

## ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГНЕЙСОВ И АМФИБОЛИТОВ ЗАПАДНО-УФАЛЕЙСКОЙ ЗОНЫ

**Е.С. Шагалов, Г.Ю. Шардакова**

Изучаемый нами в течение нескольких лет Нижнеуфалейский гранитоидный массив (комплекс) внедрен в северо-западную часть Кукахтинской купольной структуры, расположенной в пределах Западно-Уфалейской зоны и сложенной преимущественно амфиболитами и гранито-гнейсами уфалейской свиты. Возрастные определения для метаморфитов сильно варьируют: 1290, 1100-310 млн лет [Кейльман, 1974; Нечеухин, Краснобаев, 2000]. Первые после Г.А. Кейльмана [1974] современные данные по петрогеохимии этих пород приведены нами в ряде работ [Шардакова, Шагалов, 2003, 2004; Шардакова и др., 2004]. На примере первых единичных анализов показано, что гранитоиды и вмещающие их метаморфические по-

роды отличаются друг от друга по содержаниям элементов-примесей и, моделируя процесс плавления гнейсового материала, нельзя получить тренды распределения РЗЭ, близкие к трендам нижнеуфалейских гранитов. Новые данные 2004 г. позволяют рассмотреть вопрос о субстрате на более представительном материале.

Полевые и петрографические наблюдения показывают, что амфиболиты (по мнению Г.А. Кейльмана – измененные основные эффузивы и их туфогенные аналоги) сильно варьируют по облику и составу: от слабо гнейсовидных до сильно рассланцованных (близ контактов со сланцевым обрамлением и из ксенолитов внутри пород последнего) и характеризуются различным содержанием плагиоклаза, нали-

чием или отсутствием биотита, граната, эпидота. Гранито-гнейсы имеют как гипидиоморфнозернистую, так и бластогранитовую, часто – резко очковую структуру, изменяются от мезодо лейкократовых разновидностей, с переменным количеством биотита и мусковита, иногда – амфибола, изредка содержат гранат. На харкеровских диаграммах гнейсы образуют «облако», явно отличаясь от интрузивных гранитов по особенностям химического состава [Шардакова и др., 2004].

Полученные в этом году анализы на элементы-примеси, выполненные методом ICP-MS в аналитической лаборатории Уральского Электрохимического Комбината (г. Новоуральск), обнаруживают хорошую сходимость с данными, полученными в других организациях (Университет Гранада, Испания; ИГЕМ, г. Москва). Результаты анализов приведены в таблице. По ним отстроены поля гнейсов и амфиболитов на рис. 1, для сравнения приведено поле гранитов Уфалейской зоны (Нижнеуфалейский+Суховязовский массивы, близкие по видам трендов и возрасту к типичным надсубдукционным образованиям) [там же].

Ранее некоторыми исследователями отмечалось, что по набору пород и положению в разрезе породы Уфалейской зоны близки к основным и кислым и образованиям Кувавшско-Машакской рифтогенной структуры, приуроченной к зоне Зюраткульского разлома [Краснобаев, Бородин, 1970; Алексеев, 1984; Пыстин, 1994]. В последней магматические породы представлены комагматической ассоциацией, включающей вулканические (базальты и риолиты машакской серии) и плутонические (габброиды расслоенных массивов кусинско-копанского комплекса и гнейсо-граниты Рябиновского и

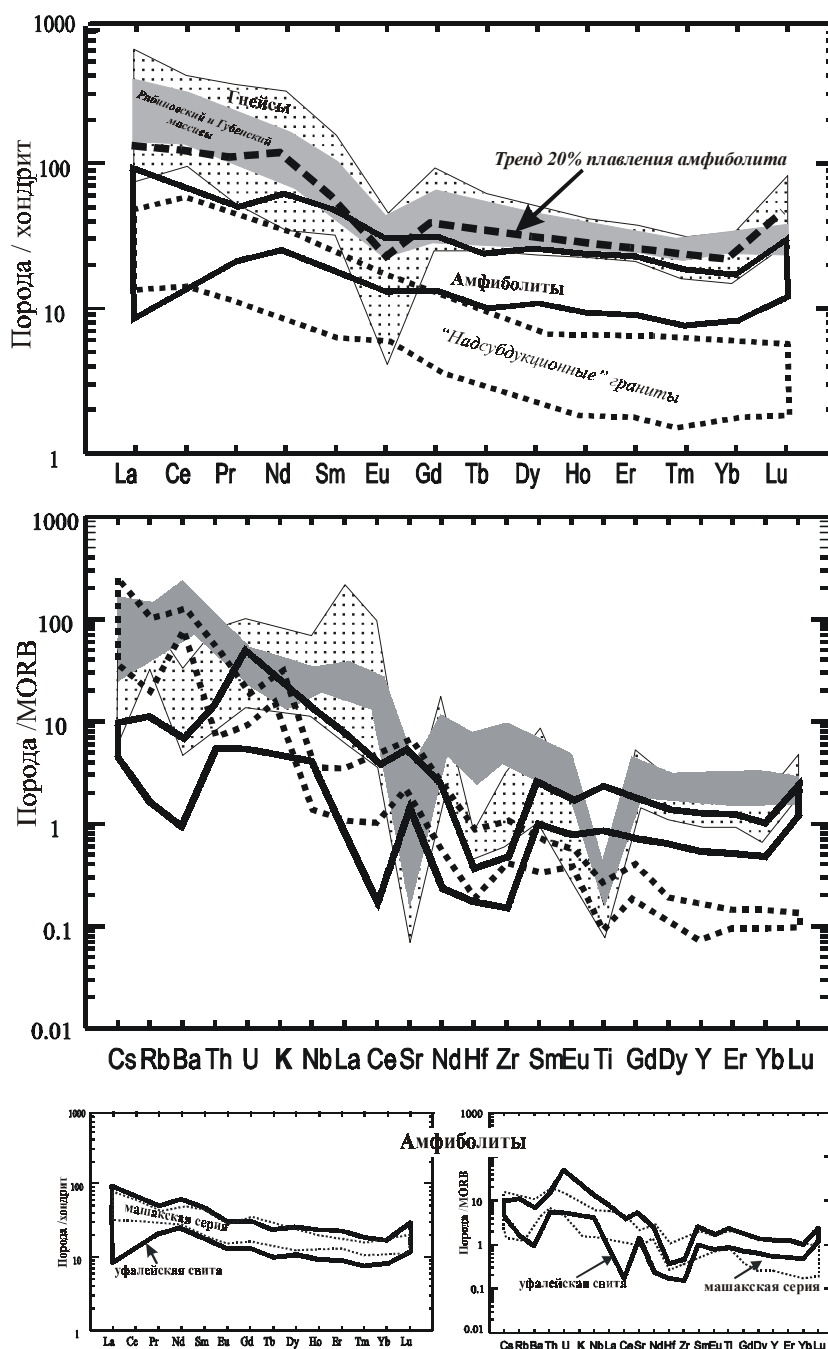


Рис. 1. Нормированные тренды распределения в амфиболитах и гнейсах Западно-Уфалейской зоны.

Для сравнения показаны поля пород Кувавшско-Машакской зоны (граниты Рябиновского и Губенского массивов, базальтоиды машакской серии + метагабброиды кусинско-копанского комплекса). «Надсубдукционные граниты» = гранитоиды Уфалейской зоны (Суховязовский + Нижнеуфалейский массивы), близкие по петрогеохимическим характеристикам к надсубдукционным образованиям.

ЕЖЕГОДНИК - 2004

Содержания элементов-примесей (г/т) в типичных пробах метаморфических пород  
Западно-Уфалейской зоны

Эл.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Уф195	Уф199	Уф203	Уф207	Уф224	Уф202	Уф234	Уф239	Уф206	Уф205	Уф112
Li	4.041	9.957	0.928	1.9439	0.421	0.218	3.325	2.285	4.8711	4.7711	0.100
Be	0.819	2.333	2.147	4.066	3.156	1.772	0.964	1.258	0.886	0.786	0.924
Sc	2.082	1.794	0.060	1.42	0.244	0.162	52.084	30.971	34.468	33.858	42.027
V	11.776	2.585	2.549	2.567	1.385	4.126	684.460	249.300	335.241	323.541	361.204
Cr	2.963	1.868	2.080	2.457	7.998	1.853	71.917	194.379	131.843	140.543	89.625
Co	1.176	2.771	2.338	0.2	1.773	3.332	42.036	30.440	29.736	38.486	43.818
Ni	1.225	1.853	0.975	2.167	2.172	1.386	66.898	58.142	18.412	5.412	75.588
Cu	15.845	5.311	10.873	4.803	23.714	3.614	68.092	18.315	18.69	176.63	166.623
Zn	12.999	54.993	410.731	38.42	159.831	14.925	97.691	71.521	106.282	107.192	96.598
Ga	25.537	28.038	29.927	36.609	53.260	27.446	30.146	23.263	32.194	28.424	16.762
Rb	99.649	119.890	115.590	28.8947	87.389	92.916	1.959	12.685	1.825	2.855	2.511
Sr	152.558	70.851	9.808	54.095	24.810	15.356	346.648	293.038	739.603	187.803	240.499
Y	21.826	59.990	24.851	25.217	79.640	34.199	41.489	20.751	19.883	22.933	35.685
Zr	79.896	75.919	74.789	61.884	309.540	56.722	14.655	24.768	54.787	20.387	50.481
Nb	39.686	76.646	151.208	18.733	248.648	123.088	22.489	49.675	10.751	7.351	7.370
Mo	0.385	0.675	0.516	0.197	0.302	1.606	0.200	0.582	1.196	0.786	0.091
Ag	0.162	0.195	0.116	0.209	0.961	0.076	0.038	0.302	0.147	0.097	-
Cs	0.726	0.746	0.170	0.1291	0.261	0.077	0.001	0.062	0.309	0.479	0.021
Ba	283.533	465.483	65.104	152.151	69.490	74.179	14.396	99.016	41.372	55.012	42.471
La	13.143	25.147	38.456	2.924	199.829	32.383	12.573	14.501	14.336	11.636	8.241
Ce	44.092	121.051	89.600	17.144	358.621	87.287	37.431	32.649	30.429	20.159	19.563
Pr	3.774	6.808	11.037	1.358	45.492	10.832	6.004	4.774	4.492	3.362	2.833
Nd	21.988	28.504	50.202	8.055	201.369	51.255	37.630	27.947	22.2605	16.8855	15.765
Sm	5.520	6.622	9.219	3.829	31.564	9.658	8.873	5.392	4.911	4.351	4.849
Eu	0.585	1.149	0.322	0.408	2.336	0.379	2.327	1.034	1.843	1.313	1.357
Gd	4.508	8.080	6.414	4.609	25.917	6.823	8.214	4.620	5.324	5.034	4.655
Tb	0.688	1.475	0.971	0.909	3.150	1.158	1.230	0.667	0.795	0.785	0.938
Dy	4.889	10.102	5.870	5.849	17.040	7.504	8.139	4.337	4.764	4.974	5.828
Ho	1.122	2.066	1.162	1.129	3.182	1.538	1.728	0.943	0.926	1.046	1.416
Er	3.458	5.826	3.591	3.129	8.836	4.432	5.047	2.909	2.584	3.024	3.345
Tm	0.411	0.861	0.441	0.459	1.098	0.547	0.652	0.325	0.355	0.415	0.494
Yb	1.972	6.401	2.849	2.959	7.461	3.251	3.870	2.023	2.454	2.784	3.326
Lu	0.707	2.482	1.097	0.83	2.757	1.252	1.411	0.770	0.73	0.79	0.416
Hf	1.438	1.457	1.743	1.924	2.461	1.215	0.503	0.770	1.445	0.565	1.429
Ta	2.773	5.157	9.975	2.372	17.643	8.583	2.260	4.340	2.789	1.399	0.452
W	0.118	0.215	0.498	0.914	0.153	0.400	1.626	1.369	1.221	0.881	0.487
Pb	6.184	8.564	3.747	9.017	2.801	1.976	5.343	0.451	15.192	6.972	5.140
Th	8.837	6.771	14.413	13.694	9.289	11.271	1.457	2.609	1.231	1.181	0.851
U	1.045	7.402	1.322	1.139	2.889	1.858	0.412	3.613	0.1334	0.556	0.363

Примечание. 1 – мелкозернистый мезократовый биотит-мусковитовый гранито-гнейс, 2 – мелко-среднезернистый лейкократовый мусковитовый гранито-гнейс, 3 – среднезернистый очковый существенно биотитовый гнейс, 4 – мелкозернистый мусковитовый гранито-гнейс, 5 – мелко-среднезернистый биотитовый гранито-гнейс с гранатом, 6 – крупно-среднезернистый очковый биотитовый гранито-гнейс; 7 – слабо гнейсовидный плагиоклазовый амфиболит, 8 – рассланцованный габбро-амфиболит из тела, закатанного в сланцы, 9 – милонитизированный плагиоамфиболит, 10 – слабо гнейсовидный гранат-плагиоклазовый амфиболит.

Губенского массивов) члены. Большинство исследователей считает их эталоном рифтогенных образований (там же). На рис. 1 хорошо видно, что упомянутые выше гнейсо-граниты очень близки по геохимическим характеристикам к гранито-гнейсам уфалейской свиты, а метагэбброиды Кусинско-Копанского комплекса и базальтоиды машакской серии (поле «машакская серия», малые графики на рис. 1) – к уфалейским амфиболитам [Шардакова и др., 2004]. Таким образом, налицо и сходство составов. Характерные особенности – отсутствие в кислых ортопородах отрицательной аномалии Nb при наличии аномалий Sr и Ti и относительно высокие концентрации элементов-примесей, по сравнению с типичными орогенными гранитами, по-видимому, отражают геодинамический режим, отличный от субдукционных и коллизионных обстановок.

Концентрации элементов-примесей в метаморфитах уфалейской свиты существенно отличаются от таковых в молодых гранитоидах Нижнеуфалейского массива. Для наглядности на рис. 2 приведены концентрации редких элементов в гранитах и гнейсах, нормированные по среднему составу гранита (пунктирная линия). По сравнению с гранитом, гнейсы обогащены, а амфиболиты обеднены большинством таких транзитных компонентов (рис. 2А), как Ni, Co, Sc, V; оба типа метаморфитов также обогащены W и Mo. По концентрациям LILE и HFSE большая часть проб из обеих типов пород, по сравнению с гранитом, обеднена Li, Rb, Cs, Ba, Sr, Ga и обогащена Nb, Ti, Y (рис. 2Б). Концентрации РЗЭ в метаморфитах уфалейской свиты для подавляю-

щей части проб и элементов выше, чем в гранитах: для гнейсов – в 4-70 раз, для амфиболитов – в 2-10 раз.

Как показано в предыдущих работах [Шардакова, Шагалов, 2003] – и это подтверждается обсужденными выше данными – различия в геохимии нижнеуфалейских гранитоидов и пород уфалейской свиты настолько значимы, что нельзя говорить о существенной роли последних при выплавлении гранитоидов. Тем более, что первичное отношение изотопов  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  свидетельствует о значительной роли океанического (островодужного) материала [Шардако-

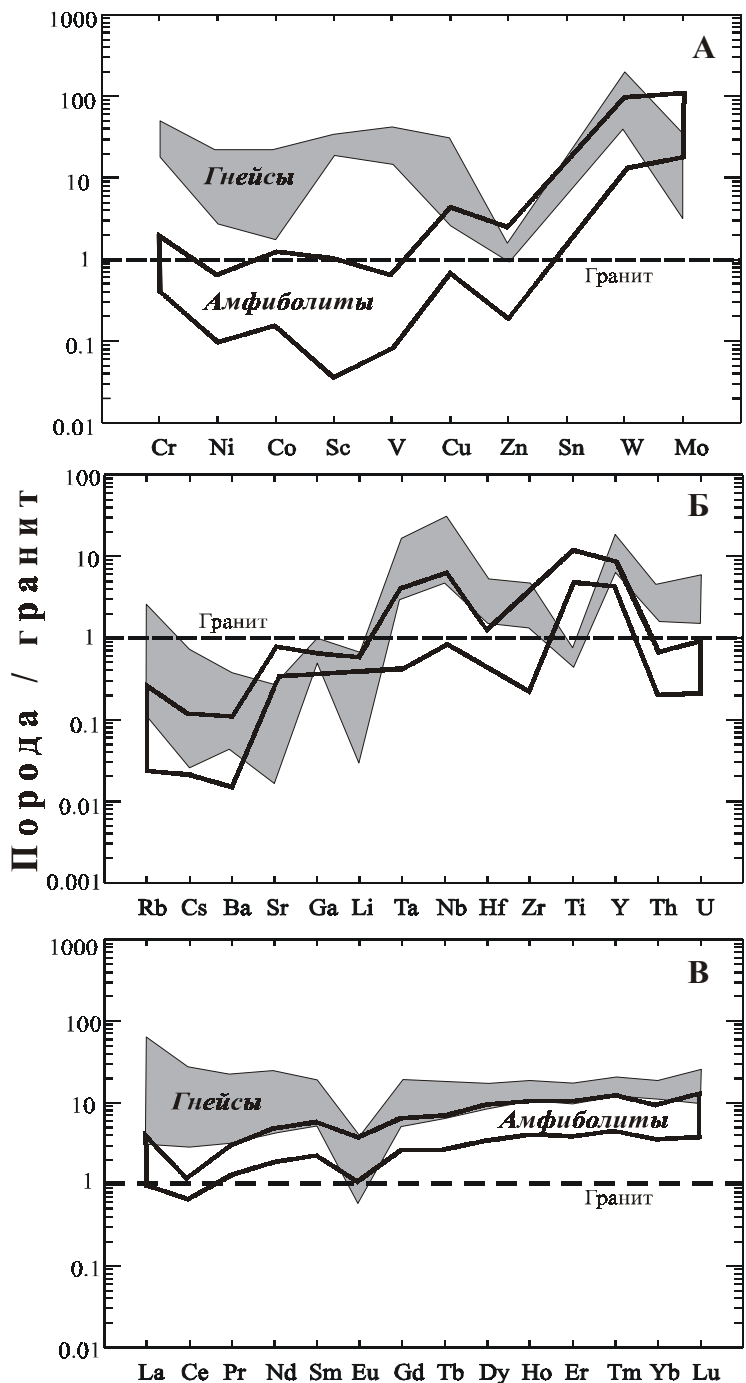


Рис. 2. Содержания элементов-примесей в гнейсах и амфиболитах Западно-Уфалейской зоны, нормированные по среднему составу гранита Нижнеуфалейского массива.

ва, Шагалов, 2005] в субстрате. Возникновение же гранитов за счет гранитизации вмещающих пород под действием глубинного флюида также сомнительно, поскольку не наблюдается никакой унаследованности составов.

По содержаниям ряда компонентов – Sr, Ni, Co, Sc, V; а также Zr, Ta, Nb, Hf, Ti, сосредоточенных преимущественно в фемических и акцессорных минералах, гнейсы и амфиболиты, конечно, отличаются между собой. Но простейшее геохимическое моделирование свидетельствует в пользу того, что субстратом для выплавления части гнейсов могли служить породы состава, близкого к обогащенному плагиоклазом амфиболиту. На рис. 1 показан тренд 20% плавления амфиболита, частичное плавление которого вызывает некоторое увеличение концентраций РЗЭ и углубление отрицательной аномалии Eu в произведенном расплаве, и реальный состав гранито-гнейсов очень близок к модельному.

Как отражение минералого-петрографических различий, внутри групп пород (гнейсы, амфиболиты) присутствует некоторый разброс содержания элементов-примесей; однако он не настолько контрастен, чтобы предполагать существование разного субстрата. Скорее всего, различия в петрографии и геохимии в пределах групп пород исследуемого блока вызваны вариациями условий метаморфизма, о чем писал и Г.А. Кейльман. Наши определения РТ параметров [Шардакова, Шагалов, 2004] для гнейсов и амфиболитов также свидетельствуют в пользу этого утверждения.

*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (грант НШ-85.2003.5).*

#### Список литературы

*Алексеев А.А.* Рифейско-вендский магматизм западного склона Южного Урала. М.: Наука, 1984. С. 100-105.

*Кейльман Г.А.* Мигматитовые комплексы подвижных поясов. М.: Недра, 1974. 199 с.

*Краснобаев А.А., Бородин Н.С.* Геохимические особенности, генезис и возрастная корреляция рифейских гранитоидов и липаритовых порфиров Златоустовского района // Вопросы петрологии гранитоидов Урала. Свердловск, 1970. С. 124-153.

*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.

*Пыстин А.М.* Полиметаморфические комплексы Западного склона Урала // СПб: Наука, 1994. 208 с.

*Шардакова Г.Ю., Шагалов Е.С.* К петрологии гранитоидных массивов, ассоциированных с шовной зоной Урала // Современные проблемы формационного анализа, петрология и рудоносность магматических образований. Новосибирск: Наука СО, 2003. С. 383-384.

*Шардакова Г.Ю., Шагалов Е.С.* Геохимия и условия формирования гранитов Нижнеуфалейского массива и ассоциированных с ними пород // Докл. АН. 2004. Т. 394. № 5. С. 682-685.

*Шардакова Г.Ю., Шагалов Е.С., Холоднов В.В. и др.* Петрогеохимическое сопоставление гранитоидов Уфалейской зоны и Кувашико-Машакской рифтогенной структуры // Геология и металлогения ультрамафит-мафитовых и гранитоидных ассоциаций складчатых областей. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2004. С. 414-420.

*Шардакова Г.Ю., Шагалов Е.С.* Новые данные о возрасте гранитоидов Нижнеуфалейского массива // Ежегодник-2004. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2005. В печати.