

ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОД АЙСКОЙ СВИТЫ НИЖНЕГО РИФЕЯ БАШКИРСКОГО МЕГАНТИКЛИНОРИЯ: НОВЫЕ ДАННЫЕ

© 2013 г. А. В. Маслов, Э. З. Гареев, С. Г. Ковалев*

Айская свита, согласно решению IV Уральского стратиграфического совещания, подразделяется на три подсвиты – навьшскую, чудинскую и кисеганскую [8]. Исходя из данных литологических исследований [2, 3 и др.], в ее разрезе могут быть намечены два крупных подразделения – нижнее (мощность до 2000–2500 м) вулканогенно-терригенное грубообломочное (соответствует навьшской, липовской и чудинской подсвитам М.И. Гараня) и верхнее (мощность до 1000 м), представленное преимущественно темноокрашенными тонкозернистыми алюмосиликокластическими отложениями (в схеме М.И. Гараня это кисеганская и сунгурская подсвиты). Первое из них залегает с размывом и угловым несогласием на архейско-нижнепротерозойском тараташском комплексе и представлено преимущественно брекчиями и конгломератами, метабазальтами, разнозернистыми аркозовыми и полимиктовыми песчаниками с подчиненными прослоями и пакетами алевролитов и глинистых сланцев, имеющими, по всей видимости, в основном континентальный генезис [1, 2, 5–7]. Второе объединяет преимущественно низкоуглеродистые глинистые сланцы; подчиненную роль в его разрезах играют алевролиты, мелкозернистые песчаники, гравелиты и мелкогалечниковые конгломераты.

Выполненные в начале 2000-х гг. исследования позволили показать, что по химическому составу исходно глинистые породы бурзянской серии принадлежат преимущественно к сиаллитам [4]. Это указывает на достаточно далеко зашедшее выветривание исходных пород в источниках сноса. Было установлено, что практически во всех исследованных пробах (количество последних составляло не более 10) глинистых сланцев нижней части айской свиты сумма РЗЭ превышает 200 г/т, тогда как в исходно глинистых породах верхнего ее подразделения данный параметр примерно в 3 раза ниже. Отношение La_N/Yb_N составляет для сланцев указанного уровня 3,6, что также заметно отличается от аналогичного показателя для всех прочих уровней бурзяния (в среднем от 12 до 16). Величина Eu аномалии в глинистых сланцах бурзяния составляет 0,6–0,7, а спектры РЗЭ достаточно сходны; исключение составляют опять же глинистые сланцы верхнего подразделения айской свиты, обнару-

живающие относительно пологий наклон спектра, что позволяет предполагать некоторую роль в это время в источниках сноса пород основного и ультраосновного состава. К такому же выводу приводит и анализ материалов по вариациям отношений La/Sc , La/Cr , La/Co , Th/Sc , Th/Co , Th/Cr и ряда других индикаторных элементов в сводном разрезе бурзяния.

При подготовке данного сообщения мы использовали более полные сведения о содержании в глинистых сланцах и песчаниках айской свиты (без разбивки на нижнее и верхнее подразделения) основных породообразующих оксидов (данные Э.З. Гареева) и концентрациях элементов-примесей в 12 образцах песчаников и 21 образце глинистых сланцев (коллекция проб Э.З. Гареева, определения методом ICP-MS выполнены в ИГГ УрО РАН, г. Екатеринбург). Результаты исследований являются составной частью работ в рамках проекта по анализу фоновых и аномальных концентраций широкого спектра элементов-примесей в осадочных породах (песчаниках, глинистых сланцах и аргиллитах, известняках и доломитах) рифея Башкирского мегантиклинория и установлению на их основе прогностно-металлогенических критериев для оценки территории указанной структуры Южного Урала. Цель настоящей работы – представить “геохимический образ” фоновых терригенных пород айской свиты нижнего рифея западного склона Южного Урала.

Средние содержания основных породообразующих оксидов в песчаниках и глинистых сланцах айской свиты приведены в табл. 1. В табл. 2 суммированы средние данные для ряда элементов-примесей.

На диаграмме М. Хиррона [10] точки составов песчаников айской свиты сосредоточены преимущественно в поле аркозов (рис. 1), тогда как точки глинистых сланцев локализованы в поле вакк.

Сопоставление валового химического состава терригенных пород с содержаниями основных породообразующих оксидов в верхней континентальной коре (УСС) [11] показывает, что песчаники айской свиты содержат сопоставимые с УСС концентрации оксидов кремния, алюминия и фосфора, тогда как содержания остальных оксидов в существенной мере варьируют, но в целом характеризуются меньшими, чем в УСС, значениями (рис. 2а).

* Геологический институт УфНЦ РАН, Уфа

Таблица 1. Средние содержания основных породообразующих оксидов (мас. %) в песчаниках и глинистых сланцах айской свиты

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO _{общ.}	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
Песчаники	71.66 ± 4.10	0.49 ± 0.18	11.73 ± 1.72	2.31 ± 1.17	1.32 ± 0.68	1.82 ± 1.57	1.83 ± 0.59	5.87 ± 0.66	0.16 ± 0.05
	67.30–80.90	0.27–0.82	8.60–15.07	0.82–4.39	0.20–2.20	0.27–4.77	0.31–2.89	4.80–6.84	0.08–0.26
Глинистые сланцы	65.97 ± 2.75	0.72 ± 0.12	15.59 ± 1.13	4.52 ± 1.20	1.64 ± 0.93	0.81 ± 0.61	1.94 ± 0.58	4.65 ± 1.61	0.16 ± 0.06
	60.84–70.00	0.38–0.90	13.44–17.00	2.62–7.00	0.20–2.90	0.27–2.52	0.47–2.67	2.71–8.85	0.07–0.30

Таблица 2. Средние содержания ряда элементов-примесей в песчаниках и глинистых сланцах айской свиты

Компоненты	Песчаники	Глинистые сланцы	Компоненты	Песчаники	Глинистые сланцы
Li	6.40 ± 4.78	26.61 ± 8.72	Ba	564.05 ± 207.81	683.10 ± 230.13
	1.20–14.19	16.87–56.08		188.76–794.71	253.47–1308.3
Be	0.62 ± 0.53	1.40 ± 0.59	La	19.61 ± 10.16	21.87 ± 12.09
	0.13–1.97	0.56–3.05		9.69–35.20	6.61–56.06
Sc	3.99 ± 2.23	7.36 ± 2.32	Ce	39.72 ± 20.92	44.96 ± 23.39
	1.76–8.29	2.32–14.16		19.80–75.24	11.05–107.45
V	23.53 ± 17.04	55.47 ± 23.63	Pr	4.55 ± 2.48	5.63 ± 2.66
	8.31–64.70	24.27–140.95		2.22–8.88	1.86–12.78
Cr	22.08 ± 11.58	59.11 ± 63.23	Nd	17.27 ± 9.73	22.04 ± 10.05
	9.16–41.65	22.40–331.28		8.16–35.97	7.74–48.39
Co	4.18 ± 4.10	6.69 ± 8.33	Sm	2.96 ± 1.69	4.08 ± 1.69
	0.47–13.55	1.05–41.51		1.24–6.46	1.91–8.01
Ni	7.49 ± 5.65	20.06 ± 42.26	Eu	0.60 ± 0.30	0.84 ± 0.36
	2.97–22.10	2.19–202.79		0.28–1.24	0.39–1.58
Cu	9.16 ± 13.66	14.22 ± 11.42	Gd	2.13 ± 1.42	3.17 ± 1.30
	2.14–51.16	2.80–54.95		0.75–5.32	1.31–5.23
Zn	21.40 ± 8.53	46.53 ± 15.54	Tb	0.27 ± 0.19	0.43 ± 0.18
	7.09–34.87	23.59–82.59		0.09–0.70	0.18–0.75
Ga	8.18 ± 4.64	14.87 ± 3.40	Dy	1.50 ± 1.09	2.62 ± 1.16
	2.73–19.10	6.33–23.36		0.44–4.11	0.97–4.92
Ge	0.90 ± 0.24	1.67 ± 0.29	Ho	0.29 ± 0.22	0.51 ± 0.24
	0.62–1.39	1.06–2.14		0.07–0.80	0.19–0.98
Rb	68.25 ± 41.62	96.95 ± 40.02	Er	0.81 ± 0.63	1.51 ± 0.70
	18.33–174.03	34.42–209.16		0.19–2.34	0.58–2.83
Sr	77.87 ± 54.05	51.47 ± 48.04	Tm	0.12 ± 0.10	0.23 ± 0.10
	9.60–194.38	17.72–236.22		0.03–0.35	0.10–0.41
Y	6.20 ± 4.87	8.06 ± 4.25	Yb	0.79 ± 0.63	1.58 ± 0.61
	1.63–18.20	2.58–16.15		0.18–2.31	0.69–2.65
Zr	93.26 ± 110.99	107.89 ± 20.07	Lu	0.13 ± 0.10	0.25 ± 0.09
	25.52–422.38	75.00–166.58		0.03–0.38	0.11–0.40
Nb	4.27 ± 3.54	10.61 ± 2.71	Hf	3.21 ± 3.76	4.75 ± 1.09
	1.17–11.88	4.92–15.19		0.82–14.23	2.64–7.85
Mo	0.19 ± 0.08	0.26 ± 0.18	Ta	0.38 ± 0.31	1.13 ± 0.35
	0.07–0.33	0.03–0.70		0.10–0.95	0.40–1.76
Ag	0.15 ± 0.12	0.32 ± 0.09	W	0.35 ± 0.25	1.17 ± 0.36
	0.03–0.42	0.12–0.54		0.13–0.86	0.20–1.71
Cd	0.11 ± 0.12	0.16 ± 0.06	Tl	0.23 ± 0.20	0.67 ± 0.34
	0.02–0.46	0.08–0.34		0.04–0.80	0.11–1.90
Sn	0.74 ± 0.57	2.30 ± 0.67	Pb	9.21 ± 8.44	4.16 ± 3.42
	0.29–2.21	0.79–3.65		0.83–31.21	1.24–13.39
Sb	0.06 ± 0.02	0.21 ± 0.06	Th	8.04 ± 7.26	9.09 ± 2.83
	0.04–0.12	0.09–0.33		1.92–22.27	2.00–13.02
Cs	0.64 ± 0.44	5.53 ± 5.15	U	1.38 ± 1.12	2.34 ± 0.67
	0.10–1.45	0.61–26.57		0.35–3.28	0.56–3.41

Исключение составляет оксид калия, концентрации которого во всех исследованных нами образцах песчаников больше, чем это свойственно УСС. В глинистых сланцах айского уровня сопоставимые с УСС содержания характерны для ок-

сидов кремния, титана, алюминия, закисного железа и фосфора. Концентрации оксидов марганца, магния, кальция и натрия в целом ниже, а калия – выше, чем это свойственно верхней континентальной коре (см. рис. 2б).

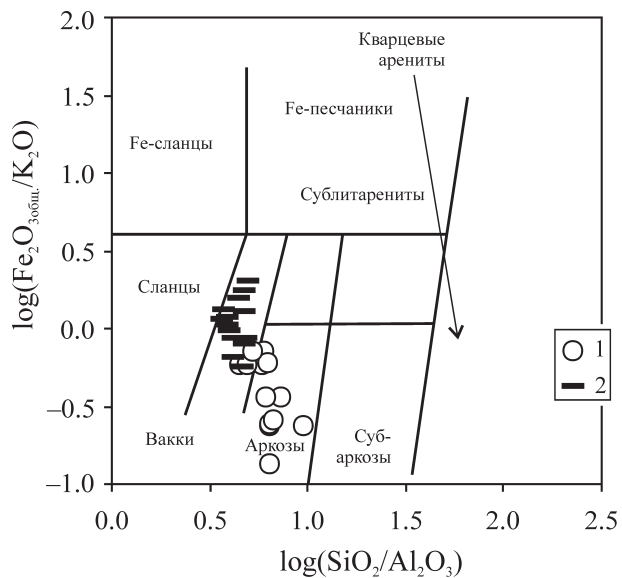


Рис. 1. Положение точек составов песчаников (1) и глинистых сланцев (2) айской свиты на диаграмме М. Хиррона.

Сопоставление средних концентраций элементов-примесей (без РЗЭ) в песчаниках со средними содержаниями их в UCC показывает, что только для W указанный параметр составляет более 1 (рис. 3а). Если же анализировать максимальные концентрации, то список элементов, для которых $C_{\text{образец}}/C_{\text{UCC}} > 1$ будет несколько шире (Cu, Ga, Rb,

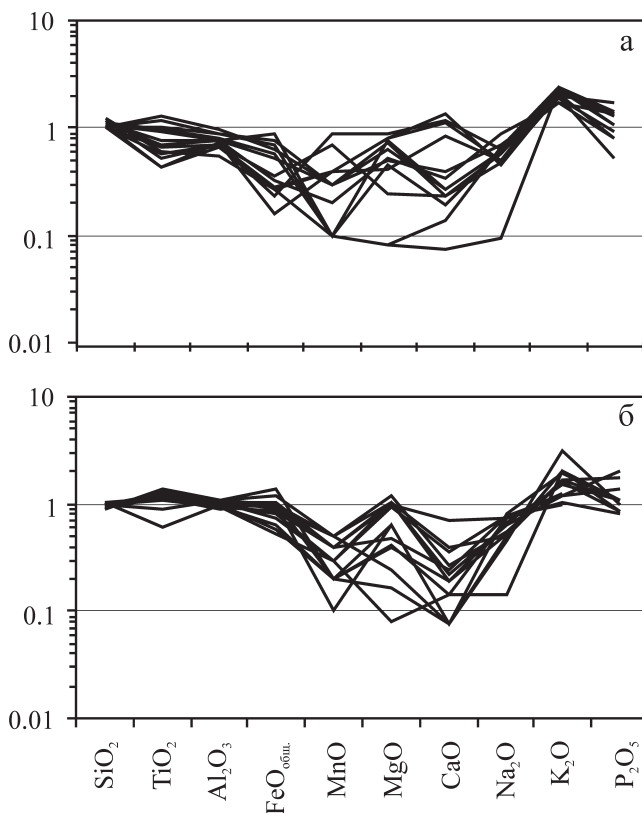


Рис. 2. Нормированные на UCC содержания основных породообразующих оксидов в песчаниках (а) и глинистых сланцах (б) айской свиты.

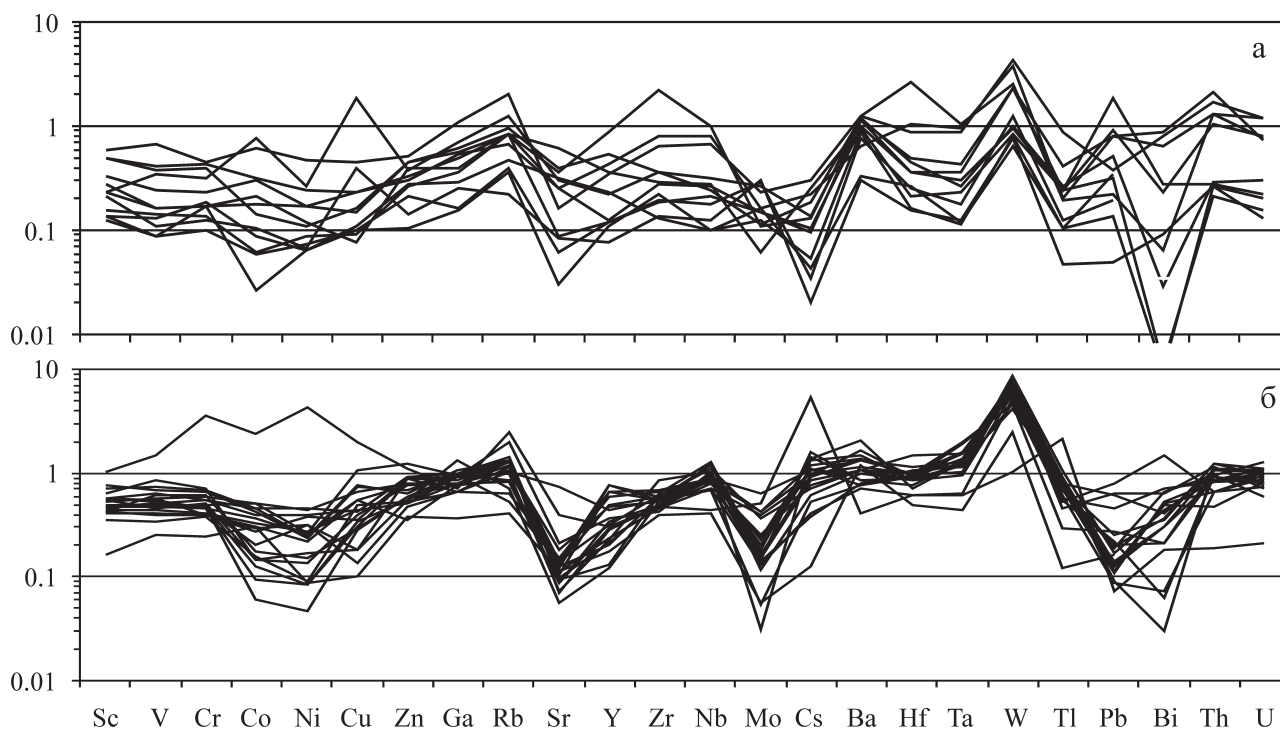


Рис. 3. Нормированные на UCC содержания элементов-примесей в песчаниках (а) и глинистых сланцах (б) айской свиты.

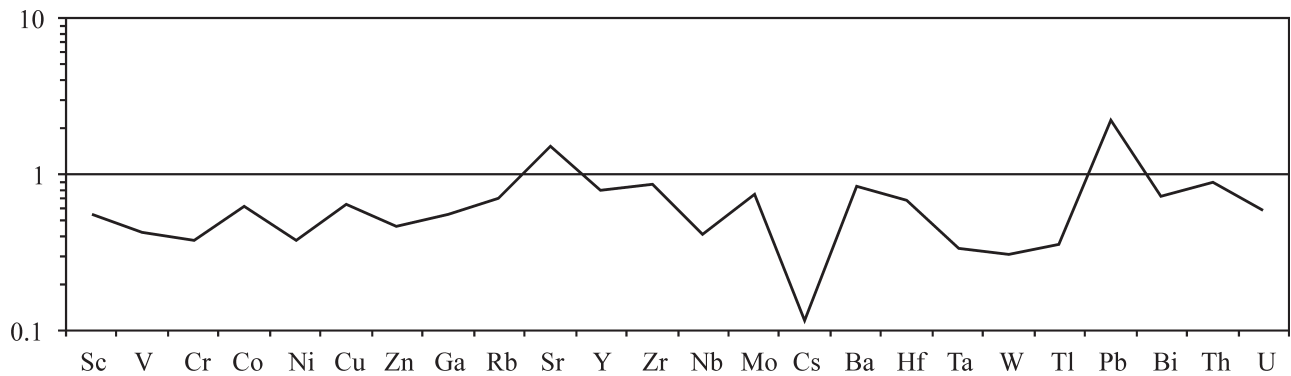


Рис. 4. Вариации величины отношения $C_{\text{песчаник}}/C_{\text{глинистый сланец}}$ для различных элементов-примесей.

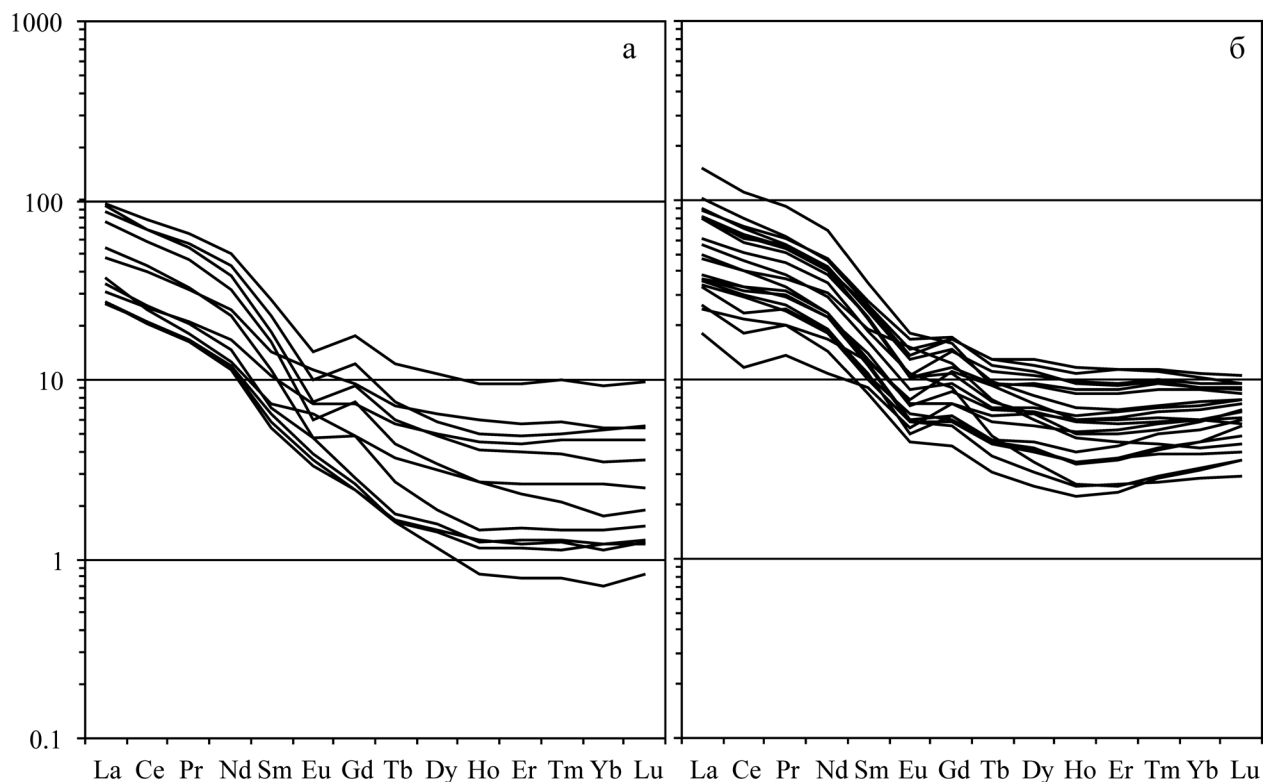


Рис. 5. Нормированные на хондрит спектры распределения РЗЭ в песчаниках (а) и глинистых сланцах айской свиты (б).

Zr, Ba, Hf, W, Pb, Th, U). Для глинистых сланцев айской свиты картина несколько иная. Средними содержаниями большими, чем в верхней континентальной коре, характеризуются Rb, Cs, Ba, Ta и W. Максимальные содержания Sc, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Rb, Nb, Cs, Ba, Hf, Ta, W, Tl, Bi, Th и U также выше, чем средние содержания указанных элементов-примесей в верхней коре (см. рис. 3б). Если сопоставить средние содержания элементов-примесей в песчаниках и глинистых сланцах, то можно видеть, что в первых преобладают только Sr и Pb (рис. 4).

Сумма редкоземельных элементов в песчаниках варьирует от 44 до 179 г/т. Средняя величина

отношения La_N/Yb_N весьма высокая (23.3 ± 12.4), при этом минимальное значение данного параметра составляет 6.7, тогда как максимальное достигает 43.7. Среднее значение La_N/Sm_N также достаточно высокое (4.3 ± 0.8). Для 8 из 12 исследованных нами образцов песчаников характерно заметное деплетирование тяжелых РЗЭ (минимальная величина Gd_N/Yb_N составляет 1.6, максимальная – 4.3, а среднее значение равно 2.5 ± 0.8). Европейская аномалия относительно небольшая. Среднее ее значение составляет 0.8, тогда как максимальное – 1.1.

Сумма РЗЭ в глинистых сланцах айской свиты варьирует от ~39 до почти 247 г/т; при этом средняя

величина $\Sigma\text{PЗЭ}$ составляет 109.7 ± 52.8 г/т. Распределение РЗЭ в глинистых сланцах имеет несколько иной характер, чем в песчаниках. Среднее значение La_N/Yb_N в них существенно ниже (9.8 ± 4.6), деплетирование ТРЗЭ отсутствует ($\text{Gd}_N/\text{Yb}_{\text{Нерединое}}$ составляет 1.7 ± 0.5). Минимальная величина европиевой аномалии равна 0.6, максимальная ~ 1.0 . Спектры распределения нормированных на хондрит [9] содержаний РЗЭ в песчаниках и глинистых сланцах айской свиты приведены на рис. 5. Следует отметить, что только в 2 образцах из исследованных нами 21, величина La_N/Yb_N составляет ~ 3.0 . Еще для 3 образцов она варьирует около 6.0, тогда как в остальных составляет 8–9 и более.

Все сказанное выше дает наиболее общее и наиболее полное на сегодня представление об особенностях химического состава фоновых терригенных пород айской свиты Башкирского мегантиклинория.

Авторы искренне признательны Н.В. Чередниченко, Д.В. Киселевой, Н.Н. Адамович, О.А. Березиковой и Л.К. Дерюгиной за определение содержаний элементов-примесей в терригенных породах айской свиты.

Исследования выполнены при финансовой поддержке проекта УрО РАН 12-С-5-1002.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маслов А.В. "Сверхмелководные" осадочные комплексы в разрезах рифея Южного Урала // Литология и полез. ископаемые. 1989. № 2. С. 28–42.
2. Маслов А.В. Рифейские бассейны седиментации западного склона Южного Урала (фации, основные черты развития). Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1993. 339 с. (Рукопись депонирована в ВИНТИ; № 565-В93).
3. Маслов А.В., Крупенин М.Т. Разрезы рифея Башкирского мегантиклинория (западный склон Южного Урала). Свердловск: ИГГ УрО АН СССР, 1991. 172 с.
4. Маслов А.В., Ронкин Ю.Л., Крупенин М.Т. и др. Нижнерифейские тонкозернистые алюмосилико-кластические осадочные образования Башкирского мегантиклинория на Южном Урале: состав и эволюция источников сноса // Геохимия. 2004. № 6. С. 648–669.
5. Парначев В.П., Швецов П.Н. О некоторых типах слоистых текстур осадочных пород айской свиты и их генетической интерпретации // Ежегодник-1986. Свердловск: ИГГ УНЦ АН СССР, 1987. С. 30–32.
6. Парначев В.П., Швецов П.Н. Новые данные о строении айской свиты стратотипа рифея (Южный Урал) // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1991. № 4. С. 131–136.
7. Парначев В.П., Швецов П.Н., Крупенин М.Т. Структура и условия седиментации отложений нижнего рифея Тараташского антиклинория на Южном Урале. Свердловск: УрО АН СССР, 1990. 71 с.
8. Стратиграфические схемы Урала (докембрий, палеозой). Екатеринбург: Роскомнедра, ИГГ УрО РАН, 1993. 151 л.
9. Тейлор С.Р., МакЛеннан С.М. Континентальная кора: ее состав и эволюция. М.: Мир, 1988. 384 с.
10. Herron M. M. Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data // J. Sed. Petrol. 1988. V. 58. P. 820–829.
11. Rudnik R.L., Gao S. Composition of the Continental Crust // Treatise on Geochemistry. 2003. V. 3. P. 1–64.