

ЗЕМНЫЕ АНАЛОГИ KREEP-КОМПОНЕНТЫ ЛУННЫХ ПОРОД

Бычкова Я. В., Микляева Е. П. Бычков А. Ю.

Геологический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова, г. Москва, Россия

Расслоенные ультрамафит-мафитовые интрузивы, широко распространенные на Земле, можно рассматривать как земные аналоги магматического океана Луны. Лунные породы характеризуются не только базальтовыми разновидностями, но и так называемыми KREEP-породами, характерной особенностью которых является высокое содержание калия, фосфора и редкоземельных элементов (REE). В земных породах компонента KREEP (по повышенному содержанию К, REE, Р) ранее обнаруживалась в основном в расплавных включениях. Теоретически возможно накопление высоких концентраций некогерентных элементов в остаточном расплаве, и его затвердевание на заключительных этапах формирования расслоенных массивов при очень глубокой дифференциации магматического расплава. Практически все крупные расслоенные интрузивы в прикровельной части имеют характерный существенно лейкократовый слой пород (гранофиры), насыщенный некогерентными элементами. Еще в 1980 году Редек и Маккалум [1] обратили внимание на сходство соотношений $Mg/(Mg+Fe)$ и An в Стиллиуотерском комплексе с лунными аналогами. Кивакский расслоенный массив (Северная Карелия) представлен переслаиванием 4 типов пород, образовавшихся в процессе кристаллизационной дифференциации базальтовой магмы. В крайних дифференциатах пегматоидных габброноритов наблюдается наличие линз, состав которых характеризуется повышенным содержанием К, Р и редкоземельных элементов (табл.).

Таблица. Состав KREEP-пород Луны * [2] и их земных аналогов - гранофиры Довырена** (по данным Е.В.Коптева-Дворникова), Ципринги*** [3] и Кивакки. Для сравнения приведены данные для пород, вмещающих кивакские стяжения

Показатель		SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	FeO	MnO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	сумма
Источник	образец	мас. %	мас. %	мас. %	мас. %	мас. %	мас. %	мас. %	мас. %	мас. %	мас. %	мас. %
Low-KREEP Norite*	76055c	45.70	15.84	1.38	17.89	9.27	0.12	9.13	0.55	0.22	0.22	100.32
High-KREEP Norite*	14303d	47.90	15.60	1.80	10.93	10.74	0.15	9.90	0.78	0.52	0.60	98.92
Довырен гранофиры**	Г-V-17	58.64	16.11	1.14	3.04	13.51	0.17	4.09	1.89	2.50	0.10	101.19
Ципринга гранофиры***	ПЦ-35	54.21	14.38	2.05	3.93	12.17	0.23	8.71	2.79	0.65	0.88	100.00
Кивакка-KREEP	КВП-74	51.86	14.86	1.30	4.39	14.94	0.17	8.52	3.18	0.75	0.15	100.12
Кивакка-KREEP	КВП-76	63.27	13.37	1.56	2.03	7.87	0.13	6.72	3.65	0.80	0.54	99.94
Кивакка-KREEP	КВП-55	53.62	17.72	0.37	5.26	7.33	0.12	8.33	3.36	1.13	0.17	97.41
Кивакка вмещающие	КВП-76-1	50.53	13.40	0.42	11.89	10.02	0.18	9.63	2.00	0.29	0.05	98.41
Кивакка вмещающие	КВП-76-2	48.55	14.74	0.56	8.38	10.42	0.18	12.89	2.91	0.34	0.05	99.02

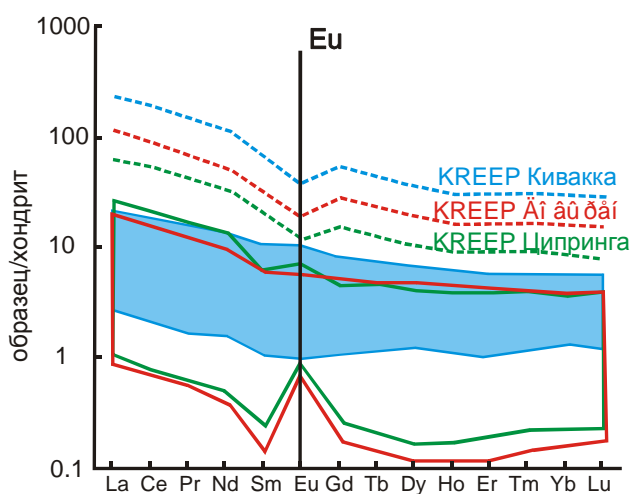


Рис. 1. Диаграмма распределения редкоземельных элементов в расслоенных массивах Кивакка (синий), Ципринга (зеленый), Довырен (красный)

Размер линзообразных выделений составляет 10-50 см, у них нет четких границ с вмещающими габброноритами. Линзы образованы кварц-ортоклазовым симплектитом, хлор-апатитом, хлор-эпидотом, Ti-магнетитом, цирконом, бадделитом, амфиболом и флогопитом. Для этих образований характерны высокие концентрации РЗЭ, К, Р, а также отрицательная европиевая аномалия (Eu / Eu^*), в то время как во всех породах массива она положительная. На спайдер-диаграмме (рис. 1) показаны линии содержания REE для нескольких расслоенных интрузивов – Кивакка, Ципринга (Северная Карелия) и Довырен (Прибайкалье). Средневзвешенный состав и порядок кристаллизации массивов существенно различаются, однако во всех трех интрузивах присутствуют породы с KREEP

компонентой и концентрации REE в них существенно выше остальных пород массивов.

Составы линзообразных стяжений, гранофиоров и вмещающих их пород, а также образцов из лунных экспедиций – Apollo 11, 12, 14, 15, 16, 17 и Luna 20 [4] и земных океанических базальтов были нанесены на диаграмму зависимости Sm/Eu относительно хондритов от содержания Sm (рис.2). Отмечено, что составы вмещающей матрицы из верхней приконтактной зоны Киваккского интрузива попадают в субгоризонтальный тренд земных базальтов, в то время как вещество стяжений попадает в поле высококалийевого

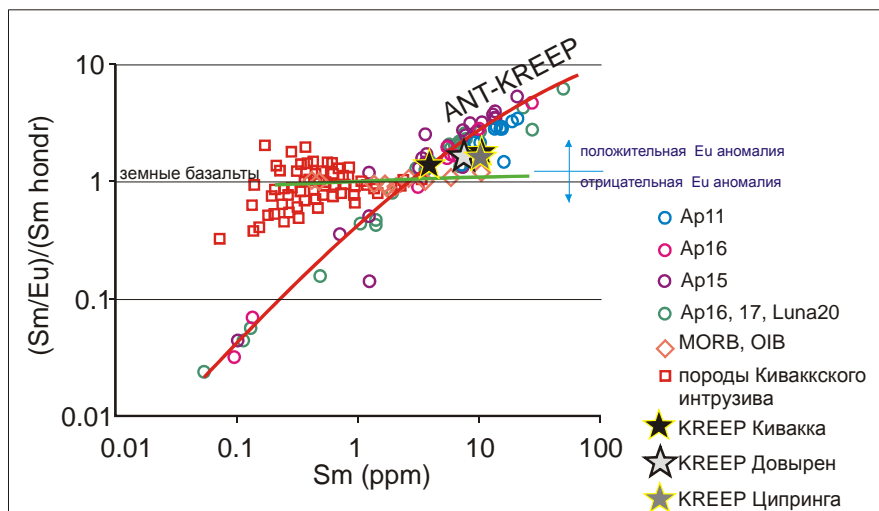


Рис. 2. Диаграмма отношения Sm к Eu в KREEP-породах, нормированные на хондрит (2.67) относительно Sm [4].

KREEP компонента лунных пород с отрицательной европиевой аномалией. Высокое отношение Sm / Eu, близкое к KREEP-компоненте в породах Луны, наблюдается и в других земных расслоенных массивах – Составы минералов исследуемых линз близки к лунным KREEP-породам. Апатит, амфибол и флогопит характеризуются высокой концентрацией Cl.

Образование KREEP-компоненты можно объяснить как образование и концентрирование остаточного расплава при дифференциации магмы.

Сравнение описания пород и геохимических данных по другим расслоенным массивам (Довыренский, Ципринга), показало, что в их верхних краевых зонах наблюдается присутствие пород с существенно более высоким содержанием редкоземельных элементов и наличием отрицательной европиевой аномалии (рис. 1) при том, что, как правило, в породах массивов она положительная. Важно, что такие породы характерны не только для краевой зоны, но и для центральной части разреза (в Довыренском на уровне 3100м при мощности массива 3660м, в Ципрингском на уровне 2235м при мощности 2900м). Таким образом, можно предположить, что остаточный расплав с повышенным содержанием некогерентных элементов мог формироваться не только на заключительных этапах становления массивов, но и «отжиматься» и локализоваться непосредственно в процессе кристаллизации интрузива. В такой интерпретации лунные KREEP-породы представлены на Земле и, вполне вероятно, являются продуктом глубокой дифференциации базальтовых расплавов в процессе формирования коры обеих планет.

Список литературы.

1. Raedeke L.D., McCallum I.S. A comparison of fractionation trends in the lunar crust and the Stillwater Complex. Proc.Conf.Lunar Highlands Crust. 1980, p. 133-153.
2. John A. Wood. A Survey of Lunar Rock Types and Comparison of the Crusts of Earth and Moon. NASA Technical Reports Server (NTRS) 19780004984. 1977.
3. Семенов В.С., Коптев-Дворников Е.В., Берковский А.Н, Киреев Б.С., Пчелинцева Н.Ф., Васильева М.О. Расслоенный троктолит-габбро-норитовый интрузив Ципринга, Северная Карелия: геологическое строение, петрология. Петрология. 1995. Т. 3, № 6. С. 645-668.
4. Hiroshi Wakita, J. C. LAUL and R. A. SCHMITT Some thoughts on the origin of lunar ANT-KREEP and mare basalts. Geochemical Journal, 1975, Vol. 9, pp. 25-41.