

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИМИТИВНЫХ ПАЛЕОПОЧВ В РАЗРЕЗЕ СРЕДНЕЙ ЧАСТИ БЕДЕРЫШИНСКОЙ ПОДСВИТЫ ЗИЛЬМЕРДАКСКОЙ СВИТЫ ВЕРХНЕГО РИФЕЯ (ОКРЕСТНОСТИ Г. МИНЬЯР)

© 2013 г. А. В. Маслов, Д. В. Гражданкин*

В 2011 г. нами детально исследованы фрагменты разреза средней части бедерышинской подсвиты зильмердакской свиты верхнего рифея на южной окраине г. Миньяра (рис. 1) [1]. Здесь в красноцветной пачке, имеющей мощность до 1.7–2.0 м, описано несколько профилей почвенных палеопочв (мощность их варьирует от 53 до 17–23 см), каждый из которых начинается с пестро- или зеленоцветных алевропесчаников с тонкой параллельной, косоволнистой и флазерной слоистостью (неизменные или слабо измененные процессами выветривания породы), надстраивается красновато-коричневыми алевролитами или алевропесчаниками с вертикальными и косоориентированными к реликтовым элементам слоистости педогенными трещинами. В данном интервале иногда можно видеть крупные (до 3–5 см в поперечнике) псевдоморфозы по кристаллам галита и разнообразные трещины усыхания. Выше наблюдаются алевролиты с прослоями и пятнами оглеения и алевролиты с карбонатными стяжениями/журавчиками и педогенными трещинами. В двух верхних интервалах породы бестектурные.

Анализ химического состава пород различных интервалов указанных профилей позволил сделать вывод о невысоком “экзогенном потенциале среды” во время формирования палеопочвенных профилей, что с достаточной очевидностью следует как из особенностей изменения в пределах каждого профиля содержаний TiO_2 , значений SiO_2/TiO_2 , Al_2O_3/TiO_2 , MgO/TiO_2 , CaO/TiO_2 , K_2O/TiO_2 и индексов Г. Реталляка [4], так и из положения фигуративных точек составов образцов палеопочв на диаграммах $Fe_2O_3-Al_2O_3-(CaO+MgO+K_2O+Na_2O)$ [2] и $(Al_2O_3+K_2O+Na_2O)-SiO_2$ [6], где они локализованы в областях значений, характерных для континентальных красноцветных образований аридного климата. Было также высказано предположение, что наблюдаемые вариации валового химического состава слагающих палеопочвенные профили образований контролируются процессами педогенеза, однако последние были достаточно слабыми, так как не способствовали к формированию однотипного распределения основных породообразующих компонентов [1].

В настоящем сообщении приведены результаты исследования особенностей распределения в указанных образованиях ряда элементов-примесей, в том числе редкоземельных (РЗЭ), и новые данные о поведении породообразующих оксидов. Содержания элементов-примесей в образцах примитивных палеопочв (табл. 1, 2) определены методом ICP-MS в лаборатории ФХМИ ИГГ УрО РАН.

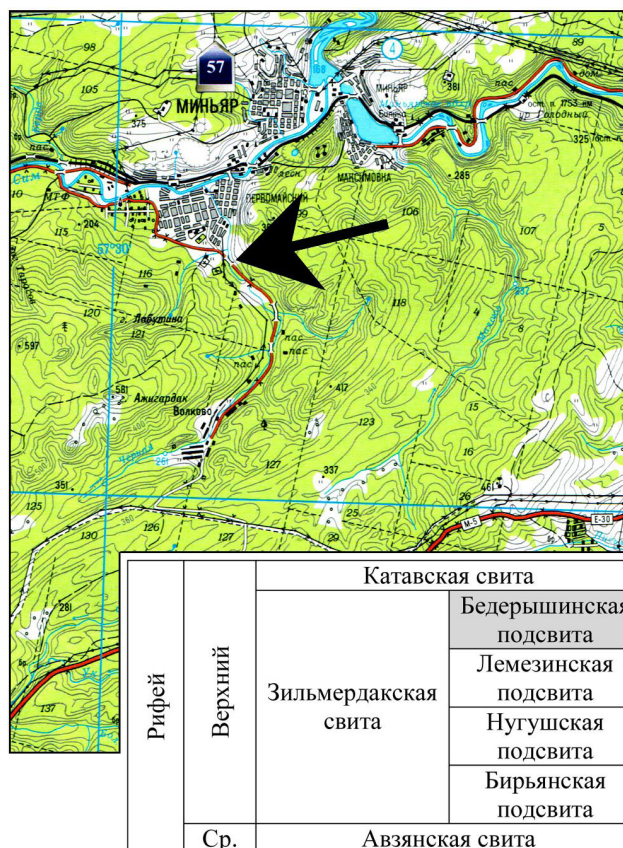


Рис. 1. Положение исследованного фрагмента разреза средней части бедерышинской подсвиты зильмердакской свиты верхнего рифея на южной окраине г. Миньяр и положение указанного литостратиграфического подразделения в сводном разрезе среднего и верхнего рифея Башкирского мегантиклинория.

Ср. – средний рифей.

* Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука, Новосибирск

Таблица 1. Содержания ряда элементов-примесей (г/т) в пробах примитивных палеопочв, отобранных в средней части разреза бедерышинской подсвиты зильмердакской свиты

Компоненты	1-0	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	2-0	2-1	2-2
Li	50.22	49.23	50.17	50.56	45.83	59.16	60.09	45.27	47.08	51.06
Cr	78.03	75.89	74.35	96.26	76.76	100.09	89.19	103.24	83.67	85.32
Rb	165.59	177.96	179.46	179.37	139.39	150.20	162.11	170.63	162.11	185.46
Sr	56.38	57.84	58.06	54.12	67.93	64.79	64.05	59.66	56.30	53.08
Cs	8.16	8.26	8.35	8.63	6.67	7.57	8.36	7.81	7.42	9.10
Ba	493.34	426.07	509.31	538.17	382.48	360.65	370.41	432.50	447.61	531.35
Компоненты	2-3	3-0	3-1	3-2	4-0	4-1	4-2	5-0	5-1	5-2
Li	44.31	43.85	49.13	46.38	46.66	48.68	50.66	47.10	47.21	43.28
Cr	79.17	85.10	96.82	113.66	89.47	109.00	126.42	94.43	96.23	85.65
Rb	148.48	167.47	139.19	169.03	176.44	181.32	165.71	152.70	171.61	147.00
Sr	68.95	70.22	62.43	64.36	58.71	65.38	62.76	62.76	59.39	72.51
Cs	6.36	7.39	7.63	7.48	8.34	8.33	7.86	7.37	8.20	6.47
Ba	724.70	708.52	537.84	466.04	492.22	523.86	584.51	500.60	547.88	658.44

Таблица 2. Содержания РЗЭ (г/т) в пробах примитивных палеопочв, отобранных в средней части разреза бедерышинской подсвиты зильмердакской свиты, и значения ряда индикаторных их отношений

Компоненты/ отношения	1-0	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	2-0	2-1	2-2
La	33.36	36.60	37.26	33.94	29.13	29.18	32.33	37.44	32.44	38.56
Ce	69.43	76.35	75.53	67.28	62.92	63.86	71.34	81.98	68.32	77.10
Pr	8.05	8.95	8.53	7.73	7.39	7.61	8.35	9.80	7.94	8.54
Nd	29.27	32.86	31.15	27.94	26.98	27.34	31.96	36.65	29.88	30.59
Sm	5.89	6.56	6.23	5.67	5.48	5.39	6.12	6.96	5.93	6.06
Eu	1.20	1.40	1.32	1.17	1.14	1.14	1.21	1.38	1.20	1.30
Gd	5.29	5.76	5.51	5.28	4.81	4.70	4.99	6.11	5.16	5.74
Tb	0.73	0.81	0.78	0.71	0.72	0.65	0.68	0.79	0.72	0.80
Dy	4.49	4.94	4.60	4.24	4.48	4.22	4.10	4.71	4.38	4.87
Ho	0.88	0.97	0.93	0.87	0.93	0.85	0.83	0.97	0.89	0.96
Er	2.72	3.07	2.78	2.55	2.72	2.62	2.56	2.92	2.68	2.98
Tm	0.41	0.45	0.41	0.39	0.41	0.38	0.35	0.43	0.41	0.42
Yb	2.72	2.92	2.75	2.57	2.76	2.56	2.41	2.86	2.64	2.93
Lu	0.41	0.45	0.43	0.39	0.42	0.37	0.35	0.44	0.38	0.42
La _N /Yb _N	8.27	8.46	9.14	8.92	7.14	7.70	9.06	8.85	8.31	8.90
La _N /Sm _N	3.56	3.51	3.77	3.77	3.35	3.41	3.32	3.39	3.44	4.01
Gd _N /Yb _N	1.57	1.60	1.62	1.66	1.41	1.49	1.68	1.73	1.59	1.59
Eu/Eu*	0.66	0.70	0.69	0.66	0.68	0.69	0.67	0.64	0.66	0.68
Компоненты/ отношения	2-3	3-0	3-1	3-2	4-0	4-1	4-2	5-0	5-1	5-2
La	28.95	35.78	30.33	34.60	36.80	39.30	34.04	34.62	35.13	30.20
Ce	60.04	78.73	64.64	69.92	77.43	82.91	70.55	77.05	75.68	68.19
Pr	6.95	9.30	7.50	7.67	9.17	9.54	7.71	8.97	8.96	8.07
Nd	25.21	33.55	27.30	27.62	33.49	34.16	27.57	32.83	32.81	29.37
Sm	5.05	6.32	5.26	5.50	6.38	6.53	5.61	6.32	6.18	5.43
Eu	1.10	1.30	1.06	1.15	1.23	1.29	1.24	1.24	1.25	1.12
Gd	4.43	5.29	4.67	5.05	5.34	5.80	5.55	5.63	5.49	4.78
Tb	0.67	0.73	0.63	0.71	0.70	0.74	0.81	0.73	0.72	0.63
Dy	4.14	4.27	3.97	4.41	4.11	4.39	5.20	4.45	4.41	3.70
Ho	0.85	0.89	0.78	0.89	0.82	0.90	1.10	0.90	0.91	0.75
Er	2.54	2.76	2.43	2.70	2.42	2.79	3.34	2.76	2.85	2.26
Tm	0.38	0.39	0.37	0.39	0.35	0.40	0.49	0.41	0.41	0.34
Yb	2.63	2.64	2.40	2.68	2.42	2.70	3.23	2.60	2.73	2.22
Lu	0.39	0.40	0.36	0.41	0.37	0.40	0.50	0.40	0.42	0.34
La _N /Yb _N	7.44	9.15	8.53	8.72	10.28	9.82	7.13	9.01	8.68	9.21
La _N /Sm _N	3.61	3.56	3.63	3.96	3.63	3.79	3.82	3.45	3.58	3.50
Gd _N /Yb _N	1.37	1.62	1.57	1.53	1.79	1.74	1.39	1.76	1.63	1.75
Eu/Eu*	0.71	0.69	0.65	0.67	0.65	0.64	0.68	0.64	0.65	0.67

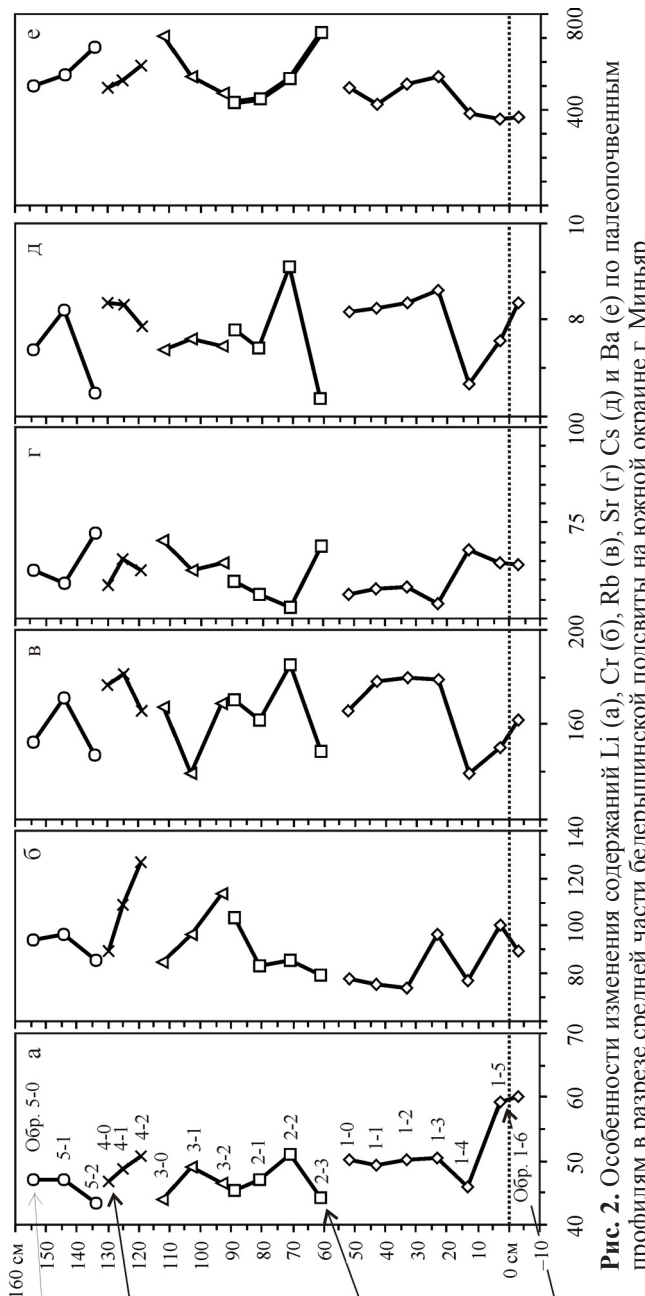


Рис. 2. Особенности изменения содержания Li (а), Cs (б), Sr (в), Rb (г) и Ba (е) по палеопочвенным профилям в разрезе средней части бедерышинской подсытки на южной окраине г. Миньяр.

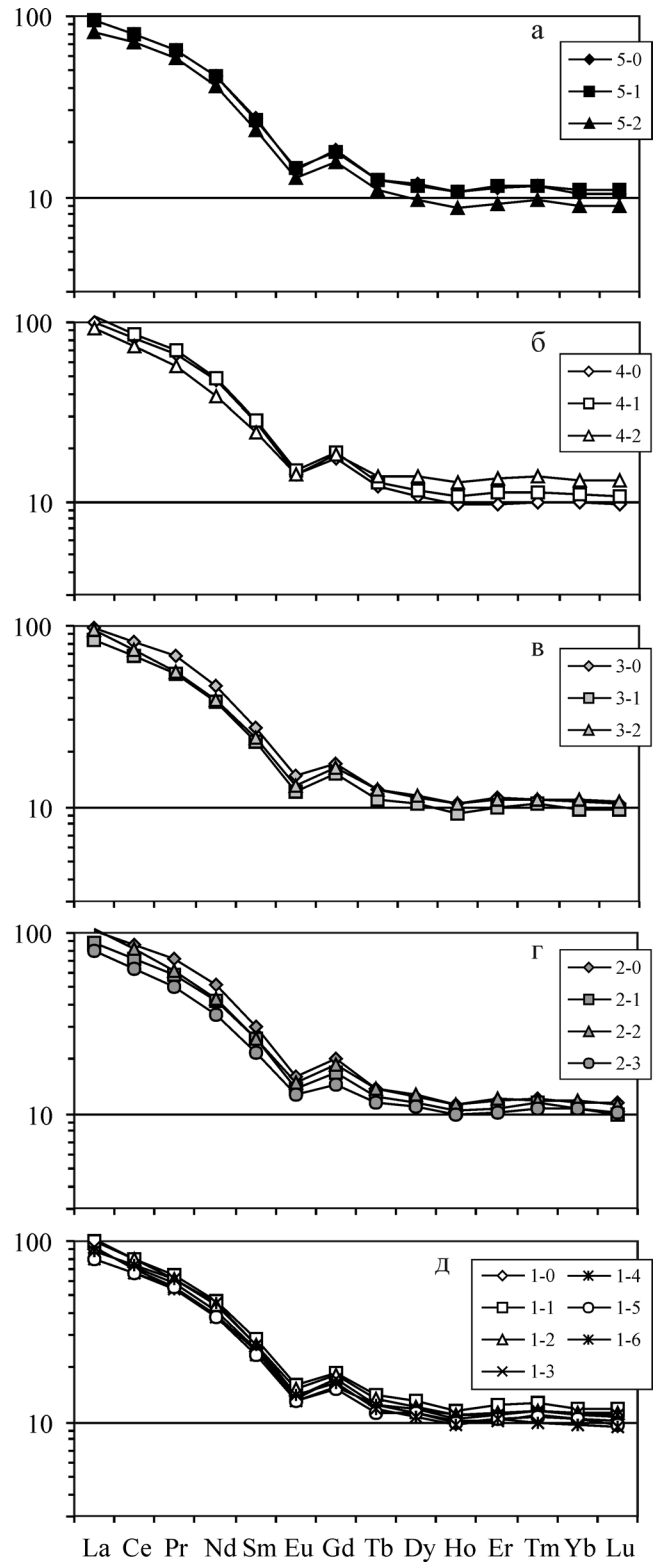
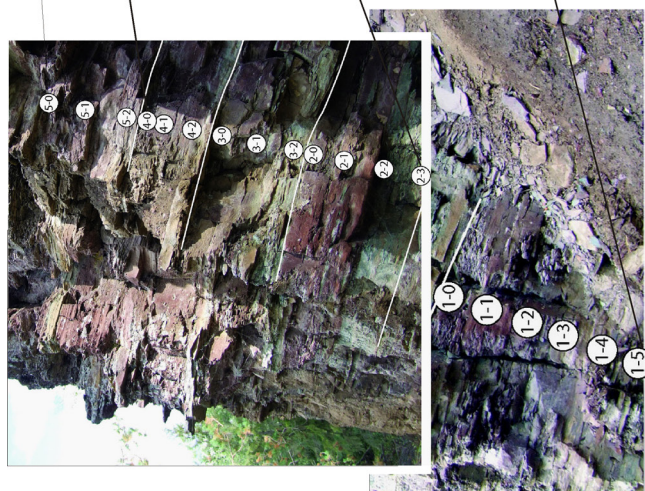


Рис. 3. Спектры распределения нормированных на хондрит содержаний РЗЭ по палеопочвенным профилям в разрезе средней части бедерышинской подсытки на южной окраине г. Миньяр.

а – профиль 5, б – профиль 4, в – профиль 3, г – профиль 2, д – профиль 1.

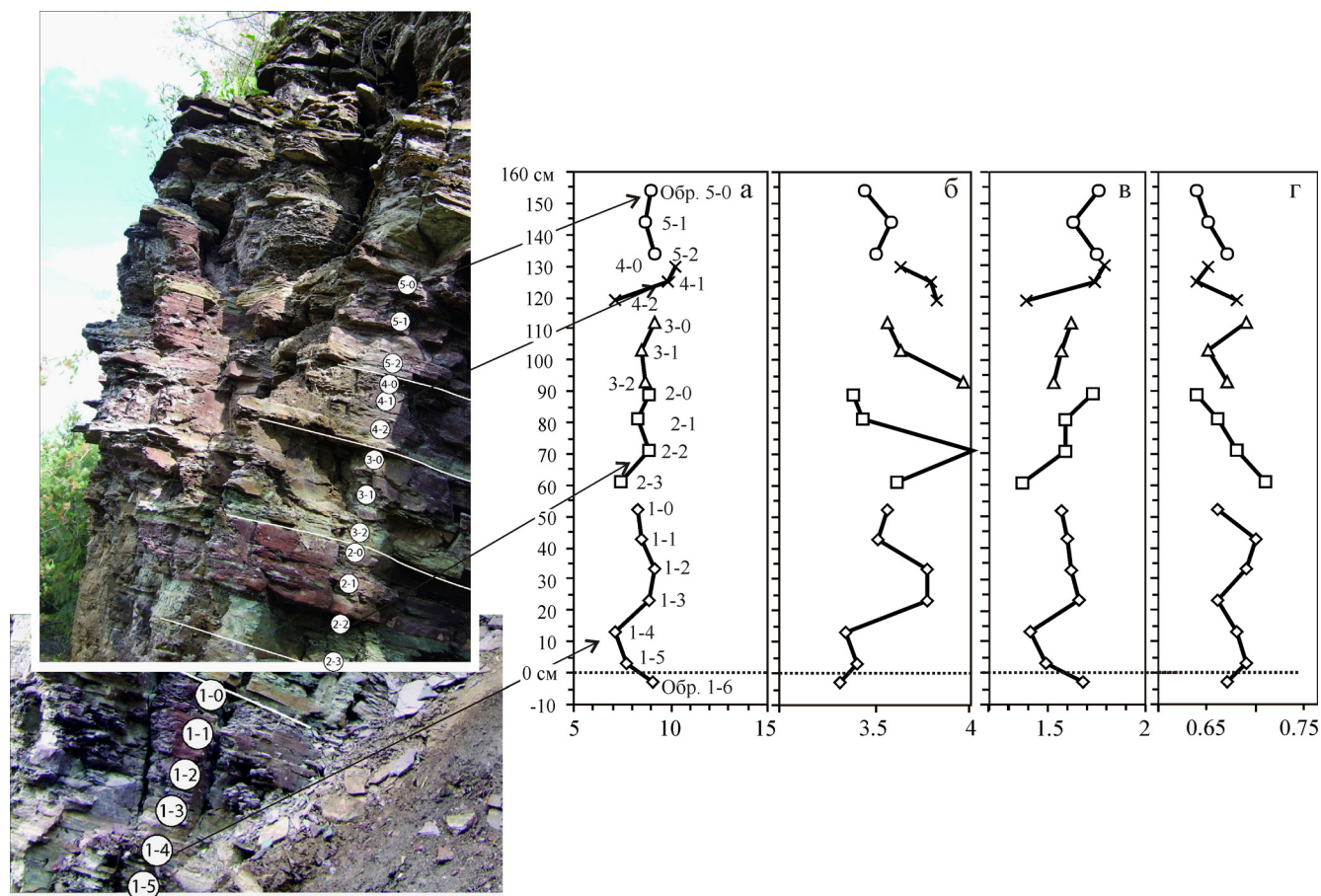


Рис. 4. Особенности изменения значений La_N/Yb_N (а), La_N/Sm_N (б), Gd_N/Yb_N (в) и Eu/Eu^* (г) по палеопочвенным профилям в разрезе средней части бедерышинской подсвиты на южной окраине г. Миньяр.

Особенности распределения ряда элементов-примесей. Содержания Li в профилях 1, 2, 3 и 4 снизу вверх несколько снижаются. Так, например, в неизменном процессами педогенеза образце алевропесчаников 1-6 содержание Li составляет ~60 г/т, а в обр. 1-0, представляющем самую верхнюю часть палеопочвенного профиля 1, эта величина равна 50 г/т (рис. 2а). Содержание Li в нижней части профиля 4 составляет ~51 г/т, тогда как в 11 см выше – 47 г/т. В то же время для профиля 5, напротив, отмечен рост содержания лития снизу вверх. Вариации содержаний Sr в исследованных нами палеопочвенных профилях разнонаправлены (см. рис. 2б). Так, для профилей 1 и 2 характерен рост содержаний Sr снизу вверх, для профилей 3 и 4 свойственно отчетливое снижение концентраций хрома вверх по разрезу, тогда как для профиля 5 существенных изменений содержания Sr не отмечено. Это же свойственно Rb (см. рис. 2в); однако тренды изменения содержаний указанного элемента в палеопочвенных профилях иные, нежели для Sr. Sr в одних случаях ведет себя симбатно Rb (профили 3 и 4, см. рис. 2г), в других – практически зеркально. Разнонаправленное изменение содержаний в пределах профилей присуще также Cs и Ba (см. рис. 2д, е).

РЗЭ-систематика. Нормированные на хондрит [3] спектры РЗЭ достаточно однотипны (рис. 3). Средняя величина La_N/Yb_N для 20 проанализированных образцов составляет 8.64 ± 0.81 (минимум – 7.13, максимум – 10.28). Параметр La_N/Sm_N равен 3.60 ± 0.20 , деплетирование ТРЗЭ отсутствует ($Gd_N/Yb_N = 1.60 \pm 0.12$). Европиевая аномалия отрицательная ($Eu/Eu^*_{\text{среднее}} = 0.67 \pm 0.02$, минимум – 0.64, максимум – 0.71).

Для палеопочвенных профилей 1, 2, 3 и 5 каких-либо существенных изменений величины La_N/Yb_N снизу вверх не отмечается (рис. 4а). Для профиля 4 характерно заметное увеличение данного параметра – в образце 4-2 (низ профиля) значение La_N/Yb_N составляет 7.13, а в образце 4-0 (верх профиля) – 10.28. Параметр La_N/Sm_N , напротив, снизу вверх по профилям 2–5 демонстрирует тенденцию к снижению (см. рис. 4б). Величина Gd_N/Yb_N в профилях 1 и 5 существенно не меняется, а в профилях 2–4 – несколько растет снизу вверх (см. рис. 4в). Европиевая аномалия в профилях 2, 4 и 5 снизу вверх по разрезу несколько снижается, в профиле 3 – немного растет, а в профиле 1 – демонстрирует наличие двух максимумов и трех минимумов; в последнем случае величина Eu/Eu^* в относительно неиз-

менном образце 1-6, отобранном ниже палеопочвенного профиля, примерно равна ее значению в образце 1-0, представляющим верхнюю часть указанного профиля (см. рис. 4г).

Мы рассмотрели также особенности изменения значений $(X/Zr)_{\text{образец}}/(X/Zr)_{\text{эталон}}$ по палеопочвенному профилю 1 (рис. 5). При этом за эталон были приняты содержания основных породообразующих оксидов и Zr в относительно неизменном педогенными процессами образце 1-6, отобранном в 3-х сантиметрах ниже подошвы названного профиля. Ранее подобный прием был использован в работе [5] при рассмотрении процессов педогенеза, следы влияния которых на породы кембрийского возраста, зафиксированы в южной части Израиля и ряде других районов Северной Африки и Аравии. Профили выветривания представлены здесь тремя горизонтами, нижний из которых – это невыветрелые граниты (saprock), средний – собственно кора выветривания (saprolite), а верхний – маломощная глинистая “зона плазмы” (thin clayey plasmic zone). Последняя обогащена Fe и Al при деплетировании Si, Ca, Mg и K относительно сапролита.

В нашем случае нижняя треть палеопочвенного профиля 1 (образцы 1-5, 1-4) деплетирована Si, Al, P, Fe, K и Na. В средней части профиля (образцы 1-3, 1-2) наблюдается существенное обогащение слагающих его образований Fe, а содержания остальных элементов в той или иной мере “возвращаются” к тем, что характерны для образца 1-5. Для верхней трети рассматриваемого профиля вновь наблюдается деплетирование Si, Al, P, Fe, K и Na.

Приведенные данные подтверждают сделанный ранее вывод [1] о невысоком “экзогенном потенциале среды” во время формирования палеопочвенных профилей, наблюдаемые же вариации валового химического состава слагающих их образований контролируются процессами педогенеза, однако последние были достаточно слабыми.

Авторы признательны Д.В. Киселевой, Н.Н. Адамович, Н.В. Чередниченко, О.А. Березиковой и Л.К. Дерюгиной (лаборатория ФХМИ ИГТ УрО РАН) за выполнение аналитических работ.

Исследования проведены при финансовой поддержке проекта УрО РАН 12-П-5-1004 “Наземные экосистемы позднего докембрия: процессы выветривания, примитивные палеопочвы и связанные с ними ископаемые организмы”, являющегося составной частью исследований по Программе

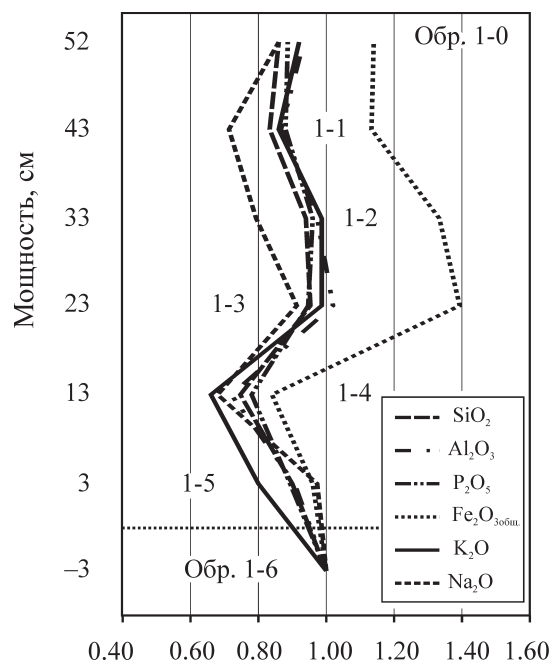


Рис. 5. Особенности изменения значений $(X/Zr)_{\text{образец}}/(X/Zr)_{\text{эталон}}$ по палеопочвенному профилю 1 в разрезе средней части бедерышинской подсытки на южной окраине г. Миньяр.

Президиума РАН № 28 “Проблемы происхождения жизни и становления биосферы”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гражданкин Д.В., Маслов А.В. Литохимические особенности примитивных палеопочв в разрезе средней части бедерышинской подсытки зильмердакской свиты верхнего рифея на южной окраине г. Миньяр // Ежегодник-2011. Тр. Ин-та геол. им. акад. А.Н. Заварицкого. Вып. 159. 2012. С. 77–84.
2. Ерофеев В.С., Цеховский Ю.Г. Парагенетические ассоциации континентальных отложений (Семейство аридных парагенезов. Эволюционная периодичность). М.: Наука, 1983. 192 с.
3. Тейлор С.Р., МакЛеннан С.М. Континентальная кора: ее состав и эволюция. М.: Мир, 1988. 384 с.
4. Retallack G.J. Soils of the past: an introduction to paleopedology. Blackwell Science, 2001. 404 p.
5. Sandler A., Teutsch N., Avigad D. Sub-Cambrian pedogenesis recorded in weathering profiles of the Arabian-Nubian Shield // Sedimentology. 2012. V. 59. P. 1305–1320.
6. Suttner L.J., Dutta P.K. Alluvial sandstone composition and paleoclimate, I. Framework mineralogy // J. Sed. Petrology. 1986. V. 56. P. 329–345.