

## НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МАЛЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВЕРХНЕПАЛЕОЗОЙСКИХ КРАСНОЦВЕТНЫХ ФОРМАЦИЯХ ВОСТОКА УРАЛА

Г. А. Мизенс

В пределах современных восточных зон Урала имеется несколько разрезов красноцветных терригенных комплексов (рис. 1), формирование которых связано с орогенным этапом развития горной системы. Возраст этих образований, чаще всего точно не установлен, поскольку непосредственно перекрывающие отложения отсутствуют. Только разрез, обнажающийся по р. Багаряк, содержит морские органические остатки, позволяющие отнести его к московскому ярусу [7]. Другие толщи, рассматриваемые в данной статье (р. Арчаглы-Аят ниже д. Маслаковцы, р. Миасс ниже с. Большое Баландино, р. Реж у с. Корелы), предположительно образовались в позднем карбоне, или даже в ранней перми [1, 6, 7]. Точка зрения Г.А. Смирнова [5] о визейском возрасте красноцветов по р. Миасс мало правдоподобна. Она основана на наличие контакта красноцветных песчаников с визейскими известняками, который, однако, является тектоническим [4]. Следует отметить также, что наряду с красноцветной толщей (Миасс-1) на р. Миасс ниже с. Бол. Баландино обнажаются сходные по составу и строению сероцветные образования, которые здесь тоже рассматриваются (под названием Миасс-2).

Названные толщи формировались в межгорных бассейнах и, за исключением мелководно-морских отложений района р. Багаряк, представляют собой фации пролювиальных конусов выноса. По петрографическому составу все они различны. Песчаники в разрезе по р. Арчаглы-Аят сложены кварцевыми и полевошпат-кварцевыми граувакками с разнообразным составом обломков пород. На р. Миасс обнажаются аркозы и кварцевые аркозы с многочисленными обломками плагиигранитов, на р. Багаряк – кварцевые граувакки, на р. Реж – полевошпатовые и собственно граувакки, в составе которых много зерен основных вулканитов и кремней. Соответственно, они различаются и по геохимии, в том числе, по характеру поведения малых элементов (табл. 1), концентрация которых в большинстве случаев близко к кларковой в граувакках [2]. Лишь некоторые элементы содержатся в количестве существенно (в несколько раз) меньше кларка (W, Zr, Cu, Sr) или больше его (Mo, Cr, Ni, Th, Ta, Cs), хотя и не во всех разрезах. Так, концентрация хрома превышает кларковую (50 г/т) от 2 до 8 раз. Особенно много его в некоторых образцах из разрезов по рр. Реж и Миасс (250–400 г/т), что даже выше кларка в базитах (180 г/т).

В первую очередь обращает на себя внимание общая тенденция в распределении указанных элементов (рис. 2). Так, наиболее низкая концентрация Sc, Ti, V, Zn, Ga, Rb, Ag, Y, Zr, Nb, Sb, Cs, Ba,

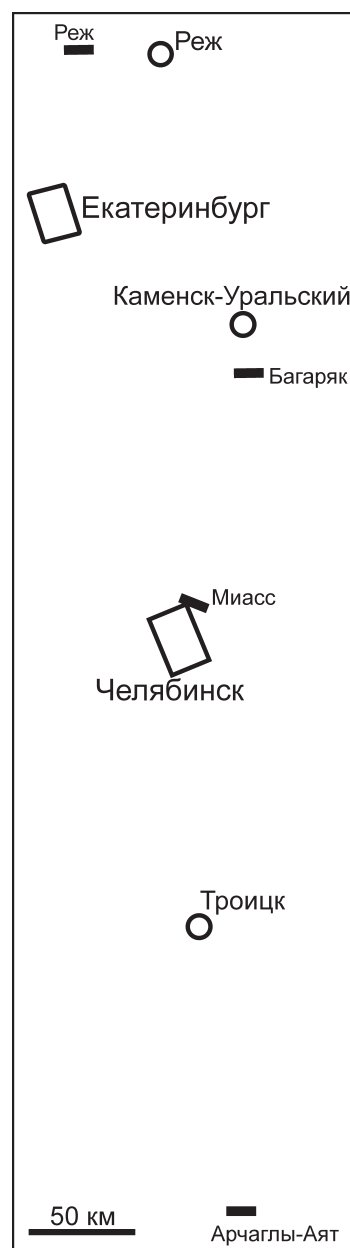


Рис. 1. Схема расположения изученных разрезов, обозначенных закрашенными прямоугольниками.

Таблица 1. Концентрация (г/т) малых элементов в красноцветных толщах

	р. Арчаглы-Аят				р. Реж		р. Миасс-1			р. Миасс-2			р. Багаряк		
Sc	7.89	12.06	16.39	15.62	10.75	9.78	10.05	35.29	41.45	23.43	22.20	29.75	14.17	22.24	20.43
Ti	1227.4	2737.2	3708.8	3714.8	1472.27	1013.8	2857.6	4672.0	6908.6	5439.5	4729.3	4643.9	3199.0	3360.1	3538.9
V	61.06	91.04	105.57	100.06	43.12	30.18	29.77	316.08	1231.5	152.29	158.88	126.77	112.51	154.0	152.18
Cr	90.58	100.95	136.89	136.19	336.06	246.35	2.32	308.32	397.69	155.63	134.40	263.07	126.96	182.11	155.01
Mn	173.32	496.34	523.96	476.98	373.58	288.56	417.12	453.12	800.28	250.02	152.82	881.04	566.06	446.27	444.71
Co	7.78	9.95	14.129	14.30	19.07	18.18	7.87	38.79	51.26	17.69	8.18	43.26	18.02	29.16	24.08
Ni	22.506	11.019	17.648	17.527	137.67	141.61	65.23	227.90	252.18	82.79	51.34	461.89	112.53	229.57	149.58
Cu	6.48	10.69	18.86	18.42	5.60	1.64	3.92	8.10	1443.7	11.04	26.30	8.97	15.94	80.88	22.34
Zn	19.63	42.80	55.54	56.06	20.97	15.12	131.02	98.73	110.26	102.19	73.34	56.01	73.97	112.26	89.20
Ga	3.51	14.91	14.91	15.46	3.47	2.86	29.79	20.56	23.96	25.68	28.56	16.11	14.05	16.34	17.82
Rb	33.52	62.49	84.26	84.92	4.71	5.21	143.60	79.00	76.49	121.35	160.0	22.72	72.39	78.500	106.14
Sr	1592.50	198.83	211.38	211.29	34.69	55.38	25.93	33.80	21.73	110.63	120.22	98.64	75.91	54.26	63.55
Y	12.87	16.70	21.92	22.60	6.42	4.33	38.57	18.97	6.78	14.53	10.88	13.99	15.08	16.37	15.49
Zr	31.30	79.69	107.52	107.86	19.01	10.47	377.49	68.22	64.24	147.46	137.61	56.08	102.86	121.68	110.24
Nb	3.27	6.47	9.99	10.21	0.92	0.44	20.06	8.95	8.25	16.58	15.65	9.15	8.11	6.53	9.18
Mo	1.28	0.87	0.57	0.56	0.25	0.72	0.26	0.11	0.29	0.22	0.56	0.16	0.83	0.63	0.96
Cd	0.43	0.33	0.45	0.45	0.05	0.05	0.02	0.05	0.01	0.03	0.08	0.02	0.06	0.10	0.05
Sb	0.23	0.57	0.58	0.59	0.11	0.08	0.78	7.48	6.38	0.57	0.86	4.64	1.09	1.30	1.40
Cs	1.08	2.33	3.99	3.93	0.19	0.17	10.97	12.79	11.35	10.73	24.02	12.29	3.91	4.45	6.41
Ba	68.39	516.95	463.96	464.48	63.85	56.06	609.34	389.09	348.64	487.52	450.17	100.70	223.53	139.43	215.19
La	7.404	17.28	19.74	19.74	2.60	1.28	66.59	23.71	13.08	28.82	18.05	13.14	19.81	14.72	20.39
Ce	15.46	34.41	42.07	41.99	5.88	2.75	106.89	52.09	31.53	60.25	38.38	25.93	40.85	31.32	41.60
Pr	1.75	3.55	4.96	4.95	0.80	0.38	13.01	6.34	3.86	7.30	4.28	3.02	4.94	3.78	4.83
Nd	6.41	13.26	18.20	18.22	3.53	1.81	45.44	26.97	15.71	28.86	16.34	12.30	19.48	15.60	18.77
Sm	1.43	2.99	4.27	4.20	0.98	0.55	6.80	5.83	3.17	5.49	3.19	2.57	3.90	3.25	3.79
Eu	0.28	1.15	1.20	1.20	0.28	0.19	0.78	1.68	0.56	1.15	0.67	0.86	0.91	0.79	0.88
Gd	1.37	2.67	4.08	4.02	0.90	0.52	4.62	4.77	2.23	4.09	2.27	2.54	3.26	2.90	3.12
Tb	0.22	0.43	0.60	0.59	0.16	0.10	0.80	0.65	0.28	0.54	0.35	0.40	0.48	0.45	0.49
Dy	1.36	2.64	3.50	3.51	1.11	0.68	6.04	3.94	1.49	3.17	2.26	2.64	3.00	3.10	3.18
Ho	0.28	0.52	0.71	0.70	0.25	0.15	1.51	0.78	0.29	0.61	0.46	0.55	0.61	0.64	0.66
Er	0.82	1.48	1.99	2.00	0.72	0.48	5.63	2.18	0.86	1.68	1.32	1.54	1.73	1.82	1.95
Tm	0.13	0.24	0.32	0.32	0.11	0.07	0.96	0.30	0.14	0.24	0.21	0.21	0.26	0.28	0.29
Yb	0.86	1.55	2.08	2.09	0.72	0.46	6.84	1.96	1.01	1.53	1.47	1.34	1.68	1.88	1.90
Lu	0.14	0.26	0.32	0.32	0.11	0.08	1.16	0.30	0.16	0.24	0.22	0.20	0.26	0.29	0.29
Hf	0.85	1.91	2.74	2.72	0.57	0.34	10.27	1.49	1.59	3.40	2.51	1.19	2.07	2.35	2.31
Ta	0.20	0.39	0.64	0.65	0.75	0.51	2.88	0.91	0.72	2.24	2.22	1.09	1.05	0.92	1.25
W	0.29	0.66	1.11	1.10	0.37	0.25	3.36	3.48	3.16	2.95	4.68	1.89	1.05	0.80	1.40
Tl	0.11	0.24	0.32	0.31	0.23	0.27	0.74	0.49	0.44	0.57	1.15	0.13	0.37	0.51	0.50
Pb	5.31	7.19	8.11	8.13	0.63	0.77	1.46	15.92	2.10	4.51	15.13	7.26	7.38	11.76	15.53
Bi	0.07	0.09	0.10	0.10	0.01	0.01	0.12	0.23	0.05	0.80	0.70	0.06	0.13	0.19	0.19
Th	2.23	4.19	7.13	7.14	0.52	0.27	19.63	4.88	5.26	14.01	17.15	3.54	6.54	5.57	8.19
U	3.39	1.20	1.77	1.76	0.08	0.05	9.90	1.86	1.66	5.38	8.35	0.98	2.10	2.38	2.64
ΣREE	37.91	82.44	104.03	103.88	18.16	9.51	267.06	131.50	74.37	143.98	89.45	67.25	101.18	80.82	102.14

Hf, W, Pb, Bi, Th, U, REE наблюдается в песчаниках и глинистых породах в разрезе у с. Корелы на р. Реж, что, вероятно, связано с присутствием многочисленных обломков силицитов. Такой трактовке не противоречит и относительно высокая концентрация Cr, Ni, Co, Mo. В то же время, высокое содержание почти всех перечисленных элементов, а также Ta, Tl, Cu, Mn характерно для песчаников из разрезов по р. Миасс, что, по-видимому, объясняется наличием большого количества продуктов размыва гранитоидов и отсутствием обломков осадочных пород. Высокая концентрация хрома, скорее всего, связана с присутствием обломков ультраосновных пород. Такой вывод подтверждает и значительная

концентрация никеля в этих же разрезах (рр. Реж и Миасс), а также по р. Багаряк. Она еще более высокая (110–460 г/т) по отношению к кларку в граувакках, составляющего 4 г/т и даже кларку в базитах (140 г/т). По всей видимости, материал ультрабазитов отсутствует только в разрезе по р. Арчаглы Аят (Cr – 90–136 г/т, Ni – 11–22 г/т). В этом разрезе типовыми элементами являются Cd, Mo, Sr, в меньшей степени Ba, Ga, Rb, Y, Mn, в то время как разрез по р. Багаряк характеризуется высоким содержанием Zn, Ni, Co, Mo и относительно высоким – Sc, Ti, V, Cr, Rb, Y, Ta, Tl.

Не совсем ясна причина сравнительно высокой концентрации молибдена в разрезах по

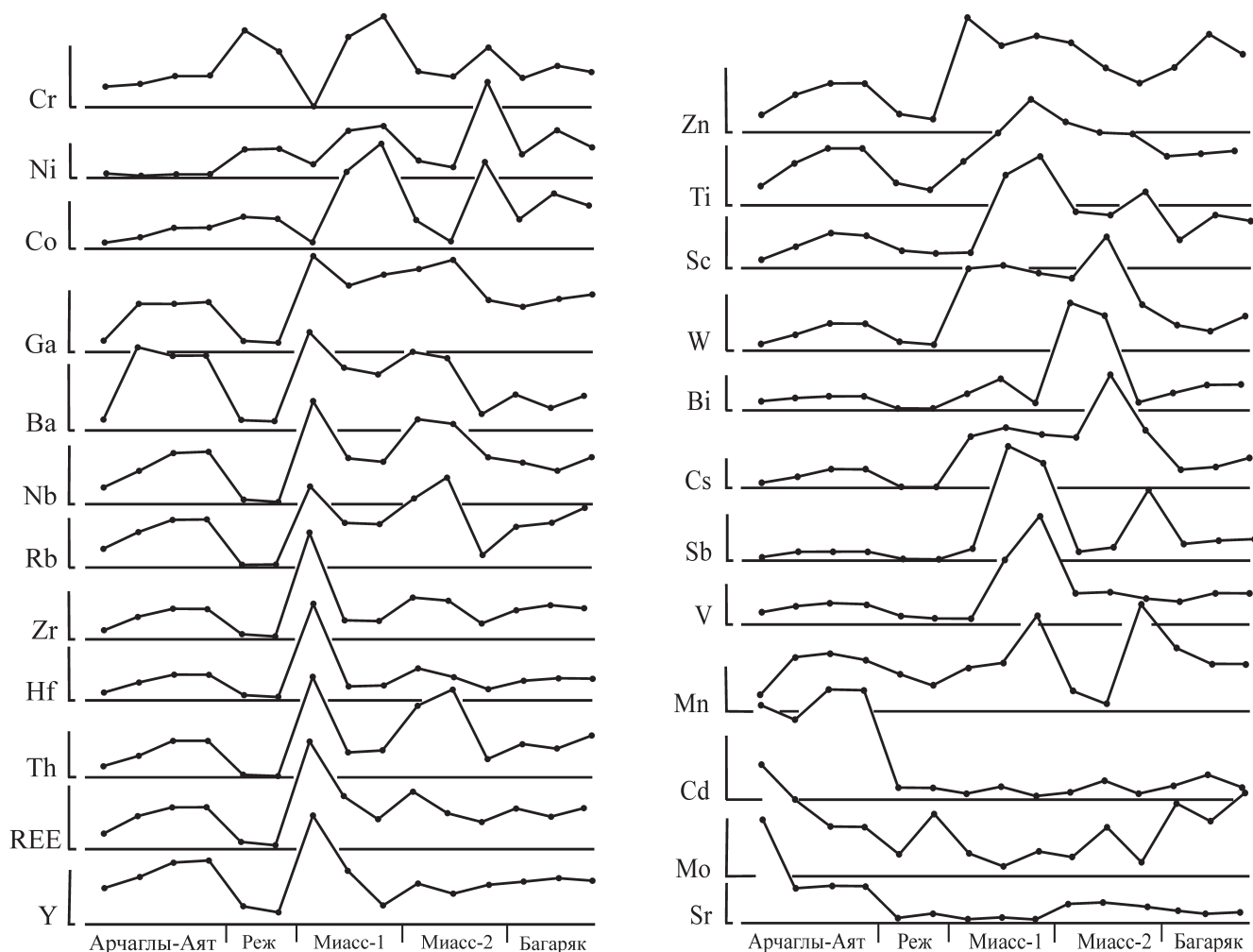


Рис. 2. Диаграммы распределения малых элементов по изученным разрезам.

рр. Арчаглы-Аят, Реж, Багаряк (0.6–1.2 г/т), и низкого (близкого к кларку в граувакках – 0.2 г/т) – по р. Миасс. Возможно, она обусловлена рудными минералами, например, магнетитом, или сульфидами. Последний вариант, вроде бы, подтверждает и своеобразное распределение кадмия, концентрация которого в разрезе по р. Арчаглы-Аят существенно выше (0.4–0.5 г/т), чем по другим разрезам (0.01–0.1 г/т) при кларке в граувакках 0.2 г/т.

Для всех изученных образцов характерно низкое содержание циркония, которое значительно ниже кларка в граувакках (450 г/т). В то же время концентрация скандия находится на уровне кларка (10 г/т) или выше него. Следовательно, отношения  $Zr/Sc$  очень низкие, как правило, ниже 8, что является надежным критерием отсутствия переотложения обломочного материала (см. [8, 10]). Можно предположить также, что в области сноса химическое выветривание играло незначительную роль. Отсутствие заметных следов такого выветривания показывает величина  $Th/U$  [8], которое здесь, как правило, меньше 4, то есть на уровне кристаллических пород верхней континентальной коры. Процесс вы-

ветривания, согласно С. Мак-Леннану, приводит к существенному росту этого отношения.

О степени химического выветривания материнских пород можно судить и по соотношениям  $Rb/Ti$  и  $Cs/Ti$ . Концентрация титана в условиях умеренного химического выветривания довольно хорошо сохраняется, в то время как  $Rb$  и  $Cs$  выщелачиваются и адсорбируются вторичными минералами, что в итоге приводит к увеличению их содержания в продуктах выветривания [9]. Следовательно, более высокие значения этих отношений могут свидетельствовать об активизации химического выветривания, при условии, что область сноса не меняется. В рассматриваемом случае (красноцветы востока Урала) на величину указанных отношений, прежде всего, очевидно повлияли различные материнские породы, так как изученные разрезы разобщены и вероятно имеют различный возраст. Тем не менее, можно предположить, что условия выветривания при формировании пород, слагающих разрезы по р. Миасс были изменчивыми (рис. 3), в отличие от других разрезов, где указанные отношения имеют устойчивые значения.

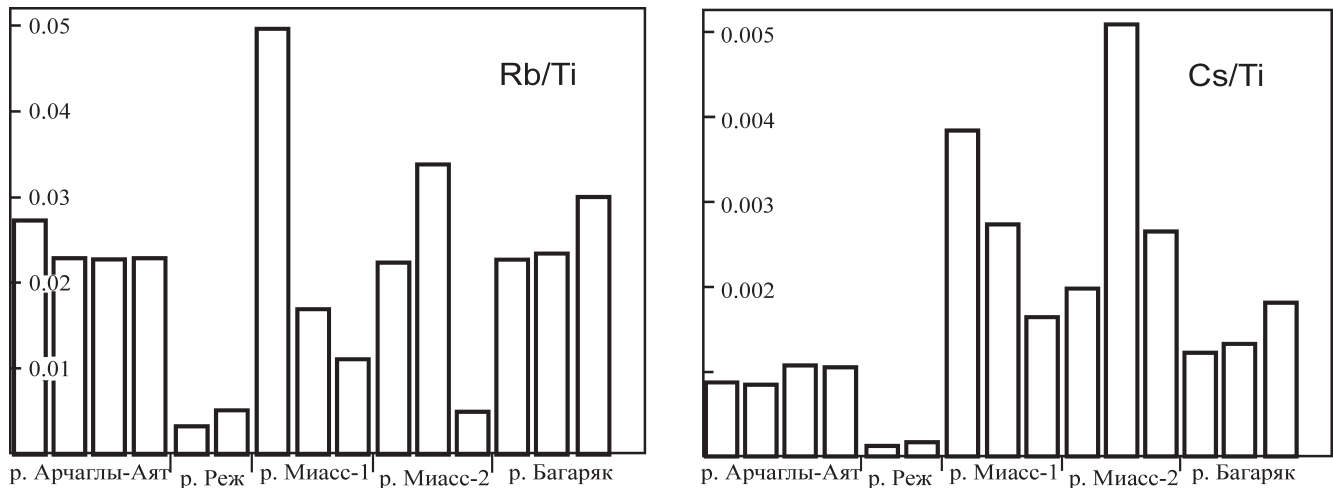


Рис. 3. Диаграммы распределения соотношений Rb/Ti и Cs/Ti.

Редкоземельные элементы по характеру распределения и уровню концентрации в общих чертах могут быть объединены в две группы. Песчаники и глинистые породы, слагающие разрез по р. Реж, отличаются очень низким содержанием упомянутых элементов (10–20 г/т) и низким отношением легкой фракции к тяжелой (2–3), в то время как для всех других разрезов, несмотря на различающиеся концентрации, характерно более или менее однотипное распределение с отношением легкой фракции к тяжелой до 10–12.

В целом, рассмотренные особенности распределения малых элементов в красноцветных толщах восточного склона Урала свидетельствуют об их формировании за счет двух разнотипных областей сноса. Песчаники и аргиллиты, слагающие разрез по р. Реж содержат материал внутренних зон Урала, другие разрезы, несмотря на имеющиеся различия, по-видимому, относятся к единой, но другой провинции, они образовались за счет размыва более восточных территорий (см. также [3, 4]).

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта УрО РАН (09-С-5-1013).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бежаев М.М. Флишевая и орогенная формации восточного склона Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1978. 207 с.
2. Интерпретация геохимических данных. М.: Интернет инжиниринг, 2001. 287 с.
3. Мизенс Г.А. Верхнекаменноугольные красноцветные отложения восточных зон Урала. Условия образования // Типы седиментогенеза и литогенеза и их эволюция в истории Земли: мат-лы 5 Всерос. литол. совещ. Т. II. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2008. С. 85–87.
4. Мизенс Г.А., Маслов А.В. Каличе в составе верхнепалеозойских континентальных отложений юга Урала и их значение для палеогеографических реконструкций // Докл. АН. 2008. Т. 421, №. 3. С. 371–374.
5. Смирнов Г.А. Материалы к палеогеографии Урала. Визейский ярус. Свердловск: изд-во УФАН СССР, 1957. 119 с.
6. Стратиграфические схемы Урала (докембрий, палеозой). Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, Уралгеолком, 1993.
7. Чувашиов Б.И., Иванова Р.М., Колчина А.Н. Верхний палеозой восточного склона Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1984. 230 с.
8. McLennan S.M., Hemming S., McDaniel D.K., Hanson G.N. Geochemical approaches to sedimentation, provenance and tectonics // Processes controlling the composition of clastic sediments. Geol. Soc. Amer. Spec. Paper 1993. V. 284. P. 21–40.
9. Peuraniemi V., Pulkkinen P. Preglacial weathering crust in Ostrobothnia, western Finland, with special reference to the Raudaskyla occurrence // Chem. Geol. 1993. V. 107. P. 313–316.
10. Vital H., Sattegger K. Major and trace elements of stream sediments from the lowermost Amazon River // Chem. Geol. V. 168. 2000. P. 151–168.