза ($Or_{66.6}Ab_{32.6}An_{1.1}$, $\Delta p=0/0.75$, $\Delta Z=0.81/0.81$, $Or-35\%$, $Mic-65\%$) до максимального микроклина ($Or_{67.6}Ab_{31.7}An_{0.7}$, $\Delta p=0.88$, $\Delta Z=0.91$) [22]. Для большинства из них характерно высокое содержание альбитового минала, что отражает гипабиссальные условия формирования интрузий субщелочной гранит-лейкогранитной серии [22]. Амфиболы представлены кальциевой, натрий-кальциевой и кальций-натриевой группами - $(Na+K)/(Na+K+Ca) = 19.9-31.9\%$; $34.9-52.3\%$. Относятся к ряду низкоглиноземистых, высокожелезистых амфиболов - $Al_2O_3=3.66-6.82\%$, $Fe*100/(Fe+Mg)=70.0-88.7\%$. По данным рентгено-структурного анализа состав их отвечает ферроэденту-феррогастингситу. Биотит средне- мелкочешуйчатый, часто подвержен опацификации. Относится к группе высокожелезистых триоктаэдрических слюд к ряду низкоглиноземистых флогопитов-аннитов - $Al_2O_3=10.35-13.25\%$, $Fe*100/(Fe+Mg)=52.3-79.4\%$. В гранитах установлены заключенные в магнетите мелкие бесцветные зерна клинопироксена, имеющего спайность под $\angle 87^\circ$, что говорит о двухстадийной кристаллизации гранитного расплава. Кристаллизация ранней стадии гранитного расплава происходила в "сухих" условиях, поздней - в условиях более высокого парциального давления воды.

Геохимическая характеристика

Адамеллит-гранитная серия. Биотитовые среднезернистые граниты главной фазы характеризуются устойчивыми содержаниями натрия, калия и большинства изученных редких элементов, что подтверждается невысокими значениями коэффициентов вариации (табл.3) Исключение представляет литий. Значительные изменения содержания лития в гранитах, вероятно, связаны с перераспределением и, возможно, выносом этого элемента из гранитов при постмагматической хлоритизации биотита, так как слюды в гранитах являются основными носителями и концентраторами лития.

В аплитовидных гранитах этой серии, по сравнению с биотитовыми гранитами, снижаются средние содержания Sr,

Rb, Li, Cs, что объясняется их лейкократовостью - увеличением кислотности плагиоклаза и уменьшением содержаний биотита. По сравнению с среднезернистыми гранитами в аплитовидных гранитах снижение средних содержаний Rb связано с уменьшением средних содержаний калия (табл. 3). В жильных аплитах по сравнению с охарактеризованными гранитами адамеллит-гранитной серии установлено существенное понижение Sr в 2-5 раз и, особенно, Ba - в 5-7 раз, что говорит о снижении концентраций этих элементов в остаточном расплаве при дифференциации интрузий адамеллит-гранитной серии. Во всех гранитоидах данной серии установлены повышенные по отношению к кларку [8] содержания молибдена в 3-4 раза, что свидетельствует о их обогащенности этим элементом и позволяет сравнивать с палеозойскими гранитами-лейкогранитами Забайкалья, которые так же характеризуются повышенными средними содержаниями молибдена, но не сопровождаются молибденовыми месторождениями [30]. В этом отношении гранитоиды адамеллит-гранитной серии борлинского комплекса Южного Урала аналогичны немolibденоносным палеозойским гранитам молибденового пояса Забайкалья. Граниты адамеллит-гранитной серии характеризуются низкими коэффициентами вариации распределения редких элементов (олова 33.5% и молибдена 32.6%) и слабым развитием процессов мусковитизации, что характерно для нередкометаллоносных гранитов других складчатых областей [30].

На диаграмме Sr - Rb/Sr точки состава среднезернистых гранитов располагаются в поле коровых гранитоидов S-типа и следуют тренду дифференциации известково-щелочных серий активных континентальных окраин (рис. 2). Принадлежность среднезернистых гранитов к известково-щелочной серии подтверждается соотношением в них Li - K/Rb [14]. По химическому составу все граниты относятся к плюмазитовому типу пород пересыщенных алюминием - $Al-(2Ca+Na+K)=15.2 - 46.8$. Геохимические составы их аналогичны плюмазитовым гранитоидам других складчатых областей (рис. 4Б). На диаграмме Rb - K/Rb точки состава среднезернистых гранитов следуют вдоль геохимического тренда дифференциации молибденоносного гуджирского комплекса Забайкалья (рис. 3). При этом часть из них располагается в поле гранитов А-типа Ньюфаундленда, что

Таблица 3

Содержания Na, K (в мас.%) и редких элементов (г/т) в гранитоидах борлинского комплекса

№ пробы	Порода	Na	K	Sr	Rb	Li	Cs	Ba	Pb	Sn	Mo
Адамеллит-гранитная серия, D _{3fm} (?)											
1	Адамеллит,	3.22	3.97	69	152	0.3	3.0	800	34.0	2.7	3.7
2	гранит	2.65	3.86	60	178	10.0	4.0	360	17.0	5.0	4.6
3	“	2.48	3.77	98	165	17.0	4.0	680			
4	“	2.64	3.32	26	116	3.0	6.0	1040	11.0	3.7	3.5
5	“	2.76	3.84	68	184	2.0	3.0	480	19.0	2.3	5.2
6	“	2.81	3.62	66	179	22.0	2.0	360	26.0	3.9	4.7
7	“	2.87	3.87	80	189	3.0	2.0	610	18.0	2.4	2.2
8	“	2.29	3.59	44	152	7.0	4.0	260	12.0	1.8	2.8
9	“			90	219						
10	“			81	249						
11	“			79	241						
12	“			95	209						
13	“			32	218						
14	“			60	217						
15	“	2.56	3.91	72	169	15.0	6.9				
16	Гранит пег-	2.65	3.70	63	192	5.0	3.0	460			
17	матоидный	2.78	3.65	90	186	7.0	4.0	660	16.0	3.1	2.1
	X	2.70	3.74	69	189	8.3	3.8	571	19.1	3.1	3.6
	V	8.8	5.0	29.9	18.0	83.9	39.9	41.3	39.6	33.5	32.6
18	Гранит апли-	2.76	3.52	38	127	1.4	1.9	1040			
19	товидный	2.69	3.73	46	143	0.3	4.0	1180			
20	“	1.95	4.00	36	134						
21	“	2.55	3.58	25	133	0.2	2.0	480			
22	“	2.86	3.23	30	144	0.3	3.0	380	10.5	4.6	2.8
23	“	2.86	3.64	42	129	1.4	1.9	1140	7.9	3.2	4.0
	X	2.61	3.62	36	135	0.7	2.6	844	9.2	3.9	3.4
24	Аплит жильн.	2.93	3.51	14	200	15.0	4.0	100	19.0	7.5	4.5
Габбро-монцодиорит-граносиенит-гранитная серия, C ₁₋₂											
25	Габбро,		1.88	304	77						
26	диорит, мон-			360	41						
27	цодиорит			323	44						
28	“		1.08	361	46						
	X		1.48	337	52						
29	Кварцевый			237	84						
30	диорит, квар-		2.61	173	63						
31	цевый монцо-	3.28	3.36	199	119	24.0	6.4				
32	диорит,		2.85	176	100						
33	кварцевый	3.66	2.03	200	51	10.0	6.4				
34	монзонит,		1.88	214	67						
35	монцограно-		3.82	135	59						
36	диорит			135	110						
37	“		3.54	150	107						
38	“			144	100						

53

Продолжение таблицы 3

№ пробы	Порода	Na	K	Sr	Rb	Li	Cs	Ba	Pb	Sn	Mo
Габбро-монцодиорит-граносиенит-гранитная серия, C ₁₋₂											
	X	3.47	2.87	176	86	17.0	6.4				
	V		26.1	20.2	28.3						
39	Граносиенит,	2.82	3.79	128	176	20.9	1.9	720			
40	монцоадамел-	2.70	3.46	103	178	27.0	2.0	620	20.0	4.6	6.3
41	лит-гранит	2.84	3.74	98	184	12.0	5.0	530			
42	“		3.59	108	191						
43	“	2.82	3.53	142	174	11.2	3.8				
44	“	3.03	3.57	117	175	11.2	2.8				
45	“			104	163						
46	“	3.31	3.64	100	163	22.0	7.2				
47	“		3.38	125	154						
48	“		4.42	82	170						
	X	2.92	3.69	111	173	17.4	3.8	623	20.0	4.6	6.3
	V		8.8	15.7	6.2						
49	Гранит	3.48	3.57	51	132	1.0	5.0	280	23.0	4.6	6.8
50	“			96	142						
51	“			107	140						
52	“			52	152						
53	“	3.54	3.74	60	146	8.0	6.4				
54	“	4.45	3.64	64	104	3.0	6.4				
55	“			97	125						
56	“		4.13	52	119						
57	“			116	117						
58	“	3.66	3.55	56	111	3.0	6.4				
59	“	3.66	4.29	71	101	2.0	4.8				
	X	3.76	3.82	75	126	3.4	5.8	280	23.0	4.6	6.8
	V			32.6	13.8						
Жильные											
60	Кв. сиенит-	4.38	4.87	126	202	7.0	7.2				
	порфир										
61	Граносиенит-	3.20	3.91	53	186	3.0	6.2				
63	порфир	2.85	3.62	14	166	3.7	2.8				
64	“	2.97	3.71	2	167	13.0	2.8				
65	“	2.28	4.46	5	106	2.0	5.4				
66	Гранит-аплит	3.08	3.74	2	150	2.0	3.6				
	X	2.90	3.93	12	161	4.7	4.1				
Гранит-лейкогранитная серия, P-T ₁											
67	Лейкогранит	2.29	4.15	15	135	0.4	3.0	310	3.2	4.4	5.5
68	двуполево-	2.61	3.63	17	199	0.1	3.0	160			
69	шпатовый	2.81	3.56	18	233	3.0	2.0	170			
70	“	2.83	3.68	19	216	1.0	1.0	180	24.0	3.0	3.3
71	“	3.26	3.63	22	211	14.0	2.0	230	13.0	5.5	2.8
72	“	2.46	3.11	52	191	6.5	1.9				
73	“	3.00	3.54	26	232						
74	Лейкогранит	2.56	3.81	10	206	0.3	4.0	200	31.0	4.7	5.5
75	двуполево-	2.56	3.77	8	194	0.3	4.0	420	11.0	5.5	6.9

54

Продолжение таблицы 3

№ про-бы	Порода	Na	K	Sr	Rb	Li	Cs	Ba	Pb	Sn	Mo
Гранит-лейкогранитная серия, P-T ₁											
76	шпатовый	2.36	3.83	7	193	0.3	4.0	115	8.7	3.6	2.8
77	миаролито-вый	2.55	4.09	31	136	0.1	4.0	240	14.0	1.8	3.0
78	“ “ “	2.94	3.71	48	208	8.4	1.9				
79	“ “ “	2.94	3.49	52	190	10.2	3.8				
80	“ “ “			30	218						
81	“ “ “	2.83	4.61	34	202	3.0	5.2				
82	“ “ “			28	196						
83	“ “ “			41	210						
84	“ “ “	2.65	4.05	18	195	3.0	5.2				
85	“ “ “			50	168						
86	“ “ “			63	140						
87	“ “ “			39	163						
88	“ “ “	2.74	4.05	40	162	3.0	5.3				
89	“ “ “	2.94	4.32	42	165	16.0	7.2				
90	Лейкогранит	3.25	3.77	16	239	4.0	2.0	170	11.0	5.4	7.1
91	однополево-шпатовый	2.49	3.16	10	188	3.3	2.8				
92	“ “	2.88	3.29	15	238	3.9	3.8				
93	“ “	2.93	3.93	20	150	12.0	4.0	140	12.0	5.0	3.7
94	“ “	3.00	4.79	24	152	0.2	2.0	200			
95	“ “	2.42	3.96	16	142	2.0	3.0	220	10.0	4.9	8.7
96	“ “	2.78	4.15	38	148	3.0	2.0	280			
97	“ “	2.51	3.86	21	158	0.7	2.0	220	18.0	4.8	7.1
98	“ “	3.46	4.32	48	174	1.9	2.8				
99	“ “			52	211				6.0	2.9	1.1
100	Лейкогранит	3.25	3.77	18	206	3.0	2.0	160	9.3	3.5	2.3
101	микропегма-титовый	2.63	3.67	14	140	2.0	3.0	160			
102	“ “	2.77	3.90	43	140	8.0	2.0	270			
103	“ “			71	206						
	X	2.78	3.85	30	185	4.1	3.2	214	13.2	4.2	4.6
	V	10.4	9.9	55.2	17.1	107.6	43.3	33.9	56.4	27.6	50.6
Жильные											
104	Аплит	2.56	4.10	20	155	1.0	3.0	115			
105	“	2.73	3.69	19	216	0.9	1.9	160			
106	Гранит-порфир	2.75	4.15	19	164	0.2	2.0	200			
107	“	2.74	4.32	36	179	3.0	6.5				
62	“	3.33	4.12	35	218	3.0	6.0				
108	Лейкогранит	2.60	3.90	45	200	4.0	3.0	440	12.0	2.4	3.3
109	миаролито-вый	2.83	4.50	53	147	3.0	5.6				
110	“	2.65	3.83	17	183	10.0	5.3				
111	“	3.03	3.82	56	272	10.0	6.0	175			
112	Лейкогранит	2.83	4.05	17	236	2.0	6.0				
113	микропегма-титовый	3.00	3.97	7	145	2.0	5.3				
	X	2.77	4.03	29	190	3.6	4.5	218	12	2.4	3.3
	V	5.6	6.1	59.5	21.9	98.6	39.5				
114	Диабаз в гра-нитях	2.31	0.71	385	35	11.6	1.9	460			
115	“	2.91	1.89	394	74	36.7	2.8				
	X	2.61	1.32	390	55	24.1	2.3	460			

Примечание к таблице 3.

Анализы выполнены в ИГиГ УрО РАН. Содержание Na, K, Li, Cs определены методом фотометрирования пламени; Rb, Sr, Ba - рентгенофлуоресцентным методом на VRA-30; Pb, Sn, Mo - количественным спектральным методом. Чувствительность в г/т: Rb - 3, Sr -3, Pb - 0,5, Sn - 0.2, Li - 0.2, Cs - 0.2, Mo - 0.1. X - среднее арифметическое, V - коэффициент вариации.

Распределение анализов по массивам: Северо-Бугетсайский - 67, 74, 75, 76. Южно-Бугетсайский - 1, 2, 3, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 39, 47, 60, 95, 101, 110. Сарыобинский - 87, 88, 89, 107. Дамдынский - 96, 97, 102, 104. Амангельдынский - 86, 103, 113. Караобинский - 4, 73, 77, 114. Котртобенский - 91, 92. Байментауский - 5, 6, 7, 14, 40, 49, 68, 69, 70, 105. Тамдынский - 13, 25, 26, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 37, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 71, 78, 79, 85, 90, 93, 94, 98, 99, 100, 106, 109, 111, 115. Байменбулакский - 29, 30, 35, 36, 38, 48, 50, 51. Теректауский - 8, 12, 72, 80, 81, 82, 83, 84, 108, 112. Итастыблакский - 9, 10, 11. Расположение массивов смотри на рис. 1.

подтверждает их формирование в условиях тектонической активизации Мугоджарского блока. Соотношение Sr - Ba в среднезернистых гранитах соответствует гранитоидам А-типа Ньюфаундленда и мезозойским гранитоидам малокуналейского комплекса Забайкалья (рис. 4А).

В отличие от среднезернистых гранитов аплитовидные граниты адамеллит-гранитной серии, так же располагаясь в поле коровых гранитоидов, более отвечают гранитам А-типа и сопоставимы с составом слабо молибденоносных мезозойских гранитов малокуналейского комплекса молибденового пояса Забайкалья (рис. 2). Они характеризуются более высокими Rb/Sr и K/Rb отношениями и полностью соответствуют гранитам А-типа Ньюфаундленда (рис. 3). Как и среднезернистые граниты аплитовидные граниты относятся к типу низколитиевых плюмазитовых гранитоидов известково-щелочной серии пересыщенных алюминием - $Al-(2Ca+Na+K)=4.6 - 68.6$. Аплитовидные граниты, в отличие от среднезернистых, характеризуются низкими содержаниями Sr и неравномерным распределением Ba в связи с чем по соотношению этих элементов не имеют аналогов среди приведенных эталонных комплексов (рис. 4 А). Петрохимический состав и геохимические особенно-

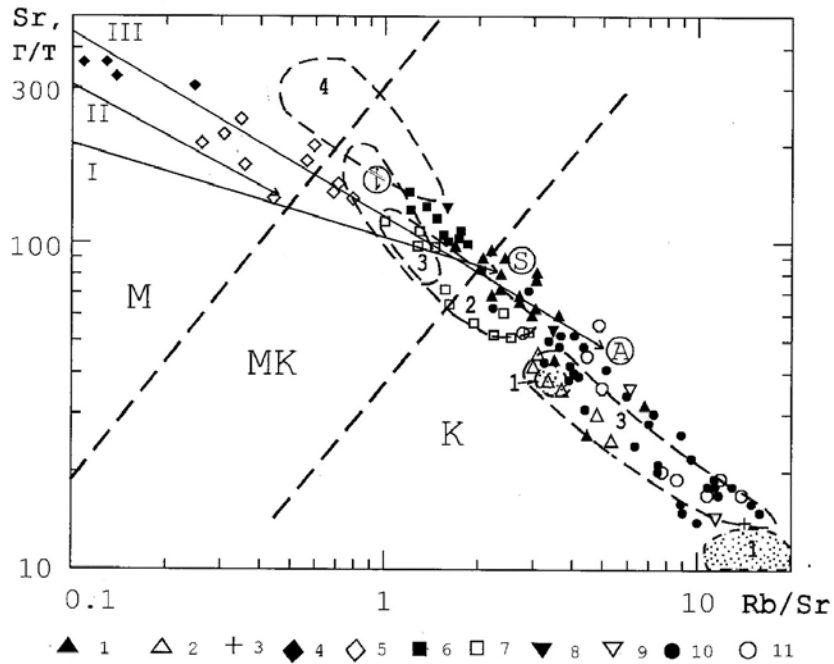


Рис. 2. Диаграмма Sr - Rb/Sr пород гранитоидных серий борлинского комплекса. К - коровые, МК - мантийно-коровые, М - мантийные. Тренды серий изверженных пород: I - толеитовая, II - известково-щелочная островных дуг, III - известково-щелочная активных континентальных окраин [11]. Гранитоиды А, S, I - типов [33, 38, 39]. Пунктирными линиями выделены поля гранитоидов эталонных серий: 1 - А-типа Нубийского щита Египта (заштрихованы точками) [32], 2 - I и А-типов Ньюфаундленда [36], 3 - однополевошпатовых малокуналейского комплекса Забайкалья [30], 4 - вольфрам-молибденоносных гуджирского комплекса Забайкалья [30].

Адамеллит-гранитная: 1 - гранит, 2 - аплитовидный гранит, 3 - аплит. Габбро-монцодиорит-граносиенит-гранитная: 4 - монцогаббро, монцодиорит, 5 - монцогранодиорит, кварцевый монцодиорит, 6 - монцоадамеллит, граносиенит, 7 - гранит, 8 - кварцевый сиенит-порфир, граносиенит-порфир, 9 - аплит. Субщелочная гранит-лейкогранитная: 10 - субщелочной одно- и двухполевошпатовый гранит, 11 - лейкогранит, аляскит.

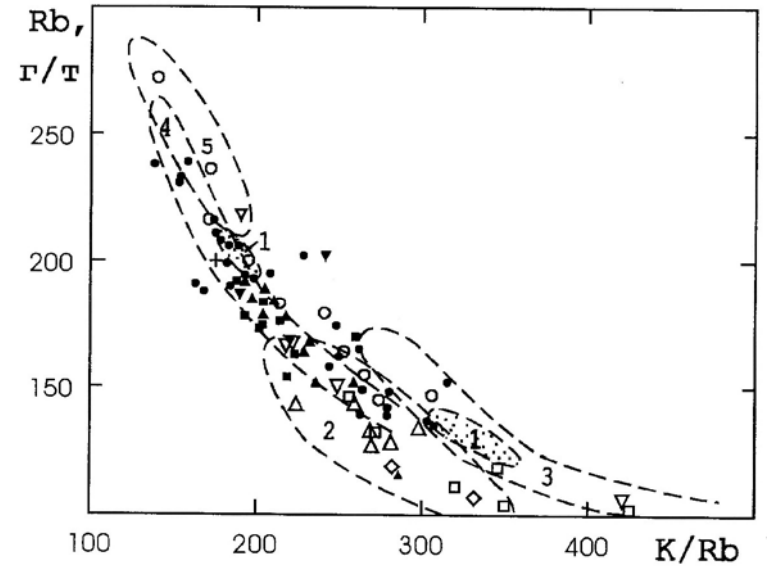


Рис. 3. Диаграмма Rb-K/Rb пород гранитоидных серий борлинского комплекса. Эталонные поля гранитоидов 1, 2, 3, 4 см. рис. 2. 5 - поле субщелочных гранитоидов А - типа Белых гор, США-Канада [34]. Условные обозначения те же, что на рис. 2.

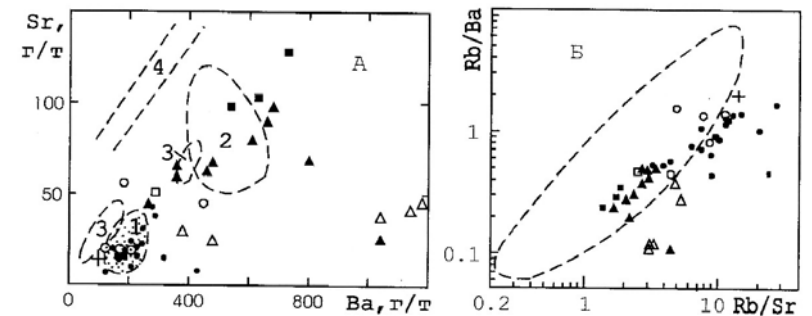


Рис. 4. Диаграммы Sr-Ba и Rb/Ba - Rb/Sr пород гранитоидных серий борлинского комплекса. На рис. А -эталонные поля 1, 2, 3, 4 см. рис. 2. На рис. Б - пунктиром выделено поле сильно пересыщенных алюминием постколлизонных гранитов Альп, Гималаев, Европы, Австралии, Британских каледонид [37]. Условные обозначения те же, что на рис. 2.

сти дают основание относить гранитоиды адамеллит-гранитной серии к гранитам палингенного известково-щелочного плюмазитового типа с отклонением по Na, K, Sr, Mo в область составов плюмазитовых редкометальных гранитов [25, 26]. Отсутствие связи с габброидами позволяет говорить о коровом палингенном происхождении пород адамеллит-гранитной серии за счет переплавления рифейских метаморфизованных терригенно-осадочных пород в зоне глубинного борлинского разлома, заложенного вдоль окраины Мугоджарского блока. Повышенное содержание щелочных петрогенных элементов и молибдена связано с протолитовыми породами Мугоджарского блока.

Габбро-монцодиорит-граносиенит-гранитная серия. На диаграмме Sr - Rb/Sr точки состава пород данной серии располагаются в полях коровых, мантийно-коровых и мантийных серий (рис. 2). Состав их изменяется от гранитов S-типа до I-типа и следует вдоль трендов дифференциации известково-щелочных серий островных дуг и активных континентальных окраин. Принадлежность пород к известково-щелочной серии подтверждается соотношением в них Li - K/Rb [14]. Точки геохимического состава гранитоидов располагаются в поле коровых и мантийно-коровых серий, отличаясь от гранитов мировых эталонов S-типа более низкими содержаниями стронция (рис. 2). Граносиениты расположены в поле мантийно-коровых серий и приближаются к гранитам I-типа. Они так же как и граниты отличаются от эталонных гранитов I-типа меньшими содержаниями стронция. При этом точки геохимического состава гранитов на диаграмме Sr - Rb/Sr располагаются в полях гранитоидов A-I-типов Ньюфаундленда и малокуналейского комплекса Забайкалья, а граносиенитов следуют вдоль этих полей (рис. 2). Большая часть (60-70%) граносиенитов и гранитов данной серии относятся к типу пород пересыщенных глиноземом - $Al-(2Ca+Na+K)=8.6 - 33.6$, что подтверждается расположением их фигуративных точек в поле гранитоидов сильно пересыщенных алюминием (рис. 4Б). Остальная часть граносиенитов и гранитов (40-30%) относится к породам нормального типа - $Al < (2Ca+Na+K)$.

Набор изверженных пород серии позволил Т. В. Билибиной сопоставлять борлинский комплекс, а согласно нашим исследованиям часть его, с магнитогорским габбро-гранитным

комплексом Южного Урала [6]. Тесная связь граносиенитов и гранитов с габброидами говорит о существенном влиянии на формирование серии базальтового мантийного расплава, контактированного в зоне борлинского разлома коровым материалом, что привело этот расплав при последующей кристаллизационной дифференциации к образованию граносиенитов и гранитов. Петрографические и геохимические особенности пород позволяют относить гранитоиды данной серии к породам латитового геохимического типа с отклонением по Sr, Ba в область плюмазитовых редкометальных гранитов [25, 26].

Субщелочная гранит-лейкогранитная серия завершает развитие борлинского комплекса. В составе серии развиты пересыщенные кремнеземом и глиноземом субщелочные граниты - $SiO_2=73-76\%$, $Al-(2Ca+Na+K)=14.0-53.6$, коэффициент аплитности - $(Na+K)/Al=0.76-0.90$. Все они занимают промежуточное положение между палингенными известково-щелочными и плюмазитовыми редкометальными гранитами [25, 26]. Характерной геохимической особенностью является пониженные в гранитах, по сравнению с редкометальными гранитами, содержания Li, Rb, Cs, Sn, что существенно отличает их от геохимического типа плюмазитовых редкометальных гранитов многих складчатых областей [7]. В то же время в них установлено четырехкратное увеличение, по отношению кларка концентраций для кислых пород [8], содержания молибдена, подтверждая тем самым принадлежность субщелочных гранитов к данному геохимическому типу.

Из всех изученных гранитоидов, граниты субщелочной гранит-лейкогранитной серии характеризуются наиболее высокими Rb/Sr отношениями, частично сопоставимыми с аплитовидными гранитами адамеллит-гранитной серии. На диаграмме Sr - Rb/Sr точки геохимического состава их располагаются в поле коровых гранитоидов, вблизи эталонной серии гранитов A-типа и соответствуют полю однополевошпатовых гранитов малокуналейского комплекса молибденового пояса Забайкалья (рис. 2). Соотношение в гранитах Rb - K/Rb соответствует молибденоносным гранитам гуджирского комплекса Забайкалья и частично с гранитам A-типа Нубийского щита Египта (рис. 3). По соотношению Sr - Ba составы гранитов полностью отвечают составу гранитов A-типа Нубийского щита (рис. 4 А). Все это

подтверждает их принадлежность к постколлизийным гранитам А-типа, формировавшихся в условиях тектонической активизации окраины Мугоджарского блока. Развитие жильных диабазов в массивах субщелочной гранит-лейкогранитной серии (пробы 114, 115) позволяет предположить, что исходный гранитный расплав формировался в зоне борлинского глубинного разлома при плавлении пород Мугоджарского блока под влиянием тепла мантийных диапиров базальтовой магмы.

Редкоземельные элементы. В гранитоидах главных фаз, выделенных серий борлинского комплекса, из РЗЭ определены La, Ce, Sm, Eu, Tb, Yb (табл. 4). По сравнению с постколлизийными плюмазитовыми [34, 36] и, особенно, агпайтовыми [13, 32] гранитоидами они характеризуются более низкими содержаниями легких лантаноидов (La, Ce, Sm). Снижение содержания легких лантаноидов объясняется более низкой щелочностью борлинских гранитов: коэффициент агпайтности борлинских гранитов- 0.76-0.90, Ньюфаундленда- 0.85-0.96 [36], Белых гор США-Канады - 0.84-1.00 [34], Нубийского щита Египта - 0.98-1.06 [32], щелочных пород Восточного Казахстана- 0.96-1.23 [13].

Все кривые нормированных к хондриту содержаний РЗЭ в гранитоидах борлинского комплекса имеют отчетливо выраженный правосторонний наклон и европиевый минимум за исключением пробы 3 гранитов адамеллит-гранитной серии (рис. 5 А). Низкие значения отношений легких лантаноидов к хондриту [18], небольшой правосторонний наклон кривой и слабо выраженный европиевый минимум в гранитах пробы 3 говорят о слабой дифференциации исходного гранитного расплава, что в данном случае можно объяснить неполным переплавлением пород протолита Мугоджарского блока при формировании адамеллит-гранитной серии. В гранитах пробы 3 это подтверждается большей основностью плагиоклаза (интенсивная сосюритизация центра зерен) по сравнению с слабо пелитизированными и серицитизированными плагиоклазами в сходных с ними гранитах адамеллит-гранитной серии, характеризующихся четко выраженным европиевым минимумом (пробы 11, 17, рис. 5 А).

В гранитоидах борлинского комплекса установлены варьирующие значения европиевого минимума. В ранних сериях значения европиевого минимума возрастают от граносиенитов

габбро-монцодиорит-граносиенит-гранитной (проба 42) к гранитам адамеллит-гранитной серии (пробы 11, 17), что объясняется различными условиями генерации исходных расплавов сравниваемых серий. Кривые распределения РЗЭ в граносиенитах и гранитах данных серий отличаются от эталонных кривых распределения РЗЭ плюмазитовых и агпайтовых гранитов А-типа меньшим содержанием легких лантаноидов и иттербия, тем самым подтверждая их самостоятельное развитие, отличное от постколлизийных гранитов субщелочной гранит-лейкогранитной серии борлинского комплекса и эталонных гранитов А-типа, формировавшихся в условиях тектонической активизации блоков континентальной коры.

В поздней субщелочной гранит-лейкогранитной серии установлено увеличение европиевого минимума от однополевошпатовых (пробы 93, 99) к двухполевошпатовым гранитам (пробы 71, 74). Снижение содержания европия от однополевошпатовых к двухполевошпатовым гранитам связано с увеличением кислотности исходного расплава при кристаллизации гранитов в этом направлении, что отмечалось ранее [13]. Данный вывод полностью подтверждается снижением суммы легких лантаноидов - лантана и церия - от 120.6-130г/г в однополевошпатовых до 68-86,2 г/г в двухполевошпатовых гранитах, что, как известно, связано с изменением щелочности пород (табл. 4).

Таблица 4

Содержание (г/т) РЗЭ в породах борлинского комплекса*

№ пробы	Порода	La	Ce	Sm	Eu	Tb	Yb	(La/Yb) _n
3	Гранит	5.0	11.0	2.4	0.7	0.5	1.0	3.3
11	“	26.0	60.0	4.9	0.3	2.3	3.0	5.8
17	Гранит пегматоидный	14.0	37.0	4.8	0.3	1.0	0.8	11.7
42	Граносиенит	23.0	36.6	6.2	0.6	1.5	3.8	4.0
71	Гранит	26.0	60.2	5.9	0.3	1.1	3.0	5.8
73	“	28.7	88.0	8.1	0.7	1.5	2.4	8.0
74	“	18.0	50.0	5.6	0.3	2.2	3.0	4.0
93	“	36.0	94.0	8.8	0.7	1.0	3.0	8.0
99	“	39.6	81.0	8.0	1.6	1.2	3.8	7.0

*Номер пробы соответствует таблице №3. La, Ce, Sm, Eu, Tb, Yb -определены нейтронно-активационным методом в лаборатории ядерного анализа Объединения “Уралгеология”.

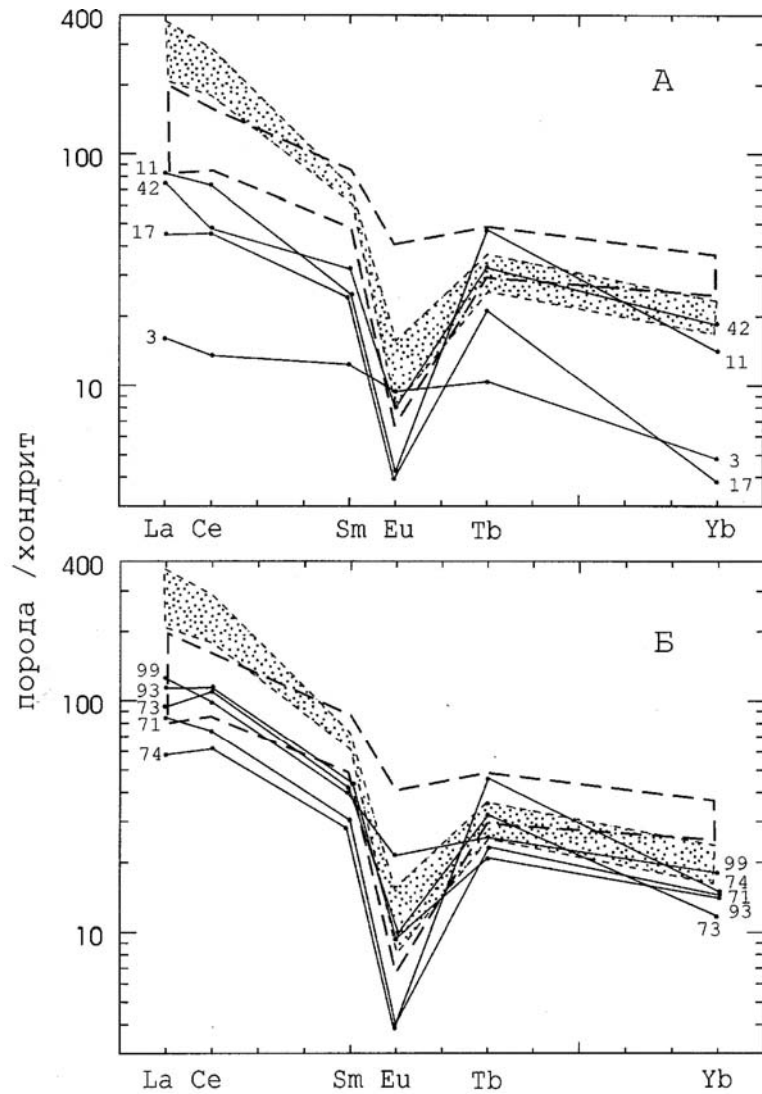


Рис. 5. Распределение нормированных к хондриту [18] содержаний РЗЭ в породах гранитоидных серий борлинского комплекса. Точками показано поле гранитоидов А - типа Нубийского щита Египта [32], пунктиром - I и А - типов Ньюфаундленда [36]. Цифры у кривых распределения РЗЭ в гранитоидах соответствуют номеру анализа в табл. 4.

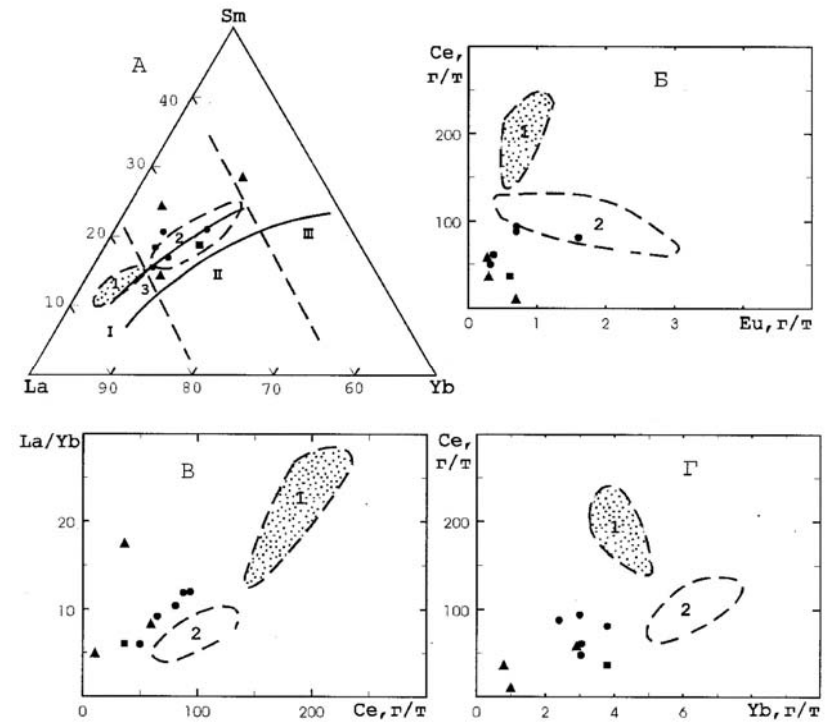


Рис. 6. Диаграммы соотношений РЗЭ в гранитоидах борлинского комплекса. На рис. А, Б, В, Г - эталонные поля гранитоидов 1, 2 см. рис. 2. На рис. А римскими цифрами обозначены поля щелочных гранитоидов: I - наиболее цериевые, II - промежуточные, III - наиболее иттриевые [13]. Поле 3 - пермских щелочных гранитов и комендитов Восточного Казахстана [13].

Условные обозначения те же, что на рис. 2.

В отличие от гранитоидов ранних серий кривые нормированных к хондриту содержаний РЗЭ в гранитах субщелочной гранит-лейкогранитной серии соответствуют в области легких лантаноидов и европиевого минимума гранитам А-типа Ньюфаундленда и Нубийского щита Египта, что подтверждает с одной стороны самостоятельное развитие интрузий субщелочной гранит-лейкогранитной серии, с другой - становление их в условиях постколлизии тектонической активизации Мугоджарского блока. Понижение содержаний иттербия в гранитах суб-

щелочной гранит-лейкогранитной серии по сравнению с приведенными эталонами гранитов А-типа Ньюфаундленда и Нубийского щита Египта, вероятно, связано с первичным составом исходных магматических расплавов.

Проведенное сравнение содержаний РЗЭ в гранитах субщелочной гранит-лейкогранитной серии с принятыми эталонами гранитов А-типа Ньюфаундленда и Нубийского щита Египта на диаграммах La - Sm - Yb, Ce - Eu, La/Yb - Ce, Ce - Yb позволяет сделать ряд дополнительных выводов (рис. 6 А, Б, В, Г). На диаграммах отчетливо видны более низкие содержания в них церия по сравнению с эталонными гранитами А-типа, что, как было сказано ранее, связано с их более низкой щелочностью. На диаграмме La/Yb - Ce содержания РЗЭ в гранитах главных фаз выделенных серий соответствуют полю гранитов А-типа Ньюфаундленда, отличаясь от них более высокими La/Yb отношениями за счет снижения содержаний иттербия. На диаграмме La - Sm - Yb составы их расположены в поле промежуточных по церию и иттрию гранитоидных пород и соответствуют гранитам А-типа Ньюфаундленда. Таким образом, редкоземельный состав гранитоидов поздней серии борлинского комплекса приближается к редкоземельному составу миароловых гранитов А-типа Ньюфаундленда, отражая тем самым сходство геологических условий формирования постколлизийных борлинских и ньюфаундлендских гранитов, развитых в составе массивов более ранних гранитоидных комплексов. В отличие от уральских (борлинских) и ньюфаундлендских гранитов А-типа, формировавшихся в континентализированных структурах каледонских и герцинских складчатых поясов, формирование гранитов А-типа Нубийского щита Египта происходило в зоне активизации древней континентальной плиты, отсюда высокая щелочность нубийских гранитов и существенное микроэлементное различие их от уральских (борлинских) и ньюфаундлендских (остров Фого) гранитов А-типа.

Выводы

На Южном Урале в зоне борлинского глубинного разлома впервые выделены три последовательно развитые интрузивные серии: амаеллит-гранитная - D₃fm, габбро-монцодиорит-граносиенит-гранитная - C₁₋₂, субщелочная гранит-лейкогранитная - P₁₋₂. Указанные интрузивные серии соответст-

венно относятся к принятым мировым эталонам гранитов S, I и А-типов.

В составе амаеллит-гранитной серии преобладают биотитовые амаеллиты и граниты. Гранитоиды амаеллит-гранитной серии относятся к гранитам S-типа. Петрохимический состав и геохимические особенности дают основание относить гранитоиды амаеллит-гранитной серии к гранитам палингенного известково-щелочного плюмазитового типа с отклонением по Na, K, Sr, Mo в область составов плюмазитовых редкометальных гранитов. Имея геохимическую специализацию на молибден интрузии амаеллит-гранитной серии не сопровождаются редкометальным оруденением в связи с низким содержанием летучих компонентов при их кристаллизации, что подтверждается слабым развитием в гранитах процессов мусковитизации.

Габбро-монцодиорит-граносиенит-гранитная серия характеризуется гомодромным развитием от габбро до гранита. Характерной особенностью всех пород этой серии является развитие в них амфибола, иногда мелких реликтовых зерен клинопироксена, постоянное присутствие кварца, зонального плагиоклаза, красновато-бурого пелитизированного калиевого полевого шпата криптопертитового в группе основных и средних и микропертитового в группе кислых пород. Петрохимический состав и геохимические особенности позволяют относить гранитоиды данной серии к гранитам латитового геохимического типа с отклонением по Sr, Ba в область плюмазитовых редкометальных гранитов. Гранитоиды относятся к гранитам I-типа. С гранитоидами данной серии, особенно с их жильной фацией, могут быть обнаружены золотые и золото-меднопорфировые месторождения.

Субщелочная гранит-лейкогранитная серия завершает развитие борлинского комплекса. Представлена средне- крупнозернистыми амфиболовыми, амфибол-биотитовыми и биотитовыми гранитами. По петрохимическим и геохимическим особенностям слагающие серию гранитоиды занимают промежуточное положение между плюмазитовыми редкометальными и палингенными гранитами щелочного ряда. По условиям формирования, петрохимическим и геохимическим особенностям граниты относятся к А-типу. С гранитами субщелочной гранит-

лейкогранитной серии возможно обнаружение молибденовых и вольфрам-молибденовых месторождений.

Литература

1. **Абдулин А.А., Знаменский Н.Д., Старков В.Д., Русин А.И., Тельгузиев А.Т.** Гранитоиды Мугоджар//Вопросы петрологии и геохимии гранитоидов Урала. Тр. ИГиГ. Вып.122. Свердловск, 1975. С.11-25.
2. **Абдулин А.А., Байдильдин Э.А., Касымов М.А. и др.** Металлогения Мугоджар. Алма-Ата, 1976. 280с.
3. **Алексиев Е.И.** Редкоземельные элементы в молодых гранитах Северной Нигерии и Камеруна и их генетическое значение//Геохимия. 1970, № 2. С. 192-198.
4. **Билибина Т.В.** Металлогения южной части Южного Урала//Сов.геология. 1960, № 6. С. 28-40.
5. **Билибина Т.В.** Интрузивные комплексы Мугоджар и их металлогения//Магматизм, метаморфизм, металлогения Урала. Первое Уральское петрол. совещ. Т. 1. Свердловск, 1963. С. 179-195.
6. **Билибина Т.В.** Интрузивные комплексы Мугоджар//Тр. ИГиГ УФ АН СССР. Вып. 85. Свердловск, 1970. С. 3-85.
7. **Бородин Л.С., Гинзбург Л.Н.** Геохимический тип плюмазитовых редкометалльных лейкогранитов: эволюционный петрохимический тренд и корреляция редких элементов//Геохимия. 2002, № 9. С. 933-945.
8. **Виноградов А.П.** Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры//Геохимия. 1962, № 7. С. 555-571.
9. **Водорезов Г.И.** Магматизм Мугоджар//Бюлл. Москов. об-ва испытат. природы. 1960. Т. 65 (35). Отдел геолог. Вып. 4. С. 135-136.
10. **Водорезов Г.И.** Основные черты магматизма Мугоджар// Матер. по геол. и полезным ископ. Урала. Вып. 8. М.: Госгеолтехиздат, 1961. С. 112-123.
11. **Даценко В.М.** Петрогеохимическая типизация гранитоидов юго-западного обрамления Сибирской платформы//Второе Всерос. петрограф. совещ. Т.2. Сыктывкар, 2000. С. 270-274.
12. **Дудкинский Д.В., Ефремов С.В., Козлов В.Д.** Литий-фтористые граниты Чукотки и их геохимические особенности//Геохимия. 1994, № 3. С. 393-402.
13. **Ермолов П.В., Владимиров А.Г., Тихомирова Н.И.** Петрология пересыщенных кремнеземом агпайтовых щелочных пород. Новосибирск: Наука, 1988. 86с.
14. **Коваленко В.И.** Геохимическая специализация редкометалльных гранитоидов и их положение в общей схеме эволюции континентального магматизма//Геохимия, минералогия, петрология. М.: Наука, 1976. С. 144-152.
15. **Коваленко В.И., Горегляд А.В., Ярмолюк В.В., Наумов В.Б.** Геохимия и генезис комендитов, пантеллеритов, щелочных гранитоидов юга Монголии//Геохимия. 1986, № 8. С. 1071-1091.

16. **Милецкий Б.Е.** Герцинские гранитоидные интрузии Мугоджарского антиклинария и связь с ними редкометалльного оруденения//Матер. по геологии и полезн. ископ. Зап. Казахстана. Вып.3. Алма-Ата, 1966. С. 144-155.

17. **Минин В.А., Шипицин Ю.Г., Довгаль В.Н., Иванова Л.Д., Маликова И.Н.** Редкие и редкоземельные элементы в среднепалеозойских гранитах нагорья Сангилен (ю-в Тува)//Редкоземельные элементы в магматических породах. Новосибирск, 1988. С. 44-59.

18. **Редкоземельные элементы в магматических породах.** Новосибирск, 1988. С. 3-5.

19. **Самаркин Г.И., Чувазов Б.И.** О завершенности позднегерцинского тектоно-магматического этапа на Урале//Докл. АН СССР. 1978. Т. 239, № 4. С. 934-937.

20. **Самаркин Г.И., Самаркина Е.Я., Лядский П.В.** О выделении формации добатолитовых самостоятельных малых интрузий в Главном гранитоидном поясе Южного Урала// Докл. АН СССР. 1985. Т. 281, № 1. С. 135-137.

21. **Самаркин Г.И., Самаркина Е.Я.** Гранитоиды Южного Урала. М.: Наука, 1988. 208с.

22. **Самаркин Г.И., Самаркина Е.Я., Пальгуева Г.В.** Калиевые полевые шпаты гранитоидов различных фаций глубинности активной континентальной окраины Южного Урала//Препринт. ИГиГ УрО РАН. Екатеринбург, 1998. 42с.

23. **Самаркин Г.И.** О развитии позднегерцинских орогенических тектонических движений на Урале//Уральский геологический журнал. 2003, № 3 (33). С. 29-44.

24. **Старков В.Д., Знаменский Н.Д.** Гранитоидный магматизм Восточно-Мугоджарского поднятия. М.: Наука, 1977. 132с.

25. **Таусон Л.В.** Геохимические типы и потенциальная рудоносность гранитоидов. М.: Наука, 1977. 278с.

26. **Таусон Л.В.** Типизация магматитов и их потенциальная рудоносность//27-й МК. Т. 9. Петрология. М.: Наука, 1984. С. 221-228.

27. **Федоров В.И., Костик И.Е., Бурмин Ю.А.** Борлинский гранитный комплекс и связь с ним молибденового оруденения//Изв. АН СССР. Сер. геол. 1970, № 11. С. 154-159.

28. **Ферштатер Г.Б., Карагодин С.С., Краснобаев А.А., Бородин Н.С.** Петрология гранитоидов Мугоджар//Тр. ИГиГ УНЦ АН СССР. Вып. 100. Свердловск, 1973. С. 92-119.

29. **Харланд У.Б., Кокс А.В., Ллевеллин П.Г. и др.** Шкала геологического времени. М.: Мир, 1985. 140с.

30. **Шеремет Е.М., Козлов В.Д.** Петрология, геохимия и рудоносность гранитоидов молибденового пояса Забайкалья. Новосибирск: Наука, 1981. 132с.

31. **Штейнберг Д.С., Ферштатер Г.Б., Фоминых В.Г.** Фации глубинности гранитоидов Урала//Зап. Всесоюзн. мин. об-ва. 1968. Т. 97, № 4. С. 385-393.

32. **Abdel-Rahman A.-F. M., Martin R.F.** The Maunt Gharib A-type granite, NubianShield: petrogenesis and role of metasomatism at the Source//Contrib. Mineral. and Petrology. 1990. V. 104, № 2. P. 173-183.

33. Collins W.J., Beams S.D., White A.J.R., Chappell B.W. Nature and origin of A-Type granites with particular referense to Southeastem Australia//Contrib. Mineral. and Petrology. 1982. V. 80, № 2. P. 189-200.

34. Eby G-N. The A-type granitoids: a review of their occurrence and chemical characteristics and speculations on their petrogenesis//Lithos. 1990. V. 26, № 1-2. P. 115-134.

35. Imeokparia E.G. Geochemical evolution of the metaluminous and peraluminous granites of Ganawuri Younger granite complex, northern Nigeria//J. Afr. Earth sci. 1986. V. 5, № 2. P. 193-200.

36. Sandeman H. A. and Malpas J. Epizonal I- and A-type granites and associated ash-flow tuffs, Fogo island northeast Newfoundland//Can. J. Earth Sci. 1995. V. 32, № 11. P. 1835-1844.

37. Sylvester P.J. Post-collisional strongly peraluminous granites//Lithos. 1998. N.45. P. 29-44.

38. White A.J.R., Chappell B.W. Granitoids types and their distribution in the Lachlan Fold Belt//Geol. Sos. Amer. Memoir. 1983. V. 159. P. 23-34.

39. White A.J.R., Chappell B.W. Some supracrustal (S-type) granites of the Lachlan Fold Belt//The origin of granites. Earth Sci. V. 79. P. 169-181.