

УДК 552.18+552.48+549.02

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВЫСОКОБАРИЧЕСКИХ ГРАНИТОИДОВ НИЖНЕУФАЛЕЙСКОГО МАССИВА (Ю.УРАЛ)

Г.Ю. Шардакова, Е.С. Шагалов

Институт геологии и геохимии УрО РАН

Нижнеуфалейский гранитный массив, расположенный в 8 км западнее зоны Главного Уральского глубинного разлома (рис. 1) в пределах западной части Кукахинской купольной структуры, представляет собой совокупность нескольких сближенных в пространстве гранитных тел среди пород гнейсово-амфиболитовой толщи (указарская и егустинская подсветы) Уфалейского метаморфического комплекса [3]. Последний имеет двучленное строение: западная часть, по мнению К.С. Иванова, относится к краю фундамента Русской платформы, восточная представляет собой глубинный срез интенсивно меланжированной субдукционной зоны и является ареалом развития высокобарических образований [2]. Надежных возрастных данных для пород комплекса мало, наиболее древние U-Pb возраста - 990-1100 млн. лет [4].

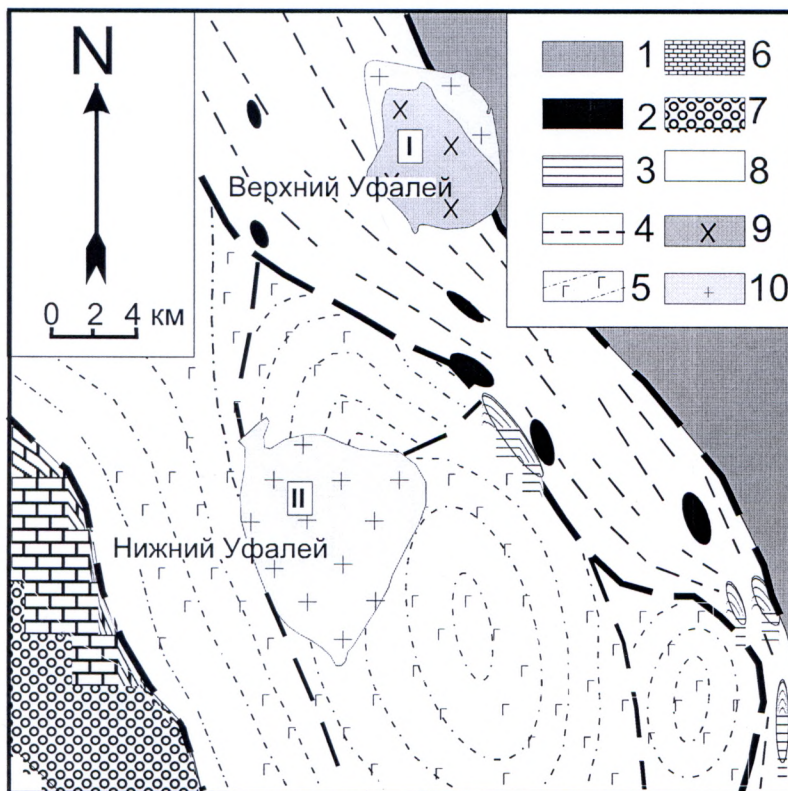


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Уфалейской зоны (по К.С.Иванову, [2]).

1- породы зоны ГУГР: углисто-кварцевые сланцы, филлиты, базальтовые порфиры ($O_{2,3}$), Восточно-Уфалейская зона (высокобарическая): 2 - амфиболиты ($S-D_1$), 3 - метаультрабазиты ($S-D_1$), 4 - милониты; Западно-Уфалейская зона: 5 - гнейсы и амфиболиты (Pt_2); 6 - известняки (D_2); 7 - толщи чехла Русской платформы (Pz); 8 - Тараташский комплекс; 9 - диориты; 10 - гранодиориты и граниты. Массивы: I – Суховязовский, II – Нижнеуфалейский.

Генезис гранитов здесь до сих пор не вполне ясен. К.С.Иванов [2] склонен предполагать древний возраст и считать их, наряду с другими породами Западно-Уфалейской зоны, производными фундамента Русской платформы, переработанного коллизией (P₃).

Нижнеуфалейский массив представлен гранодиоритами и гранитами (66-71% SiO₂), с постепенными переходами между разностями, варьирующими в пределах тел от мелко- до крупнозернистых. Породы состоят из плагиоклаза (37-45%), кварца (28-32%), калишпата (16-24%), биотита (1-7%); акцессорная ассоциация – эпидот, апатит, циркон, сфен, ортит, магнетит. По составу отвечают нормальным, реже - субщелочным разностям с концентрациями Rb – 50-130 и Sr – 300-600 г/т [11], что соответствует производным базальтовой повышенной щелочности, андезитовой, латитовой магм [5].

В экзоконтакте с гранитами в гнейсах встречаются пластообразные тела амфиболитов. В гранитах нами были обнаружены ксенолиты гнейсов, крупнозернистых граносиенитов, а также жилы лейкогранитов, аплитов, пегматитов.

Анализ нормативного состава по методике Г.Б. Ферштатера [7] показал, что граниты формировались в условиях высокого водного давления - 8-10 кбар, а амфиболиты из ксенолитов внутри гнейсов, согласно расчетам по амфибол-плагиоклазовому геобарометру [8], около 8 кбар. Пегматиты, секущие нижнеуфалейские граниты, характеризуются почти полным отсутствием графика, что может также указывать на высокое давление воды.

Однако лучшим показателем того, что здесь имело место высокое давление, служит минеральный состав жильных пород. Лейкограниты и аплиты - макроскопически массивные, секут гнейсовидность вмещающих их гранитов, контакты жил не смещены и не участвуют в пегматитовой складчатости. Имеют средне-мелкозернистую гранитную, скопления лейкократовых минералов - аплитовидную структуру. Наблюдается слабый катаклиз по границам зерен. Распространен мирмекит, случаи развития шахматного альбита - единичны. Породы состоят из кварца (25-28%), плагиоклаза (40-43%), калишпата (19-22%), биотита (1-2,5%); акцессорные минералы – амфибол, гранат, эпидот, апатит, циркон, магнетит (рис. 2).



Рис. 2. Микрофотографии высокobarического парагенезиса из лейкогранита Нижнеуфалейского массива. Николи X, ув. 200.

Таблица.

Химический состав гранитоидов и минералов из них

Компонент	1	2	3	4	5	6
	лейкогранит	аплит	амфибол		гранат	
			кр	ц	кр	ц
SiO ₂ , мас. %	72.58	74,51	37.50	37.81	35.83	35.45
TiO ₂	0.02	0,05	0.56	0.69	0.02	0.08
Al ₂ O ₃	15.34	15,00	13.23	12.96	20.08	19.57
FeO	0.69	0,17	25.57	24.69	16.27	15.79
MnO	0.07	0,52	1.29	1.30	15.56	18.38
MgO	0.10	0,09	4.47	4.59	0.48	0.36
CaO	1.19	1,05	9.97	10.71	12.56	10.70
Na ₂ O	5.13	4,93	1.96	2.08	0	0
K ₂ O	3.87	3,92	1.69	1.84	0	0
P ₂ O ₅	0.01	0,02	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.
Сумма	99.18	100,26	96.24	96.67	100.80	100.33

Примечание: проанализированные минералы - из лейкогранита. Анализы выполнены в лаборатории ФХМИ ИГГ УрО РАН. Суммарное железо приведено в форме FeO. Н.о. – не определено.

Характерный высокобарический парагенезис – кислый плагиоклаз (№ 12-16), высокоглиноземистый амфибол, по составу отвечающий гастингситу (таблица), и гранат. Давления, рассчитанные по соотношениям Al/Si в роговой обманке и плагиоклазе [8] (рис. 3) и Al в амфиболе [13], имеют хорошую сходимость = 10-11 кбар. Следует отметить, что предварительные данные по зональности FeO и MgO, наблюдаемой в роговой обманке, показывают, что она прямая, т.е. магматическая. Гранаты представлены кальциевыми спессартин-альмандинами. Зональность в составе граната выражается в росте концентраций CaO и слабом падении – MnO от центра к краю зерен. Такое поведение компонентов характерно для высокобарических образований и рядом авторов оценивается как прогрессивная зональность [1]; другими же исследователями [6] рассматривается как показатель регрессивной стадии эклогитового метаморфизма. Так что на основании этих данных дать однозначное толкование относительно того, параметры магматизма или метаморфизма мы получили, нельзя. По составу гранаты из описываемых лейкогранитов очень близки к гранатам из высокобарических гранито-гнейсов Чашковского массива [9] (рис. 4).

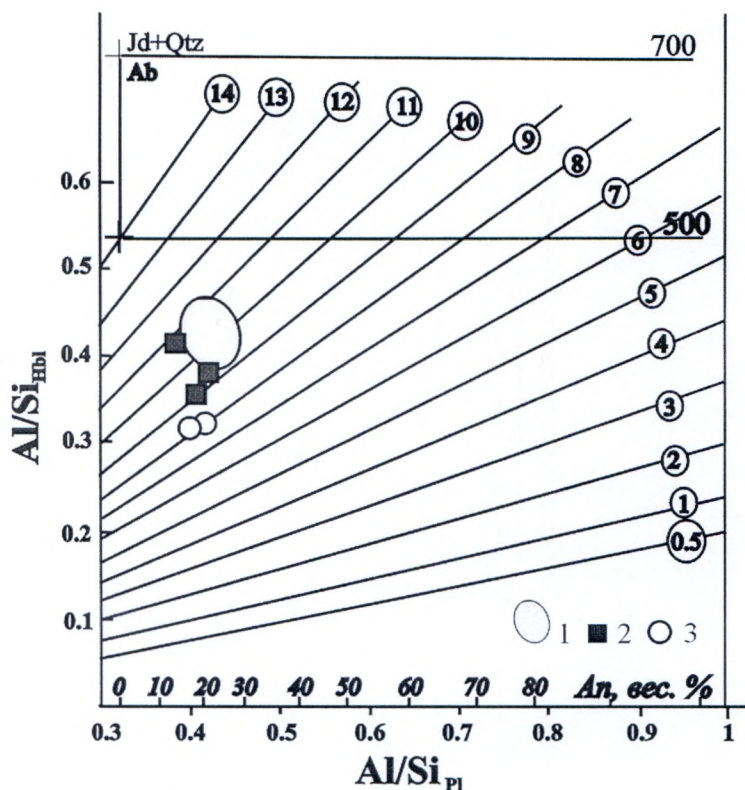


Рис. 3. Оценка давления по амфибол-плагиоклазовому геобарометру [8]. 1 – поле лейкогранитов и аплитов, 2 – граносиениты из ксенолитов в гранитах, 3 – габбро-амфиболиты из ксенолитов в гнейсах.

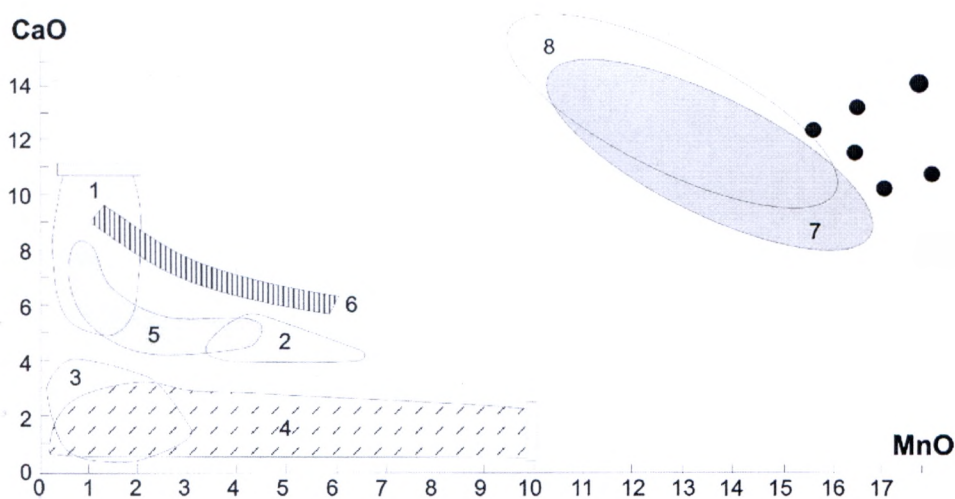


Рис. 4. Диаграмма CaO-MnO для гранатов различного генезиса (по Harangi [12]). 1-3 - высокобарические (1), низкобарические (2) гранаты из M/I-типов магм (3); 4 - гранаты из метапелитов, 5 -гранаты из андезитов и дацитов Венгрии, Словакии; 6 - гранат из эпидотсодержащих дацитов Front Range, Колорадо; гранат из высокобарических гранитов: 7 - Губенского и Рябиновского массивов (по данным С.В. Прибавкина); 8 - Чашковского массива [9]. Залитые кружки - гранаты из лейкогранитов Нижнеуфалейского массива.

Давления, оцененные по нормативному составу (рис. 5), совпадают с указанными выше величинами Температуры, рассчитанные по геотермометру Оттена [14], оцениваются в 640-670°C.

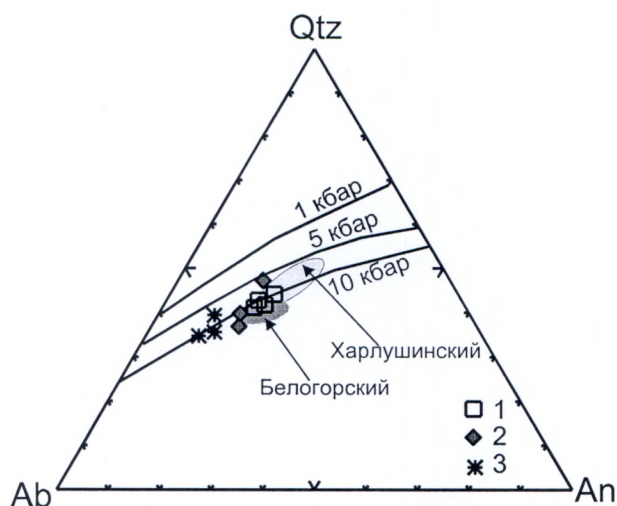


Рис. 5. Оценка давления по нормативному составу породы [7]. 1 – граниты главной фазы Нижнеуфалейского массива, 2 – граносиениты из ксенолитов, 3 – лейкограниты и аплиты. Показаны поля составов высокобарических апогранитов по [9].

По структурным особенностям, минеральному составу и содержаниям петрогенных элементов жильные породы Нижнеуфалейского массива сходны с высокобарическими апогранитами, описанными в разных зонах Урала. В нашем случае наблюдаются некоторые признаки, характерные для образований подобного типа [9]: 1) приуроченность к крупным тектоническим швам, 2) парагенезис высокоглиноземистой железистой роговой обманки с гроссуляр-альмандиновым гранатом и кислым плагиоклазом, что касается 3) отличительной черты – «высокобарическому метаморфизму подвергались уже деформированные гнейсовидные породы, которые в результате приобретали новую наложенную гнейсовидность...», - то в нашем случае видно, гнейсовидность в породах, скорее всего, первичная. Следует отметить, как и в случае с Харлушинским и Чашковским участками, уровень давления, полученного для жильных пород и гранитоидов главной фазы существенно выше фонового (составляющего, по данным А.И.Русина, не более 6 кбар). Исключение составляют породы, интегрированные с гранитоидами в единые блоки (некоторые гнейсы, амфиболиты, ксенолиты сиенитов). То есть высокобарические образования были смешаны с метаморфизованными при более низком давлении в ходе совместного подъема вдоль единых тектонических зон.

Гранитоиды главной фазы Нижнеуфалейского массива на диаграммах РЗЭ образуют единое поле (рис. 6). Как и породы надсубдукционных серий [5], они характеризуются отсутствием (или очень слабой положительной) аномалии Eu, наличием минимума Nb и Ti. Лейкогранит, по-видимому, кристаллизующийся из остаточного расплава, имеет

минимальные содержания большинства компонентов при повышенной роли в спектре тяжелых РЗЭ, обусловленной присутствием граната.

Наклон трендов распределения, уровень содержаний компонентов в нижнеуфалейских гранитах и лейкогранитах сильно отличается от высокобарических апогранитных метаморфитов. Это не удивительно, если учесть их разную геотектоническую позицию – в отличие от последних, наши породы располагаются западнее зоны ГУГР, следовательно, субстрат для их выплавления был существенно иным. В пользу исходно магматической природы (а не происхождения путем гранитизации пород рамы) нижнеуфалейских гранитоидов служит сходство их трендов распределения редких элементов с графиком для гранита Суховязовского массива, расположенного в зоне ГУГР [10] и явно являющегося интрузией (рис. 1).

Оставляя пока без рассмотрения вопрос о том, являются приведенные нами Р-Т-параметры для пород Нижнеуфалейского массива условиями метаморфизма или следствием высокого водного давления при становлении пород, хочется отметить, что полученные данные по петрологии этих пород не свидетельствуют в пользу точки зрения о гранитоидах как выплавках из фундамента Русской платформы.

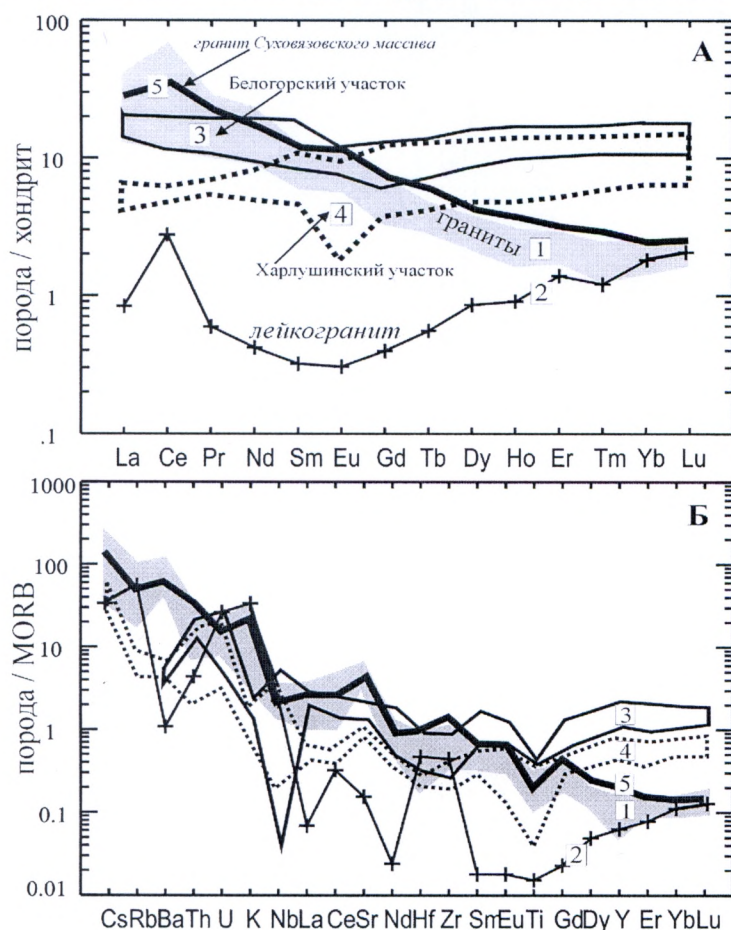


Рис. 6. Нормированное по хондриту (А) и MORB (Б) распределение редких элементов в гранитоидах Нижнеуфалейского массива и ассоциированных с ними породах. Для сравнения показаны поля высокобарических апогранитов Белогорского и Харлушинского участков [9]. Тренд типичного гранита Суховязовского массива – из работы [10].

Скорее их минеральный, химический состав и геохимия напоминают гранитоиды надсубдукционных серий и граниты зоны ГУГР (Суховяз). То есть, вероятно, в генерации нижеуфалейских гранитов, как и в случаях с упомянутыми выше гранитоидами [5], участвовала и мантийная, и коровая составляющие (как континентальный, так и океанический материал?).

Если учесть, что ограничивающий Западно-Уфалейскую зону с запада разлом имеет северо-восточное падение, а близ него (в т.ч. и на глубине) сосредоточены вулканогенно-осадочные породы [2], то вполне вероятно их существенная роль в гранитообразовании, наряду с глубинным и переработанным сиалическим веществом, поднимающимися по разломной зоне. Более четкий ответ на вопрос о генерации гранитоидов и природе зоны в целом могут дать последующие возрастные и изотопные исследования.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 01-05-65184, МАС 03-05-06033 и НШ-85.2003.5).

Литература

1. Авченко О.М. и др. О зональности гранатов // Изв. Ан СССР. Сер. геол. 1980. № 11. С. 72-80.
2. Иванов К.С. Основные черты геологической истории (1,6-0,2 млрд. лет) и строения Урала. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1998. 252 с.
3. Кейльман Г.А. Мигматитовые комплексы подвижных поясов. М.: Недра. 1974. 199 с.
4. Нечеухин В.М., Краснобаев А.А., Соколов В.Б. Геохронология и структурное положение нижнего докембрия в уральском аккреционно-складчатом обрамлении русской плиты // Общие вопросы расчленения докембрия. Апатиты, 2000. С. 201-203.
5. Орогенный гранитоидный магматизм Урала. Миасс: изд-во УрО РАН, 1994. 230 с.
6. Перчук и др. Сравнительная петрология алмазоносных комплексов // Петрология. 1995. № 3. С. 267.
7. Ферштатер Г. Б. Петрология главных интрузивных ассоциаций. М.: Наука, 1987.
8. Ферштатер Г.Б. Эмпирический плагиоклаз-роговообоманковый барометр // Геохимия. 1990. № 3. С. 328-335.
9. Ферштатер Г.Б., Бородина Н.С., Осипова Т.А., Шардакова Г.Ю. Минеральный состав и условия формирования высокобарических метагранитов (Уральский

- ороген) // Записки ВМО. 2002. № 3. С. 1-22.
10. Шардакова Г.Ю. Суховязовский массив как представитель гранитоидного магматизма зоны ГУГР // Палеозоны субдукции: тектоника, магматизм, метаморфизм, седиментогенез. Тез. докл. Междунар. науч. конф. «Чтения А.Н. Заварицкого». Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 1999. С. 161-162.
 11. Шардакова Г.Ю., Шагалов Е.С. Новые данные по петрологии Нижнеуфалейского гранитного массива (Ю.Урал) // Ежегодник-2002. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2003. С. 159-162.
 12. Harangi Sz et al. Almandine garnet in calc-alkaline volcanic rocks of the Northern Pannonian Basin (Eastern-Central Europe): geochemistry, petrogenesis and geodynamic implications // Journal of Petrology. 2001. V. 42. N 10. P. 1813-1843.
 13. Hollister L.S. et al. Confirmation of the empirical correlation of Al in hornblende with pressure of solidification of calc-alkaline plutons // Amer. Miner. 1987. V. 1. № 72. P. 231-239.
 14. Otten M. T. The origin of brown hornblende in the Artfjallet gabbro and dolerites // Contrib. Mineral. Petrol. 1984. V. 86. № 2. P. 189-199.