

составлены задания самим преподавателем. Студентам требуется изначально видеть требования к выполнению работы, а также систему ее оценки. Последняя должна быть многоуровневой. Общая оценка складывается из отдельных компонентов, таких как оценки критического мышления, творческого подхода, грамотности оформления и т.п. Здесь уместно подчеркнуть, что нередко (правильнее говорить, зачастую) те студенты, которые при обучении петрологии демонстрируют наилучшее владение "стандартными" знаниями и навыками (т.е. способны воспроизводить полученные в ходе лекционных и практических занятий знания и успешно повторять элементарные операции, требуемые для характеристики магматических пород), не получают высший балл за выполнение проектных заданий. Напротив, наиболее успешно справляются с последними традиционно не считающиеся "сильными" студенты, обладающие на самом деле креативностью и большим потенциалом самовыражения.

Проектные задания в обучении петрологии не должны становиться ни самоцелью, ни только средством дополнительного контроля студенческих знаний. Напротив, им важно стать стимулятором самообразования студентов. В идеальном случае проектное задание может выступать как отправная точка для научно-исследовательской деятельности студента. Использование проектных заданий уже прошло успешную апробацию при обучении петрологии студентов геолого-географического факультета Южного федерального университета [1, 2]. Неизбежная интенсификация образовательного процесса (в т.ч. и в рамках петрологической дисциплины) при переходе на программы бакалавриата заставляет рассматривать проектные задания в качестве одного из важнейших инструментов в преподавательской деятельности.

Литература

1. Рубан Д. А. Многофункциональность проектных заданий как формы контроля знаний студентов // Национальный исследовательский университет в системе непрерывного образования / под ред. В. И. Костицына. Пермь: ПГНИУ, 2011. С. 138—140.
2. Рубан Д. А. Методические указания по выполнению проектного задания № 2 по курсу "Минералогия и петрография". Ростов-на-Дону: УИЛ ЮФУ, 2010. 11 с.

ИНТРУЗИВНЫЕ ФАЗЫ ЗАПАДНО-ПАНСКОГО РАССЛОЕННОГО МАССИВА КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА: НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО РЕДКИМ ЭЛЕМЕНТАМ

Т.В. Рундквист, Н.Ю. Грошев

(Геологический институт КНИЦ РАН, Апатиты, rund@geoksc.apatity.ru)

Главнейший тип магматизма раннего палеопротерозоя на Фенноскандинавском щите - образование мафит-ультрамафитовых расслоенных интрузивных комплексов, принадлежащих к кремнеземистой высокомагнезиальной серии с высокими содержаниями Mg, Cr и Ni при низком содержании Ti, Na и K. Интрузии сложены дунитами, гарцбургитами, ортопироксенитами, габброноритами и анортозитами. По химическому составу породы данных комплексов близки к бонинитам - высокомагнезиальным разновидностям островодужных пород, в целом, по сравнению с толеитами срединно-океанических хребтов они обогащены литофильными элементами (Rb, Ba) и легкими редкоземельными элементами (РЗЭ) и обеднены тяжелыми РЗЭ и Ti [1]. Исследования показали, что наиболее крупные мафит-ультрамафитовые расслоенные комплексы (Мончегорский, Бураковский) образовались в результате внедрения нескольких магматических фаз [1,2,3].

Один из крупнейших мафит-ультрамафитовых интрузивных комплексов данного типа - Федорово-Панский расслоенный комплекс, расположенный в центральной части Кольского полуострова. В состав Федорово-Панского комплекса входят три крупных массива:

Федоровотундровский, Западно-Панский и Восточно-Панский. По современным представлениям каждый из них формировался в отдельной магматической камере, часто при неоднократном пополнении камеры расплавом. Для Федоровотундровского массива выделяется две интрузивные фазы [4]. Рассматривая сложное внутреннее строение Западно-Панского массива (ЗПМ) и механизм его дифференциации, Р.М. Латыпов и С.Ю. Чистякова [5] обосновали гипотезу его двухфазного образования. В дальнейшем эта гипотеза была подтверждена результатами исследований по изотопии благородных газов в породах [6], U-Pb датирования [7] и минералогического изучения малосульфидного платинометалльного оруденения [8].

Первой интрузивной фазе ЗПМ, сложенной главным образом габброноритами (рис.1), соответствует нижняя часть его разреза, включающая нижний расслоенный горизонт (НРГ) и перекрывающие его породы вместе с телами магнетитовых габбро. Разрез, представляющий вторую интрузивную фазу, начинается с верхнего расслоенного горизонта (ВРГ), который перекрыт расслоенными породами оливинового горизонта (ОГ) и массивными габброноритами. Магнетитовые габбро, рассматриваемые ранее как остаточный расплав первой интрузивной фазы [5], согласно данным бурения, образуют секущие по отношению к НРГ и общей расслоенности массива силлоподобные тела. Таким образом, эти породы можно сейчас выделить в особую третью интрузивную фазу ЗПМ.

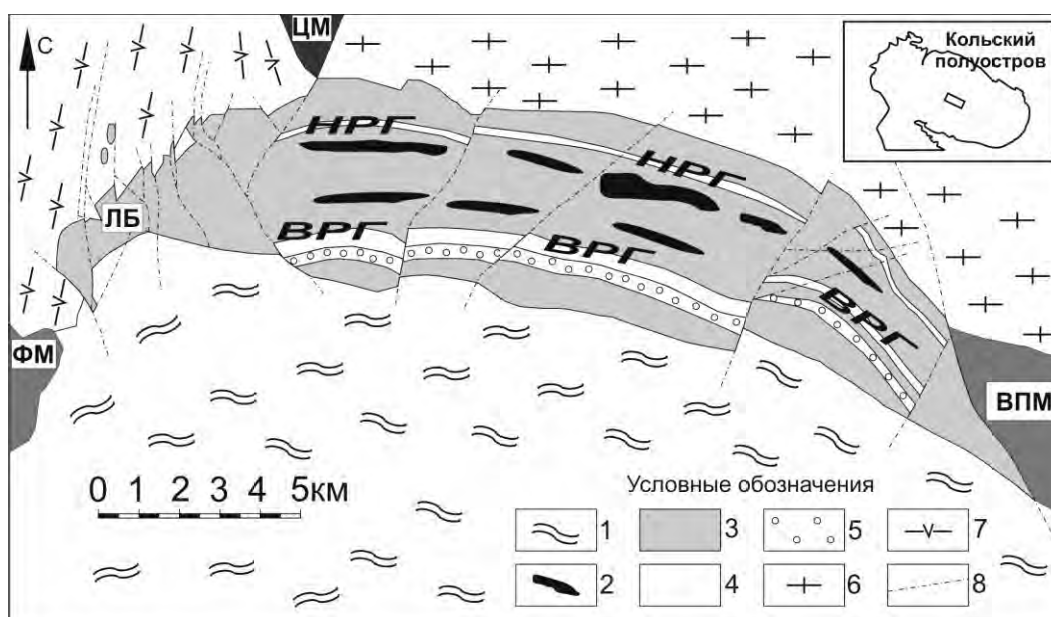


Рис.1. Упрощенная схема геологического строения Западно-Панского массива, по [9], с изменениями и дополнениями

ЦМ - Цагинский габбро-анортозитовый массив архейского возраста; Федорово-Панский комплекс: ФМ - Федоровотундровский массив, ЛБ - Ластьяврский блок, ВПМ - Восточно-Панский массив. Условные обозначения: 1 - вулканогенно-осадочные породы зоны Имандра-Варзуга; 2 - тела магнетитовых габбро; 3 - породы Западно-Панского массива, преимущественно габбронориты; 4 - породы расслоенных горизонтов (НРГ - нижний расслоенный горизонт, ВРГ - верхний расслоенный горизонт); 5 - породы оливинового горизонта; 6 - щелочные граниты массива Белых тундр архейского возраста; 7 - диорито-гнейсы архейского возраста; 8 - разрывные нарушения

По материалам полевых работ 2011 г., проведенных ОАО «ПАНА» и ГИ КНЦ РАН, были выполнены определения редких (РЭ) и редкоземельных (РЗЭ) элементов в породах ЗПМ. В общей сложности, включая более ранние определения, было проанализировано 39 образцов пород по всему разрезу ЗПМ. Среди проанализированных пород подавляющее большинство представлено мезократовыми мелкозернистыми габброноритами, в выборке также два образца норитов, три троктолита, один оливиновый норит, один анортозит, два магнетитовых габбро, один образец метагаббродолерита из дайки. Анализ выполнен методом ICP-MS в ИГГ УрО РАН, аналитик Д.В. Киселева.

Нормированные к хондриту [10] спектры распределения РЗЭ в породах ЗПМ по конфигурации и суммарному содержанию РЗЭ соответствуют данным, приведенным в ряде работ для мафит-ультрамафитовых интрузий раннего палеопротерозоя Фенноскандинавского щита [1,2,3,11] (рис.2а). Однако при более детальном изучении спектров выявились некоторые отличия в распределении РЗЭ для пород верхней и нижней частей разреза ЗПМ. Для габброноритов нижней части разреза характерны наклонные спектры $((La/Yb)_{ch} = 2,08 - 5,23)$ с небольшой положительной Eu аномалией $((Eu/Eu^*)_{ch} = 1,29 - 1,76)$. Габбронориты верхней части разреза характеризуются более пологими спектрами распределения РЗЭ $((La/Yb)_{ch} = 1,41 - 2,21)$ и более ярко выраженными положительными Eu аномалиями $((Eu/Eu^*)_{ch} = 1,63 - 2,15)$. Согласно полученным данным, габбронориты нижней части ЗПМ обогащены легкими лантаноидами по сравнению с габброноритами верхней части разреза, в то время как последние более дифференцированы. Суммарное содержание РЗЭ в породах нижней части массива несколько выше, чем в породах верхней части (рис. 2а). Кроме этого, рис.2а показывает, что по характеру спектров РЗЭ магнетитовые габбро, соответствующие, по-видимому, третьей заключительной интрузивной фазе ЗПМ, близки к поздним дайкам метагаббродолеритов и занимают промежуточное положение по обогащению РЗЭ между последними и породами первых фаз.

Спайдерграммы распределения РЭ (рис. 2б) показывают, что породы нижней части ЗПМ также обогащены практически всем спектром РЭ по сравнению с породами верхней части массива. Необходимо также отметить, что по распределению РЗЭ и РЭ породы с сульфидной и платинометальной минерализацией не демонстрируют существенных отличий от вмещающих безрудных пород.

Магнетитовые габбро и метагаббродолерит обогащены РЗЭ и РЭ по сравнению с прочими породами массива, но сохраняют общие для раннепротерозойских мафит-ультрамафитовых расслоенных комплексов специфические особенности: обогащение относительно N-MORB Rb, Ba, резко выраженные отрицательные Nb аномалии в рисунке спектров.

Проведенное изучение характера распределения РЗЭ и РЭ по разрезу ЗПМ позволяет установить тонкие геохимические особенности его интрузивных фаз. Эти особенности можно использовать, например, для установления положения границы между первой и второй фазами, которую невозможно выявить за счет прямых геологических наблюдений в монотонной толще габброноритов центральной части массива. Если принять во внимание указанные различия в распределении РЗЭ и РЭ в породах нижней и верхней частей ЗПМ, зона контакта двух частей расположена на уровне между 2500 и 2750 м от подошвы массива, учитывая, что общая мощность ЗПМ составляет около 4000 м.

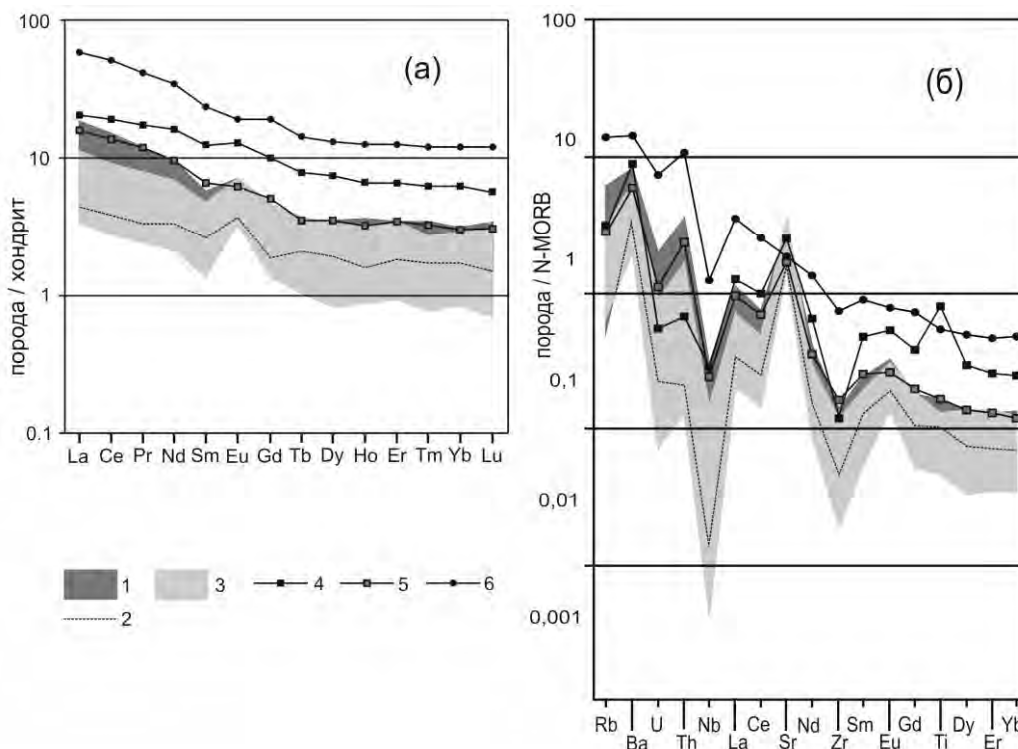


Рис. 2. Спектры распределения РЗЭ (а) и РЭ (б) для пород Западно-Панского массива
 1 - породы нижней части ЗПМ; 2 - граница поля пород нижней части ЗПМ; 3 - породы верхней части ЗПМ; 4, 5 - магнетитовые габбро; 6 - дайка метагаббро-долеритов. Нормализующие факторы: хондрит по [10]; N-MORB по [12]

Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ 11-05-00061а.

Литература

1. Богатиков О.А., Богина М.М., Бубнов С.Н. и др. Типы магм и их источники в истории Земли. Ч. 1. Магматизм и геодинамика - главные факторы эволюции Земли. М.: ИГЕМ РАН, 2006. 398 с.
2. Расслоенные интрузии Мончегорского рудного района: петрология, оруденение, изотопия, глубинное строение. Часть 1. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2004. 177 с.
3. Шарков Е.В. Формирование расслоенных интрузивов и связанного с ними оруденения. М.: Научный мир, 2006. 368 с.
4. Грошев Н.Ю., Ниткина Е.А., Митрофанов Ф.П. // Доклады РАН, Т. 427, № 5, 2009. С. 669-673.
5. Латылов Р.М., Чистякова С.Ю. Механизм дифференциации расслоенного интрузива Западно-Панских тундр // Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2000. 315 с.
6. Нивин В.А., Корчагин А.У., Новиков Д.Д., Рундквист Т.В., Субботин В.В. // Глубинный магматизм, его источники и связь с плюмовыми процессами. Труды IV международного семинара. Улан-Удэ – Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2004. С. 222-240.
7. Bayanova T., J. Ludden, F. Mitrofanov // *Plaeoproterozoic Supercontinents and Global Evolution*, Geological Society Special Publication No. 323, Publ. Geological Society, London, 2009. P. 165-198.
8. Субботин В.В., Корчагин А.У., Савченко Е.Э. // Вестник Кольского научного центра РАН, №1, 2012. С. 55-66.
9. Корчагин А.У., Субботин В.В., Митрофанов Ф.П. и др. // Международное сотрудничество и обмен опытом в геологическом изучении и разведке платинометаллических месторождений северной части Фенноскандинавии. Результаты международного проекта KOLARCTIC INTERREG III A North - TACIS N KA-0197 «Стратегические минеральные ресурсы - основа устойчивого развития Севера» (Россия - Финляндия - Швеция). - Апатиты: Изд-во КНЦ РАН. Выпуск II. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2009. С. 12-32.
10. McDonough W.F., Sun S.-s. // *Chemical Geology*, 120, 1995. P. 223-253.
11. Леснов Ф.П. Редкоземельные элементы в ультрамафитовых и мафитовых породах и их минералах. Кн. 1: Главные типы пород. Породообразующие минералы. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2007, 403 с.
12. Hoffman A.W. // *Earth Planet Sci. Lett.*, V. 90, 1988. P. 297-314.