

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ПЕТРОГЕОХИМИИ ГРАНИТОИДОВ УФАЛЕЙСКОГО БЛОКА

Г.Ю. Шардакова, В.П. Савельев, Н.С. Кузнецов

Область сочленения Уральского орогена с Русской платформой (западный склон Урала) очень неоднородна по составу и строению слагающих ее формаций. Одной из структур, ярко иллюстрирующих это утверждение, является Уфалейский блок, в котором, как уже доказано, совмещены древние рифтогенные ортопороды, представленные среднерифейскими (?) гранито-гнейсами центральной части структуры [Кейльман, 1974; Нечеухин и др., 2000; Сазонов и др., 2006; Холоднов и др., 2006], раннеорогенные, палеозойские, нормальной щелочности граниты (317 млн лет, Нижнеуфалейский массив [Шардакова и др., 2005]), а также мезозойские коллизионные (около 250 млн лет) калиевые граниты (куртинская пластина [Сазонов и др., 2006]). А.И. Белковским описаны также субщелочные и щелочные сиениты с возрастными 500-400 млн лет [Белковский, Белковская, 2006]. Петрогеохимическая изученность гранитоидов Уфалейского блока неравномерна. Наиболее исследованы гранитоиды центральной и юго-восточной частей структуры. Из приведенных в работах [Белковский, Белковская, 2006; Холоднов и др., 2006; Шардакова и др., 2005] данных следует, что гранитоиды разных возрастных этапов принципиально отличаются по уровню концентраций редких, и, в меньшей степени, петрогенных элементов. Поэтому их состав может служить косвенным индикатором для отнесения пород к тому или иному этапу геодинамического развития.

Появившиеся в последнее время новые данные по магматитам свидетельствуют о крайней сложности геологической истории описываемой структуры. В ходе геологической съемки м-ба 1:200 000, проводимой ОАО «Челябгеосъемка», были уточнены границы ряда гранитоидных тел в контурах Уфалейского блока и получены новые данные по петрогеохимии

пород. В частности, в восточной части структуры (в 12 км юго-восточнее Нижнеуфалейского пруда) откартирован гранитоидный массив (Никольский), размерами примерно 8×5 км, имеющий субовальную форму и субмеридиональное простирание. Вмещающими породами являются гранито-гнейсы и амфиболиты, относимые к егустинской свите [Кейльман, 1974]. Никольский массив вскрыт карьером, пробитым прямо в склоне горы (рис. 1), позволяющим проследить взаимоотношения гранитоидных разностей.

Породы главной фазы представлены светло-серовато-желтоватыми средне-крупнозернистыми порфирированными (в виде фенокристов, главным образом, микроклин) гранодиоритами-адамеллитами «линзовидно-струйчатого» (термин В.П. Савельева) облика: ориентированная более мелкозернистая масса обтекает крупные выделения калишпата. Гранитоиды слабо катаклазированы; зерна «базиса» ксеноморфны, структура неравнозернистая; он частично перекристаллизован.

Средний минеральный состав пород: плагиоклаз – 55-60 % , кварц – около 15 %, микроклин – 15 %, биотит – 5 %, мусковит – 5-7 %, эпидот <1 %, магнетит, сфен, апатит, циркон, ортит (немного). В протоочках зафиксированы гранат и рутил.

В шлифах эпидот явного раннемагматического облика не наблюдается; присутствуют сростки эпидота и биотита. Мусковит развит как по биотиту, так и в виде «равноценных» сростаний – так что, возможно, имеются 2 генерации мусковита – первичный и вторичный. Присутствуют отдельные тонкие мирмецитовые выделения; изредка наблюдается антипертит, а также «капельный» кварц, но это, скорее всего, рекристаллизационные образования.



Рис. 1. Общий вид карьера (склон горы) по добыче гранитов Никольского массива. Фото В.П. Савельева.

Породы главной фазы секутся под углом к гнейсовидности дайками серых мелкозернистых гранитов, которые, в свою очередь, пересекаются и смещаются жилами белых средне-мелкозернистых гранитов, характерным признаком которых является обогащенность гранатом.

Внешний облик и содержания петрогенных компонентов (определения 2005-06 гг) позволили предварительно отнести породы Нижнеуфалейского и Никольского массивов к единому комплексу ($\gamma\delta_1-\gamma_2 C_{1-2}u$), однако последующие исследования заставляют в этом усомниться. Приведем некоторые черты различий между гранитоидами Нижнеуфалейского и Никольского массивов.

1) *Структурно-текстурные особенности.* В никольских гранитоидах наблюдается очень четкая порфировидность; кроме того, катаклаз и гнейсовидность проявлены существенно сильнее (чем в нижнеуфалейских), последняя, скорее всего, есть и первично-магматическая, и более поздняя, тектонически наложенная. Большая степень деформированности при близком геологическом расположении, позволяет предполагать более древний возраст.

2) *Минеральный состав.* В виде порфировидных выделений в никольских гранитах находится преимущественно калишпат; в главной фазе зафиксирован гранат, обогащенность которым увеличивается в жильных дифференциатах. В нижнеуфалейских гранитах проявлен

«первичный» эпидот, существенно больше апатита. Кроме того, породы этих 2-х объектов сильно различаются по морфологии и количеству цирконов, что тоже немаловажно.

3) *Химический состав.* По содержанию петрогенных компонентов Никольские гранитоиды можно отнести к известково-щелочному ряду, пералюминиевому типу, среднекалиевым сериям. На мультикатионной диаграмме Batchelor & Bowden они попадают в обстановку «синколлизионных серий»; для уральских гранитоидов в этом поле, большей частью, лежат точки древних образований, в частности, гранито-гнейсы Уфалейского блока и Кувашско-Машакской структуры, тогда как граниты Нижнеуфалейского массива находятся в поле позднеорогенных серий.

4) *Условия генерации.* Расчеты нормативного состава по методу CIPW с последующим нанесением на тройную диаграмму Ab-An-Or указывают на давление формирования гранитоидов в интервале 1-3 кбара; расчеты температур по гранат-биотитовому геотермометру дают 580-640 °С. Однако, предварительные данные о химическом составе минералов этому несколько противоречат. Гранодиориты и граниты содержат биотиты (анниты) с высоким содержанием суммарного FeO (33-35 мас. %). Такие составы часто характерны либо для щелочных гранитоидов, либо для относительно древних, и, большей частью, высокоба-

рических образований – например, для тех же упомянутых выше гранито-гнейсов Губенского массива [Холоднов и др., 2006], имеющих давление становления 8-11 кбар. Следует также отметить, что на диаграмме Ab-An-Or составы этих пород также «сдвинуты» в сторону существенно меньших давлений, тогда как высокая степень деформированности и метаморфизма, минеральные геобарометры дают высокие давления. Ясно, что давления, полученные по тройной котектике, отражают уровень генерации гранитоидов, а расчеты по минеральным парагенезисам – последующие преобразования, возможно, метаморфизм. Для николевских гранитов, по-видимому, также верно это утверждение.

Еще одной характерной чертой гранитоидов Никольского массива является высокое содержание Al_2O_3 в сфенах. Согласно одной из точек зрения, повышение концентраций глинозема в сфенах (5,5-6,7 мас. %) является признаком повышенного давления [Sobolev, Shatsky, 1990]; с другой стороны, указывается на почти прямую зависимость содержания Al_2O_3 в сфенах от насыщенности расплава фтором [Mark, Piazzolo, 1999]. Не комментируя эти точки зрения, отметим только, что и древние гранито-гнейсы Губенского массива (P=8-10 кбар) и палеозойские гранитоиды Нижнеуфалейского массива (P такое же) несут сфены с очень близким, высоким содержанием глинозема (5-6 мас. %), тогда как гранито-гнейсы центральной части Уфалейского блока, сформированные при давлениях не более 6 кбар, содержат сфены низкоглиноземистые (около 1 мас. %).

5) *Геохимические особенности.* Получены первые данные по содержаниям редких элементов в гранитоидах Никольского массива. Анализы были выполнены (в рамках геологосъемочной сметы) нейтронно-активационным методом в ГЕОХИ РАН (г. Москва). К сожалению, этот анализ дает существенно меньшую точность, чем, например, ICP-MS для ряда малых элементов (в особенности, Sr). Но определения концентраций РЗЭ дают хорошую сходимость, поэтому ими можно пользоваться для сопоставлений. Гранитоиды Нижнеуфалейского массива ранее были проанализированы методом ICP-MS в ИГГ УрО РАН.

На рис. 2 приведены тренды распределения РЗЭ в гранитоидах Никольского массива, для сравнения нанесены поля палеозойских гранитов Нижнеуфалейского массива и древних гранито-гнейсов центральной части Уфалейско-

го блока. По распределению РЗЭ николевские гранитоиды сильно отличаются от нижеуфалейских аналогов: первые характеризуются более высоким уровнем концентрации РЗЭ (сумма РЗЭ 70-162 г/т против 35-100) при повышенной доле тяжелых РЗЭ (La/Yb 4-10 против 10-30). Фактически, тренды николевских гранитов очень близки к таковым для гнейсов центральной части Уфалейского блока, которые, в свою очередь, почти аналогичны среднерифейским гранито-гнейсам Рябиновского и Губенского массивов (Кувашско-Машакский палеорифт, Башкирский мегантиклинорий), являющихся комагматами вулканитов машакской свиты [Холоднов и др., 2006]. По ряду других компонентов николевские гранитоиды тоже отличаются от нижеуфалейских, причем в сторону большей «фемичности» (повышены MgO, CaO, FeO_{tot} (см. рис. 1), Co, Ni, Cr и понижен – Zr).

Пока не вполне ясны причины сходства составов николевских гранитов с вмещающими их гранито-гнейсами. Но, поскольку Уфалейский блок характеризуется интенсивной тектоникой, наличием поднятых и опущенных структурных элементов и крайней гетерогенностью состава в пределах гнейсово-амфиболитовой толщи, субстратом для которой служил магматический и осадочный материал в различных соотношениях, можно предположить, что появление гранитов Никольского массива среди несколько более древних гранито-гнейсов – одно из вещественных выражений неоднородности состава пород, слагающих блок, и множественных этапов тектоно-магматической активности.

Отметим также, что рои гранитных даек, развитые к северу от Никольского массива, коренным образом отличаются по геохимическим параметрам от николевских гранитов (см. рис. 1), приближаясь, напротив, к нижеуфалейским. Сходные породы наблюдаются в ореоле вокруг Нижнеуфалейского массива, а также существенно южнее его. Все они близки по геохимическим параметрам к раннеорогенным гранитоидам и являются проявлением более молодого, палеозойского магматизма «надсубдукционного» типа.

Если считать химический состав гранитоидов функцией не только состава источника, но и геодинамической обстановки (а, значит, и возраста), что, на наш взгляд, правомерно, то на основании изложенных выше косвенных признаков для гранитоидов Никольского массива можно предполагать возраст, отличный от воз-

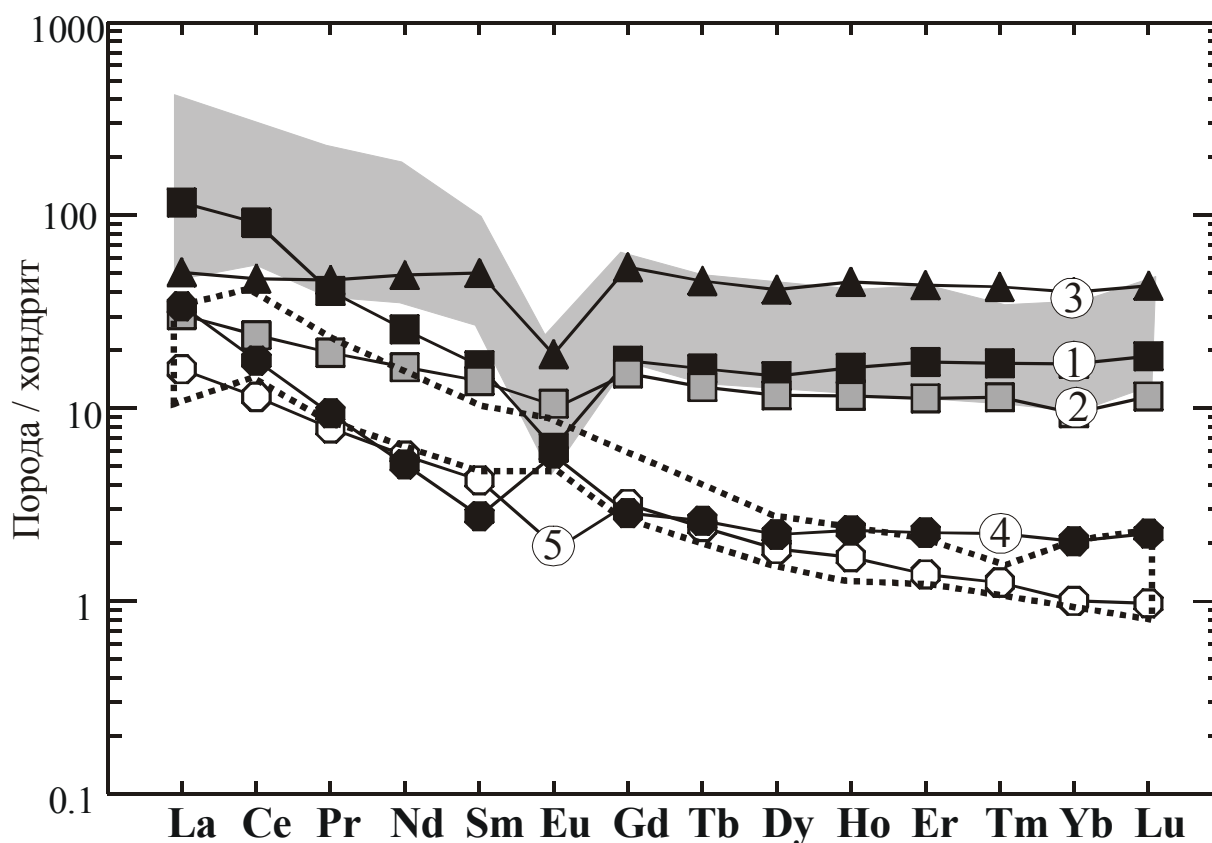


Рис. 2. Нормированные по хондриту тренды распределения РЗЭ в гранитоидах Никольского массива и его обрамления.

1, 2 – гранодиориты главной фазы Никольского массива, 3 – дайка гранитов, их секущая; граниты (дайки) из экзоконтакта Никольского массива (4) и южного обрамления Нижнеуфалейского массива (5). Точками показано поле гранитов Нижнеуфалейского массива, серым залито поле гранито-гнейсов центральной части Уфалейского блока и Губенского массива.

раста гранитов Нижнеуфалейского массива, – и, вероятно, более древний (хотя, естественно, более молодой, чем для гнейсов). Формирование гранитов Нижнеуфалейского массива могло быть связано с процессами рифейско-вендского орогенеза [Пучков, 2000], на проявление которых, например, могут указывать цифры модельного возраста субстрата для выплавления гранитов Нижнеуфалейского массива (около 641 млн лет [Ронкин и др., 2006]). Существование в пределах блока пород с такими возрастными пока дискуссионно. Для горнблендитов кусинской пластины А.И. Белковским К-Аг определен возраст 600-590 млн лет по ферропаргаситу [Белковский, Белковская, 2006]; для гранито-гнейсов битимского и чувовского комплексов северной части Уфалейского антиклинория, отделенного от собственно Уфалейского блока субширотным разломом, приводятся цифры 600 и 559 млн лет [Гаврилова и др., 2007], что свидетельствует об определенной тектоно-магматической активности в этот период.

Для окончательного определения истинного возраста и геодинамической позиции никольских гранитидов требуется, безусловно, применение современных изотопных методов.

Список литературы

- Белковский А.И., Белковская Я.А. Биотиты и вермикулиты Уфалейского метаморфического блока (Средний Урал). Миасс: ИМин УрО РАН, 2006. 130 с.
- Гаврилова С.П., Градовский И.Ф., Караулов В.Б. и др. Позднепротерозойский магматизм Уфалейского антиклинория // Известия ВУЗов. Геология и разведка. 2007. № 1. С. 11-21.
- Кейльман Г.А. Мигматитовые комплексы подвижных поясов. М.: Недра, 1974. 199 с.
- Нечухин В.М., Краснобаев А.А., Соколов В.Б. В кн.: Общие вопросы расчленения докембрия. Апатиты: КНЦ РАН, 2000. С. 201-203.
- Пучков В.Н. Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа: Даурия, 2000. 379 с.

ГЕОХИМИЯ

Ронкин Ю.Л., Шардакова Г.Ю., Шагалов Е.С. и др. Sr-Nd систематика гранитоидов Уфалейской зоны (Ю.Урал) // Ежегодник-2005. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2006. С. 318-322.

Сазонов В.Н., Викентьева О.В., Огородников В.Н. и др. РЗЭ в колонках пропилитизации, альбитизации, эйситизации и березитизации-лиственитизации пород различной кремнекислотности: эволюция распределения, причины и практическое значение // Литосфера. 2006. № 3. С. 108-124.

Холоднов В.В., Ферштатер Г.Б., Шардакова Г.Ю. и др. Гранитоидный магматизм зоны сочленения Урала и Восточно-Европейской платформы (Южный Урал) // Литосфера. 2006. № 3. С. 3-28.

Шардакова Г.Ю., Шагалов Е.С., Ронкин Ю.Л. и др. Rb-Sr возраст и геохимия интрузивных гранитоидов Уфалейской зоны (Ю. Урал) // ДАН. 2005. Т. 405. № 6. С. 799-803.

Markl G., Piazzolo S. Stability of high-Al titanite from low-pressure calcsilicates in light of fluid and host-rock composition // American Mineralogist, 1999. V. 84. P. 37-47.

Sobolev N.V., Shatsky V.S. Diamond inclusions in garnets from metamorphic rocks: a new environment for diamond formation // Nature. 1990. V. 343. P. 742-746.

Watson E.W. Apatite and phosphorus in the regional mantle source: experimental study // Earth Plan. Sci. Lett. 1980. V. 51. № 2.