

## Геодинамические условия образования Кузьпуаюского гранитного массива (Приполярный Урал)

Денисова Ю.В.

*Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, yulden777@yandex.ru*

**Аннотация.** Все ранее проведенные петрохимические исследования для гранитного массива, называемого в настоящий момент Кузьпуаюским, проводились только в комплексе с изучением пород Кожимского массива. Усредненные данные по массивам, ранее рассматриваемых как единая Кожимская интрузия, представлены в работах М. В. Фишмана и Л. В. Махлаева. В представленной работе показаны результаты исследования гранитов Кузьпуаюского массива с помощью силикатного и ICP-MS метода с целью выявления петрохимических особенностей породы и определения геодинамической обстановки формирования этого массива. В ходе изучения главных элементов было определено, что гранитные образования являются высоко-калиевыми высокоглиноземистыми лейкогранитами. Породы формировались из насыщенных преимущественно легкими редкими элементами расплавов за счет коровых магматических субстратов в условиях внутриплитовой геодинамической обстановки.

**Ключевые слова:** гранит, Кузьпуаюский массив, Приполярный Урал, диаграмма Пирса и др., диаграмма Папу и др.

## Geodynamic conditions of the Kuzpuayu granite massif formation (the Subpolar Urals)

Denisova Yu.V.

*Institute of Geology of Komi SC UB RAS, Syktyvkar, yulden777@yandex.ru*

**Abstract.** All previously conducted petrochemical studies for the granite massif currently called Kuzpuayu were carried out only in conjunction with the study of rocks of the Kozhim massif. Average data on the massifs previously considered as a single Kozhim intrusion are presented in works of M. V. Fishman and L. V. Makhlaev. The current work shows results of the study of granites from the Kuzpuayu massif using the silicate and ICPMS method in order to identify the petrochemical features of the rock and determine the geodynamic setting of this massif formation. During the study of the main elements, it was determined that granite formations are high-potassium high-alumina leucogranites. The rocks were formed from melts saturated mainly with light rare elements due to crustal magmatic substrates under intraplate geodynamic conditions.

**Keywords:** granite, Kuzpuayu massif, Subpolar Urals, diagram of Pearce et al., diagram of Papu et al.

### Введение

Вытянутое изолированное тело, находящееся на левобережье руч. Кузьпуаю, ранее обозначалось как Северо-Кожимский массив. Этот массив составлял Кожимскую интрузию вместе с гранитным массивом (Южно-Кожимским массивом), расположенным южнее, в бассейнах рр. Осею и Поною. Предполагалось, что эта интрузия разделилась на несколько гранитных тел вследствие речной эрозии (Фишман, Голдин, 1963; Махлаев, 1996). Однако, согласно исследованиям Пыстина А.М. северный массив прорывает отложения хобеинской и мороинской свит верхнего рифея, в то время как южный массив – отложения пуйвинской свиты среднего рифея, что позволило исследователю выделить Северо-Кожимский массив в отдельный массив и назвать Кузьпуаюским (Пыстин, Пыстина, 2008, 2011). В пределах изученного массива отмечаются как биотитовые, так и двуслюдянные разновидности гранита розово-зеленого цвета.

### Петрохимические особенности гранитов Кузьпуаюского массива

Для выполнения геохимических исследований были отобраны пробы в количестве 10 единиц в среднем по 10–12 кг. Изучение проводилось с помощью силикатного метода (аналитик О.В. Кокшарова) и ICP-MS метода (аналитик Г.В. Игнатьев) в ЦКП «Наука» Института геологии Коми НЦ УрО РАН (Сыктывкар) (табл.).

Согласно полученным содержаниям петрогенных элементов, породы Кузпуаюского массива являются высоко калиевыми лейкогранитами ( $\text{SiO}_2$  в среднем – 77.25 мас. %,  $\text{K}_2\text{O}$  в среднем – 4.12 мас. %,  $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$  в среднем – 7.67) (Балашов, 1976). Коэффициент глиноземистости ( $\text{al}' = \text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MgO})$  в среднем – 5.13) и агапитовый индекс ( $K_a = (\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}) / \text{Al}_2\text{O}_3$  в среднем – 0.67) указывают на то, что изученные породы являются высокоглиноземистыми, в составе которых  $\text{Al}_2\text{O}_3$  преобладает над щелочами (Ефремова, Стафеев, 1985; Складов и др., 2001). Также для пород характерен выдержанный уровень отношений оксидов щелочных металлов ( $\text{K}_2\text{O} / \text{Na}_2\text{O}$  в среднем – 1.39), который показывает, что родоначальным субстратом, вероятно, являлся магматический протолит (Кузнецов и др., 2005).

Таблица. Химический состав гранитов Кузпуаюского массива.  
 Table. Chemical composition of granites of the Kuzpuayu massif.

Петрогенные элементы	Содержания, мас. %	Редкие элементы	Содержания, г/г	Редко-земельные элементы	Содержания, г/г
$\text{SiO}_2$	$\frac{76.33-78.88}{77.25}$	Rb	$\frac{111.69-166.78}{132.11}$	La	$\frac{32.15-33.89}{33.58}$
$\text{TiO}_2$	$\frac{0.14-0.55}{0.33}$	Ba	$\frac{311.29-433.89}{359.99}$	Ce	$\frac{60.13-73.18}{63.58}$
$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\frac{11.28-12.47}{11.58}$	Th	$\frac{10.98-15.44}{13.13}$	Pr	$\frac{6.51-8.88}{7.52}$
FeO	$\frac{0.52-1.88}{1.05}$	Ta	$\frac{1.33-1.75}{1.58}$	Nd	$\frac{27.18-33.08}{30.11}$
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\frac{0.45-1.11}{0.98}$	Nb	$\frac{19.05-30.15}{26.02}$	Sm	$\frac{7.15-10.01}{8.31}$
MnO	$\frac{0-0.03}{0.02}$	Hf	$\frac{3.66-4.59}{4.01}$	Eu	$\frac{0.57-0.81}{0.69}$
MgO	$\frac{0.15-0.24}{0.22}$	Zr	$\frac{65.33-101.89}{88.12}$	Gd	$\frac{6.61-7.72}{7.13}$
CaO	$\frac{0.22-0.59}{0.38}$	Y	$\frac{25.98-37.25}{34.52}$	Tb	$\frac{1.05-1.52}{1.29}$
$\text{Na}_2\text{O}$	$\frac{3.13-4.49}{3.45}$	U	$\frac{1.75-3.11}{2.55}$	Dy	$\frac{7.33-8.75}{8.02}$
$\text{K}_2\text{O}$	$\frac{3.33-5.08}{4.12}$	Th/U	$\frac{3.82-7.45}{5.28}$	Ho	$\frac{1.51-1.72}{1.59}$
$\text{P}_2\text{O}_5$	$\frac{0.01-0.02}{0.02}$	Y/Nb	$\frac{10.96-18.99}{17.45}$	Er	$\frac{4.72-5.77}{5.33}$
$\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$	$\frac{0.88-1.72}{1.39}$	–	–	Tm	$\frac{0.70-0.91}{0.82}$
$\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$	$\frac{5.29-7.99}{7.67}$	–	–	Yb	$\frac{5.02-7.17}{5.89}$
$K_a$	$\frac{0.61-0.70}{0.67}$	–	–	Lu	$\frac{0.58-0.78}{0.67}$
al'	$\frac{4.44-6.72}{5.13}$	–	–	Eu/Eu*	$\frac{0.08-0.15}{0.13}$

Примечание. Содержания компонентов представлены в виде дроби: числитель – диапазон значений, знаменатель – среднее значение компонента.

Также отмечается преобладание легких редкоземельных элементов над тяжелыми ( $\text{La} > \text{Lu}$ ). Присутствует и дефицит европия, свойственный магматическим породам ( $\text{Eu}/\text{Eu}^*$  в среднем – 0.13). Индикаторное отношение Th/U (в среднем 5.28) отражает существенное влияние метасоматических процессов. Соотношение Y/Nb (в среднем 17.45 > 1.2) позволяет предполагать, что изученные граниты являются коровыми (Гусев, 2013).

### Геодинамическая обстановка образования пород Кузьпуаюского гранитного массива

Выявление геотектонического положения Кузьпуаюского гранитного массива осуществлялось с помощью ряда дискриминационных диаграмм таких, как диаграммы Дж.А. Пирса (рис. 1.)

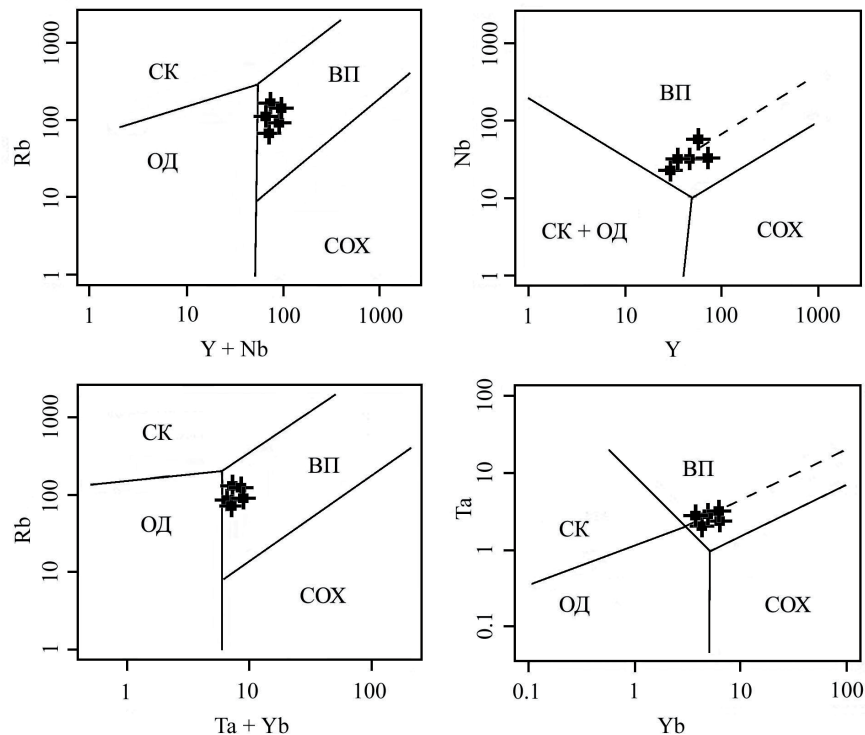


Рис. 1. Диаграммы Дж.А. Пирса для гранитов Кузьпуаюского массива.

Поля на диаграмме: СК – синколлизийные граниты; ВП – внутриплитовые граниты, ОД – островодужные граниты, СОХ – граниты срединно-океанических хребтов.

Fig. 1. The diagrams of J.A. Pearce for granites of the Kuzpuayu massif.

Fields in the diagram: СК – syn-collisional granites; ВП – intraplate granites, ОД – island-arc granites, СОХ – granites of mid-oceanic ridges.

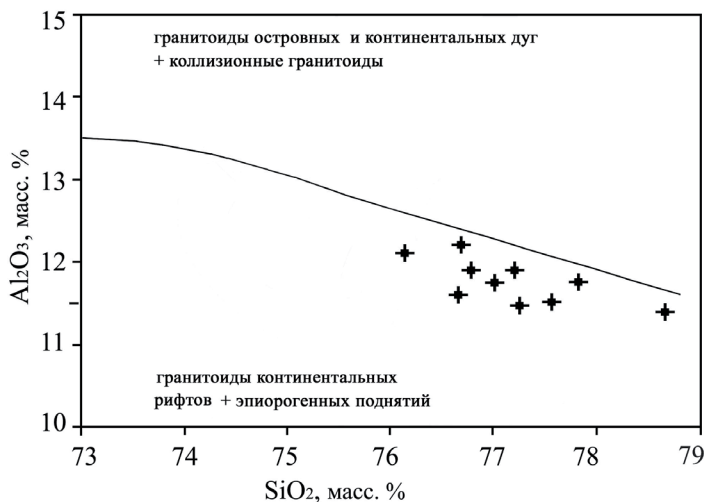


Рис. 2. Диаграмма Д. Папу для гранитов Кузьпуаюского массива.

Fig. 2. The diagram of D. Papu for granites of the Kuzpuayu massif.

(Pearce et al., 1984), Д. Папу (рис. 2.) (Papu et al., 1989), Н.Б. Харриса (рис. 3.) (Harris et al., 1986). Согласно первому набору графиков, во всех четырех случаях точки комбинации составов Rb, Y, Nb, Ta и Yb попадают в область внутриплитовых гранитов. Положение точек содержаний  $Al_2O_3$  и  $SiO_2$ , занимающих правую нижнюю четверть на диаграмме Д. Папу, указывает на гранитоиды континентальных рифтов и эпиорогенных поднятий. Треугольная диаграмма Н.Б. Харриса, базирующаяся на

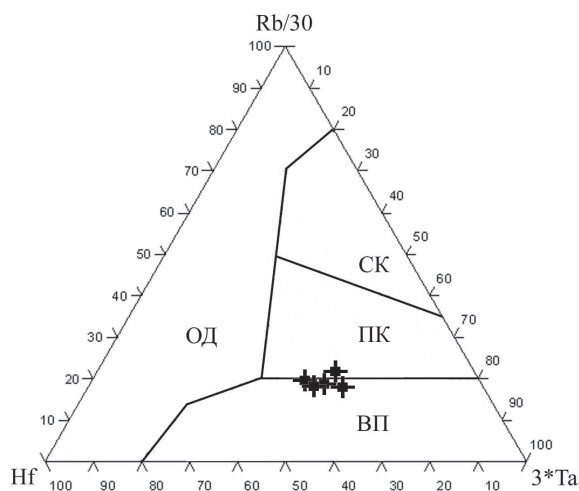


Рис. 3. Диаграмма Н.Б. Харриса для гранитов Кузьпуаюского массива.

Поля на диаграмме: СК – синколлизионные граниты; ВП – внутриплитовые граниты, ОД – островодужные граниты, ПК – постколлизионные граниты.

Fig. 3. The diagram of N.B. Harris for granites of the Kuzpuyau massif.

Fields in the diagram: СК – syn collisional granites; ВП – intraplate granites, ОД – island-arc granites, ПК – post collisional granites.

содержаниях Rb, Hf, Ta, также показывает, что породы Кузьпуаюского массива, вероятнее всего, сформировались при внутриплитовом геодинамическом режиме.

### Заключение

Изучение химического состава (петрогенных, редких и редкоземельных элементов) породы Кузьпуаюского массива позволило определить, что изученные образования представляют собой высоко-калиевые высокоглиноземистые лейкограниты. Первичным субстратом этих гранитов, вероятно, являлся магматический протолит, насыщенный преимущественно легкими редкоземельными элементами. Кузьпуаюский массив, согласно дискриминационным диаграммам Дж.А. Пирса, Д. Папу, Н.Б. Харриса, сформировался, подобно рядом лежащему Кожимскому гранитному массиву, при внутриплитовой геодинамической обстановке.

Исследования проведены в рамках НИР ИГ Коми НЦ УрО РАН № 1021062211107-6-1.5.6; FUUU-2022-0085.

### Литература

1. Балашов Ю.А. Геохимия редкоземельных элементов. М. Изд-во: Наука. 1976. 267 с.
2. Гусев А.И. Постколлизионные и орогенные гранитоиды Алтая. М. Изд-во: Академия Естествознания. 2013. 142 с.
3. Ефремова С.В., Стафеев К.Г. Петрохимические методы исследования горных пород. М. Изд-во: Недра. 1985. 512 с.
4. Кузнецов Н.Б., Соболева А.А., Удоратина О.В., Герцева М.В. Доордовикские гранитоиды Тимано-Уральского региона и эволюция протиуралид-тиманид. Сыктывкар. Изд-во: Геопринт. 2005. 100 с.
5. Махлаев Л.В. Гранитоиды севера Центрально-Уральского поднятия (Полярный и Приполярный Урал). Екатеринбург. Изд-во: УрО РАН. 1996. 189 с.
6. Пыстин А.М., Пыстина Ю.И. Метаморфизм и гранитообразование в протерозойско-раннепалеозойской истории формирования Приполярноуральского сегмента земной коры // Литосфера. 2008. № 11. С. 25 — 38.
7. Пыстин А.М., Пыстина Ю.И. Новые данные о возрасте гранитоидов Приполярного Урала в связи с проблемой выделения кожимской среднерифейской гранит-риолитовой формации // Известия КНЦ УрО РАН. Сыктывкар. 2011. № 4 (8). С. 14–19.
8. Скляр Е.В., Гладкочуб Д.П., Донская Т.В. и др. Интерпретация геохимических данных. М. Изд-во: Интернет Инжиниринг. 2001. 288 с.
9. Фишман М.В., Голдин Б.А. Гранитоиды центральной части Приполярного Урала. М.-Л. Изд-во: АН СССР. 1963. 105 с.
10. Papu D., Piccoli M., Piccoli P. Tectonic discrimination of granitoids // Bull. 396. Geol. Soc. Amer. 1989. V. 101. P. 635–643.
11. Pearce J.A., Harris V.B.W., Tindle A.G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks // J. Petrol. 1984. V. 25. P. 956–983.
12. Harris N.B., Pearce J.A., Tindle A.G. Geochemical characteristics of collision-zone magmatism // Geol. Soc. Sp. Publ. 1986. V. 19. P. 67–81.