

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГЕОХИМИИ ИЗВЕСТНЯКОВ ПОГРАНИЧНОГО ИНТЕРВАЛА C_1/C_2 НА ВОСТОКЕ УРАЛА

© 2017 г. Г. А. Мизенс, С. А. Дуб, О. Ю. Мельничук

Предполагается [Мизенс и др., 2012; Пучков, 2000; Чувашов и др., 1984], что на протяжении позднего визе и серпуховского века на востоке современного Среднего и Южного Урала существовала единая область карбонатной седиментации, прослеживающаяся вдоль современного восточного склона Урала. По-видимому, это была единая карбонатная платформа, которая в башкирском веке начала распадаться.

Разрезы упомянутой платформы в восточных зонах Урала распространены широко. В том числе многократно описаны пограничные отложения нижнего/среднего карбона (серпуховского и баш-

кирского ярусов). Разрезы этого стратиграфического уровня известны по берегам и в бассейнах рек Нейва, Реж, Кунара, Исеть, Багаряк, Урал, Худолаз, Увелька, Б. Кизил и др. В то же время многие из них нарушены, разбиты разломами. Надежно обозначена граница серпуховского и башкирского ярусов только на некоторых из них. В целях выявления геохимических особенностей и, соответственно, уточнения характера бассейнов осадконакопления и собственно границы между нижним и средним карбоном было опробовано несколько разрезов на территории Южного и Среднего Урала. Среди них разрезы по рекам Худолаз, Исеть, Реж и частично Кунара (рис. 1).

Худолаз-1 (3098). Левый берег р. Худолаз у д. Чернышевка. Верхняя часть серпуховского яруса здесь сложена массивными биогермными известняками, а в основании башкирского – залегают глыбовые известняки, состоящие из фрагментов подстилающего биогерма и стриастиферового ракушняка. Глыбовый горизонт вверх по разрезу замещается темными слоистыми известняками [Кулагина и др., 2001; Степанова и др., 2013].

Худолаз-2 (3159). Склон оврага на левобережье р. Худолаз, в 2.5 км ниже д. Чернышевка. Верхняя часть серпуховского яруса здесь сложена в разной степени слоистыми известняками (чаще неотчетливо слоистыми). Встречаются редкие брахиоподы, обломки криноидей (иногда многочисленные). Вблизи кровли яруса среди органогенно-детритовых известняков с крупными брахиоподами залегают пласты строматолитовых разностей [Степанова, Кучева, 2006; Сапурин, Степанова, 2016]. В основании башкирского яруса развиты слоистые органогенно-детритовые известняки с многочисленными члениками криноидей.

Исеть (3162, 3185 + 14). Пограничный интервал серпуховского и башкирского ярусов вскрыт на правом берегу реки выше г. Каменск-Уральский, в карьере “Уралнеруд”, где опробован 2 раза. Верхняя часть серпуховского яруса в этом разрезе представлена слоистыми микрозернистыми известняками, чередующимися со строматолитовыми разностями и массовыми линзовидными скоплениями онколитов (местами с мелкими гониатитами) на пластовых поверхностях. Выше этой толщи залегают массивные плохо сортированные известняковые брекчии



Рис. 1. Местоположение изученных разрезов на востоке Южного и Среднего Урала.

ключевой свиты, содержащие обломки подстилающих известняков. Отложения этой свиты уже относятся к башкирскому ярусу [Мизенс и др., 2012; Степанова и др., 2001; Чувашов и др., 2002]. В восточной стенке карьера граница между слоистыми и обломочными известняками относительно ровная, в то время как в южном борту наблюдаются признаки размыва.

Реж (3176). Представительный разрез пограничного интервала обнажается на правом берегу р. Реж, против д. Луговая. Серпуховские отложения в этом разрезе представлены массивными биогермными известняками с рассеянными (иногда образующими небольшие скопления) брахиоподами и члениками криноидей. Встречаются трилобиты. Основание башкирского яруса сложено органогенно-обломочными известняками (калькаренидами) с многочисленными брахиоподами и члениками криноидей.

Кунара (3174, 3175). Предполагаемую границу серпуховского и башкирского ярусов можно наблюдать в старом известняковом карьере на правобережье р. Кунара, около д. Попово, где слоистые известняки (серпуховский ярус) перекрываются известняковой брекчией (башкирский? ярус). Отсюда взято всего 3 образца.

В перечисленных разрезах изучены содержание и распределение малых элементов (табл. 1–3), определение которых выполнено в Институте геологии и геохимии УрО РАН (аналитики Д.В. Киселева, Н.В. Чередниченко, Л.К. Дерюгина). Концентрация их, как правило, невысокая, в большинстве случаев значительно ниже кларка в карбонатных породах. Лишь содержание U, Co, Ni практически всегда на уровне кларковой, нередко значений кларков достигают и Cu, Mo, Cr, иногда Zn, Nb. В некоторых образцах приближаются к кларковым и содержания таких элементов, как Sc, Li, V, Mn, Sr.

По мнению Е.Ф. Летниковой [2005], распределение малых элементов в карбонатных отложениях целесообразно рассматривать по двум условным группам. В первую входят основные типоморфные элементы (Ti, Zr, Mn, Sr, Ba), характер миграции и способность к осаждению которых дают представление о физико-химических и тектонических особенностях обстановок накопления. Вторую группу составляют Cr, Ni, Co, V, Cu, Pb, Sn, Zn, Be, Y, Nb, Rb, Sc, в большей степени отражающие состав пород питающих провинций, компоненты которых попадали в состав карбонатов, а также некоторые процессы постседиментационного преобразования.

Применение такого подхода позволяет предположить, что во время отложения исследуемых известняков геодинамическая обстановка в целом оставалась постоянной на всей территории. Распределение и концентрация основных типоморфных элементов по разрезу принципиально не меняются. Ближе всего они к таковыми субплатформенных

бассейнов [Летникова, 2005]. Об отсутствии вулканической деятельности на рассматриваемой платформе свидетельствуют в том числе крайне низкие содержания всех указанных элементов. Так, концентрация титана в известняках составляет менее 0.1 от кларка в карбонатах, а на р. Худолаз – даже менее 0.01 от упомянутого кларка. Приблизительно такая же ситуация с распределением марганца (0.50–0.05) и циркония (0.30–0.05). Концентрация стронция несколько более высокая (0.2–0.8 кларка). Содержание бария, как правило, 0.1–0.5 кларка.

Среди элементов второй группы обращают на себя внимание относительно высокие (на уровне кларка) и выдержанные содержания Ni и Co. Как известно [Jones, Manning, 1994], эти элементы нередко концентрируются в сульфидах, главным образом в пирите, постоянно встречающемся в рассматриваемых известняках. На уровне кларка нередко встречаются и такие элементы, как Cu, Zn, которые тоже могут быть связаны с пиритом. В частности, коэффициент корреляции Co–Cu составляет 0.63. Изменчивы концентрации Cr, Sc, Nb. В некоторых случаях их содержание достигает кларкового, что, возможно, связано с примесью терригенного материала. Как правило, низкими содержаниями характеризуются Mn, V, Y. Почти повсеместное кларковое содержание урана, вероятно, определяется присутствием органического вещества.

Для некоторых элементов характерно направленное изменение концентрации по разрезу (рис. 2), свидетельствующее о постепенной смене условий. Особенно наглядно это видно по р. Реж, где постепенно возрастает содержание скандия, гафния, цинка, бария, молибдена. В то же время тенденция изменения содержания ванадия, галлия, стронция резко меняется на границе нижнего и среднего карбона, причем ванадия и галлия – на противоположную. В разрезе по р. Исеть (3162, 3185) прослеживается тенденция снижения содержания Mn, Sc, Ni, Cu, Co, хоть и не такая яркая. Изменение содержания некоторых элементов (Zn, Mo, Sr, Co, Cu) – с уменьшением – наблюдается и на разрезе Худолаз. Только количество урана увеличивается и, как и на р. Реж, наблюдается некоторый перелом в тренде изменения содержания ванадия на границе C₁/C₂.

Характер распределения РЗЭ в известняках разных разрезов хотя и незначительно, но различается, что позволяет объединить их в три комплекса (рис. 3). Так, два разреза по р. Худолаз имеют в целом сходные характеристики, но в известняках в разрезе у д. Чернышевка (Худолаз-1) сумма РЗЭ выше (3–8 г/т против 1–4). Отношения легких к тяжелым элементам (La_n/Yb_n) в обоих разрезах близки (1.8–4.0 и 1.7–3.0). Сравнимы и наклоны кривых легкой (La_n/Sm_n – 3.4–4.3 и 3.3–4.5) и тяжелой (Gd_n/Yb_n – 0.7–1.3 и 0.6–1.1) частей спектра. Отрицательная европиевая аномалия (Eu/Eu^*) относительно неглубокая (0.60–0.64 и 0.54–0.72 соответ-

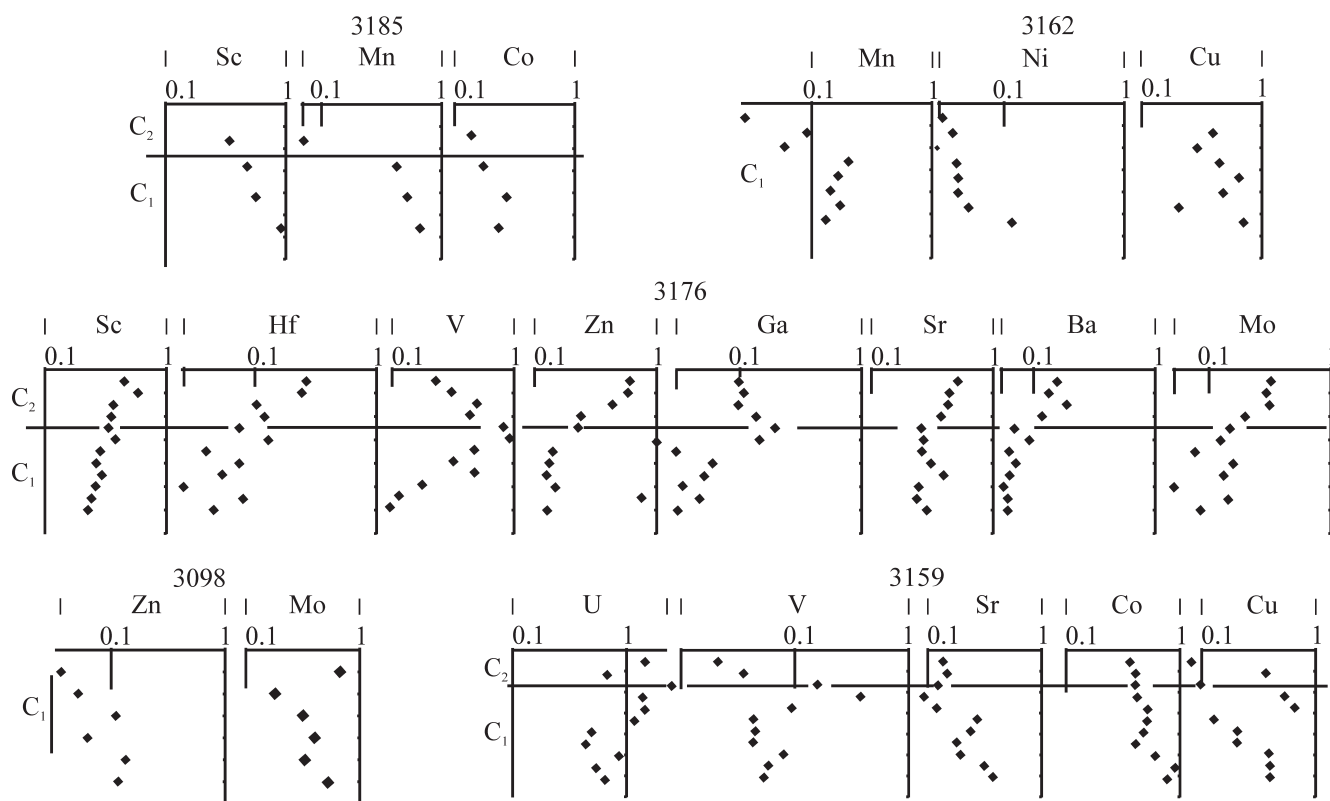


Рис. 2. Тренды изменения содержания некоторых малых элементов в пограничном интервале C_1/C_2 в изученных разрезах.

По горизонтальной оси указано содержание элементов, нормированное на кларки в карбонатных породах. Масштаб логарифмический.

ственно), отрицательная аномалия церия более значительная (0.16–0.43 и 0.21–0.53), что свидетельствует о нормально-морских условиях.

Разрез по р. Исеть (опробован 2 раза – 3162 и 3185 + 14) обнаруживает два типа распределения, главным образом различающиеся по сумме РЗЭ (1–2 и 7–31 г/т) и глубине цериевой аномалии (0.31–0.41 и 0.72–0.94; промежуточная 0.48–0.58). Остальные показатели распределения у них сопоставимы (La_n/Yb_n – 3.5–6.9 и 3.0–7.1; La_n/Sm_n – 3.2–5.1 и 2.8–4.4; Gd_n/Yb_n – 0.9–1.6 и 0.9–1.7).

Разрез по р. Реж отличается от описанных по основным характеристикам распределения РЗЭ. Кроме того, здесь просматриваются различия в известняках серпуховского и башкирского ярусов (главным образом по наклону кривых тяжелой части спектра). Отношения легких элементов к тяжелым (La_n/Yb_n) в серпуховской и башкирской частях разреза составляют 1.9–2.9 и 3.2–4.6 соответственно. Наклоны кривых легкой (La_n/Sm_n) и тяжелой (Gd_n/Yb_n) частей спектра равны 3.1–3.6 и 3.3–4.5; 0.7–0.9 и 0.95–1.2. Отрицательная европиевая аномалия (Eu/Eu^*) относительно неглубокая (0.61–0.65 и 0.53–0.64 соответственно), отрицательная аномалия церия (Ce/Ce^*) тоже неглубокая (0.28–0.35 и 0.38–0.55). Сумма РЗЭ в известняках серпуховско-

го яруса 2–4 г/т, башкирского – 4.5–7.6. Наиболее вероятно, что это связано с увеличением привноса терригенного материала в башкирском веке.

В целом аналогичные тренды распределения РЗЭ (кривые полого наклонены в сторону тяжелых элементов) широко распространены в карбонатных отложениях, а угол наклона этих кривых может указать на геодинамическую обстановку, существовавшую во время накопления пород [Летникова, 2003]. Для рассматриваемых известняков, как показано ранее, отношения легких и тяжелых элементов колеблются в интервалах 1.7–4.2, в среднем 2.7 (р. Худолаз); 3.0–7.1, в среднем 4.8 (р. Исеть); 1.8–4.6, в среднем 3.0 (р. Реж). По сведениям Е.Ф. Летниковой, это свидетельствует об обстановке активной (2–4), в меньшей степени пассивной (больше 4) континентальной окраины, что вполне согласуется с геологическими данными. Низкие концентрации лантаноидов могут быть связаны с высокой скоростью карбонатного осадконакопления и крайне низким содержанием железа и марганца [Дубинин, 1998; и др.]. Высокая концентрация указанных элементов в некоторых образцах известняков на реках Исеть и Кунара, скорее всего, определяется примесью пирокластического материала.

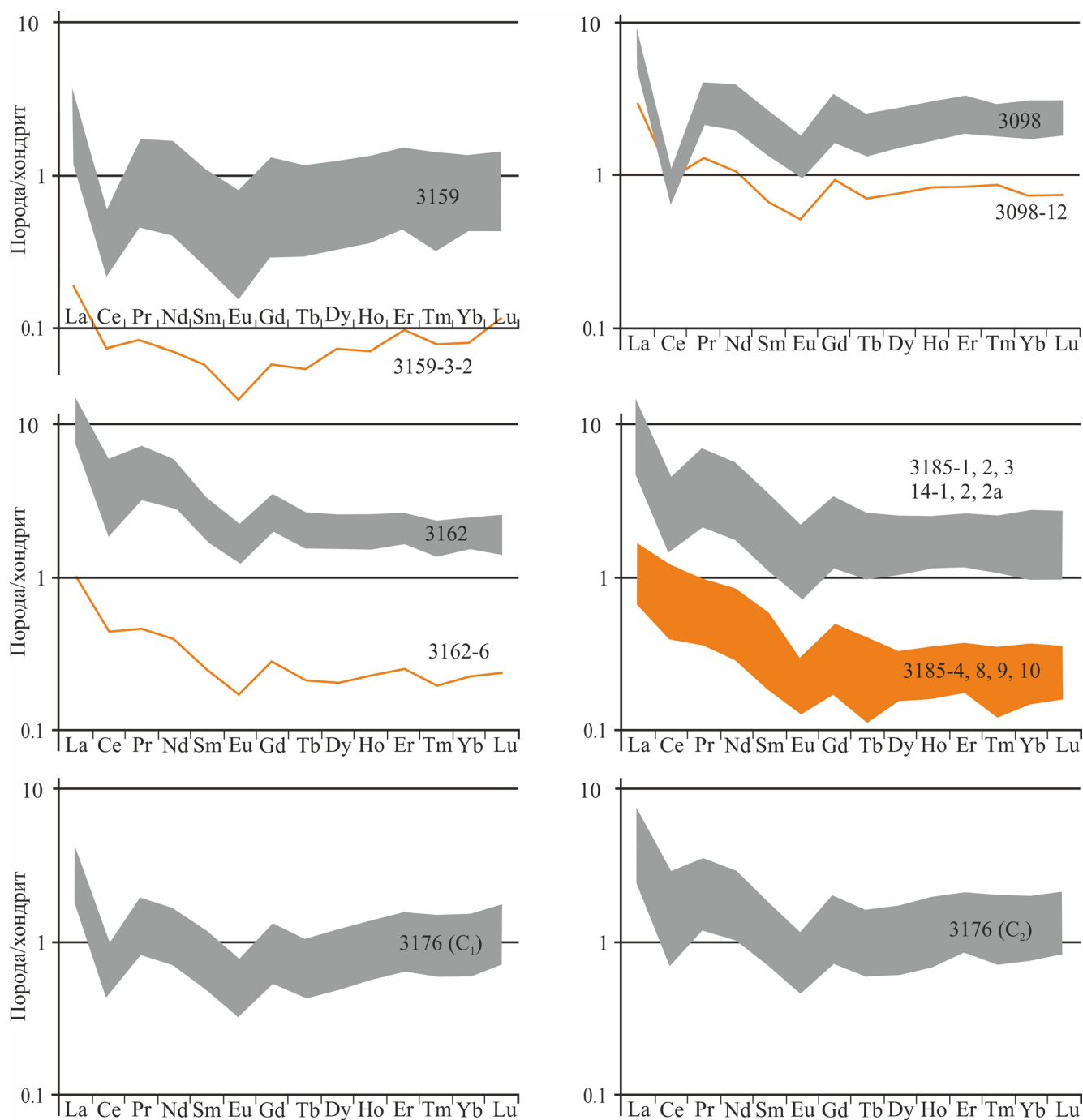


Рис. 3. Нормированное на хондрит [Тейлор, Макленнан, 1988] распределение РЗС в известняках восточного склона Среднего и Южного Урала.

Таким образом, результаты анализа геохимических особенностей известняков пограничного интервала серпуховского и башкирского ярусов (C_1/C_2) позволяет предположить, что геодинамическая обстановка в целом на всей территории востока Среднего и Южного Урала сохранялась постоянной. Распределение и концентрация основных типоморфных элементов принципиально не меняется по разрезу. Согласно модели Е.Ф. Летниковой [2005], она ближе всего к обстановкам суб-

платформенных бассейнов (соотношения РЗЭ – отвечают обстановкам активной, в меньшей степени пассивной континентальным окраинам). Вулканическая деятельность в пределах платформы отсутствовала. Лишь в некоторых случаях можно предположить привнос незначительного количества пирокластического материала. Тем не менее для отдельных элементов характерно направленное изменение концентрации по разрезу, свидетельствующее о постепенной, хотя и незначительной смене

Таблица 1. Содержание высокозарядных элементов в известняках, г/т

		Обр.	Sc	Ti	Y	Zr	Nb	Hf	Th	U
р. Худолаз-2	C ₂	3159-10-2	H/o	H/o	0.656	0.465	H/o	H/o	0.012	3.303
		3159-8-1	H/o	2.061	0.931	0.597	0.008	0.018	0.027	1.560
	C ₁	3159-5-1	H/o	H/o	0.277	0.112	H/o	H/o	0.002	5.530
		3159-4-2	H/o	2.229	1.108	1.089	H/o	0.019	0.019	3.131
		3159-3-3	H/o	5.598	0.310	0.474	0.019	0.011	0.012	3.239
		3159-3-2	H/o	0.352	0.147	H/o	H/o	H/o	H/o	2.681
		3159-3-1	H/o	1.048	2.817	0.441	H/o	H/o	0.007	1.119
		3159-2-6	H/o	0.399	2.223	0.581	H/o	0.011	0.016	0.994
		3159-2-4	0.020	6.659	1.651	0.960	0.031	0.018	0.023	1.959
		3159-2-1	0.075	1.778	1.412	0.734	0.031	0.014	0.005	1.208
		3159-2-1a	0.380	4.124	1.746	0.918	0.022	0.011	0.011	1.455
р. Исеть (карьер)	C ₁	3162-8	H/o	9.254	0.924	1.322	0.100	0.062	0.078	3.892
		3162-7	0.086	32.138	3.196	6.428	0.366	0.284	0.298	1.953
		3162-6	H/o	4.803	0.309	0.594	0.022	0.025	0.026	7.573
		3162-5	0.088	15.282	3.330	1.338	0.081	0.074	0.238	0.882
		3162-4	H/o	21.738	3.319	3.151	0.143	0.136	0.256	1.068
		3162-4a	0.201	4.434	3.315	2.760	0.023	0.122	0.276	1.097
		3162-3	H/o	8.126	2.657	1.728	0.117	0.083	0.258	1.206
		3162-2	H/o	11.701	3.518	1.074	0.074	0.042	0.048	1.420
р. Исеть (карьер)	C ₂	3185-4	0.680	24.320	0.314	0.200	0.315	0.006	0.001	3.931
	C ₁	3185-3	0.954	48.212	7.357	2.519	0.194	0.061	0.054	0.862
		3185-2	1.130	75.611	7.115	6.601	0.392	0.148	0.242	1.274
		3185-1	1.817	18.154	13.656	2.246	0.056	0.067	0.263	0.497
		3185-10	H/o	9.610	0.212	0.586	0.046	0.031	0.070	7.426
		3185-9	H/o	12.114	0.512	1.162	0.068	0.045	0.070	2.859
		3185-8	H/o	9.254	0.374	1.667	0.095	0.083	0.072	6.180
		14-2a	0.331	70.915	6.792	9.118	0.819	0.582	1.421	2.757
		14-2	0.490	10.919	6.118	3.562	0.053	0.260	1.175	2.350
		14-1	0.114	23.399	4.064	2.454	0.232	0.127	0.205	0.699
р. Худолаз-1	C ₁	3098-12	0.575	7.725	1.588	0.626	0.064	0.018	0.054	2.230
		3098-6	0.647	0.953	5.291	0.749	0.054	0.023	0.023	2.602
		3098-5	0.813	3.712	4.522	1.077	0.047	0.023	0.033	5.255
		3098-4	1.176	2.733	5.325	0.734	0.098	0.023	0.026	1.772
		3098-2	0.416	1.382	3.451	0.534	0.491	0.019	0.003	4.594
		3098-1	0.436	3.834	3.502	2.122	0.075	0.042	0.025	2.437
Кунара	C ₂	3174-3	0.970	123.627	1.469	9.015	0.432	0.232	0.133	6.818
	C ₁	3175-4	0.417	25.207	0.492	1.562	0.167	0.033	0.023	0.516
		3175-3	2.547	236.774	22.652	13.554	0.994	0.418	0.565	0.901
р. Реж (Луговая)	C ₂	3176-2-5	0.897	10.299	3.429	3.794	0.069	0.093	0.179	2.869
		3176-2-4	1.157	9.503	3.484	4.423	0.067	0.085	0.127	3.343
		3176-2-3	0.733	32.710	4.309	1.561	0.185	0.036	0.009	9.286
		3176-2-2	0.705	41.204	2.514	1.996	0.202	0.042	0.016	7.534
		3176-2-1	0.662	20.532	1.769	1.811	0.109	0.026	0.009	1.693
	C ₁	3176-1-9	0.746	26.218	3.618	2.623	0.141	0.045	0.021	1.813
		3176-1-8	0.564	6.873	2.743	1.069	0.039	0.014	0.007	1.574
		3176-1-7	0.532	16.247	2.308	1.750	0.079	0.026	0.007	2.077
		3176-1-6	0.579	9.053	2.690	1.178	0.043	0.019	0.004	1.784
		3176-1-5	0.519	10.751	2.289	0.414	0.052	0.009	0.002	2.153
		3176-1-4	0.473	25.099	1.386	1.654	0.083	0.028	0.110	1.314
		3176-1-3	0.448	10.079	1.969	1.148	0.044	0.016	0.006	1.420
Предел обнаружения			0.074	0.0509	0.0002	0.0011	0.0001	0.0001	0.00001	0.0004
Кларк			2.0	600.0	20.0	20.0	0.3	0.35	1.8	2.3

Примечание. Здесь и в табл. 2, 3 кларки указаны по [Скляров и др., 2001].

условий. А в некоторых случаях можно предположить более резкие (хотя тоже незначительные) изменения на границе нижнего и среднего карбона –

резко меняется содержание таких элементов, как ванадий, галлий, стронций. Относительно высокие и выдержанные по всему региону концентрации Ni

Таблица 2. Содержание транзитных элементов и крупноионных литофилов в известняках, г/т

		Обр.	Li	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Sr	Ba	Mo
р. Худо- лаз-2	C ₂	3159-10-2	0.352	0.405	1.905	15.084	0.576	5.636	0.544	0.181	0.012	73.144	1.507	0.090
		3159-8-1	0.102	0.675	H/o	19.837	0.654	4.446	2.455	1.488	0.020	78.690	3.367	H/o
	C ₁	3159-5-1	H/o	2.976	H/o	6.786	0.650	4.883	0.658	0.769	0.014	66.042	0.552	0.292
		3159-4-2	0.071	7.125	H/o	28.033	0.672	5.645	3.560	1.287	0.024	49.542	1.746	0.065
		3159-3-3	0.231	1.777	H/o	18.776	0.832	6.240	4.442	2.141	0.030	64.192	1.043	0.021
		3159-3-2	0.055	0.814	H/o	10.078	0.818	6.270	0.855	1.099	0.009	145.360	0.817	H/o
		3159-3-1	0.118	0.851	H/o	21.226	0.768	5.951	1.372	1.379	0.019	127.336	3.445	0.011
		3159-2-6	0.119	0.805	26.106	17.930	0.649	16.756	1.369	1.236	0.021	95.080	2.165	0.469
		3159-2-4	0.305	1.494	12.629	33.276	0.979	12.483	2.620	1.488	0.040	103.838	2.654	0.205
		3159-2-1	0.180	1.093	38.932	43.360	1.448	23.051	2.677	2.044	0.027	167.115	2.047	0.467
		3159-2-1a	0.321	1.004	8.337	50.931	1.232	12.328	2.657	0.722	0.030	199.985	2.828	0.062
р. Исеть (карьер)	C ₁	3162-8	0.625	2.734	H/o	22.942	0.889	3.637	0.800	1.290	0.158	157.876	1.882	0.499
		3162-7	2.120	2.208	H/o	76.466	1.258	4.424	2.666	6.095	0.271	105.307	2.820	0.245
		3162-6	0.363	3.824	H/o	49.245	0.795	3.292	1.974	3.188	0.143	81.605	14.239	0.963
		3162-5	2.412	1.271	H/o	167.713	1.112	4.786	3.022	5.916	0.166	86.139	1.994	0.108
		3162-4	0.725	3.650	0.310	136.630	1.024	4.951	4.389	1.354	0.401	72.016	0.945	0.395
		3162-4a	0.676	2.993	2.159	117.741	0.642	4.890	3.224	1.395	0.372	73.743	2.027	0.395
		3162-3	0.641	0.700	H/o	143.902	1.150	5.994	1.377	3.508	0.140	95.490	2.223	0.122
		3162-2	0.570	1.547	22.818	108.029	1.202	13.759	4.795	6.423	0.122	83.363	1.396	1.032
р. Исеть (карьер)	C ₂	3185-4	17.044	7.528	2.879	48.521	2.207	16.444	3.461	8.225	0.160	396.696	7.589	0.335
	C ₁	3185-3	4.479	6.687	2.823	345.294	2.770	16.451	7.625	25.414	0.299	205.596	4.503	0.754
		3185-2	6.202	11.003	6.952	419.944	4.324	16.311	7.915	6.592	0.722	194.422	5.799	0.459
		3185-1	5.439	3.161	3.250	541.273	3.714	19.037	7.530	18.415	0.376	210.766	5.355	0.424
		3185-10	3.082	3.429	H/o	8.669	0.838	4.888	0.538	2.491	0.081	156.758	2.205	2.288
		3185-9	0.154	6.265	0.285	27.091	0.883	3.002	1.059	3.270	0.128	44.938	2.269	0.897
		3185-8	0.314	4.792	H/o	16.536	0.722	5.088	1.064	2.341	0.146	209.721	2.108	1.988
		14-2a	4.256	1.843	2.134	92.866	1.186	5.000	2.849	2.304	0.909	88.610	9.278	0.217
		14-2	3.485	1.680	1.132	85.111	0.795	5.218	2.650	2.209	0.807	85.806	4.776	0.174
		14-1	1.562	1.095	H/o	42.227	1.037	3.403	1.760	1.286	0.311	124.621	4.021	0.033
р. Худо- лаз-1	C ₁	3098-12	0.303	2.513	3.080	64.662	2.739	22.352	0.473	0.778	0.046	400.005	2.980	0.334
		3098-6	0.282	1.485	1.942	64.015	2.845	23.112	0.823	1.105	0.042	125.975	4.290	0.090
		3098-5	0.252	3.797	2.130	57.034	2.894	21.957	2.789	2.385	0.096	87.196	3.668	0.158
		3098-4	0.262	1.591	2.671	58.761	2.587	19.892	0.999	1.335	0.055	101.471	5.900	0.200
		3098-2	0.149	3.097	2.411	60.061	2.634	20.310	0.926	2.911	0.041	102.064	2.517	0.164
		3098-1	0.235	5.266	5.143	59.040	2.189	18.239	1.027	2.483	0.051	137.426	3.353	0.264
р. Кунара	C ₂	3174-3	14.770	14.859	24.110	42.580	1.909	15.030	1.984	15.523	0.451	95.658	7.062	2.460
	C ₁	3175-4	0.962	11.056	26.273	81.145	2.350	13.443	3.282	6.992	0.221	90.191	2.766	0.167
		3175-3	6.707	11.532	51.518	208.473	6.237	26.287	11.559	13.026	1.157	153.607	38.869	0.799
р. Реж (Луговая)	C ₂	3176-2-5	16.465	4.146	3.097	75.338	1.268	16.374	2.915	13.284	0.250	276.794	8.167	0.159
		3176-2-4	10.996	5.626	2.715	80.645	1.258	15.861	3.421	12.892	0.277	235.673	7.084	0.146
		3176-2-3	3.884	9.519	3.882	195.788	2.403	15.631	4.302	9.429	0.248	228.738	9.818	0.155
		3176-2-2	3.841	8.152	10.883	160.457	2.401	16.566	3.006	5.197	0.348	201.319	6.188	0.098
	C ₁	3176-2-1	1.409	15.652	11.809	182.460	2.237	15.936	2.175	4.841	0.500	138.058	3.703	0.074
		3176-1-9	2.299	20.107	3.199	152.508	2.592	16.422	2.772	47.456	0.374	145.151	4.894	0.062
		3176-1-8	0.789	8.863	7.467	119.266	1.854	14.633	1.763	2.984	0.076	139.083	3.335	0.038
		3176-1-7	1.082	5.947	15.608	125.541	2.540	15.317	2.321	2.806	0.152	165.938	3.789	0.079
		3176-1-6	1.246	8.853	16.839	126.645	2.322	20.939	2.098	2.680	0.129	210.726	3.345	0.066
		3176-1-5	0.753	3.276	0.836	145.609	1.971	14.338	1.825	3.191	0.087	130.431	2.988	0.022
		3176-1-4	0.759	2.118	16.890	91.630	2.396	15.189	2.942	16.681	0.120	126.942	3.240	0.072
		3176-1-3	0.543	1.759	14.291	100.856	2.140	15.124	2.205	2.717	0.079	152.875	3.216	0.043
	Предел обнаружения		0.0239	0.0277	0.0319	0.0028	0.0002	0.0226	0.0023	0.0083	0.0011	0.0033	0.0001	0.0075
	Кларк		6.9	19.0	11.0	830.0	1.6	12.0	6.8	22.0	2.6	540.0	53.0	0.5

и Co (нередко также Cu и Zn), скорее всего, связаны с пиритом, постоянно встречающемся в рассматриваемых известняках. Повышенные в некоторых случаях концентрации Cr, Sc, Nb, вероятно, опре-

деляются незначительной примесью терригенного материала. Относительно высокая сумма лантаноидов в башкирских известняках на р. Реж также определяется терригенной примесью. Почти повсе-

Таблица 3. Содержание редкоземельных элементов в известняках

	Обр.	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Сумма
р. Худолаз-2	C ₂	3159-10-2	0.279	0.145	0.044	0.190	0.040	0.009	0.060	0.011	0.083	0.020	0.073	0.008	0.011	1.043
	C ₁	3159-8-1	0.397	0.256	0.069	0.288	0.063	0.014	0.098	0.015	0.123	0.028	0.099	0.015	0.016	1.570
		3159-5-1	0.091	0.198	0.027	0.118	0.035	0.001	0.043	0.008	0.056	0.012	0.040	0.006	0.006	0.684
		3159-4-2	0.319	0.211	0.064	0.287	0.061	0.017	0.096	0.015	0.122	0.031	0.118	0.017	0.021	1.508
		3159-3-3	0.196	0.329	0.042	0.177	0.035	0.009	0.041	0.007	0.046	0.010	0.034	0.004	0.006	0.966
		3159-3-2	0.047	0.047	0.008	0.033	0.009	0.002	0.012	0.002	0.019	0.004	0.016	0.002	0.003	0.216
		3159-3-1	0.911	0.376	0.167	0.784	0.170	0.046	0.271	0.044	0.313	0.074	0.256	0.036	0.035	3.706
		3159-2-6	0.685	0.306	0.125	0.562	0.130	0.036	0.195	0.031	0.239	0.061	0.193	0.026	0.029	2.804
		3159-2-4	0.465	0.295	0.083	0.376	0.082	0.023	0.151	0.022	0.169	0.042	0.135	0.019	0.019	2.004
		3159-2-1	0.287	0.145	0.049	0.220	0.040	0.013	0.085	0.014	0.108	0.031	0.103	0.014	0.015	1.223
		3159-2-1a	0.349	0.189	0.060	0.253	0.061	0.017	0.103	0.017	0.134	0.036	0.119	0.018	0.020	1.489
		3162-8	1.556	2.884	0.309	1.184	0.191	0.048	0.252	0.036	0.219	0.051	0.153	0.023	0.032	7.120
р. Исеть (карьер)		3162-7	2.251	2.156	0.479	2.069	0.443	0.099	0.604	0.093	0.618	0.138	0.432	0.062	0.066	9.923
		3162-6	0.261	0.283	0.045	0.186	0.040	0.010	0.059	0.008	0.052	0.013	0.042	0.005	0.006	1.047
		3162-5	3.717	3.744	0.696	2.816	0.524	0.126	0.720	0.100	0.652	0.143	0.434	0.059	0.061	14.168
		3162-4a	2.739	1.754	0.494	2.078	0.413	0.099	0.595	0.084	0.585	0.133	0.417	0.057	0.062	9.893
		3162-4	2.429	1.552	0.448	1.883	0.354	0.088	0.507	0.077	0.531	0.122	0.385	0.051	0.054	8.825
		3162-3	2.410	1.436	0.376	1.593	0.310	0.076	0.415	0.059	0.395	0.086	0.270	0.035	0.035	7.753
		3162-2	1.891	1.177	0.314	1.374	0.269	0.068	0.394	0.058	0.446	0.112	0.375	0.051	0.057	6.950
		3185-4	0.158	0.247	0.034	0.133	0.028	0.007	0.034	0.004	0.038	0.009	0.029	0.003	0.004	0.753
р. Исеть (карьер)		3185-3	3.046	2.339	0.528	2.146	0.448	0.098	0.610	0.090	0.656	0.156	0.508	0.073	0.076	11.247
		3185-2	4.077	2.705	0.715	2.946	0.584	0.131	0.766	0.108	0.738	0.169	0.506	0.069	0.064	13.991
		3185-1	9.236	5.481	1.689	6.806	1.405	0.326	1.795	0.252	1.640	0.357	1.068	0.141	0.134	31.204
		3185-10	0.290	0.505	0.065	0.260	0.048	0.013	0.067	0.008	0.048	0.010	0.032	0.004	0.004	1.385
		3185-9	0.364	0.550	0.076	0.322	0.059	0.017	0.091	0.014	0.093	0.021	0.066	0.010	0.009	1.747
		3185-8	0.415	0.758	0.096	0.399	0.090	0.013	0.103	0.015	0.084	0.020	0.062	0.009	0.009	2.133
		14-2a	5.338	8.257	1.388	5.487	1.190	0.240	1.441	0.216	1.530	0.342	1.112	0.166	0.179	28.043
		14-2	5.220	8.154	1.343	5.427	1.140	0.236	1.380	0.207	1.395	0.308	0.978	0.144	0.157	27.071
		14-1	2.740	3.442	0.595	2.432	0.501	0.114	0.688	0.105	0.761	0.188	0.607	0.091	0.100	12.981
		3098-12	0.717	0.578	0.123	0.497	0.105	0.030	0.192	0.026	0.191	0.047	0.141	0.022	0.019	2.808
р. Худолаз-1		3098-6	1.311	0.506	0.218	1.004	0.227	0.062	0.430	0.070	0.561	0.147	0.493	0.074	0.075	5.670
		3098-5	1.575	0.602	0.270	1.225	0.258	0.069	0.449	0.068	0.522	0.134	0.447	0.061	0.071	6.193
р. Кунара		3098-4	2.226	0.671	0.392	1.859	0.406	0.105	0.691	0.095	0.705	0.175	0.552	0.076	0.080	8.549
		3098-2	1.244	0.403	0.211	0.954	0.207	0.053	0.330	0.050	0.375	0.095	0.313	0.046	0.046	4.608
		3098-1	1.355	0.455	0.217	1.020	0.231	0.057	0.368	0.054	0.399	0.096	0.396	0.042	0.042	4.994
	C ₂	3174-3	0.888	1.441	0.222	0.900	0.200	0.037	0.223	0.032	0.217	0.047	0.146	0.022	0.022	4.540
	C ₁	3175-4	0.570	0.828	0.100	0.370	0.067	0.015	0.085	0.011	0.070	0.014	0.043	0.006	0.005	2.217
		3175-3	15.824	17.497	3.379	13.118	2.698	0.543	3.202	0.469	3.133	0.702	2.154	0.307	0.301	65.270

Таблица 3. Окончание

	Обр.	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Сумма
Р. Реж (Лытовая)	C ₂	1.631	1.786	0.328	1.327	0.276	0.055	0.359	0.052	0.366	0.086	0.285	0.039	0.238	0.038	6.866
		1.707	1.809	0.337	1.355	0.280	0.058	0.365	0.052	0.374	0.089	0.287	0.040	0.265	0.040	7.056
		2.042	1.798	0.326	1.343	0.283	0.065	0.421	0.060	0.435	0.110	0.351	0.052	0.325	0.053	7.665
		1.049	1.034	0.218	0.928	0.199	0.045	0.263	0.039	0.260	0.062	0.210	0.029	0.176	0.028	4.541
	C ₁	0.584	0.434	0.114	0.483	0.106	0.026	0.145	0.022	0.154	0.038	0.141	0.018	0.123	0.021	2.408
		1.040	0.629	0.187	0.802	0.185	0.045	0.272	0.040	0.309	0.078	0.261	0.038	0.254	0.044	4.185
		0.588	0.379	0.115	0.519	0.119	0.033	0.197	0.031	0.236	0.061	0.214	0.033	0.215	0.037	2.777
		0.572	0.367	0.109	0.491	0.108	0.026	0.155	0.025	0.184	0.051	0.171	0.025	0.166	0.028	2.479
		0.605	0.389	0.116	0.507	0.113	0.030	0.184	0.029	0.236	0.062	0.210	0.032	0.215	0.037	2.766
		0.596	0.371	0.119	0.527	0.121	0.032	0.192	0.030	0.240	0.060	0.208	0.031	0.197	0.035	2.758
		0.424	0.281	0.078	0.335	0.075	0.019	0.108	0.016	0.122	0.032	0.106	0.015	0.100	0.018	1.728
		0.475	0.259	0.089	0.380	0.088	0.023	0.140	0.022	0.170	0.043	0.148	0.023	0.155	0.026	2.041
Предел обнаружения		0.0007	0.0009	0.0004	0.0004	0.0005	0.0007	0.0001	0.0001	0.0003	0.0004	0.0003	0.00001	0.00003	0.0001	–
Кларк		5	1	1.2	1.5	1.2	0.2	0.99	0.17	0.75	0.23	0.47	0.27	0.35	0.17	–

местное относительно высокое содержание урана, по-видимому, связано с органическим веществом.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 15-05-01958.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Дубинин А.В. Редкоземельные элементы в процессах раннего диагенеза осадков Тихого океана // Литология и полезные ископаемые. 1998. № 4. С. 762–772.
- Кулагина Е.И., Пазухин В.Н., Кочеткова Н.М., Синицына З.А., Кочетова Н.Н. Стратотипические и опорные разрезы башкирского яруса карбона Южного Урала. Уфа: Гилем, 2001. 139 с.
- Летникова Е.Ф. Распределение редкоземельных элементов в карбонатных отложениях различных геодинамических типов (на примере южного складчатого обрамления Сибирской платформы) // Докл. РАН. 2003. Т. 393, № 2. С. 235–240.
- Летникова Е.Ф. Геохимическая специфика карбонатных отложений различных геодинамических обстановок северо-восточного сегмента Палеоазиатского океана // Литосфера. 2005. № 1. С. 70–81.
- Мизенс Г.А., Степанова Т.И., Кучева Н.А. Восточные зоны Среднего Урала в карбоне (эволюция бассейнов осадконакопления и особенности палеотектоники) // Литосфера. 2012. № 4. С. 107–126.
- Пучков В.Н. Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа: Даурия, 2000. 145 с.
- Сапури С.А., Степанова Т.И. Микробиальные образования в пограничных серпуховско-башкирских отложениях на восточном склоне Южного Урала (р. Худолаз) // Ежегодник-2015. Тр. ИГГ УрО РАН. Вып. 163. 2016. С. 31–36.
- Скляров Е.В., Гладкохуб Д.П., Донская Т.В. и др. Интерпретация геохимических данных. М.: Интермет Инжиниринг, 2001. 288 с.
- Степанова Т.И., Кучева Н.А. Разрез “Худолаз” – стратотип горизонтов субрегиональной схемы нижнекаменноугольных отложений восточного склона Урала // Литосфера. 2006. № 1. С. 45–75.
- Степанова Т.И., Кучева Н.А., Школин А.А. Новые материалы по стратиграфии и аммоноидеям верхнесерпуховских отложений на р. Исети // Эволюция жизни на Земле: мат-лы II междунар. симп. Томск: ТГУ, 2001. С. 233–236.
- Степанова Т.И., Кулагина Е.И., Кучева Н.А., Мизенс Г.А., Пазухин В.Н. Разрез “Чернышевка” на р. Худолаз (восточный склон Южного Урала) // Ежегодник-2012. Тр. ИГГ УрО РАН. Вып. 160. 2013. С. 32–38.
- Чувашов Б.И., Иванова Р.М., Колчина А.Н. Верхний палеозой восточного склона Урала (стратиграфия и геологическая история). Свердловск: УНЦ АН СССР, 1984. 230 с.
- Чувашов Б.И., Черных В.В., Иванова Р.М. Путеводитель геологических экскурсий по карбону Урала. Ч. 2. Среднеуральская экскурсия. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2002. С. 68–101.
- Jones B., Manning D.A.C. Composition of geochemical indices used for the interpretation of paleoredox conditions in ancient mudstones // Chem. Geol. 1994. V. 111. P. 111–129.