

## РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОДАХ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА ТАТАРСТАНА

*Р. Р. Хусаинов*

*Казанский государственный университет, г. Казань,  
rafael.khousainov@gmail.com  
(научный руководитель – д.г.-м.н. Р. Р. Хасанов)*

В настоящее время на территории Татарстана, входящей в Волго-Уральскую нефтегазоносную провинцию, пробурено большое количество глубоких скважин вскрывших кристаллическое основание на глубину от нескольких метров до 5–6 км. Кристаллический фундамент Татарского свода [Кристаллический..., 1996; Ситдинов и др., 1980] архей-протерозойского возраста и имеет крайне сложное геологическое строение. В современной структуре кристаллического фундамента можно выделить комплексы пород связанные с древними геодинамическими обстановками гранитогнейсовых ядер и зеленокаменных поясов. В их пределах различаются формации первично-магматогенного и первично-осадочного происхождения, объединенные в соответственно в отрадненскую и большечеремшанскую серии.

Для написания данной работы исследовались образцы скважины 20009, достигшей глубины 5.8 км. По разрезу скважины, на основании ГИС данных и минералогопетрографическом изучении пород, выделяют пять пачек, которые свою очередь объединяются в 2 вышеупомянутых серии – отрадненскую и большечеремшанскую.

Породы отрадненской серии (метабазиты) представлены биотит-пироксеновыми, биотоит-афибол-пироксеновыми кристаллосланцами и гнейсами (свияжский комплекс). Встречаются также амфиболовые, биотитовые кристаллосланцы и гнейсы, биотитовые плагиогнейсы (диафторез). Породы пробурены в интервалах 2026–2335 м; 3117–4428 м.

Большечеремшанская серия (метапелиты) сложена высокоглиноземистыми кристаллосланцами и гнейсами с прослоями гранитоидов с гранатом, иногда с кордиеритом и силлиманитом. Породы этой серии представлены тремя пачками, первая пробурена на глубине 1870–2026 м, следующая 2325–3117 м; третья вскрыта на глубине 4428 м и прослеживается до 5480 м.

Особенности минерального состава исходных пород (метабазитов и метапелитов), характер протекающих процессов оказывают влияние на распределение рассеянных элементов и образование рудной минерализация [Хасанов, 1991]. До настоящего времени в породах кристаллического фундамента практически не изучались элементы группы редких земель (РЗЭ), в частности лантаноиды. Лантаноиды образуют непрерывный ряд от лантана до лютеция. Крайние ряды этого ряда – наиболее легкие (лантан, церий) и наиболее тяжелые (иттербий и лютеций), заметно отличаются друг от друга, что создает возможность разделения (фракционирования) в природе в зависимости от изменения физико-химических условий. Тем самым предопределяется обратная сторона, возможность – по характеру распределения РЗЭ судить о физико-химических особенностях процессов формирования горных пород и минералов [Балашов, 1976; Минеев, 1969]. В связи с этим основные задачи представленной работы сформулированы следующим образом:

- 1) Изучить закономерности распределения лантаноидов в породах кристаллического фундамента.
- 2) Определить взаимосвязь РЗЭ с оксидами главных породообразующих элементов.
- 3) Определить факторы, влияющие на концентрацию (рассеивание) лантаноидов.

В основу настоящей работы положены результаты обработки данных, полученных во ФГУП «ЦНИИГЕОЛНЕРУД» на ИСП-масс-спектрометре ELAN-9000 (Perkin Elmer) и ИСП-спектрометр Optima 2000 DV (Perkin Elmer). Анализу подверглись более 150 проб отобранных из разных интервалов. В результате данные хим. анализа – оксиды породообразующих элементов и результаты ИСП-спектрометрии были сведены в единую таблицу, которая представляла собой матрицу 150\*45 (строки\*столбцы). В результате перерасчетов матрица увеличилась в 2.5 раза. Для решения задач с большими массивами данных эффективным является статистическая обработка данных, нормирование к эталону, изучение средних значений и графическое представление результатов.

Для статистической обработки материалов целесообразно рассматривать лантаноиды группами. На данный момент большинство авторов, используют два типа группировки лантаноидов [Минеев, 1969]:

- 1) Деление на 3 подгруппы:
  - а) Лантановая: La, Ce, Pr, Nd.
  - б) Скандиевая: Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho.
  - в) Иттриевая: Er, Tm, Yb, Lu + Y.
- 2) Деление на 2 подгруппы:
  - а) Цериевая: La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu.
  - б) Иттриевая: Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu + Y.

По мнению автора, данные подгруппы удобны для сравнения объектов различного генезиса, но они не отражают реальных геохимических процессов и условий конкретных объектов. По данным автора в породах кристаллического фундамента Татарстана наблюдается следующая группировка РЗЭ (рис. 1): первая подгруппа: La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd; вторая – Tb, Dy, Ho, Er, +Y; к последней отнесены: Tm, Yb, Lu.

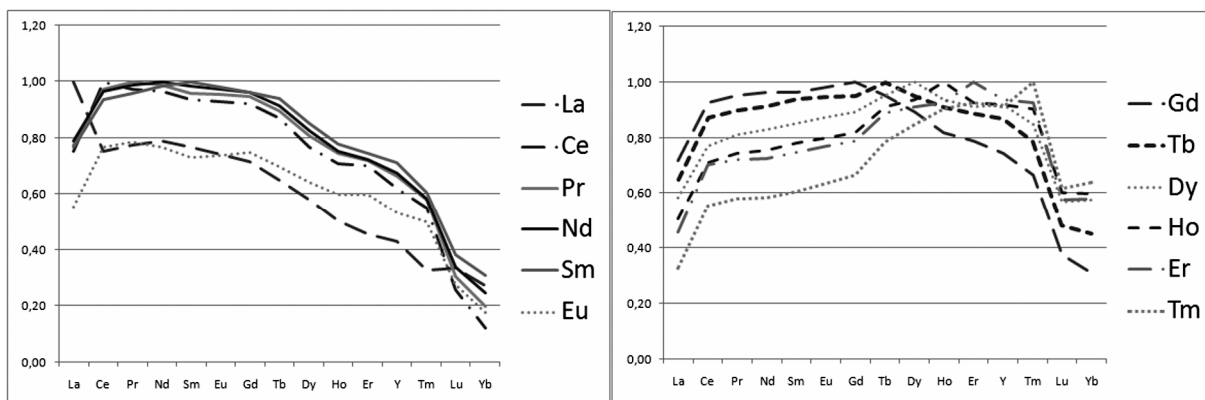


Рис. 1. Поведения коэффициентов корреляции (с восстановленным европием).

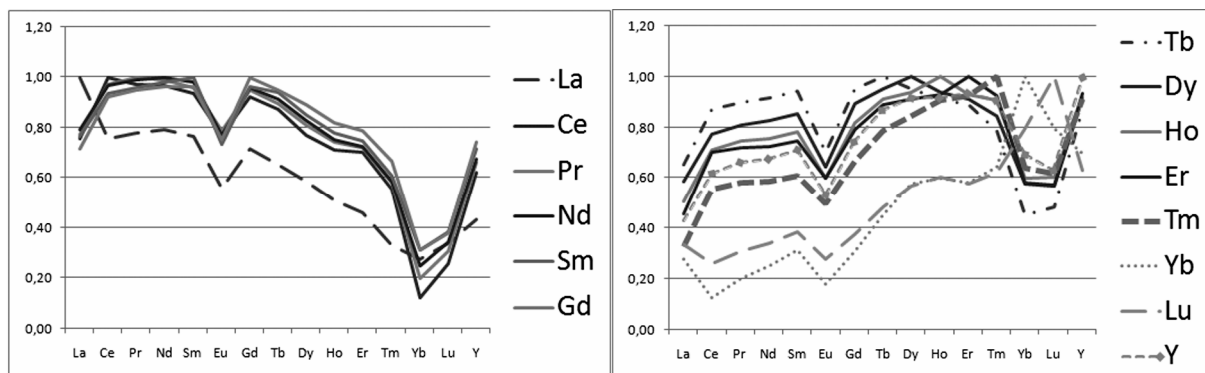


Рис. 2. Европиевая отрицательная аномалия.

Причиной такого разделения послужило «поведение» корреляционных связей между лантаноидами. Если поведение аппроксимировать как линейное и оценивать их углы наклона к горизонтали, то разделение подобным образом становится логичным. К тому же надо помнить, что степень фракционирования РЗЭ есть линейная функция атомного номера или ионного радиуса.

Следующим особенностью данных пород является отрицательная аномалия европия (рис. 2), которая выражена в резком падении корреляционных связей этого элемента с соседними.

Анализ таблицы КК (корреляционных коэффициентов) лантаноидов с оксидами породообразующих элементов (табл.), позволило выявить следующие закономерности:

Таблица

**Корреляционная матрица лантаноидов и иттрия с оксидами породообразующих элементов**

	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
H <sub>2</sub> O	0.02	0.03	-0.02	-0.02	-0.02	-0.01	-0.02	-0.03	-0.08	0.02	-0.01	0.06	-0.04	0	-0.04
SiO <sub>2</sub>	-0.01	-0.06	-0.1	-0.13	-0.17	-0.19	-0.19	-0.25	-0.27	-0.28	-0.25	-0.3	-0.3	-0.35	-0.29
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.34	0.14	0.18	0.18	0.18	0.32	0.2	0.17	0.19	0.15	0.11	0.11	0.25	0.23	0.12
TiO <sub>2</sub>	0.22	0.16	0.2	0.26	0.31	0.24	0.3	0.31	0.33	0.28	0.25	0.26	0.42	0.46	0.3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-0.07	-0.02	0.03	0.07	0.14	0.07	0.11	0.23	0.3	0.34	0.31	0.4	0.58	0.59	0.42
FeO	0.01	0.04	0.09	0.14	0.22	0.14	0.21	0.3	0.35	0.35	0.32	0.38	0.55	0.58	0.41
MnO	-0.04	-0.03	0.02	0.07	0.16	0.04	0.16	0.3	0.39	0.42	0.4	0.48	0.69	0.63	0.51
CaO	0.02	-0.09	-0.09	-0.03	0.01	-0.06	-0.03	0	0.01	-0.04	-0.02	-0.06	0.12	0.06	0.01
MgO	-0.02	0.12	0.15	0.19	0.23	0.24	0.24	0.3	0.32	0.31	0.32	0.33	0.35	0.43	0.36
Na <sub>2</sub> O	0.26	-0.02	-0.02	0.01	0.01	0.06	-0.02	-0.07	-0.06	-0.12	-0.11	-0.16	0.05	-0.02	-0.11
K <sub>2</sub> O	0.33	0.18	0.18	0.17	0.13	0.23	0.15	0.08	0.08	0.05	0	-0.03	-0.01	0	-0.03
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.32	0.17	0.2	0.25	0.32	0.14	0.29	0.31	0.3	0.23	0.18	0.12	0.32	0.17	0.26

1) Отмечена тенденция накопления легких РЗЭ в минералах содержащих K<sub>2</sub>O и Na<sub>2</sub>O т.е. для минералов ряда К, Na (возможно и Ва) характерны селективные цериевые составы РЗЭ. К тому же надо отметить, что КК к калиевым минералам выше чем к натриевым, это связано с тем что растворимость в калиевых щелочных растворах, и предположительно в минералах, выше чем в натриевых.

2) Для минералов Fe-Mn ряда характерны «иттриевые» составы РЗЭ.

Распределение средних содержаний РЗЭ в различных породах из различных серий (отраденской и большечеремшанской) характеризуется своей спецификой. Например, в биотитовых гнейсах большечеремшанской серии концентрация легких лантаноидов в 2–3 раза больше, чем в аналогичных породах отраденской серии.

Для пород метаосадочного происхождения (метапелитов) характерно повышенное содержание легких РЗЭ, что может быть связано с осадочной дифференциацией вещества – разложением в ходе гипергенного разрушения в первичных породах Fe-Mn минералов и большей сохранности Q – ПШ компоненты в процессе осадконакопления. По данным [Минеев, 1969] концентраторами тяжелых лантаноидов являются в основном фемические минералы, а легких – полевые шпаты. Последующий метаморфизм не приводит к изменению химизма пород, но может вызвать перераспределение лантаноидов в минералах.

## Литература

- Балашов Ю. А.* Геохимия редкоземельных элементов. М.: Наука, 1976. 268 с.
- Кристаллический фундамент Татарстана и проблемы его нефтегазоносности // Под ред. *Р. Х. Муслимова, Т. А. Лапинской.* Казань, 1996. 487 с.
- Минеев Д. А.* Лантаноиды в минералах. М.: Недра. 1969. 184 с.
- Ситдииков Б. С., Низамутдинов А. Г., Полянин В. А.* Петрология и геохимия пород кристаллического фундамента востока Русской платформы. Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 1980. 167 с.
- Хасанов Р. Р.* Рудные минералы кристаллического фундамента Татарского свода, их типоморфизм и генетическое значение. Автореф. ... канд. геол.-мин. наук. Казань, 1991. 24 с.
- Хэскин Л. А., Фрей Ф. А., Шмитт Р. А., Смит Р. Х.* Распределение редких земель в литосфере и космосе. М.: Мир, 1968. 187 с.