

**ТОНКОЗЕРНИСТЫЕ ТЕРРИГЕННЫЕ ПОРОДЫ
РИФЕЯ И ВЕНДА КАМСКО-БЕЛЬСКОГО ПРОГИБА:
СОПОСТАВЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК**

А.В. Маслов*, М.В. Ишерская, Ю.Л. Ронкин*, О.П. Лепихина***

**Институт геологии и геохимии УрО РАН*

620151, г. Екатеринбург, Почтовый пер., 7

E-mail: maslov @ igg.uran.ru

***Институт геологии Уфимского научного центра РАН*

450000, г. Уфа, ул. Карла Маркса, 16/2

Поступила в редакцию 15 октября 2007 г.

В статье рассмотрены основные геохимические особенности тонкозернистых обломочных пород рифея и венда Камско-Бельского прогиба (Волго-Уральская область, восток Восточно-Европейской платформы) и показано, что они не имеют принципиальных различий по медианным содержаниям значительного числа элементов-примесей. На диаграммах Th–La, Ni–Co, Gd_N/Yb_N –Eu/Eu, Co/Hf–Ce/Cr, La/Sm–Sc/Th, Sc–Th/Sc, Eu/Eu*– La_N/Yb_N и Zr/Cr–Sc/Th фигуративные точки составов глинистых сланцев, алевроаргиллитов и мелкозернистых алевролитов рифея и венда локализованы преимущественно в области PAAS. Значительное перекрытие полей составов указанных образований из различных свит рифея и венда свидетельствует о существенном сходстве состава пород на палеоводосборах на протяжении всего позднего докембрия. Показано, что в составе позднедокембрийской тонкой алюмосиликокластики Камско-Бельского прогиба заметная или существенная роль принадлежит продуктам размыва примитивных субстратов – архейских гранитоидов и ТТГ-ассоциаций архея и раннего протерозоя.

Ключевые слова: *Камско-Бельский прогиб, рифей, венд, тонкозернистые терригенные породы, геохимия.*

**RIPHEAN AND VENDIAN FINE-GRAINED TERRIGENOUS ROCKS
OF KAMSKO-BELSKAYA DEPRESSION:
A COMPARISON OF MAIN GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS**

A.V. Maslov*, M.V. Isherskaya, Yu.L. Ronkin*, O.P. Lepikhina***

**Institute of Geology and Geochemistry, Urals Branch of RAS*

***Institute of Geology, Ufa Science Centre of RAS*

We discuss main geochemical characteristics of the Riphean and Vendian fine-grained terrigenous rocks of Kamsko-Belskaya depression (Volga-Urals region, eastern part of East-European platform). It is established that these rocks lack principal differences in concentrations of minor elements. On discriminant diagrams Th–La, Ni–Co, Gd_N/Yb_N –Eu/Eu, Co/Hf–Ce/Cr, La/Sm–Sc/Th, Sc–Th/Sc, Eu/Eu*– La_N/Yb_N and Zr/Cr–Sc/Th the majority of figurative points of Riphean and Vendian shales, silty shales and fine-grained siltstones are situated around PAAS. The fields of the Riphean and Vendian fine-grained rocks on referred above diagrams are characterized by considerable superposition what indicates essential similarity of the provenances during Late Precambrian. It is demonstrated noticeable or essential role of primitive (Archean or Early Proterozoic) substrata (granitoids, TTG-associations) in formation of the Riphean and Vendian shales and fine-grained siltstones of the Kamsko-Belskaya depression.

Key words: *Kamsko-Belskaya depression, Riphean, Vendian, fine-grained terrigenous rocks, geochemistry.*

Введение

Вопрос о составе и возрасте пород источников сноса, за счет эрозии которых формировались осадочные последовательности рифея и венда Волго-Уральской области до настоящего времени все еще является дискуссионным. Традиционно (на основе данных минералого-петрографических исследований) считается, что формирование отложений верхнего венда на востоке Русской платформы происходило во время трансгрессии моря со стороны Урала, а основным источником обломочного материала, как грубого, так и тонкого, являлся Волго-Камский (Татарский) массив, сложенный гранатовыми и плагиоклазово-биотитовыми гнейсами, гранодиоритами, гранито-гнейсами, кварцитами, гранит-порфирами, слюдисто-кварцевыми сланцами и габбро-диабазам; подчиненную роль на палеоводосборах играли также осадочно-метаморфические породы различных уровней рифея [Иванова и др., 1969; Алиев и др., 1977; Постникова, 1977]. По данным З.П. Ивановой с соавторами [1969], анализ минерального состава пород верхнего венда показывает, что на Волго-Камском массиве в это время размывались в основном породы архея и в меньшей степени нижнего протерозоя. В рифее в областях питания преимущественным распространением пользовались гранито-гнейсы и биотитовые гнейсы [Лагутенкова, Чепикова, 1982].

Предпринятое нами ранее изучение геохимических особенностей аргиллитов, глинистых сланцев и алевросланцев верхнего венда позволило показать, что на палеоводосборах, окружавших с северо-запада, запада и юго-запада Шкаповско-Сиханскую впадину, в течение всего позднего венда доминировали породы близкие по составу к диоритам и гранодиоритам, только для начала старопетровского и конца салиховского времени по более высоким значениям отношений легких редкоземельных элементов к тяжелым (La_{N}/Yb_{N}) и Gd_{N}/Yb_{N} можно предполагать присутствие в областях размыва и пород кислого состава [Маслов, Ишерская, 2004; Маслов и др., 2006]. Высокие ($> 2,0$) значения отношения Gd_{N}/Yb_{N} в части проанализированных нами образцов возможно указывают на архейский возраст этих кислых субстратов. Особенности систематики Cr, Ni, Co, V, Hf, Ce, La, Sm, Sc и Th в аргиллитах каировской и шкаповской серий позволяют предполагать, что в областях сноса в позднем вен-

де существовали как блоки архейской верхней коры, так и блоки более зрелой раннепротерозойской коры, соотношение между которыми с течением времени несколько менялось.

В настоящее время в нашем распоряжении появились прецизионные геохимические данные по тонкозернистым алюмосиликокластическим образованиям рифея Камско-Бельского прогиба, что дает возможность провести реконструкцию и сопоставление состава размывавшихся на палеоводосборах в указанные периоды времени комплексов пород и, таким образом, восполнить существующий в этом отношении пробел.

Определение содержаний элементов-примесей в тонкозернистых терригенных породах рифея выполнено методом ICP-MS в лаборатории ФХМА ИГГ УрО РАН (аналитики Е.С. Шагалов, И.И. Неустроева). Тем же методом под руководством Ю.Л. Ронкина в ИГГ УрО РАН выполнено определение содержаний элементов-примесей в тонкозернистых обломочных породах венда (аналитики О.П. Лепихина, О.Ю. Попова). Для исследований использовано почти 80 случайным образом отобранных образцов аргиллитов, глинистых сланцев и мелкозернистых алевролитов из коллекции М.В. Ишерской. Проанализированная выборка представляет преимущественно отложения рифея и венда центральной и западной частей Камско-Бельского прогиба (скважины Кабаково 62, Северо-Кушкуль 1, Кипчак 1, Шкапово 740, Мензелино-Актаныш 20005 и 203, Сулли 20007 и Арлан 7000). Представительные анализы тонкозернистых обломочных пород рифея и венда приведены в табл. 1 и 2.

Литостратиграфия рифея и венда Камско-Бельского прогиба

Рифей в Камско-Бельском прогибе представлен всеми тремя эратемами [Рабочая..., 1981; Романов, Ишерская, 1994, 1998, 2001; Стратиграфическая..., 2000 и др.]. К нижнему рифею относится кыргинская серия, объединяющая прикамскую (актанышскую и можаровскую, по [Романов, Ишерская, 2001, и др.]), калтасинскую и надеждинскую свиты. *Прикамская свита* залегает на глубоко размывших породах кристаллического фундамента и сложена серыми и розовато-серыми, преимущественно мелко- и среднезернистыми кварцевыми, кварц-полевошпатовыми и аркозовыми песча-

Таблица 1
Содержания ряда элементов-примесей (г/т) в представительных образцах тонкозернистых терригенных пород рифея Волго-Уральской области

Свита	Прикамская			Калтагинская		Надеждинская		Тукаевская		Ольховская			Усинская		Пригодовская		
Элемент образец	ПБ-43	ПБ-21	ПБ-24	ПБ-51	ПБ-35	ПБ-36	ПБ-42	ПБ-49	ПБ-3	ПБ-40	ПБ-4	ПБ-13	ПБ-48	ПБ-19	ПБ-52	ПБ-9	ПБ-10
Li	37,6	17,9	18,7	26,6	71,2	63,3	18,3	32,4	5,2	12,0	37,2	14,0	29,3	28,8	35,6	18,6	32,2
Sc	11,8	12,3	4,7	7,7	13,1	12,2	14,0	14,0	9,0	18,3	28,8	14,1	13,6	13,2	13,7	14,1	10,4
V	107,3	86,0	56,8	59,2	99,5	121,1	105,0	86,8	71,1	136,6	162,9	101,9	82,3	52,1	90,3	100,8	62,0
Cr	105,9	76,1	75,9	103,5	99,5	103,3	86,7	107,1	66,0	119,5	153,0	88,3	80,6	80,7	89,0	126,2	61,0
Co	18,7	13,4	15,4	21,5	18,9	17,1	23,2	22,4	7,3	15,8	44,5	13,4	16,1	18,3	26,8	16,8	14,6
Ni	37,8	27,1	43,2	38,0	30,7	32,6	40,8	49,7	25,6	46,3	95,5	38,0	43,4	38,3	74,1	35,8	27,5
Cu	34,5	11,1	8,4	16,6	14,3	55,0	7,1	18,8	4,6	8,6	13,2	8,3	13,0	29,6	11,6	12,2	15,7
Ga	24,4	19,3	22,3	23,1	25,1	29,9	18,3	28,8	11,5	27,8	44,9	25,9	17,8	22,2	42,6	24,7	18,9
Rb	75,0	82,3	34,2	104,6	76,9	88,0	84,6	111,9	60,6	107,9	160,4	76,1	112,5	95,6	129,9	104,7	92,7
Sr	25,5	91,5	68,7	51,7	70,1	46,2	35,8	42,3	53,3	76,8	195,0	81,9	77,0	38,9	75,3	124,9	89,0
Y	9,9	17,1	3,3	12,4	12,8	12,1	22,6	19,9	21,4	19,9	34,3	16,3	16,8	23,9	18,6	21,3	18,1
Zr	134,9	147,1	132,3	181,0	140,6	98,7	79,3	158,3	52,7	90,6	220,1	98,5	118,7	163,2	158,8	228,9	224,7
Mo	0,9	1,0	0,3	0,3	0,2	0,2	2,0	0,2	2,9	2,3	3,7	1,0	1,1	0,6	0,1	0,3	0,3
Ba	125,6	308,9	124,3	338,9	247,9	246,7	314,6	409,7	197,1	259,4	425,8	245,0	317,2	407,6	302,7	441,9	422,8
La	14,0	36,2	7,4	28,2	25,6	27,6	31,7	57,2	24,2	37,2	46,3	33,9	31,6	30,8	47,0	25,7	19,4
Ce	24,6	53,0	11,4	46,5	34,3	30,9	50,9	92,9	34,7	51,5	103,6	43,8	45,5	62,2	84,6	53,1	43,0
Pr	3,6	8,3	2,0	6,3	6,1	5,8	8,3	14,3	6,2	8,7	16,3	7,8	7,2	10,2	16,9	8,1	6,8
Nd	13,7	30,7	7,7	22,9	22,4	20,4	32,1	52,6	25,7	31,8	57,0	26,8	27,1	36,7	65,6	28,5	25,4
Sm	2,5	5,1	1,3	3,7	3,9	3,4	5,9	8,0	6,4	5,5	8,1	3,7	4,8	6,0	8,4	4,9	4,5
Eu	0,5	0,9	0,3	0,7	0,8	0,7	1,2	1,5	1,5	1,1	1,4	0,6	1,1	1,2	1,4	1,0	0,9
Gd	2,0	3,5	1,0	2,6	2,8	2,5	4,5	4,9	6,3	4,1	4,8	2,4	3,9	4,4	4,0	3,9	3,2
Tb	0,3	0,5	0,1	0,4	0,4	0,4	0,7	0,6	0,8	0,6	0,9	0,4	0,5	0,7	0,5	0,6	0,5
Dy	1,8	3,1	0,9	2,4	2,5	2,4	4,4	3,9	4,6	3,9	6,2	3,0	3,3	4,1	3,6	3,8	3,0
Ho	0,4	0,6	0,2	0,5	0,5	0,5	0,9	0,8	0,8	0,8	1,3	0,6	0,6	0,8	0,7	0,8	0,6
Er	1,1	1,9	0,5	1,4	1,4	1,4	2,4	2,3	2,0	2,2	3,9	1,8	1,7	2,4	2,1	2,2	1,8
Tm	0,2	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,6	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3
Yb	1,4	1,8	0,6	1,5	1,5	1,4	2,2	2,4	1,6	2,0	3,9	1,9	1,6	2,4	2,1	2,1	1,8
Lu	0,2	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,6	0,3	0,2	0,4	0,3	0,3	0,3
Hf	5,0	5,0	4,7	6,3	4,9	3,7	23,0	3,9	1,9	3,4	8,0	3,5	2,9	5,5	6,0	7,7	7,0
W	1,4	1,3	1,1	1,3	1,3	1,6	1,0	1,2	1,3	1,6	2,8	1,4	1,0	1,2	1,4	0,6	0,6
Pb	8,0	11,8	15,1	14,1	8,5	8,5	14,6	7,3	12,8	12,0	18,8	8,4	9,9	11,8	8,1	8,1	6,7
Th	4,7	13,0	2,9	10,8	11,9	10,3	11,0	13,0	7,0	12,5	22,8	12,0	8,1	12,6	12,3	16,4	11,3

ТОНКОЗЕРНИСТЫЕ ТЕРРИГЕННЫЕ ПОРОДЫ

Таблица 2

Содержания ряда элементов-примесей (г/г) в представительных образцах тонкозернистых обломочных пород венда Волго-Уральской области

Свита	Карлинская				Салиховская				Старопетровская				Байкиба- пешская
	ИМ-12	ИМ-14	ИШ-4	ИМ-19	ИМ-1	ИМ-3	ИШ-7	ИМ-27	ИМ-29	ИШ-14	ИШ-16	ИШ-17	
Элемент/ Образец													ИМ-11
Li	11,4	10,21	51,8	10,2	29,7	54,1	37,4	106,1	143,8	54,5	87,8	87,5	15,6
Sc	6,1	3,33	13,5	3,6	14,2	17,2	19,2	17,7	19,0	17,7	14,3	15,6	3,3
V	40,8	24,10	92,0	25,5	97,6	94,3	105,6	113,0	136,4	111,9	104,8	113,2	24,9
Cr	69,0	106,77	148,0	50,4	33,4	87,2	44,3	89,8	142,9	77,9	174,7	126,5	177,2
Co	11,8	6,37	12,5	6,9	12,1	14,9	27,4	17,5	22,7	19,9	11,2	21,3	7,0
Ni	29,9	26,20	32,5	28,0	27,3	43,7	22,3	20,2	26,9	32,7	29,4	47,0	23,3
Cu	4,9	3,25	12,8	7,1	18,3	16,4	33,0	18,6	27,1	28,7	33,7	43,0	4,5
Ga	10,6	5,82	17,8	7,7	36,6	20,0	25,1	25,9	28,4	24,3	22,4	24,4	7,2
Rb	55,0	27,72	119,2	38,3	170,8	166,8	209,5	147,0	145,0	166,8	126,7	147,7	22,4
Sr	27,2	24,20	77,2	28,2	77,5	95,5	111,6	113,4	105,7	79,1	118,5	107,9	31,9
Y	8,4	5,16	30,1	6,5	39,6	46,1	120,8	28,1	27,5	25,5	23,8	20,1	5,1
Zr	46,6	51,31	242,5	50,3	345,4	221,1	197,2	158,4	169,7	151,3	252,0	162,2	94,5
Mo	0,2	0,24	0,8	0,2	0,6	0,9	3,8	0,2	0,9	0,2	0,6	0,7	0,2
Ba	110,9	95,57	330,7	123,6	333,7	384,2	404,4	542,3	464,5	416,4	650,6	498,9	169,8
La	15,0	7,60	32,3	9,4	65,2	39,0	95,2	41,1	45,5	35,8	47,9	50,7	8,0
Ce	31,6	17,28	69,9	21,3	130,6	84,4	217,4	81,2	89,0	71,5	90,1	96,2	17,9
Pr	3,9	2,23	8,1	2,5	16,3	9,3	26,6	9,3	11,0	8,2	10,1	10,9	2,2
Nd	15,7	9,46	30,5	9,9	65,0	34,9	106,1	33,3	40,3	28,8	35,1	37,9	9,1
Sm	2,9	1,76	6,0	2,0	12,0	7,2	24,3	6,0	7,1	5,2	6,1	6,0	1,8
Eu	0,6	0,42	1,2	0,4	2,0	1,5	4,6	1,3	1,4	1,1	1,2	1,2	0,4
Gd	2,6	1,61	5,3	1,7	9,4	7,1	23,3	5,2	5,9	4,4	4,6	4,3	1,6
Tb	0,4	0,24	0,8	0,3	1,4	1,2	3,5	0,8	0,9	0,7	0,7	0,6	0,2
Dy	2,0	1,31	5,1	1,6	8,2	7,2	18,7	4,8	5,0	4,3	4,2	3,5	1,3
Ho	0,4	0,26	1,1	0,3	1,6	1,6	3,5	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7	0,3
Er	1,0	0,68	2,9	0,9	4,7	4,3	8,4	2,8	2,9	2,5	2,3	2,0	0,7
Tm	0,2	0,09	0,5	0,1	0,7	0,7	1,2	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,1
Yb	0,9	0,57	2,9	0,8	4,3	4,4	6,9	2,8	2,8	2,5	2,2	1,9	0,6
Lu	0,1	0,08	0,5	0,1	0,7	0,7	1,0	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,1
Hf	0,9	0,97	6,5	1,1	5,8	6,1	5,0	4,6	4,6	4,1	6,5	4,4	1,7
W	0,4	0,29	1,3	0,5	2,7	1,6	2,3	1,7	2,3	1,2	1,0	1,0	0,3
Pb	2,4	3,93	19,1	5,4	22,6	19,9	41,7	10,0	11,0	7,9	12,1	26,7	4,2
Th	5,0	2,69	11,0	4,1	17,9	16,7	18,9	14,7	14,6	12,8	14,0	15,3	2,6

Таблица 3
Медианные (г/т) содержания ряда
элементов-примесей в тонкозернистых
терригенных породах рифея и венда
Волго-Уральской области

Стратон	Рифей		Венд	
Элемент / параметр	Мд	СО	Мд	СО
Li	29,6	22,2	51,8	42,2
Be	2,2	1,3	2,4	1,4
Sc	12,2	4,2	15,0	5,7
V	83,9	26,3	103,0	35,6
Cr	91,3	22,3	106,8	51,1
Mn	177,6	464,6	575,1	424,7
Co	17,1	6,3	15,6	6,2
Ni	38,8	14,8	27,3	9,1
Cu	14,3	29,4	18,2	11,9
Zn	42,9	20,8	70,7	38,8
Ga	23,0	7,2	21,5	8,5
Rb	86,3	28,5	135,9	64,0
Sr	68,7	49,0	78,3	35,5
Y	15,6	6,2	27,9	27,5
Zr	118,7	44,3	166,0	106,2
Nb	13,3	4,3	17,8	11,5
Cs	4,9	1,8	5,8	0,9
Ba	291,1	248,8	399,4	162,5
La	26,5	10,8	38,4	28,7
Ce	40,0	20,8	81,1	60,2
Pr	6,8	3,6	9,3	7,3
Nd	25,4	13,7	34,7	27,9
Sm	4,1	1,9	6,1	5,8
Gd	3,1	1,2	5,3	5,2
Dy	2,9	1,1	5,0	4,2
Er	1,7	0,6	2,9	0,8
Yb	1,6	0,6	2,8	1,8
Hf	4,2	1,6	4,6	3,0
W	1,3	0,4	1,4	0,8
Pb	8,5	4,0	15,0	9,2
Th	10,3	3,9	14,0	6,6
U	3,1	1,2	2,1	2,8
Число образцов	53		23	

Примечание. СО – стандартное отклонение.

никами, темноцветными аргиллитами и алевролитами, конгломератами и гравелитами. Мощность свиты достигает в ряде разрезов 2000 и более м. *Калтасинская свита* (60-3500 м) представлена различными типами карбонатных пород (преимущественно доломитами) при подчиненной роли тонкозернистых терригенных образований; последние тяготеют преимуще-

ственно к средней части свиты (арланская под-свита). *Надеждинская свита* (150-730 м) объединяет пестроцветные песчаники, алевролиты, аргиллиты с прослоями гравелитов и конгломератов; в верхней ее части преобладают тонкозернистые терригенные и карбонатно-терригенные отложения.

Серафимовская серия юрматиния залегает на отложениях нижнего рифея трансгрессивно и представлена тукаевской и ольховской свитами¹ [Ишерская, Романов, 1993; Романов, Ишерская, 1997, 2001; Маслов, Ишерская, 1998]. *Тукаевская свита* (до 630 м) объединяет пестроцветные аркозовые, полевошпато-кварцевые и близкие к ним по составу песчаники; глинистые сланцы и алевролиты играют в разрезах свиты подчиненную роль. *Ольховская свита* (340-840 м) включает в верхней части пестроцветные аргиллиты, мергели, алевролиты и доломиты. Нижняя часть свиты (акбердинский горизонт) сложена темноцветными алевролитами и глинистыми сланцами.

Абдулинская серия каратавия включает усинскую, леонидовскую, приютовскую и шиханскую свиты, и залегает с размывом на средне- и нижнерифейских отложениях, а в ряде мест перекрывает кристаллический фундамент. *Усинская свита* (45-400 м) сложена пестро- и сероцветными полевошпато-кварцевыми и аркозовыми песчаниками, алевролитами и аргиллитами. *Леонидовская свита* (мощность от 57 до 1300 м) представлена пестро- и сероцветными кварцевыми песчаниками с каолиновым цементом. *Приютовская свита* (от 76 до 676 м) объединяет пестроцветные глинистые сланцы, алевролиты, мергели, доломиты, песчаники и терригенно-карбонатные породы. *Шиханская свита* (мощность от 0 до 360 м) представлена серо-, зелено- и красноцветными глинистыми и строматолитовыми известняками, доломитами и мергелями. По данным литологических исследований и сейсмопрофилирования, названное литостратиграфическое подразделение абдулинской серии может быть скоррелировано с катавской свитой каратауской серии Башкирского мегантиклинория; более молодые уровни верхнего рифея на территории Камско-Бельского прогиба и всей Волго-Уральской области вследствие предвендского размыва отсутствуют.

¹ В последние годы указанные названия изменены В.А. Романовым и М.В. Ишерской [1998, 2001] соответственно на новокипчакскую и демскую.

Верхневендские отложения объединяют байкибашевскую, старопетровскую, салиховскую и карлинскую свиты [Стратотип..., 1983; Вендская..., 1985; Аксенов, 1998; Стратиграфическая..., 2000, и др.]. *Байкибашевская свита* представлена зеленовато-серыми и серыми песчаниками, гравелитами и мелкогалечниковыми конгломератами с тонкими прослоями алевритистых глинистых сланцев (алевроаргиллитов) и мелкозернистых алевролитов. Мощность свиты колеблется от 10 до 85 м. *Старопетровская свита* складывается зеленовато-серыми, реже буровато-коричневыми алевролитами-аргиллитовыми породами, содержащими переменное количество песчаного материала. Мощность свиты составляет от 85 до 320 м. *Салиховская свита* (100-450 м) включает буровато- и красновато-коричневые, а также зеленовато-серые песчаники и алевролиты с подчиненными прослоями зеленовато-серых и темно-коричневых аргиллитов. *Карлинская свита* (0-600 м) сложена преимущественно зеленовато-серыми, значительно реже темно-коричневыми аргиллитами, содержащими прослои и пакеты алевролитов и, редко, песчаников.

Основные геохимические особенности отложений рифея и венда Камско-Бельского прогиба

В табл. 3 приведены медианные содержания ряда элементов-примесей в тонкозернистых обломочных породах рифея и венда и величины стандартных отклонений; на рис. 1 в логарифмическом масштабе сопоставлены ме-

дианы. Анализ этих данных показывает, что какое-либо существенное отличие между тонкозернистыми алюмосиликокластическими образованиями рифея и венда по медианным содержаниям значительного числа микроэлементов отсутствует. Так, например, медианное содержание скандия в глинистых сланцах и мелкозернистых алевролитах рифея составляет 12,2, а величина стандартного отклонения – 4,2, для аналогичных по гранулометрии пород венда эти параметры равны соответственно 15,0 и 5,7. Для кобальта те же величины составляют 17,1, 6,3, 15,6 и 6,2. Медианное содержание галлия в породах рифея равно $23,0 \pm 7,2$, а в отложениях венда – $21,5 \pm 8,5$. Достаточно широкие пределы вариаций типичны и для многих других элементов-примесей. Так, содержание лантана в тонкозернистых обломочных породах венда составляет $38,4 \pm 28,7$, а в глинистых сланцах и мелкозернистых алевролитах рифея – $26,5 \pm 10,8$; эти же параметры для иттербия равны $2,8 \pm 1,8$ и $1,6 \pm 0,6$.

На диаграмме Th–La фигуративные точки составов тонкозернистых терригенных пород рифея и венда расположены вблизи модельных составов среднего постархейского австралийского сланца (PAAS) и среднего архейского аргиллита (AR Sh) (рис. 2а). Перекрываемые ими поля достигает 80-85 %. Единственное же отличие – присутствие в выборке вендских глинистых сланцев и алевроаргиллитов нескольких образцов с более высокими, чем в породах рифея содержаниями как La, так и Th.

По содержаниям никеля и хрома тонкозернистые терригенные образования и рифея и

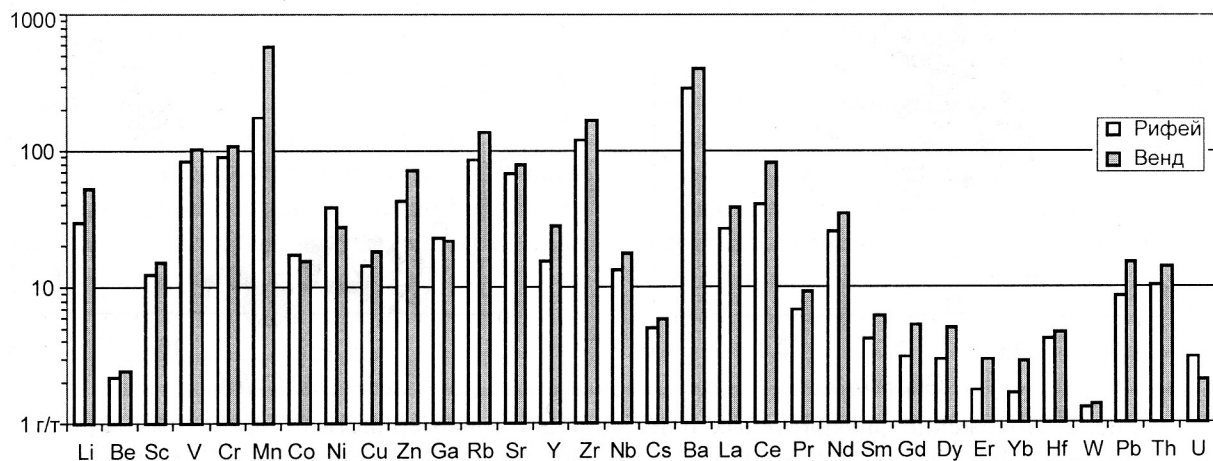


Рис. 1. Сопоставление медианных содержаний (в г/т) ряда элементов-примесей в отложениях рифея и венда Камско-Бельского прогиба.

венда близки к модельному составу PAAS (рис. 2б) и расположены в области составов, характерных для подавляющего большинства постархейских осадочных образований. Перекрытие полей составляет здесь около 60 %. Часть образцов алевроаргиллитов и мелкозернистых алевролитов венда характеризуются несколько большими, чем породы рифея, содержаниями хрома и пониженными содержаниями никеля. В целом же, можно сделать вывод, что по содержаниям Cr и Ni тонкозернистые алюмосиликокластические образования рифея и венда достаточно сопоставимы.

На диаграмме Gd_N/Yb_N – Eu/Eu^* (рис. 2в) подавляющее большинство глинистых сланцев

и мелкозернистых алевролитов рифея (за исключением 3 образцов) локализовано в области значений, характерных для постархейских глинистых пород. Деплетирование тяжелых редкоземельных элементов ($Gd_N/Yb_N > 2$) присуще только одному (из 53 !!) образцу глинистых сланцев рифея, в то же время это явление отмечено в 7 из 23 образцов алевроаргиллитов и мелкозернистых алевролитов верхнего венда (т.е. почти для трети выборки). Здесь следует также отметить, что принятое К. Конди [Condie, 1993] для модельного состава среднего архейского сланца значение Eu/Eu^* (0,73) ведет к локализации последнего в поле постархейских составов, границы которого (рис. 2в) показаны

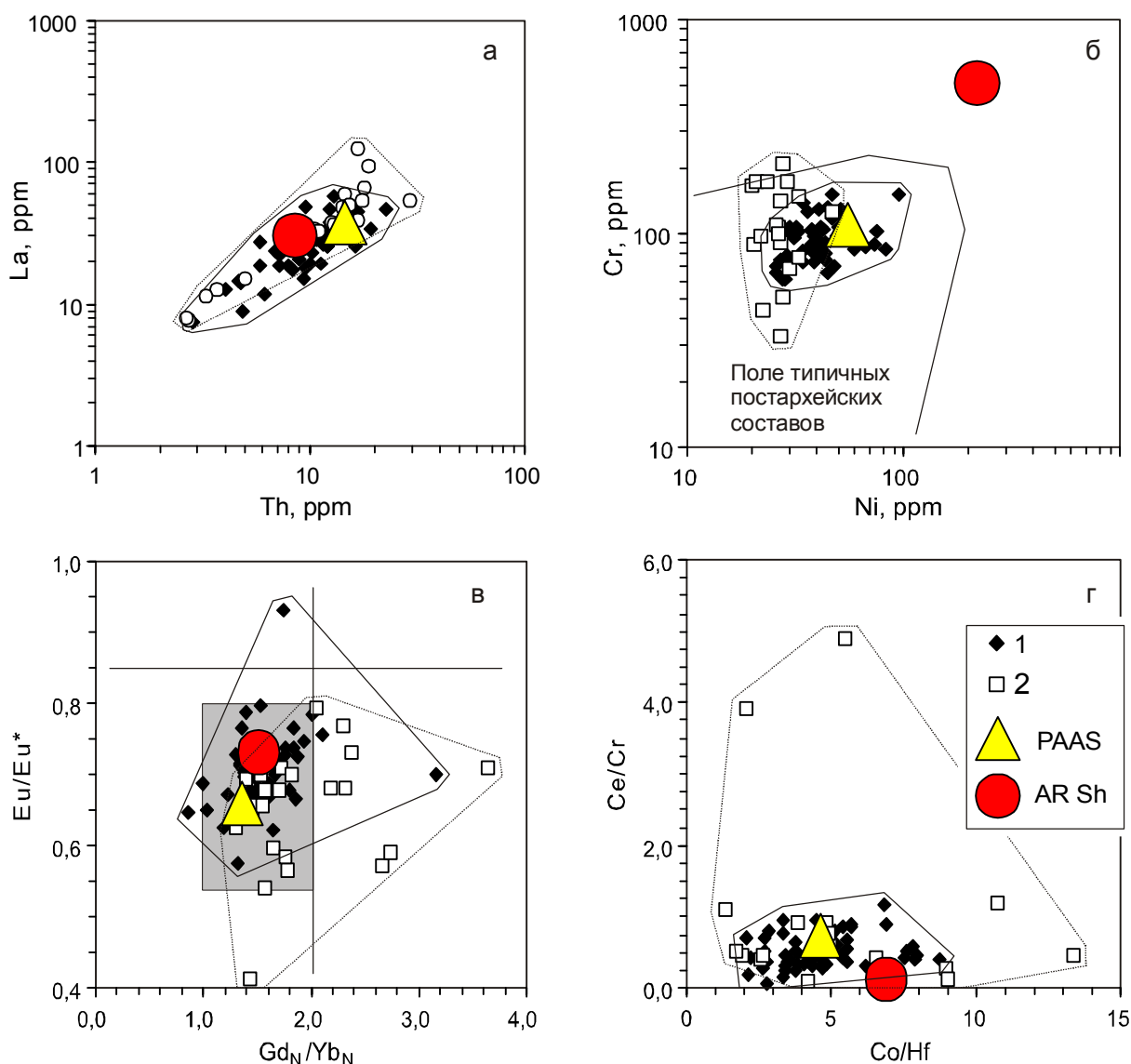


Рис. 2. Положение фигуративных точек составов тонкозернистых обломочных пород рифея и венда на диаграммах Th–La (а), Ni–Co (б), Gd_N/Yb_N – Eu/Eu^* (в) и Co/Hf–Ce/Cr (г).

1 – тонкозернистые терригенные образования рифея; 2 – то же, венда; PAAS – средний постархейский глинистый сланец; AR Sh – средний архейский кратонный сланец.

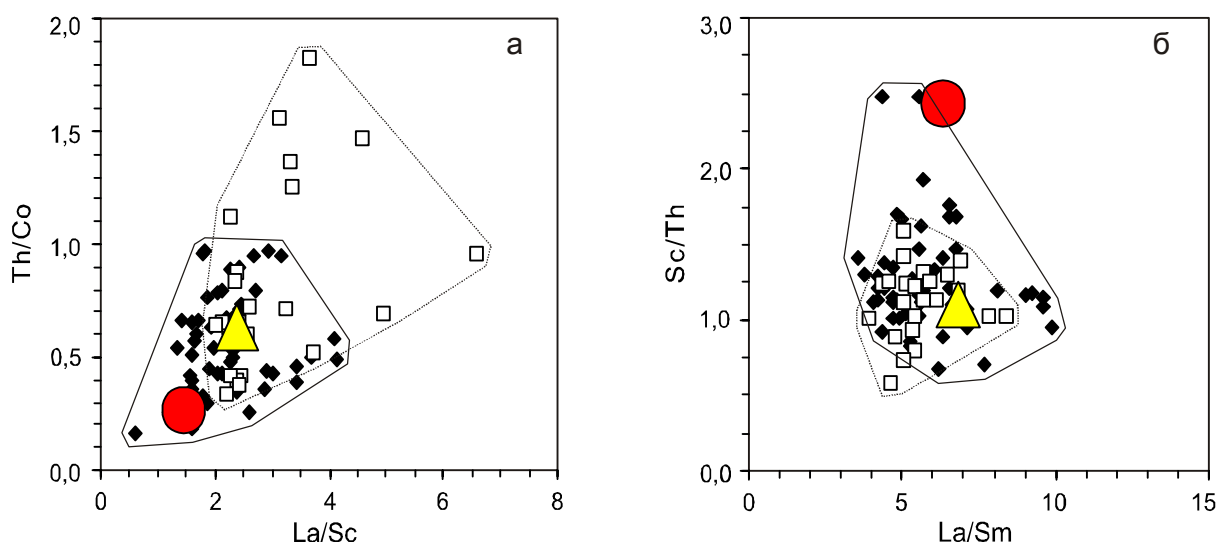


Рис. 3. Положение фигуративных точек составов тонкозернистых терригенных пород рифея и венда на диаграммах La/Sc–Th/Co (а) и La/Sm–Sc/Th (б).

Условные обозначения см. на рис. 2.

по данным С. Тейлора и С. МакЛеннана [1988]. Средний же архейский аргиллит С. Тейлора и С. МакЛеннана характеризуется отсутствием европиевой аномалии ($\sim 1,0$). Выполненный нами ранее анализ значений Eu/Eu^* в частных пробах архейских терригенных пород [Маслов, 2007] показал, что величина европиевой аномалии варьирует в них от 0,45 до 2,2, однако подавляющая часть образцов характеризуется величинами Eu/Eu^* от 0,75–0,8 до 1,0–1,1, то есть величина отрицательной европиевой аномалии в осадочных породах архея в целом несколько ниже, чем в постархейских глинистых сланцах, но не настолько, как предполагали С. Тейлор и С. МакЛеннан. Исходя из выраженного в ряде образцов венда деплетирования TP3Э и используя критерии С. Тейлора и С. МакЛеннана [1988], а также К. Конди [Condie, 1993] и ряда других исследователей можно с определенной долей уверенности считать, что источниками тонкой алюмосиликокластиков для них выступали примитивные архейские субстраты, представленные преимущественно на гранитами и породами тоналит-трондьемит-гранитных (ТТГ) ассоциаций².

На диаграмме Co/Hf – Ce/Cr (рис. 2г) основная часть точек составов тонкозернистых терригенных пород рифея и венда сосредоточена вокруг точки модельного состава PAAS и существенно меньше образцов, благодаря высоким значениям отношения Co/Hf , тяготеет к модельному составу среднего архейского сланца (по [Condie, 1993]). Вместе с тем, считать, что рассматриваемые нами выборки глинистых сланцев, алевроаргиллитов и мелкозернистых алевролитов представлены в той или иной доле архейской алюмосиликокластикой нельзя из-за больших значений отношения Ce/Cr (подавляющая часть архейских метатерригенных образований характеризуется весьма низкими ($< 0,4$) значениями данного отношения, а в среднем архейском аргиллите С. Тейлора и С. МакЛеннана оно составляет 0,1 [Маслов, 2007]).

На диаграмме La/Sc – Th/Co поля составов тонкозернистых обломочных пород рифея и венда демонстрируют примерно 50 % перекрытие. Основная часть фигуративных точек тех и других сконцентрирована здесь вокруг модельного состава среднего постархейского австралийского сланца, однако локализация не входящих

² Под примитивными архейскими субстратами понимаются субстраты, представленные: 1) либо преимущественно базальтами и высокомагнезиальными коматиитами, поставляющими при разрушении в осадки значительные количества Cr, Ni и Co, и характеризующимися значениями $\text{La}_N/\text{Yb}_N \sim 0,4$ [Condie, 1993]; 2) либо преимущественно натровыми гранитоидами, обладающими значительным деплетированием TP3Э и небольшими отрицательными европиевыми аномалиями или лишенными их. Средняя величина Gd_N/Yb_N для пород архейских ТТГ-ассоциаций составляет $\sim 3,2$ [Gu, 1994], а параметр La_N/Yb_N варьирует от ~ 15 (архейские граниты) до ~ 18 (архейские ТТГ-комплексы) [Condie, 1993].

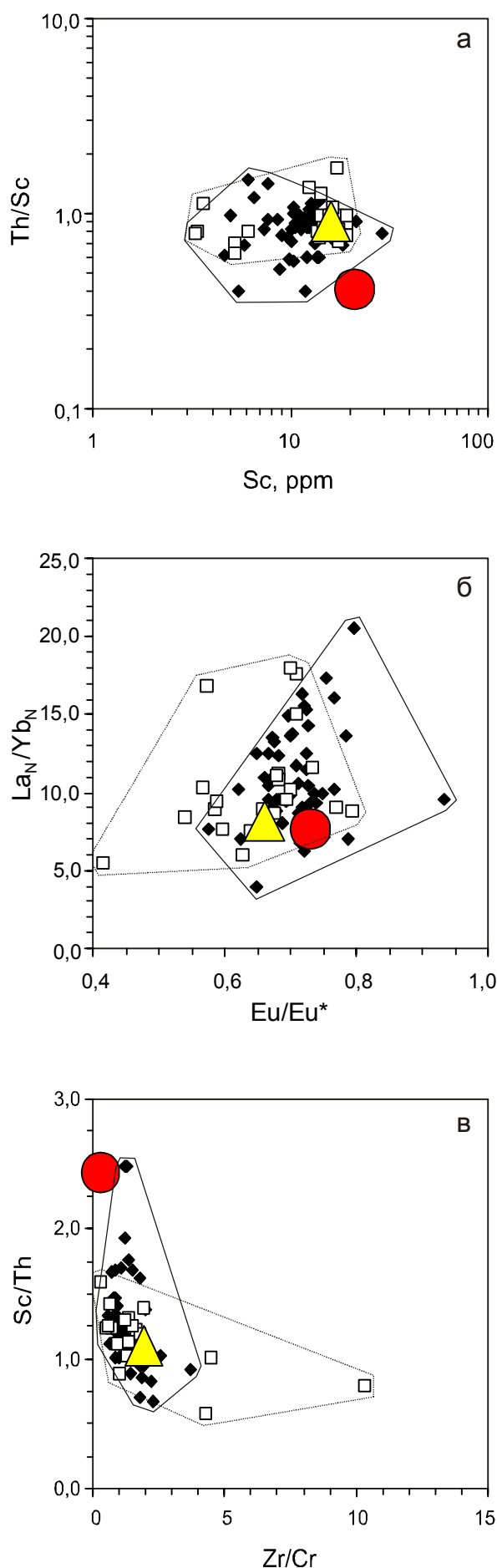


Рис. 4. Положение фигуративных точек составов тонкозернистых алюмосиликокластических пород рифея и венда на диаграммах Sc–Th/Sc (а), $Eu/Eu^* - La_N/Yb_N$ (б) и Zr/Cr–Sc/Th (в). Условные обозначения см. на рис. 2.

в указанную совокупность образцов для пород рифея и венда различна. Первые обладают достаточно низкими значениями La/Sc и Th/Co , тяготея вследствие этого к модельному составу среднего архейского кратонного сланца (рис. 3а). Вторые, напротив, характеризуются заметно более высокими значениями отношений La/Sc и Th/Co , что достаточно просто, на наш взгляд, можно интерпретировать как присутствие в составе алевроаргиллитов и глинистых сланцев венда заметной доли тонкой алюмосиликокластики, формировавшейся при размыве на палеоводосборах пород архейских ТТГ-ассоциаций (среднее значение La/Sc , по данным работы [Condie, 1993], здесь составляет ~ 6 , однако величина отношения Th/Co равна всего 0,8) и гранитоидов того же возрастного интервала, а также и более молодых (в архейских гранитоидах среднее значение $La/Sc \sim 12,5$, величина отношения $Th/Co \sim 4,3$, в протерозойских гранитоидах соответственно 9,6 и $\sim 3,3$).

По величине отношений La/Sm и Sc/Th рифейская и вендская тонкая алюмосиликокластика практически не различима (рис. 3б). Для тонкозернистых обломочных пород рифея пределы вариаций La/Sm составляют 3–10, для сходных по гранулометрии пород венда – 3–8,5. Диапазон изменения значений Sc/Th для глинистых сланцев и мелкозернистых алевролитов рифея как будто несколько выше (0,5–2,5), чем для алевроаргиллитов венда (0,5–1,6), однако среди проанализированной нами выборки тонкозернистых обломочных пород рифея только 7 образцов из 53 (т.е. порядка 13 %) обладают величинами $Sc/Th > 1,6$. Всего 2 из 53 образцов тонкозернистых обломочных пород рифея имеют значения La/Sm и Sc/Th , сходные с теми, что приводятся К. Конди [Condie, 1993] для архейского кратонного сланца.

Отсутствуют значимые отличия между тонкозернистыми терригенными породами рифея и венда и на диаграмме Sc–Th/Sc (рис. 4а). Подавляющее большинство фигуративных точек составов глинистых сланцев и мелкозернистых алевролитов обеих выборок сосредоточены здесь вокруг точки PAAS.

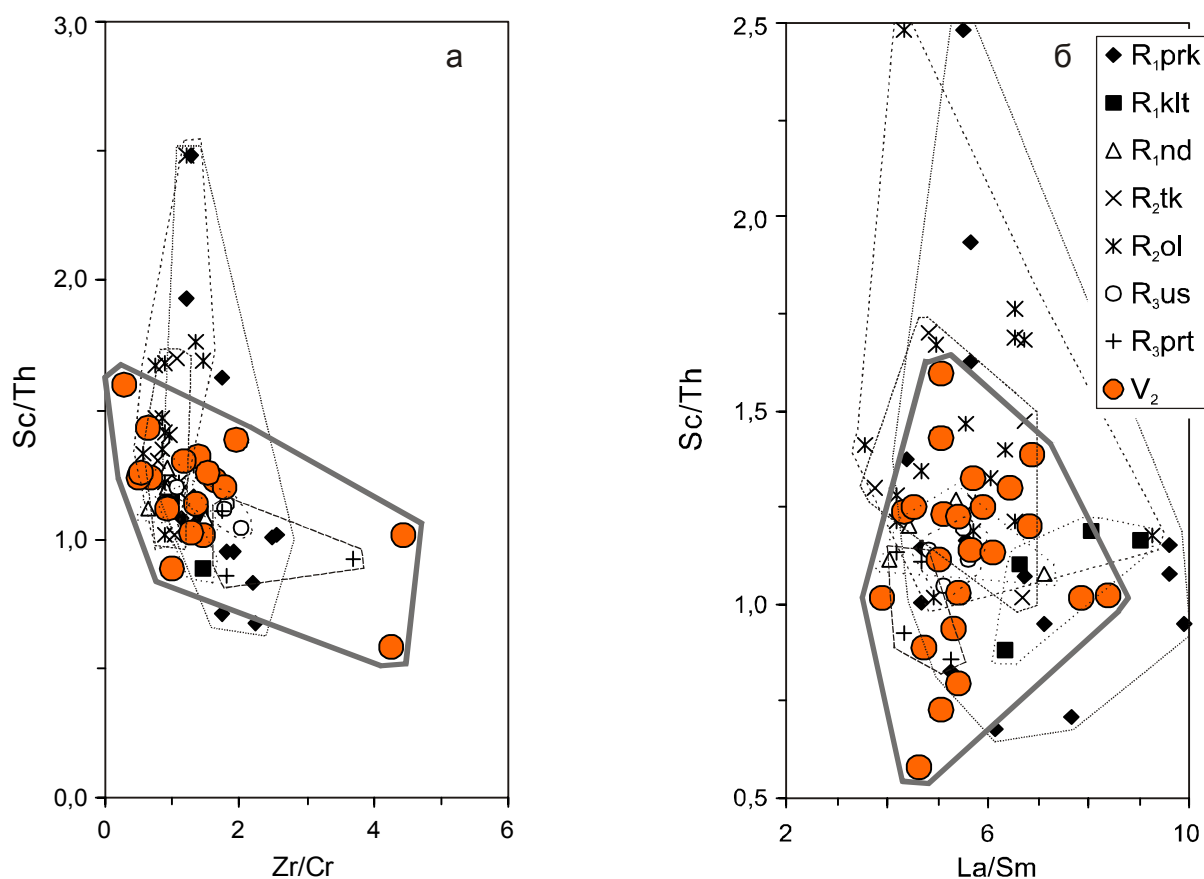


Рис. 5. Положение фигуративных точек составов тонкозернистых алюмосиликокластических пород различных литостратиграфических подразделений рифея и венда (в целом) на диаграммах Zr/Cr–Sc/Th (а) и La/Sm–Sc/Th (б).

Свиты: R₁prk – прикамская; R₁klt – калтасинская; R₁nd – надеждинская; R₂tk – тукаевская; R₂ol – ольховская; R₃us – усинская; R₃prt – приютовская; V₂ – верхний венд.

На диаграмме $\text{Eu}/\text{Eu}^* - \text{La}_N/\text{Yb}_N$ мы видим практически полное перекрытие полей составов обеих выборок по параметру La_N/Yb_N (рис. 4б); значения указанного отношения меняются в тонкозернистых обломочных породах и рифея и венда от 5 до 20, причем большая часть фигуративных точек локализована в области значений $\text{La}_N/\text{Yb}_N > 10$. Учитывая, что в среднем архейском кратонном сланце величина La_N/Yb_N составляет 7,7, а в протерозойских кратонных сланцах равна 8,1 [Condie, 1993], можно с достаточной долей уверенности считать, что в составе позднедокембрийской тонкой алюмосиликокластики Камско-Бельского прогиба заметная или существенная роль принадлежит продуктам размыва На гранитоидов и пород ТТГ-ассоциаций предположительно архейского возраста (значения La_N/Yb_N соответственно ~ 15,2 и 18,2 [Condie, 1993]). Вполне сопоставимы в обеих выборках и величины отрицательной европие-

вой аномалии (породы рифея – 0,56-0,95, породы венда – 0,40-0,80). Весьма высокое значение Eu/Eu^* в одном из образцов алевроаргиллитов венда связано с присутствием в его составе кислой пирокластики [Маслов, Ишерская, 2006].

Наконец, на диаграмме Zr/Cr–Sc/Th наблюдается локализация основной части фигуративных точек составов и рифейских и вендских тонкозернистых обломочных пород вблизи модельной точки состава PAAS (рис. 4в); только один образец мелкозернистых алевролитов прикамской свиты нижнего рифея и один образец глинистых сланцев ольховской свиты среднего рифея характеризуются весьма высокими, сопоставимыми с характерными для среднего архейского кратонного сланца К. Конди, значениями Sc/Th. Показательно также, что три образца тонкозернистых обломочных пород, отобранных из разрезов салиховской и карлинской свит венда, имеют существенно боль-

Таблица 4

Нормированные на средний архейский кратонный сланец (по [Condie, 1993]) содержания ряда элементов-примесей в тонкозернистых терригенных породах рифея и венда Камско-Бельского прогиба

	Th	Ba	Rb	Hf	Ta	Y	Yb	La	Eu	Sc	Co	Cr	Ni
<i>Рифей</i>													
Мд	1,2	0,6	0,8	0,9	1,1	0,6	0,7	0,9	0,7	0,6	0,6	0,2	0,2
СО	0,5	0,6	0,3	0,4	0,3	0,2	0,3	0,4	0,3	0,2	0,2	0,04	0,07
Минимум	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,08
Максимум	2,7	4,0	1,5	1,8	2,3	1,2	1,6	1,9	1,4	1,4	1,4	0,3	0,4
<i>Венд</i>													
Мд	1,7	0,9	1,3	1,0	—	1,0	1,2	1,3	1,1	0,7	0,5	0,2	0,1
СО	0,8	0,4	0,6	0,7	—	1,0	0,7	0,9	0,9	0,3	0,2	0,1	0,05
Минимум	0,3	0,2	0,2	0,2	—	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,01	0,02
Максимум	3,5	1,4	2,2	3,1	—	4,3	2,9	4,1	4,1	0,9	0,9	0,4	0,2

Примечание. Мд – медиана, СО – стандартное отклонение.

шие, чем вся остальная выборка (рифей+венд), отношения Zr/Cr (4,2-10,5 вместо 0,3-4).

Нами выполнено также сопоставление положения полей составов тонкозернистых обломочных пород различных свит рифея Камско-Бельского прогиба с полем аналогичных по гранулометрии пород венда на диаграммах

Zr/Cr–Sc/Th и La/Sm–Sc/Th (рис. 5). В результате сделан вывод, что породы калтасинской, надеждинской, тукаевской, усинской и приютовской свит рифея по присущим им значениям Zr/Cr, Sc/Th и La/Sm практически тождественны породам венда. Часть глинистых сланцев и мелкозернистых алевролитов прикамской

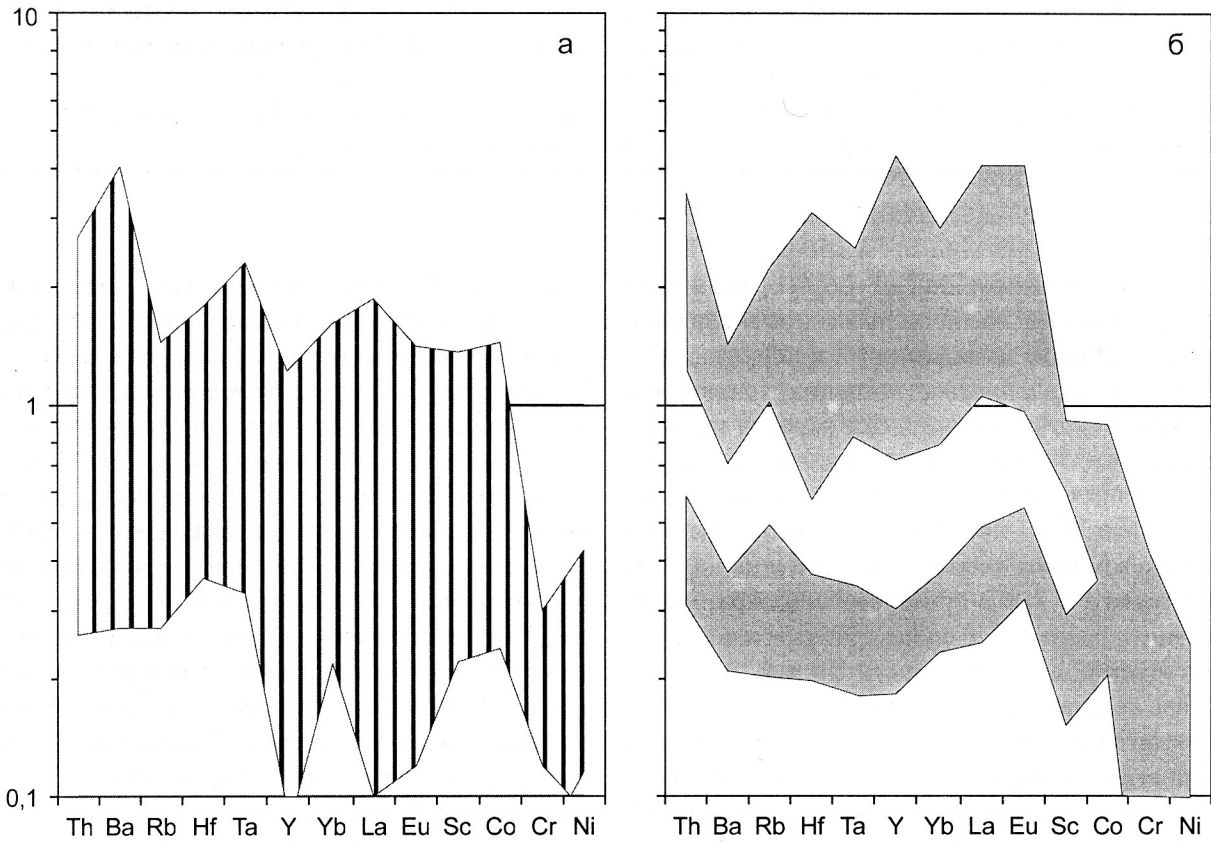


Рис. 6. Спайдер-диаграмма нормированных на средний архейский кратонный сланец (по [Condie, 1993]) содержаний ряда элементов-примесей в тонкозернистых обломочных породах рифея (а) и венда (б).

свиты кирпичной серии и ольховской свиты серафимовской серии характеризуются несколько большими, чем это присуще тонкозернистым терригенным породам венда в целом, значениями параметра Sc/Th, а для прикамского уровня кроме того типично и присутствие тонкой алюмосиликокластики с более высокими значениями отношения La/Sm. Таким образом, исследованные нами выборки характеризуются значительным сходством не только на «макроуровне» — при рассмотрении максимально крупных выборок (рифейской и вендской), но и на «микроуровне» — при анализе данных по конкретным литостратиграфическим уровням рифея и венду в целом.

В то же время, при нормировании на AR Sh и PAAS можно видеть и некоторые различия в геохимической специфике тонкозернистых обломочных пород рифея и венда. Однако если сравнивать медианные значения содержаний всех использованных нами при построении спайдер-диаграмм элементов, нормированных на их среднее содержание в модельном архейском кратонном сланце с учетом стандартных отклонений (табл. 4), то окажется, что глинистые и алевритоглинистые породы рифея и венда практически не могут быть разграничены. Вместе с тем, масштаб вариаций величин нормированных содержаний для тория, рубидия, гафния, иттрия, лантана, европия и хрома выше в тонкозернистых терригенных породах венда, тогда как для бария, скандия, кобальта и никеля характерна обратная ситуация. В тонкозернистых обломочных породах рифея по сравнению со средним архейским кратонным сланцем торий, барий, рубидий, гафний, иттрий, лантан,

европий, скандий и кобальт присутствуют как в большем, так и в меньшем количестве, тогда как содержания хрома и никеля во всех проанализированных нами образцах меньше, чем в AR Sh (рис. 6а). Для близких по гранулометрии пород венда список элементов, содержания которых во всех исследованных образцах меньше, чем в AR Sh расширяется за счет скандия и кобальта. При нормировании на средние содержания Th, Ba, Rb, Hf, Y, Yb, La, Eu, Sc, Co, Cr и Ni в архейских кратонных сланцах содержаний этих же элементов в тонкозернистых терригенных породах венда вырисовывается еще один любопытный феномен (рис. 6б). Мы видим две отчетливо проявленных совокупности образцов, из которых в одной содержания Th, Ba, Rb, Hf, Y, Yb, La и Eu составляют от 0,8 до $\sim 4,3 \times$ AR Sh, а содержания Sc, Co, Cr и Ni во всех случаях меньше, чем в среднем архейском кратонном сланце, тогда как во второй совокупности образцов, принадлежащих байкибашевскому и карлинскому уровням, все из перечисленных выше элементов-примесей присутствуют в меньших, чем в AR Sh, количествах.

При нормировании на PAAS той же совокупности элементов-примесей в тонкозернистых терригенных породах рифея и венда Камско-Бельского прогиба и сопоставлении их медианных значений с учетом стандартных отклонений мы вновь видим, что значимых отличий на границе рифея и венда внутри всей позднедокембрийской последовательности нет (табл. 5). В глинистых сланцах и мелкозернистых алевролитах рифея все рассматриваемые нами элементы-примеси, за исключением рубидия, присутствуют как в больших, так и в меньших ко-

Таблица 5

Нормированные на средний постархейский австралийский сланец (по [Тейлор, МакЛеннан, 1988]) содержания ряда элементов-примесей в тонкозернистых терригенных породах рифея и венда Камско-Бельского прогиба

	Th	Ba	Rb	Hf	Ta	Y	Yb	La	Eu	Sc	Co	Cr	Ni
<i>Рифей</i>													
Мд	0,7	0,5	0,6	0,8	0,8	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7
СО	0,3	0,4	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3
Минимум	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,6	0,5
Максимум	1,6	1,4	1,0	1,5	1,6	1,3	1,4	1,5	1,5	1,8	1,9	1,4	1,7
<i>Венд</i>													
Мд	1,0	0,6	0,9	0,9	—	1,0	1,0	1,0	1,1	0,9	0,7	1,0	0,5
СО	0,5	0,2	0,4	0,6	—	1,0	0,7	0,7	0,9	0,4	0,3	0,5	0,2
Минимум	0,2	0,2	0,1	0,2	—	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,1
Максимум	2,0	1,0	1,6	2,8	—	4,5	2,5	3,3	4,2	1,2	1,2	2,0	1,0

Примечание. Мд — медиана, СО — стандартное отклонение.

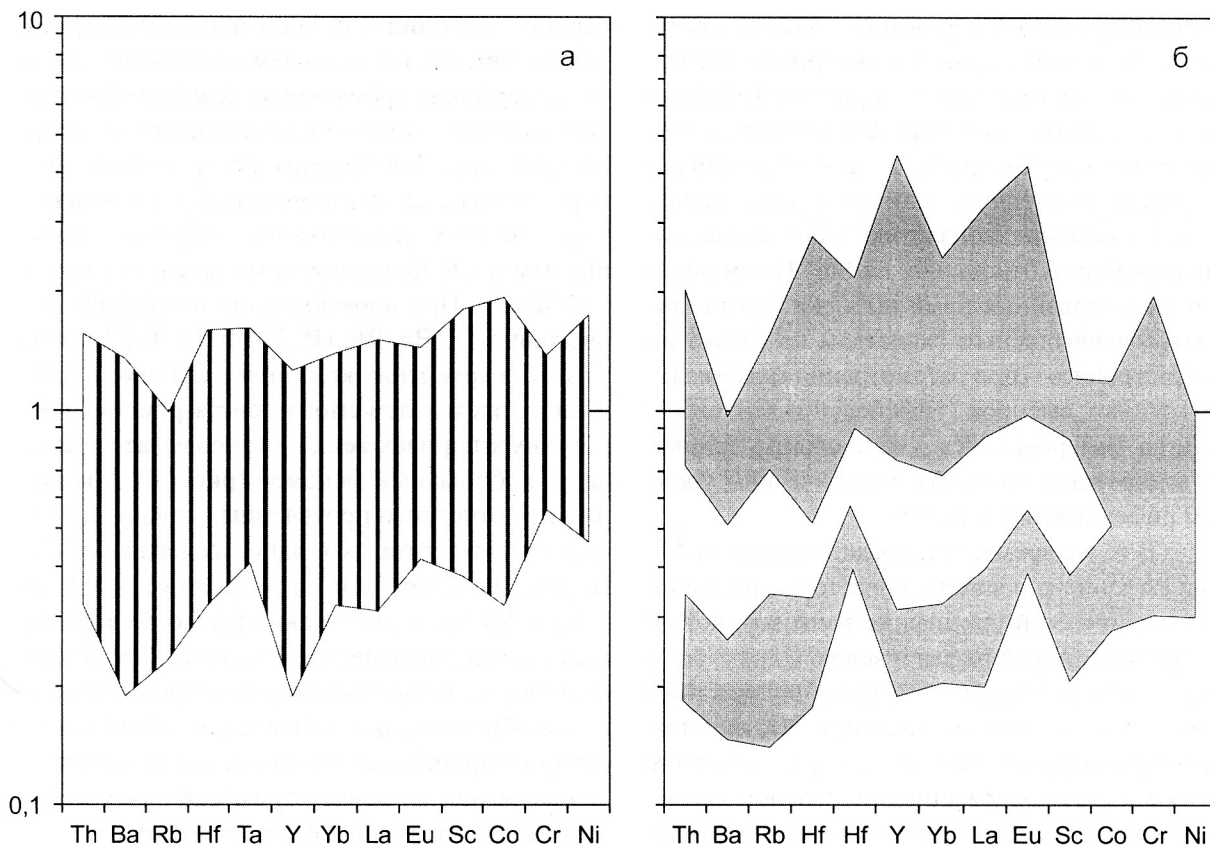


Рис. 7. Спайдер-диаграмма нормированных на средний постархейский австралийский сланец (по [Тейлор, МакЛеннан, 1988]) содержаний ряда элементов-примесей в тонкозернистых обломочных породах рифея (а) и венда (б).

личествах (например, содержания Ba и Y составляют $0,2 \times \text{PAAS}$, тогда как максимальное содержание Co достигает $1,9 \times \text{PAAS}$) (рис. 7а). Для вендских тонкозернистых терригенных пород при нормировании на PAAS также можно видеть два тренда. Первый из них характеризуется содержаниями подавляющего числа рассматриваемых нами микроэлементов в пределах $0,5\text{--}4,5 \times \text{PAAS}$ (рис. 7б), второй – существенно меньшими, нежели в PAAS содержаниями, за исключением в ряде случаев хрома.

Заключение

Полученные в процессе исследований результаты позволяют сделать следующие выводы.

По медианным содержаниям широкого спектра микроэлементов какого-либо существенного отличия между тонкозернистыми алюмосиликокластическими образованиями рифея и венда Камско-Бельского прогиба не наблюдается.

На основных дискриминантных диаграммах (Th–La, Ni–Co, $\text{Gd}_N/\text{Yb}_N\text{--Eu/Eu}$, Co/Hf–Ce/

Cr, La/Sm–Sc/Th, Sc–Th/Sc, $\text{Eu/Eu}^*\text{--La}_N/\text{Yb}_N$ и Zr/Cr--Sc/Th) фигуративные точки составов глинистых сланцев, алевроаргиллитов и мелкозернистых алевролитов осадочных последовательностей рифея и венда Камско-Бельского прогиба локализованы преимущественно в области PAAS; перекрытие полей составов тонкозернистых обломочных пород рифея и венда варьирует на этих диаграммах от 60 до 90 %, что с высокой степенью вероятности указывает на существенное сходство состава пород на палеоводосборах рифея и венда.

Заметное деплетирование ТРЗЭ и высокие значения La_N/Yb_N в ряде образцов венда позволяют предполагать, что источниками тонкой алюмосиликокластики для них могли выступать примитивные архейские субстраты, представленные Na гранитоидами и породами тоналит-трондьемит-гранитных ассоциаций.

Высокие и в целом достаточно сходные пределы вариаций в тонкозернистых терригенных породах рифея и венда значений параметра La_N/Yb_N также позволяют предполагать, что

в составе позднедокембрийской тонкой алюмосиликокластики Камско-Бельского прогиба заметная или существенная роль принадлежит продуктам размыва На гранитоидов и ТТГ-ассоциаций. Такой же вывод следует и из анализа присущих тонкозернистым обломочным породам рифея и венда значений La/Sc и Th/Co.

Исследования проведены в рамках Интеграционного проекта УрО и СО РАН (проект ИП СО РАН 6.6 «Докембрийские осадочные последовательности Урала и Сибири: типы и характеристичности сноса, долговременные вариации состава коры, проблема рециклинга»).

Список литературы

- Аксенов Е.М.* История геологического развития Восточно-Европейской платформы в позднем протерозое: Докт. дис. в форме научного доклада. СПб.: ИГГД РАН, 1998. 106 с.
- Алиев М.М., Морозов С.Г., Постникова И.Е. и др.* Геология и нефтегазоносность рифейских и вендских отложений Волго-Уральской провинции. М.: Недра, 1977. 157 с.
- Вендская система. Историко-геологическое и палеонтологическое обоснование. Т. 2. Стратиграфия и геологические процессы / Отв. ред. Б.С. Соколов, М.А. Федонкин. М.: Наука, 1985. 237 с.
- Иванова З.П., Веселовская М.М., Клевцова А.А. и др.* Нефтегазоносные и перспективные комплексы центральных и восточных областей Русской платформы. Т. I. Доордовикские отложения центральных и восточных областей Русской платформы. Л.: Недра, 1969. 168 с.
- Ишерская М.В., Романов В.А.* К стратиграфии рифейских отложений Западной Башкирии. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 1993. 35 с.
- Лагутенкова Н.С., Чепикова И.К.* Верхнедокембрийские отложения Волго-Уральской области и перспективы их нефтегазоносности. М.: Наука, 1982. 110 с.
- Маслов А.В.* Метатерригенные породы архея: основные геохимические ограничения // Геохимия. 2007. № 4. С. 370-389.
- Маслов А.В., Ишерская М.В.* Осадочные ассоциации рифея Волго-Уральской области (условия формирования и литофациальная зональность). Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1998. 286 с.
- Маслов А.В., Ишерская М.В.* Петро- и геохимические особенности аргиллитов верхнего венда Шкаповско-Шиханской впадины как индикаторы условий их формирования, состава и эволюции источников сноса (предварительные данные) // Ежегодник-2003. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2004. С. 87-103.
- Маслов А.В., Ишерская М.В.* Вариации Eu/Eu* в аргиллитах венда Волго-Уральской области и трассирование границы редкинского и котлинского горизонтов // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2006. Т. 14. № 3. С. 57-64.
- Маслов А.В., Ишерская М.В., Ронкин Ю.Л. и др.* Условия формирования вендских отложений Шкаповско-Шиханской впадины по данным изучения литогеохимических особенностей аргиллитов // Литология и полезные ископаемые. 2006. № 3. С. 279-300.
- Постникова И.Е.* Верхний докембрий Русской плиты и его нефтеносность. М.: Недра, 1977. 222 с.
- Рабочая схема стратиграфии и корреляции разрезов верхнего протерозоя Западной Башкирии (методические рекомендации) / Н.Н. Лисовский, В.С. Афанасьев, Л.Д. Ожиганова и др. Уфа: БФАН СССР, 1981. 35 с.
- Романов В.А., Ишерская М.В.* К изучению рифейских отложений Западной Башкирии. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 1994. 32 с.
- Романов В.А., Ишерская М.В.* Средний рифей платформенного Башкортостана. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 1997. 22 с.
- Романов В.А., Ишерская М.В.* Стратиграфия рифея платформенного Башкортостана. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 1998. 36 с.
- Романов В.А., Ишерская М.В.* Рифей платформенного Башкортостана: стратиграфия, тектоника и перспективы нефтегазоносности. Уфа: Гилем, 2001. 126 с.
- Стратиграфическая схема рифейских и вендских отложений Волго-Уральской области / Е.М. Аксенов, В.И. Козлов. Объяснительная записка. Уфа: ИГ УНЦ РАН, ЦНИИГеолнеруд, БашНИПИНефть, 2000. 81 с.
- Стратотип рифея. Стратиграфия. Геохронология / Отв. ред. Б.М. Келлер, Н.М. Чумаков. М.: Наука, 1983. 184 с.
- Тейлор С.Р., МакЛеннан С.М.* Континентальная кора: ее состав и эволюция. М.: Мир, 1988. 384 с.
- Condie K.C.* Chemical composition and evolution of the upper continental crust: contrasting results from surface samples and shales // Chem. Geol. 1993. V. 104. P. 1-37.
- Gu X.X.* Geochemical characteristics of the Triassic Tethys-turbidites in northwestern Sichuan, China: implications for provenance and interpretation of the tectonic setting // Geochim. Cosmochim. Acta. 1994. V. 58. P. 4615-4631.

*Рецензенты доктор геол.-мин. наук А.К. Худoley,
доктор геол.-мин. наук В.П. Алексеев*