

ТОНКОЗЕРНИСТЫЕ ТЕРРИГЕННЫЕ ПОРОДЫ РИФЕЯ КАМСКО-БЕЛЬСКОГО ПРОГИБА: ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ СИСТЕМАТИКИ

А.В. Маслов*, М.В. Ишерская**

**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 27 сентября 2007 г.

В статье приведены результаты исследования геохимических особенностей тонкозернистых терригенных пород рифея Камско-Бельской впадины. Локализация большинства фигуративных точек глинистых сланцев и мелкозернистых алевролитов на дискриминантных диаграммах $Gd_N/Yb_N-Eu/Eu^*$, $Co/Hf-Ce/Cr$, $Sc-Th/Sc$, $Th-La$, $Ni-Cr$ и ряде других указывает на размыв в течение рифея достаточно зрелой верхней континентальной коры при одновременном присутствии в областях сноса блоков примитивных (архейских?) субстратов.

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

RIPHEAN FINE-GRAINED ALUMOSILICICLASTIC ROCKS OF KAMSKO-BELSKAYA DEPRESSION: MAIN FEATURES OF GEOCHEMICAL SYSTEMATICS

A.V. Maslov*, M.V. Isherskaya**

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

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

The research data of fine-grained Riphean terrigenous rocks geochemical features in Kamsko-Belskaya depression are adduced in article. Localization of most Riphean shales and fine-grained siltstones figurative points on discriminant diagrams $Gd_N/Yb_N-Eu/Eu^*$, $Co/Hf-Ce/Cr$, $Sc-Th/Sc$, $Th-La$, $Ni-Cr$ etc. specifies to washout of enough mature upper continental crust and the blocks of primitive (Archean?) substrata during the Riphean.

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

Введение

По данным глубокого бурения и сейсмопрофилирования, осадочные последовательности стратотипа рифея Южного Урала – бурзянская, юрматинская и каратауская серии – сменяются в западном направлении (в сторону Восточно-Европейской платформы) мощными толщами синхронных им отложений кирпичинской, серафимовской и абдулинской серий Камско-Бельского прогиба [Лозин, Хасанов, 1991; Загребина, Булгаков, 1991; Ишерская, Романов, 1993; Лозин, 1994; Echtler et al., 1996; Романов, Ишерская, 1996, 2001, и др.; Стратиграфическая..., 2000;

Белоконь и др., 2001; Глубинное..., 2001; Масагутов, 2002, и др.]. Однако, в отличие от разреза рифея Башкирского мегантиклинория, последние, в силу вскрытия весьма малым числом глубоких скважин, до настоящего времени не получили полноценной литологической и геохимической характеристики. Настоящая работа, в которой рассматриваются самые первые данные по прецизионной геохимии тонкозернистых терригенных пород (аргиллитов, глинистых сланцев и мелкозернистых алевролитов), в какой-то мере восполняет этот пробел, однако приводимые ниже материалы – это, несомненно, только самые первые шаги в данном направлении.

**Литостратиграфия рифея
Камско-Бельского прогиба**

В Камско-Бельском прогибе развиты терригенные и карбонатные образования нижнего, среднего и верхнего рифея – кырпинская, серафимовская и абдулинская серии. Описания вскрытых глубокими скважинами различных интервалов разрезов основных литостратиграфических единиц названных серий приведены во многих работах [Иванова и др., 1969; Иванова, 1970; Алиев и др., 1977; Постникова, 1977; Андреев и др., 1981; Лагутенкова, Чепикова, 1982; Ожиганова, 1983; Стратотип..., 1983; Ишерская, Романов, 1993; Романов, Ишерская, 1994, 1998, 1999, 2001; Лозин, 1994, 1999, и др.; Аксенов, 1998; Маслов, Ишерская, 1998; Стратиграфическая..., 2000, и др.], поэтому ниже даны только краткие сведения, необходимые для дальнейшего обсуждения материала.

Нижний рифей представлен отложениями кырпинской серии, объединяющей актанышскую, можаровскую¹, калтасинскую и надеждинскую свиты [Романов, Ишерская, 1998, 2001]. Наиболее полные разрезы серии вскрыты глубокими и сверхглубокими скважинами в северо-западной части Камско-Бельской впадины (прогиба), на территории платформенного Башкортостана [Ожиганова, 1983; Ишерская, Романов, 1993; Маслов, Ишерская, 1998; Романов, Ишерская, 1998, 2001].

Актанышская свита залегает непосредственно на глубоко размытых породах кристаллического фундамента. В нижней части (азякульская подсвита) она сложена серыми и розовато-серыми преимущественно мелко- и среднезернистыми, редко крупнозернистыми кварцевыми песчаниками. Выше (норкинская подсвита) залегает толща грубо- и тонкопереслаивающихся преимущественно темноцветных аргиллитов и алевролитов с прослоями мелко- и среднезернистых полевошпат-кварцевых и аркозовых песчаников и песчанистых доломитов. Мощность отложений актанышской свиты в скв. 20005 и 183 Мензелино-Актаныш составляет соответственно 1120 и 692 м. Изотопный возраст минералогически неизученного глауконита (К-

Аг метод) из песчаников этой свиты в скв. 203 Мензелино-Актаныш составляет 1542 ± 18 млн. лет, а в скв. 3 Бураево он равен 1520-1425 млн. лет [Стратотип..., 1983]. Аргиллиты данного уровня имеют изотопный возраст от 1482 ± 15 до 1408 ± 14 млн. лет (Rb-Sr метод, фракция менее 0,001 мм) [Горожанин, 1983].

Можаровская свита в центральной части Камско-Бельской впадины залегает на породах актанышской свиты; в западных и северных районах прогиба отложения данного уровня несогласно перекрывают породы кристаллического фундамента. В нижней части свита представлена преимущественно красноцветными кварц-полевошпатовыми песчаниками и гравелитами с линзами мелкогалечниковых конгломератов (ротковская подсвита). В верхней части свиты (минаевская подсвита) преобладают алевролиты и доломиты с прослоями песчанистых доломитов и доломитовых мергелей. Мощность свиты меняется от 50-90 м на юго-восточном склоне Татарского свода до 740-860 м в Камско-Бельском прогибе. Изотопный К-Аг возраст минералогически неизученного глауконита из отложений можаровской свиты, вскрытых скв. 191 Урус-Тамак, составляет 1334-1358 млн. лет [Стратотип..., 1983].

Калтасинская свита (60-3000 м) представлена различными типами карбонатных пород при подчиненной роли терригенных разностей. Нижняя ее граница согласная и постепенная; верхняя, как правило, эрозионная: отложения калтасинской свиты трансгрессивно перекрыты породами надеждинской свиты нижнего рифея либо более молодыми, вплоть до палеозойских, комплексами [Ишерская, Романов, 1993]. Максимальные мощности отложений калтасинского уровня характерны для центральной части Камско-Бельского авлакогена и достигают 3000-3500 м, тогда как на северной периферии данной структуры они не превышают первых десятков метров [Фролович, 1980; Ишерская, Романов, 1993; Маслов, Ишерская, 1998]. По данным [Казаков, 1967; Стратотип..., 1983], изотопный возраст аутигенного глауконита, отобранного из пород калтасинской (арланской) свиты, составляет 1470-1490 млн. лет (К-Аг метод).

¹ Актанышская и можаровская свиты выделены М.В. Ишерской и В.А. Романовым вместо прикамской; подробнее см. в [Романов, Ишерская, 2001], однако при рассмотрении геохимических особенностей тонкозернистых терригенных пород мы будем оперировать термином прикамская свита, включая в него все терригенные докалтасинские образования Камско-Бельской впадины (прогиба).

Завершающая разрез кырпинской серии *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. Породы надеждинской свиты прорваны габбро-диабазами, изотопный К-Аг возраст которых составляет около 1370 млн. лет [Стратотип..., 1983]. Аутигенный глауконит из отложений данного уровня имеет изотопный возраст 1366 ± 6 млн. лет (данные Л.В. Анфимова [Маслов, Ишерская, 1998]).

Актанышская и жогаровская свиты кырпинской серии сопоставляются с айской свитой типового разреза рифея; калтасинская свита – с саткинской [Стратотип..., 1983; Ишерская, Романов, 1993; Маслов, Ишерская, 1998]. Отложения надеждинской свиты соответствуют либо бакальской, либо машакской свите [Романов, Ишерская, 1994]; последнее возможно, если считать, что калтасинская свита синхронна с образованиями всего послеайского интервала бурзянской серии.

Среднерифейские образования (серафимовская серия) залегают на отложениях нижнего рифея трансгрессивно и представлены тукаевской и ольховской свитами² [Ишерская, Романов, 1993; Романов, Ишерская, 1994; Маслов, Ишерская, 1998]. Наиболее полные разрезы серии так же, как и перекрывающих ее отложений верхнего рифея, известны в осевой зоне Предуральского прогиба – от окрестностей Куш-Куля до Ишимбая.

Тукаевская свита (мощность до 630 м) объединяет преимущественно пестроцветные аркозовые и близкие к ним по составу песчаники; глинистые сланцы и алевролиты играют в разрезах свиты подчиненную роль. Глауконит из песчаников тукаевской свиты имеет изотопный возраст 1253 ± 20 и 1274 ± 12 млн. лет (данные Л.В. Анфимова, [Ишерская, Романов, 1993; Маслов, Ишерская, 1998]). По данным М.А. Гаррис с соавторами [1964], он варьирует от 1290 до 1336 млн. лет. Изотопный возраст серицита из пород рассматриваемого уровня составляет, по данным Б.Б. Зайдиса [1973], порядка 1270 млн. лет (все определения – К-Аг метод). Максимальный К-Аг изотопный возраст (по поро-

де в целом) габбро-диабазов, рвущих отложения тукаевской свиты, не превышает 936 млн. лет [Романов, Ишерская, 1998].

Ольховская свита (340-840 м) представлена в верхней части пестроцветными аргиллитами, мергелями, алевролитами и доломитами. Нижняя часть свиты сложена темноцветными алевролитами и глинистыми сланцами; она выделяется под названием акбердинского горизонта (или свиты) [Андреев и др., 1981; Стратотип..., 1983]. К-Аг изотопный возраст даек габбро-диабазов, секущих отложения ольховской свиты, варьирует от 1138 до 1120 млн. лет [Стратотип..., 1983; Романов, Ишерская, 1998].

По совокупности данных тукаевская свита Камско-Бельского прогиба соответствует зигальгинскому уровню Башкирского мегантиклинория, а верхняя часть ольховской сопоставляется с авзянской свитой [Романов, Ишерская, 1994; Маслов, Ишерская, 1998; Маслов, 2000]; акбердинский горизонт, по мнению большинства исследователей, коррелируется с зигазинокомаровским уровнем типового разреза рифея.

Верхнерифейская абдулинская серия (усинская, леонидовская, приутовская и шиханская свиты) залегают с размывом на средне- и нижнерифейских отложениях, а в ряде мест перекрывает кристаллический фундамент. Ее верхняя граница почти повсеместно определяется предвендским размывом, в связи с чем, верхнерифейские образования сохранились только в центральных и восточных районах Камско-Бельской впадины, в Предуральском прогибе и на северном борту Серноводско-Абдулинского авлакогена.

Усинская свита (мощность от 45 до 400 м и более) сложена пестро- и сероцветными полевошпато-кварцевыми и аркозовыми песчаниками, алевролитами и аргиллитами.

Леонидовская свита (мощность от 57 до 1300 м и более) представлена характерными пестро- и сероцветными кварцевыми песчаниками с каолинитовым цементом. Залегают она согласно на отложениях усинской свиты [Ишерская, Романов, 1993; Маслов, Ишерская, 1998].

Приутовская свита (от 76 до 676 м) объединяет пестроцветные глинистые сланцы, алевролиты, мергели, доломиты, песчаники и

² В последние годы указанные названия изменены В.А. Романовым и М.В. Ишерской [2001], соответственно, на новокипчакскую и демскую.

ТОНКОЗЕРНИСТЫЕ ТЕРРИГЕННЫЕ ПОРОДЫ РИФЕЯ

Таблица 1

Привязка проанализированных образцов

| Скважина | № образца | Интервал отбора, м |
|-------------------------|-------------|--------------------|
| Прикамская свита | | |
| Сулли 20007 | ПБ-51 | 3070-3075 |
| | ПБ-17 | 3138-3145 |
| | ПБ-22 | 3138-3145 |
| | ПБ-16 | 3170-3173 |
| | ПБ-47 | 3176-3180 |
| | ПБ-18 | 3181-3190 |
| Мензелино-Актаныш 20005 | ПБ-37 | 3099-3101 |
| | ПБ-50 | 3197-3199 |
| | ПБ-43 | 3197-3199 |
| | ПБ-15 | 3199-3202 |
| Мензелино-Актаныш 20003 | ПБ-21 | 3249-3257 |
| | ПБ-23 | 3305Б9-3313 |
| | ПБ-27 | 3305,9-3313 |
| | ПБ-24 | 2989-2991 |
| | ПБ-25 | 3048-3056,5 |
| ПБ-26 | 3257-3264,7 | |
| Калтасинская свита | | |
| Арлан 7000 | ПБ-35 | 2448,8-2453,6 |
| | ПБ-38 | 2551-2554 |
| | ПБ-36 | 2551-2554 |
| | ПБ-34 | 2554-2559 |
| Надеждинская свита | | |
| Сулли 20007 | ПБ-49 | 2818-2820 |
| | ПБ-53 | 2818-2820 |
| Кабаково 62 | ПБ-42 | 5453-5454 |
| | ПБ-1 | 5469-5471 |
| Тукаевская свита | | |
| Кабаково 62 | ПБ-14 | 4980-4981 |
| | ПБ-3 | 5237-5239 |
| | ПБ-40 | 5237-5239 |
| | ПБ-39 | 5353-5354 |
| Ольховская свита | | |
| Кабаково 62 | ПБ-33 | 4483-4485 |
| | ПБ-2 | 4656-4657 |
| | ПБ-3 | 4656-4657 |
| | ПБ-4 | 4762-4765 |
| | ПБ-13 | 4762-4765 |
| Кипчак 1 | ПБ-44 | 4318-4320 |
| | ПБ-48 | 4464-4467 |
| | ПБ-46 | 4504-4507 |
| | ПБ-45 | 4553-4556 |
| Северо-Кушкуль 1 | ПБ-31 | 2858-2864 |
| | ПБ-6 | 2980-2986 |
| | ПБ-28 | 3371-3374 |
| | ПБ-30 | 3145-3148 |
| | ПБ-12 | 3307-3315 |
| | ПБ-11 | 3307-3315 |
| | ПБ-8 | 3315-3319,5 |
| ПБ-29 | 3315-3319,5 | |
| Усинская свита | | |
| Сулли 20007 | ПБ-52 | 2782-2787 |
| | ПБ-20 | 2785-2792 |
| | ПБ-41 | 2785-2792 |
| | ПБ-19 | 2785-2792 |

| Приютовская свита | | |
|-------------------|-------|---------------|
| Шкапово 740 | ПБ-32 | 3511,6-3512,6 |
| | ПБ-9 | 3564-3565 |
| | ПБ-10 | 3575-3579 |
| | ПБ-7 | 3582,8-3585,2 |

терригенно-карбонатные породы. Изотопный возраст минералогически неизученного глауконита, отобранного из песчаников приютовской свиты, варьирует в пределах 843-896 млн. лет [Стратотип..., 1983].

Шиханская свита (мощность от 0 до 360 м) представлена серо-, зелено- и красноцветными глинистыми и строматолитовыми известняками (преобладают), доломитами, мергелями и др.

Усинская свита Камско-Бельской впадины, по комплексу признаков, в том числе и по данным интерпретации временных сейсмопрофилей, хорошо сопоставляется с бирьянско-нугушским уровнем типового разреза верхнего рифея; леонидовская свита – с лемезинской подсвитой зильмердакской свиты; приютовская свита соответствует бедерышинской подсвите той же свиты, а шиханская – параллелизуется с катавской [Рабочая..., 1981; Ишерская, Романов, 1993; Романов, Ишерская, 1994, 2001; Маслов, Ишерская, 1998; Стратиграфическая..., 2000]. Более молодые, нежели шиханская свита, образования в Камско-Бельской впадине и всей Волго-Уральской области отсутствуют.

Материал и методы исследования

Определение содержаний элементов-примесей в более чем 50 образцах глинистых сланцев и алевроаргиллитов из основных литостратиграфических подразделений рифея центральной и западной частей Камско-Бельской впадины (скважины Кабаково 62, Северо-Кушкуль 1, Кипчак 1, Шкапово 740, Мензелино-Актаныш 20003 и 20005, Сулли 20007 и Арлан 7000) выполнено в лаборатории ФХМИ ИГГ УрО РАН (аналитики Е.С. Шагалов, И.И. Неустроева) методом ICP-MS на масс-спектрометре ELAN9000. Для анализа использованы случайным образом отобранные образцы тонкозерни-

стых алюмосиликокластических пород из коллекции М.В. Ишерской (г. Уфа); их положение в разрезах скважин показано в табл. 1.

Результаты и их обсуждение

Содержания значительной части элементов-примесей в тонкозернистых терригенных породах рифея Камско-Бельского прогиба варьируют в достаточно больших пределах. В табл. 2 приведены медианные содержания, значения стандартных отклонений, а также величины минимальных и максимальных содержаний для каждого из изученных нами литостратиграфических подразделений рифея Камско-Бельской впадины. Так, например, медианные содержания³ скандия, ванадия и хрома в глинистых сланцах прикамской свиты кырпинской серии составляют 9,6, 85,6 и 76,8 г/т, при величинах стандартных отклонений соответственно 3,59, 24,6 и 26,4. В тонкозернистых обломочных породах арланской подсвиты калтасинской свиты наибольшие вариации содержаний присущи стронцию, иттрию, цирконию, европию, гадолинию и ряду других элементов. Глинистые сланцы тукаевской свиты характеризуются значительными колебаниями содержаний стронция, кобальта, молибдена, гадолиния и тория. Так, минимальное содержание в них стронция составляет чуть более 9 г/т, тогда как максимальное превышает 18 г/т. Минимальное содержание кобальта (7,3 г/т) более чем в 4 раза отличается здесь от максимального. Для глинистых сланцев ольховской свиты характерны заметные вариации содержаний кобальта (21,4±3,8 г/т), никеля (57,4±20,4 г/т), тория (12,4±2,9 г/т) и ряда других элементов. Для тонкозернистых терригенных пород приютовской свиты элементами с более чем трехкратным разбросом минимальных и максимальных содержаний являются хром (61,0 и 126,2 г/т),

³ Использование медианных значений позволяет дать обобщенную оценку аналитических данных с неизвестным характером распределения [Rock et al., 1987].

ТОНКОЗЕРНИСТЫЕ ТЕРРИГЕННЫЕ ПОРОДЫ РИФЕЯ

Таблица 2

Медианные, минимальные и максимальные (в г/т) содержания ряда элементов-примесей в тонкозернистых терригенных породах рифея Камско-Бельской впадины

| Свита Элемент | Прикамская | | | Калташинская | | | Надеждинская | | | Тукаевская | | | | |
|------------------|------------|------|-------|--------------|-------|-------|--------------|------|-------|------------|--------|-------|--------|--------|
| | Мд | СО | min | max | min | max | Мд | СО | min | max | Мд | СО | min | max |
| Sc | 9,6 | 3,5 | 4,7 | 16,9 | 12,5 | 13,1 | 14,0 | 3,6 | 7,4 | 15,2 | 10,50 | 4,25 | 9,03 | 18,33 |
| V | 85,6 | 24,6 | 52,6 | 123,8 | 106,6 | 121,1 | 81,4 | 18,5 | 61,0 | 105,0 | 90,96 | 28,33 | 71,14 | 136,59 |
| Cr | 76,8 | 26,4 | 61,5 | 138,3 | 105,9 | 111,1 | 107,5 | 28,3 | 86,7 | 153,6 | 103,57 | 22,84 | 66,01 | 119,53 |
| Co | 18,4 | 4,2 | 13,4 | 30,9 | 17,0 | 18,9 | 19,7 | 3,3 | 17,0 | 23,2 | 17,59 | 9,58 | 7,30 | 30,41 |
| Ni | 37,9 | 7,1 | 27,1 | 50,9 | 31,5 | 32,6 | 43,9 | 8,8 | 29,8 | 49,7 | 43,96 | 14,48 | 25,55 | 60,68 |
| Rb | 74,7 | 25,3 | 29,5 | 104,6 | 82,4 | 118,2 | 93,2 | 11,5 | 84,6 | 111,9 | 83,82 | 19,31 | 60,62 | 107,87 |
| Sr | 48,9 | 20,5 | 23,5 | 91,5 | 58,3 | 95,3 | 44,3 | 7,4 | 35,8 | 53,5 | 67,11 | 14,51 | 53,27 | 83,00 |
| Y | 11,6 | 5,0 | 3,3 | 23,7 | 12,4 | 22,0 | 20,1 | 4,0 | 13,4 | 22,6 | 20,07 | 4,31 | 11,99 | 21,39 |
| Zr | 146,7 | 27,9 | 100,7 | 196,7 | 125,0 | 160,3 | 98,8 | 34,3 | 79,3 | 158,3 | 98,82 | 26,07 | 52,71 | 108,90 |
| Nb | 13,4 | 1,9 | 8,3 | 16,3 | 14,9 | 15,9 | 11,7 | 3,3 | 8,4 | 15,7 | 12,71 | 3,62 | 6,45 | 14,76 |
| Mo | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 1,0 | 0,2 | 0,2 | 0,8 | 0,8 | 0,2 | 2,0 | 1,97 | 1,11 | 0,31 | 2,93 |
| Cs | 4,7 | 1,6 | 2,3 | 7,6 | 9,1 | 10,4 | 3,8 | 0,9 | 2,8 | 4,7 | 4,63 | 1,12 | 3,13 | 5,64 |
| Ba | 243,9 | 77,8 | 124,3 | 341,2 | 247,3 | 289,6 | 390,7 | 44,9 | 314,6 | 409,7 | 248,38 | 39,51 | 197,06 | 291,08 |
| La | 21,7 | 8,5 | 7,4 | 36,2 | 26,6 | 39,9 | 32,0 | 18,5 | 12,0 | 57,2 | 28,13 | 8,34 | 18,32 | 37,18 |
| Ce | 37,7 | 13,3 | 11,4 | 58,2 | 35,2 | 58,9 | 61,0 | 25,8 | 33,2 | 92,9 | 38,81 | 8,20 | 34,04 | 51,46 |
| Pr | 5,7 | 2,1 | 2,0 | 9,4 | 5,9 | 9,9 | 10,1 | 4,8 | 3,2 | 14,3 | 6,95 | 1,63 | 5,01 | 8,68 |
| Nd | 20,5 | 7,7 | 7,7 | 35,0 | 21,4 | 36,9 | 38,7 | 17,4 | 12,9 | 52,6 | 27,02 | 5,09 | 19,74 | 31,77 |
| Sm | 3,5 | 1,3 | 1,3 | 6,2 | 3,7 | 6,3 | 6,9 | 2,5 | 2,7 | 8,0 | 5,15 | 1,11 | 3,81 | 6,44 |
| Eu | 0,6 | 0,3 | 0,3 | 1,2 | 0,7 | 1,2 | 1,3 | 0,4 | 0,6 | 1,6 | 1,01 | 0,29 | 0,82 | 1,46 |
| Gd | 2,5 | 0,9 | 1,0 | 4,6 | 2,6 | 4,5 | 4,7 | 1,3 | 2,5 | 5,3 | 3,83 | 1,44 | 3,05 | 6,32 |
| Dy | 2,3 | 0,9 | 0,9 | 4,1 | 2,5 | 4,0 | 4,1 | 0,9 | 2,4 | 4,4 | 3,81 | 0,87 | 2,49 | 4,57 |
| Ho | 0,5 | 0,2 | 0,2 | 0,8 | 0,5 | 0,8 | 0,8 | 0,2 | 0,5 | 0,9 | 0,76 | 0,14 | 0,49 | 0,79 |
| Er | 1,3 | 0,5 | 0,5 | 2,4 | 1,4 | 2,2 | 2,3 | 0,5 | 1,4 | 2,4 | 2,07 | 0,38 | 1,36 | 2,18 |
| Yb | 1,4 | 0,5 | 0,6 | 2,3 | 1,4 | 2,2 | 2,2 | 0,5 | 1,3 | 2,4 | 1,81 | 0,33 | 1,35 | 2,03 |
| Lu | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,26 | 0,05 | 0,21 | 0,31 |
| Hf | 5,0 | 1,1 | 3,5 | 7,1 | 4,5 | 5,7 | 3,4 | 0,7 | 2,5 | 3,9 | 3,64 | 0,95 | 1,94 | 4,02 |
| Th | 9,5 | 3,3 | 2,9 | 13,7 | 11,1 | 14,4 | 12,0 | 3,4 | 6,1 | 13,6 | 8,94 | 3,17 | 5,82 | 12,47 |
| U | 3,7 | 0,8 | 2,2 | 4,7 | 3,0 | 3,4 | 2,8 | 0,7 | 2,1 | 3,7 | 4,30 | 0,81 | 2,98 | 4,87 |

Окончание таблицы 2

| Свита Элемент | Ольховская | | | Усинская | | | Приготовская | | | | | |
|------------------|------------|-------|-------|----------|-------|------|--------------|-------|-------|------|-------|-------|
| | Мд | СО | min | max | Мд | СО | min | max | Мд | СО | min | max |
| Sc | 12,4 | 5,1 | 5,4 | 28,8 | 13,5 | 3,2 | 11,4 | 18,9 | 12,4 | 5,1 | 10,4 | 21,3 |
| V | 82,3 | 31,5 | 36,6 | 162,9 | 61,8 | 18,5 | 51,2 | 90,3 | 68,9 | 21,4 | 51,4 | 100,8 |
| Cr | 88,3 | 20,2 | 70,0 | 153,0 | 84,9 | 10,1 | 79,8 | 101,6 | 91,4 | 27,0 | 61,0 | 126,2 |
| Co | 16,1 | 8,6 | 9,3 | 44,5 | 21,4 | 3,8 | 18,3 | 26,8 | 15,7 | 7,2 | 14,3 | 29,5 |
| Ni | 42,8 | 19,4 | 17,1 | 95,5 | 57,4 | 20,4 | 38,3 | 75,2 | 33,5 | 18,2 | 27,5 | 67,3 |
| Rb | 85,7 | 29,0 | 53,1 | 160,4 | 108,2 | 14,4 | 95,6 | 129,9 | 102,5 | 31,0 | 92,7 | 160,4 |
| Sr | 113,4 | 60,0 | 39,3 | 211,9 | 65,1 | 25,4 | 38,9 | 97,4 | 112,0 | 30,8 | 89,0 | 157,9 |
| Y | 16,3 | 7,4 | 2,2 | 34,3 | 22,4 | 2,6 | 18,6 | 23,9 | 19,7 | 3,9 | 14,2 | 23,2 |
| Zr | 98,5 | 39,4 | 61,9 | 220,1 | 161,0 | 42,8 | 86,4 | 184,9 | 187,4 | 51,8 | 127,1 | 228,9 |
| Nb | 12,5 | 6,4 | 3,9 | 32,6 | 17,9 | 3,8 | 13,1 | 22,0 | 12,0 | 3,5 | 10,3 | 18,3 |
| Mo | 0,6 | 0,8 | 0,3 | 3,7 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,6 | 0,6 | 0,5 | 0,3 | 1,2 |
| Cs | 5,0 | 1,4 | 1,7 | 8,2 | 5,7 | 1,1 | 4,8 | 7,2 | 4,3 | 2,2 | 3,7 | 8,4 |
| Ba | 295,6 | 407,1 | 129,5 | 1841,7 | 405,9 | 68,8 | 302,7 | 468,8 | 428,9 | 9,8 | 421,4 | 441,9 |
| La | 26,5 | 9,7 | 3,1 | 46,3 | 46,2 | 8,0 | 30,8 | 47,4 | 22,6 | 8,1 | 15,2 | 33,9 |
| Ce | 39,5 | 20,3 | 6,3 | 103,6 | 88,8 | 15,2 | 62,2 | 95,6 | 48,0 | 19,0 | 34,0 | 77,9 |
| Pr | 7,2 | 3,3 | 1,0 | 16,3 | 16,5 | 3,2 | 10,2 | 16,9 | 7,4 | 2,5 | 5,6 | 11,3 |
| Nd | 26,8 | 11,4 | 4,0 | 56,9 | 62,8 | 14,0 | 36,7 | 66,8 | 27,0 | 9,1 | 20,9 | 42,1 |
| Sm | 4,1 | 1,7 | 0,7 | 8,1 | 8,5 | 1,5 | 6,0 | 9,4 | 4,7 | 1,6 | 3,6 | 7,3 |
| Eu | 0,8 | 0,3 | 0,1 | 1,4 | 1,5 | 0,2 | 1,2 | 1,6 | 1,0 | 0,3 | 0,8 | 1,5 |
| Gd | 2,9 | 1,2 | 0,6 | 4,9 | 4,6 | 0,4 | 4,0 | 4,9 | 3,6 | 1,1 | 2,5 | 5,1 |
| Dy | 3,0 | 1,3 | 0,7 | 6,3 | 4,0 | 0,4 | 3,6 | 4,6 | 3,4 | 0,8 | 2,4 | 4,3 |
| Ho | 0,6 | 0,3 | 0,2 | 1,3 | 0,8 | 0,1 | 0,7 | 0,9 | 0,7 | 0,2 | 0,5 | 0,8 |
| Er | 1,7 | 0,8 | 0,5 | 3,9 | 2,3 | 0,3 | 2,1 | 2,7 | 2,0 | 0,4 | 1,4 | 2,4 |
| Yb | 1,6 | 0,8 | 0,5 | 3,9 | 2,2 | 0,5 | 1,9 | 2,9 | 2,0 | 0,4 | 1,5 | 2,3 |
| Lu | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,6 | 0,3 | 0,1 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,1 | 0,2 | 0,4 |
| Hf | 2,9 | 1,6 | 1,6 | 8,1 | 5,7 | 1,7 | 2,9 | 6,9 | 6,1 | 1,6 | 4,1 | 7,7 |
| Th | 8,2 | 4,5 | 2,2 | 22,8 | 12,4 | 2,9 | 9,6 | 16,6 | 13,8 | 4,5 | 9,4 | 19,2 |
| U | 2,7 | 1,5 | 1,1 | 7,5 | 3,4 | 0,4 | 2,9 | 3,8 | 3,6 | 2,6 | 1,7 | 7,7 |

Примечание. Мд – медианное содержание элемента, СО – величина стандартного отклонения, min – минимальное и max – максимальное содержания элемента.

ТОНКОЗЕРНИСТЫЕ ТЕРРИГЕННЫЕ ПОРОДЫ РИФЕЯ

Таблица 3

Нормированные на PAAS содержания ряда элементов-примесей
в тонкозернистых обломочных породах рифея Камско-Бельской впадины

| | Th | Ba | Rb | Hf | Ta | Y | Yb | La | Eu | Sc | Co | Cr | Ni |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Прикамская свита | | | | | | | | | | | | | |
| Мд | 0,65 | 0,38 | 0,47 | 1,00 | 0,77 | 0,43 | 0,50 | 0,57 | 0,58 | 0,60 | 0,80 | 0,70 | 0,69 |
| СО | 0,23 | 0,12 | 0,16 | 0,21 | 0,13 | 0,18 | 0,16 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,18 | 0,24 | 0,13 |
| min | 0,20 | 0,19 | 0,18 | 0,70 | 0,48 | 0,12 | 0,20 | 0,20 | 0,25 | 0,29 | 0,58 | 0,56 | 0,49 |
| max | 0,94 | 0,52 | 0,65 | 1,42 | 1,00 | 0,88 | 0,82 | 0,95 | 1,08 | 1,05 | 1,34 | 1,26 | 0,93 |
| Калтасинская свита | | | | | | | | | | | | | |
| Мд | 0,76 | 0,38 | 0,52 | 0,91 | 0,94 | 0,46 | 0,51 | 0,70 | 0,65 | 0,78 | 0,74 | 0,96 | 0,57 |
| СО | 0,16 | 0,05 | 0,13 | 0,17 | 0,07 | 0,20 | 0,16 | 0,19 | 0,26 | 0,07 | 0,07 | 0,05 | 0,04 |
| min | 0,62 | 0,33 | 0,44 | 0,74 | 0,84 | 0,37 | 0,43 | 0,64 | 0,49 | 0,66 | 0,66 | 0,90 | 0,50 |
| max | 0,99 | 0,45 | 0,74 | 1,14 | 1,02 | 0,82 | 0,79 | 1,05 | 1,08 | 0,82 | 0,82 | 1,01 | 0,59 |
| Надеждинская свита | | | | | | | | | | | | | |
| Мд | 0,82 | 0,60 | 0,58 | 0,67 | 0,74 | 0,75 | 0,79 | 0,84 | 1,21 | 0,88 | 0,86 | 0,98 | 0,80 |
| СО | 0,23 | 0,07 | 0,07 | 0,13 | 0,21 | 0,15 | 0,18 | 0,49 | 0,40 | 0,22 | 0,15 | 0,26 | 0,16 |
| min | 0,42 | 0,48 | 0,53 | 0,51 | 0,54 | 0,49 | 0,47 | 0,31 | 0,56 | 0,46 | 0,74 | 0,79 | 0,54 |
| max | 0,93 | 0,63 | 0,70 | 0,78 | 0,93 | 0,84 | 0,86 | 1,51 | 1,44 | 0,95 | 1,01 | 1,40 | 0,90 |
| Тукаевская свита | | | | | | | | | | | | | |
| Мд | 0,61 | 0,38 | 0,52 | 0,73 | 0,78 | 0,74 | 0,65 | 0,74 | 0,92 | 0,66 | 0,76 | 0,94 | 0,80 |
| СО | 0,22 | 0,06 | 0,12 | 0,19 | 0,23 | 0,16 | 0,12 | 0,22 | 0,26 | 0,27 | 0,42 | 0,21 | 0,26 |
| min | 0,40 | 0,30 | 0,38 | 0,39 | 0,41 | 0,44 | 0,48 | 0,48 | 0,75 | 0,56 | 0,32 | 0,60 | 0,46 |
| max | 0,85 | 0,45 | 0,67 | 0,80 | 0,96 | 0,79 | 0,72 | 0,98 | 1,33 | 1,15 | 1,32 | 1,09 | 1,10 |
| Ольховская свита | | | | | | | | | | | | | |
| Мд | 0,61 | 0,46 | 0,56 | 0,55 | 0,74 | 0,61 | 0,60 | 0,70 | 0,81 | 0,81 | 0,71 | 0,79 | 0,75 |
| СО | 0,29 | 0,63 | 0,17 | 0,31 | 0,32 | 0,24 | 0,26 | 0,21 | 0,21 | 0,31 | 0,38 | 0,19 | 0,36 |
| min | 0,27 | 0,32 | 0,40 | 0,32 | 0,23 | 0,19 | 0,32 | 0,33 | 0,57 | 0,37 | 0,40 | 0,64 | 0,31 |
| max | 1,56 | 2,83 | 1,00 | 1,61 | 1,61 | 1,27 | 1,40 | 1,22 | 1,27 | 1,80 | 1,94 | 1,39 | 1,74 |
| Усинская свита | | | | | | | | | | | | | |
| Мд | 0,85 | 0,62 | 0,68 | 1,14 | 1,01 | 0,83 | 0,80 | 1,22 | 1,34 | 0,84 | 0,93 | 0,77 | 1,04 |
| СО | 0,20 | 0,11 | 0,09 | 0,35 | 0,28 | 0,10 | 0,17 | 0,21 | 0,17 | 0,20 | 0,17 | 0,09 | 0,37 |
| min | 0,65 | 0,47 | 0,60 | 0,57 | 0,67 | 0,69 | 0,67 | 0,81 | 1,09 | 0,72 | 0,79 | 0,73 | 0,70 |
| max | 1,14 | 0,72 | 0,81 | 1,39 | 1,28 | 0,89 | 1,04 | 1,25 | 1,46 | 1,18 | 1,17 | 0,92 | 1,37 |
| Приютовская свита | | | | | | | | | | | | | |
| Мд | 0,95 | 0,66 | 0,64 | 1,22 | 0,67 | 0,73 | 0,70 | 0,59 | 0,89 | 0,77 | 0,68 | 0,83 | 0,61 |
| СО | 0,31 | 0,02 | 0,19 | 0,33 | 0,21 | 0,15 | 0,13 | 0,21 | 0,26 | 0,32 | 0,31 | 0,25 | 0,33 |
| min | 0,64 | 0,65 | 0,58 | 0,82 | 0,57 | 0,53 | 0,53 | 0,40 | 0,71 | 0,65 | 0,62 | 0,55 | 0,50 |
| max | 1,31 | 0,68 | 1,00 | 1,54 | 1,04 | 0,86 | 0,83 | 0,89 | 1,33 | 1,33 | 1,28 | 1,15 | 1,22 |

Примечание. См. табл. 2.

кобальт (14,3 и 29,5 г/т), никель (27,5 и 67,3 г/т), молибден (0,3 и 1,2 г/т), цезий (3,7 и 8,4 г/т), лантан (15,2 и 33,9 г/т), церий (34 и почти 78 г/т), а также торий (9,4 и 19,2 г/т) и уран (1,7 и 7,7 г/т). Так как данное исследование носит во многом предварительный характер, то характеристика микроэлементного состава тонкозернистых терригенных пород всех трех седиментационных серий рифея основана на достаточно небольших выборках образцов – от 4 до 16 (прикамская свита) или 17 (ольховская свита).

Для получения более наглядного представления об особенностях геохимического со-

става исходно глинистых образований рифея Камско-Бельского прогиба нами выполнено нормирование содержаний ряда элементов-примесей (торий, барий, рубидий, гафний, тантал, иттрий, иттербий, лантан, европий, скандий, кобальт, хром и никель) в частных пробах на содержание их в среднем пострахейском глинистом сланце (PAAS) и архейском кратонном сланце (AR Sh) (по данным работы [Condie, 1993]). В табл. 3 и 4 приведены медианные величины $C_{обр.}/C_{PAAS}$ и $C_{обр.}/C_{AR Sh}$, а также величины стандартных отклонений, минимальные и максимальные значения названных отношений.

Нормированные на средний архейский кратонный сланец (AR Sh) содержания ряда элементов-примесей в тонкозернистых обломочных породах рифея Камско-Бельской впадины

| | Th | Ba | Rb | Hf | Ta | Y | Yb | La | Eu | Sc | Co | Cr | Ni |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Прикамская свита | | | | | | | | | | | | | |
| Мд | 1,12 | 0,53 | 0,67 | 1,11 | 1,10 | 0,42 | 0,58 | 0,71 | 0,57 | 0,46 | 0,59 | 0,15 | 0,17 |
| СО | 0,39 | 0,17 | 0,23 | 0,23 | 0,18 | 0,18 | 0,19 | 0,28 | 0,22 | 0,17 | 0,14 | 0,05 | 0,03 |
| min | 0,34 | 0,27 | 0,27 | 0,78 | 0,69 | 0,12 | 0,22 | 0,24 | 0,24 | 0,22 | 0,43 | 0,12 | 0,12 |
| max | 1,62 | 0,75 | 0,94 | 1,58 | 1,43 | 0,85 | 0,94 | 1,18 | 1,06 | 0,80 | 1,00 | 0,27 | 0,23 |
| Калтасинская свита | | | | | | | | | | | | | |
| Мд | 1,31 | 0,54 | 0,74 | 1,01 | 1,35 | 0,44 | 0,59 | 0,87 | 0,64 | 0,59 | 0,55 | 0,21 | 0,14 |
| СО | 0,27 | 0,07 | 0,19 | 0,19 | 0,11 | 0,19 | 0,18 | 0,23 | 0,25 | 0,06 | 0,05 | 0,01 | 0,01 |
| min | 1,06 | 0,47 | 0,64 | 0,82 | 1,20 | 0,35 | 0,49 | 0,79 | 0,48 | 0,50 | 0,49 | 0,20 | 0,12 |
| max | 1,69 | 0,64 | 1,07 | 1,26 | 1,45 | 0,79 | 0,91 | 1,30 | 1,06 | 0,63 | 0,61 | 0,22 | 0,15 |
| Надеждинская свита | | | | | | | | | | | | | |
| Мд | 1,41 | 0,86 | 0,84 | 0,75 | 1,05 | 0,72 | 0,91 | 1,04 | 1,19 | 0,67 | 0,64 | 0,21 | 0,20 |
| СО | 0,40 | 0,10 | 0,10 | 0,15 | 0,29 | 0,14 | 0,20 | 0,60 | 0,39 | 0,17 | 0,11 | 0,06 | 0,04 |
| min | 0,72 | 0,69 | 0,76 | 0,56 | 0,78 | 0,48 | 0,54 | 0,39 | 0,55 | 0,35 | 0,55 | 0,17 | 0,13 |
| max | 1,60 | 0,90 | 1,01 | 0,87 | 1,33 | 0,81 | 0,99 | 1,86 | 1,42 | 0,72 | 0,75 | 0,30 | 0,22 |
| Тукаевская свита | | | | | | | | | | | | | |
| Мд | 1,05 | 0,54 | 0,76 | 0,81 | 1,12 | 0,72 | 0,75 | 0,92 | 0,90 | 0,50 | 0,57 | 0,20 | 0,20 |
| СО | 0,37 | 0,09 | 0,17 | 0,21 | 0,33 | 0,15 | 0,13 | 0,27 | 0,26 | 0,20 | 0,31 | 0,05 | 0,07 |
| min | 0,69 | 0,43 | 0,55 | 0,43 | 0,58 | 0,43 | 0,55 | 0,60 | 0,74 | 0,43 | 0,24 | 0,13 | 0,12 |
| max | 1,47 | 0,64 | 0,97 | 0,89 | 1,37 | 0,76 | 0,84 | 1,21 | 1,30 | 0,87 | 0,98 | 0,24 | 0,27 |
| Ольховская свита | | | | | | | | | | | | | |
| Мд | 0,97 | 0,65 | 0,77 | 0,64 | 1,08 | 0,58 | 0,65 | 0,86 | 0,73 | 0,59 | 0,52 | 0,17 | 0,19 |
| СО | 0,53 | 0,89 | 0,26 | 0,35 | 0,47 | 0,26 | 0,31 | 0,32 | 0,26 | 0,24 | 0,28 | 0,04 | 0,09 |
| min | 0,26 | 0,28 | 0,48 | 0,36 | 0,33 | 0,08 | 0,22 | 0,10 | 0,12 | 0,26 | 0,30 | 0,14 | 0,08 |
| max | 2,68 | 4,04 | 1,45 | 1,79 | 2,31 | 1,22 | 1,61 | 1,51 | 1,25 | 1,37 | 1,44 | 0,30 | 0,43 |
| Усинская свита | | | | | | | | | | | | | |
| Мд | 1,46 | 0,89 | 0,97 | 1,27 | 1,44 | 0,80 | 0,92 | 1,51 | 1,32 | 0,64 | 0,69 | 0,17 | 0,26 |
| СО | 0,34 | 0,15 | 0,13 | 0,39 | 0,40 | 0,09 | 0,19 | 0,26 | 0,17 | 0,15 | 0,12 | 0,02 | 0,09 |
| min | 1,12 | 0,66 | 0,86 | 0,64 | 0,95 | 0,66 | 0,77 | 1,00 | 1,07 | 0,54 | 0,59 | 0,16 | 0,17 |
| max | 1,95 | 1,03 | 1,17 | 1,54 | 1,83 | 0,86 | 1,20 | 1,55 | 1,43 | 0,90 | 0,87 | 0,20 | 0,34 |
| Приютовская свита | | | | | | | | | | | | | |
| Мд | 1,63 | 0,94 | 0,92 | 1,36 | 0,96 | 0,70 | 0,81 | 0,73 | 0,87 | 0,59 | 0,51 | 0,18 | 0,15 |
| СО | 0,53 | 0,02 | 0,28 | 0,37 | 0,30 | 0,14 | 0,15 | 0,26 | 0,26 | 0,24 | 0,23 | 0,05 | 0,08 |
| min | 1,10 | 0,92 | 0,83 | 0,92 | 0,82 | 0,51 | 0,61 | 0,50 | 0,70 | 0,50 | 0,46 | 0,12 | 0,12 |
| max | 2,26 | 0,97 | 1,45 | 1,71 | 1,49 | 0,83 | 0,95 | 1,10 | 1,30 | 1,01 | 0,95 | 0,25 | 0,30 |

Примечание. См. табл. 2.

Нормированные на PAAS содержания указанных выше 13 малых элементов в тонкозернистых терригенных породах прикамской свиты и арланской подсвиты калтасинской свиты подчинены ряду достаточно сходных закономерностей (рис. 1а,б). Как в первом, так и во втором случаях можно видеть заметно более низкие, чем в PAAS содержания тория, бария и рубидия, а также иттрия, иттербия, лантана, европия, скандия, хрома и никеля. В тонкозернистых терригенных породах надеждинского уровня (рис. 1в) большинство перечисленных выше элементов присутствует в несколько бо-

лее высоких содержаниях. То же самое характерно и для глинистых сланцев и алевроаргиллитов тукаевского уровня (рис. 1г). Здесь только барий присутствует примерно в том же количестве, что и в близких по granulometрии породах калтасинского и прикамского уровней. В целом же, спектр распределения нормированных на PAAS содержаний элементов-примесей в тонкозернистых терригенных породах тукаевской свиты более ровный, нежели это свойственно глинистым сланцам прикамской и калтасинской свит. Это же можно сказать и об особенностях распределения микроэлементов в

ТОНКОЗЕРНИСТЫЕ ТЕРРИГЕННЫЕ ПОРОДЫ РИФЕЯ

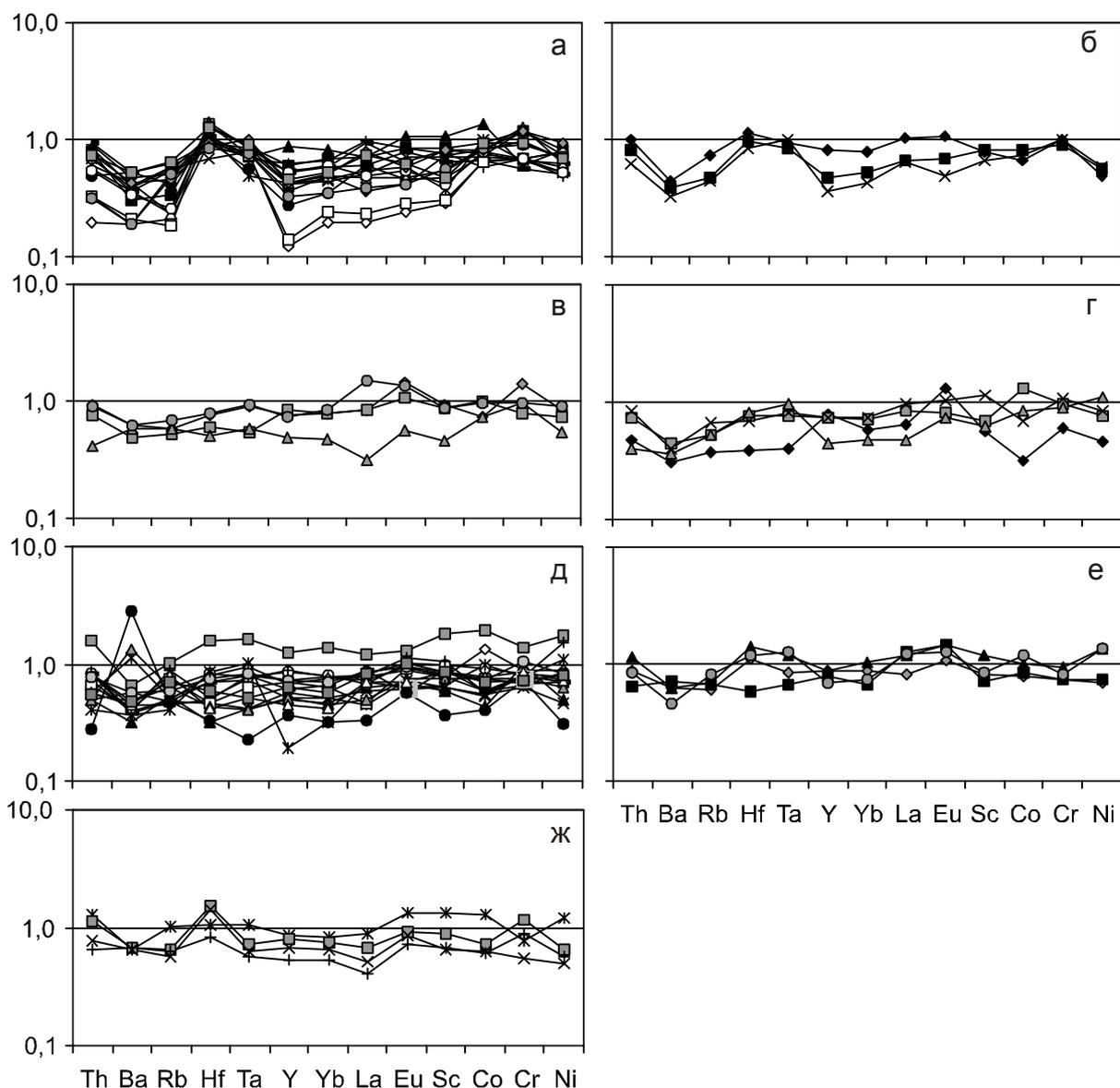


Рис. 1. Нормированные на PAAS содержания ряда элементов-примесей в глинистых сланцах и мелкозернистых алевролитах рифея Камско-Бельской впадины.

Свиты: а – прикамская; б – калтасинская; в – надеждинская; г – тукаевская; д – ольховская; е – усинская; ж – приутовская.

тонкозернистых обломочных породах усинского и приутовского уровней (рис. 1е,ж).

В целом, исходя из особенностей распределения нормированных на PAAS содержаний Th, Ba, Rb, Hf, Ta, Y, Yb, La, Eu, Sc, Co, Cr и Ni в тонкозернистых терригенных породах рифея Камско-Бельской впадины, можно сделать вывод, что наибольшей близостью к постархейскому среднему австралийскому сланцу характеризуются глинистые сланцы и алевроаргиллиты надеждинского, тукаевского, усинского и приутовского уровней, тогда как те же по granulometрии образования прикамской и калта-

синской свит имеют отчетливо более низкие, чем в PAAS, содержания бария, рубидия, иттрия и иттербия.

По сравнению с AR Sh, тонкозернистые терригенные породы всех без исключения литостратиграфических единиц рифея Камско-Бельского прогиба характеризуются почти на порядок более низкими содержаниями хрома, никеля, а в ряде случаев (прикамская и ольховская свиты) и иттрия (рис. 2). Большинство других микроэлементов в тонкозернистых обломочных породах прикамской, калтасинской, надеждинской, тукаевской и ольховской свит

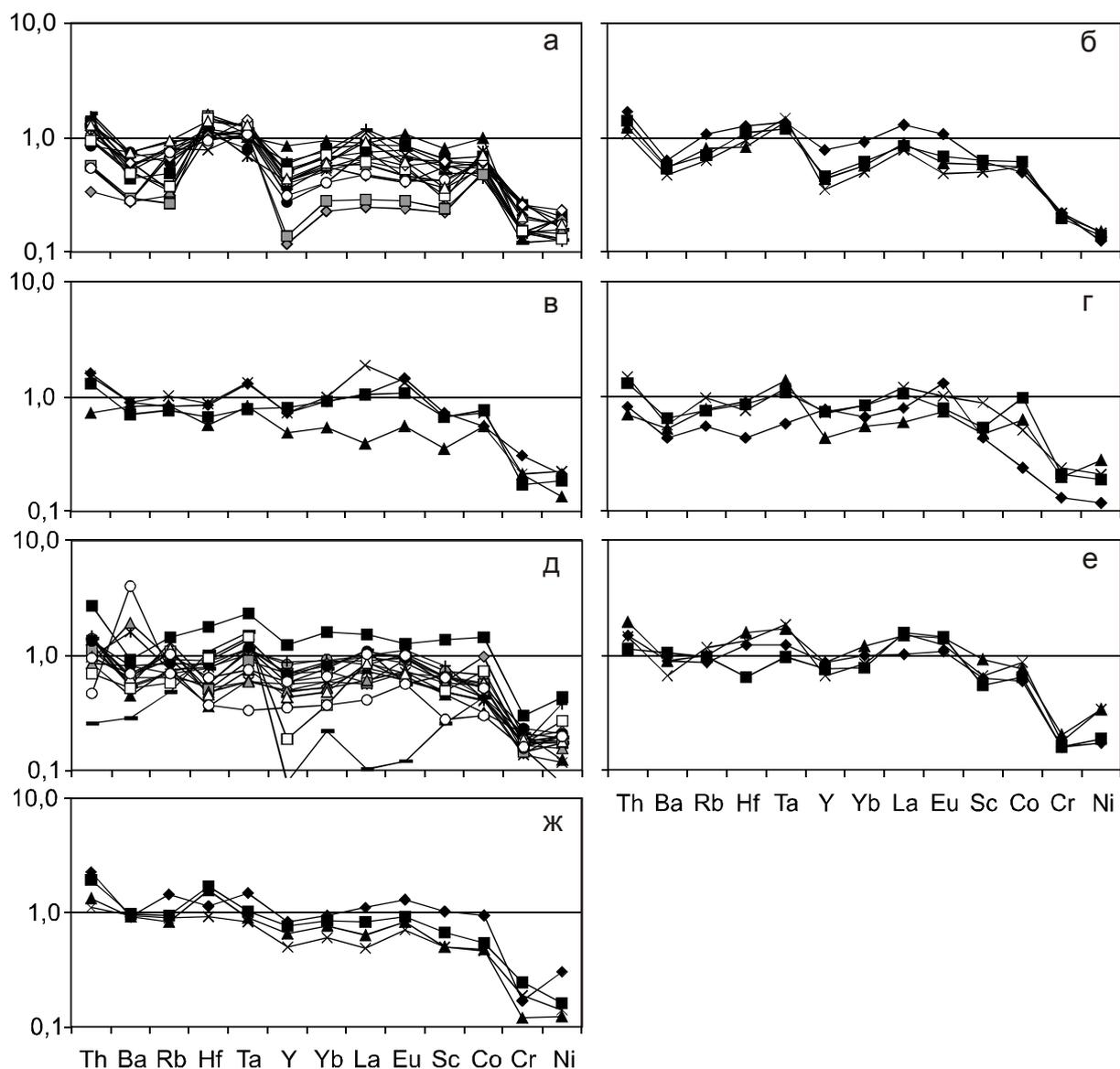


Рис. 2. Нормированные на средний архейский кратонный сланец (AR Sh) содержания ряда малых элементов в глинистых сланцах и мелкозернистых алевролитах рифея Камско-Бельской впадины.

присутствуют в несколько меньших, чем в AR Sh количествах (~ 0,6-0,8). В глинистых сланцах и алевроаргиллитах усинской свиты содержания тория, гафния, тантала, лантана и европия выше, чем в AR Sh, а в тонкозернистых терригенных образованиях приутовского уровня выше, чем в архейских кратонных сланцах, содержания тория, гафния и тантала.

В целях сопоставления состава тонкозернистых терригенных пород рифея Камско-Бельского прогиба с составом пород кристаллического фундамента Восточно-Европейской платформы мы выполнили также нормирование содержаний указанных выше элементов-приме-

сей на их медианное содержание в биотитовых и биотит-гранат-силлиманитовых плагиогнейсах (образцы плагиогнейсов были любезно предоставлены авторам В.Г. Изотовым и Л.М. Ситдиковой, Казанский госуниверситет). В результате оказалось возможным наметить ряд тенденций изменения содержаний элементов-примесей в глинистых сланцах и алевроаргиллитах снизу вверх по разрезу (рис. 3). Так, содержания тория, гафния, лантана, европия и хрома в тонкозернистых терригенных породах на протяжении почти всего рифея остаются существенно более низкими, чем это типично для плагиогнейсов. Содержания рубидия, тантала,

ТОНКОЗЕРНИСТЫЕ ТЕРРИГЕННЫЕ ПОРОДЫ РИФЕЯ

иттрия, иттербия, кобальта и никеля в исходно глинистых породах растут от начала раннего рифея к началу каратавия. Наконец, содержания бария в тонкозернистых терригенных образованиях прикамской и усинской свит во всех проанализированных образцах ниже, чем в плагиогнейсах, а в породах ольховской свиты присутствуют как более низкие, так и более высокие, нежели в кристаллических породах фундамента, содержания Ва. Скандий в глинистых сланцах и алевроаргиллитах всех трех рассматриваемых нами уровней присутствует как в больших, так и в меньших количествах, чем в плагиогнейсах. Однако в целом, несмотря на указанные достаточно выразительные детали, облик нормированных на плагиогнейсы спектров микроэлементов в тонкозернистых обломочных породах всего разреза рифея Камско-Бельского прогиба достаточно близок и определяется отчетливыми минимумами содержания тория, гафния, лантана и хрома.

На диаграмме Th–La фигуративные точки составов тонкозернистых терригенных пород рифея Камско-Бельской впадины сконцентрированы в основном в области значений, характерных по данным С. Тейлора и С. МакЛеннана [1988], для постархейских сланцев (рис. 4а). В то же время, если ориентироваться на оценки средних содержаний тория и лантана в архейских кратонных сланцах, данные в [Condie, 1993], мы увидим, что часть глинистых пород рифея характеризуется более низкими содержа-

ниями La, нежели AR Sh, и соответственно в данных координатах может рассматриваться как продукт размыва примитивных архейских субстратов.

Более определенный вывод о природе размывавшихся в рифее субстратов следует из анализа локализации точек составов глинистых сланцев и алевроаргиллитов на диаграмме Ni–Cr (рис. 4б). Так как максимальное содержание хрома в породах проанализированной нами выборки не превышает 138 (прикамская свита)–153 (надеждинская и ольховская свиты) г/т, то все имеющиеся в нашем распоряжении образцы попадают на данной диаграмме в область значений, характерных для постархейских тонкозернистых обломочных пород, будучи сконцентрированными в основном вокруг модельного состава среднего постархейского австралийского сланца.

Такой же вывод следует и из рассмотрения характера расположения точек состава глинистых сланцев и алевроаргиллитов на диаграмме Sc–Th/Sc (рис. 4в). Как можно видеть, величина отношения Th/Sc в подавляющем большинстве имеющихся в нашем распоряжении образцов в той или иной мере превосходит значение названного параметра в архейских кратонных сланцах.

Величина отношения Gd_N/Yb_N в большинстве проанализированных нами образцов тонкозернистых терригенных пород варьирует от 1,0 до 2,0, т.е. деплетирование тяжелых РЗЭ

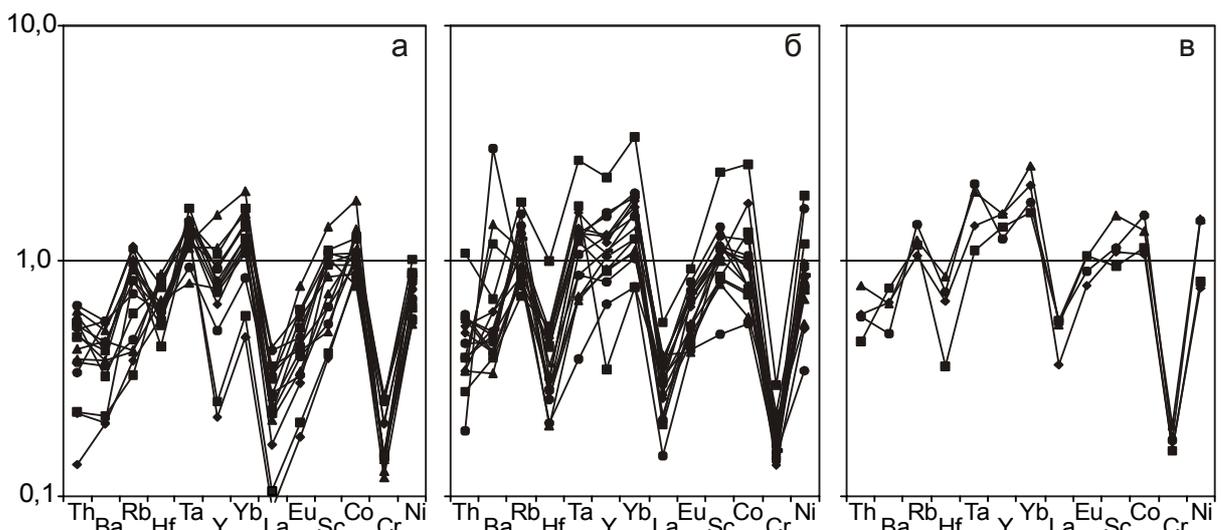
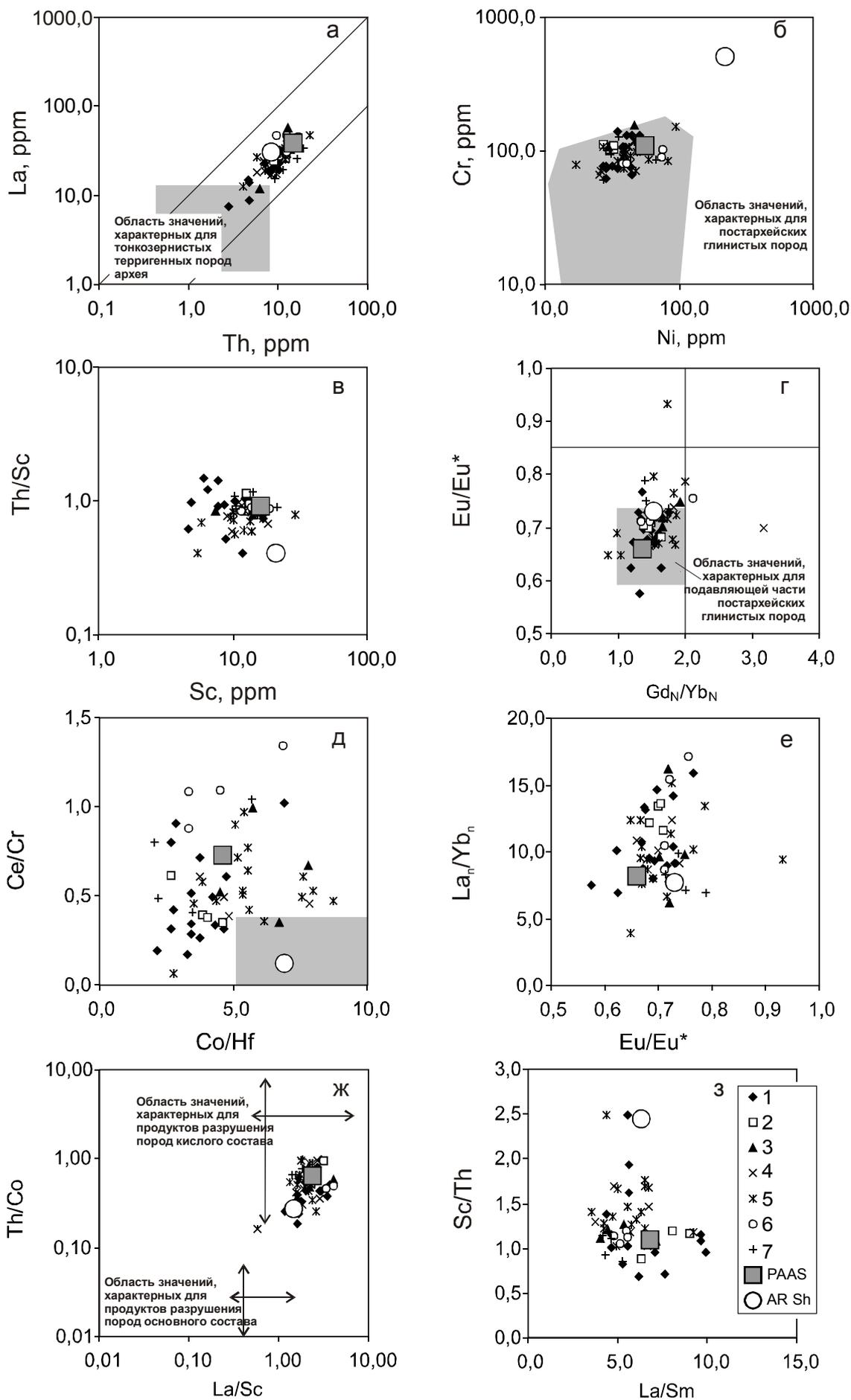


Рис. 3. Нормированные на плагиогнейсы фундамента восточного сегмента Восточно-Европейской платформы содержания ряда элементов-примесей в тонкозернистых терригенных породах прикамской (а), ольховской (б) и усинской (в) свит.



для них не характерно, и это свойственно подавляющему большинству постархейских глинистых пород вообще [Тейлор, МакЛеннан, 1988]. В то же время, величина отрицательной европиевой аномалии, составляя в значительной части образцов от 0,62-0,63 до 0,75, т.е. соответствуя значениям Eu/Eu^* в постархейских глинистых породах вообще и PAAS в частности, в ряде образцов имеет более низкие значения. Так, ряд образцов алевроаргиллитов и глинистых сланцев ольховской свиты характеризуются величинами Eu/Eu^* от 0,77 до 0,94; для отдельных образцов тонкозернистых терригенных пород приутовской, прикамской и надеждинской свит также характерны более низкие, нежели 0,75, значения отрицательной европиевой аномалии. Если же рассматривать локализацию фигуративных точек относительно модельных составов PAAS и AR Sh то можно видеть, что более половины из них тяготеет к точке кратонных архейских сланцев, тогда как вокруг точки PAAS на диаграмме $Gd_N/Yb_N - Eu/Eu^*$ концентрация их заметно меньше (рис. 4г).

Меньше неопределенности в разграничении архейской и постархейской тонкой алюмосиликокластики на диаграмме $Co/Hf - Ce/Cr$ (рис. 4д). Здесь, благодаря достаточно большим значениям отношения Ce/Cr , большинство фигуративных точек составов глинистых сланцев рифея Шкаповско-Шиханской впадины расположено выше области составов, типичных для архейских кратонных сланцев. Те же образцы (это преимущественно тонкозернистые обломочные породы прикамской свиты), что характеризуются небольшими величинами указанного параметра, имеют и небольшие, нехарактерные для архейской алюмосиликокластики, значения величины отношения Co/Hf , что также не позволяет им быть локализованными в области собственно архейских кратонных сланцев.

Медианные значения отношения La_N/Yb_N в тонкозернистых терригенных породах большинства литостратиграфических уровней рифея Камско-Бельской впадины варьируют в пределах 7,7-10,5; только в алевроаргиллитах

усинской свиты медиана La_N/Yb_N несколько больше (~ 13). Максимальные же значения названного параметра в частных образцах поднимаются до 15-17,5, что в значительной мере сближает рассматриваемые нами образования с продуктами размыва архейских гранитоидов и ТТГ-ассоциаций. В последних, по данным, приведенным в работе [Condie, 1993], средние значения отношения La_N/Yb_N составляют соответственно 18,2 и 15,2, тогда как протерозойские гранитоиды и породы ТТГ-ассоциаций характеризуются существенно меньшими величинами La_N/Yb_N (8,3 и 10,5). В соответствии со сказанным, на диаграмме $Eu/Eu^* - La_N/Yb_N$ точки составов тонкозернистых алюмосиликокластических образований рифея Камско-Бельского прогиба локализованы в основном выше как модельного состава PAAS, так и AR Sh (рис. 4е).

Относительно высокие значения отношений La/Sc (более 2,0) и Th/Co (более 0,3-0,4) в подавляющем большинстве проанализированных нами образцов указывают на доминирование в областях размыва на протяжении всего рифея пород кислого состава (рис. 4ж).

Наконец, на диаграмме $La/Sm - Sc/Th$ (рис. 4з) наблюдается сосредоточение фигуративных точек состава глинистых сланцев и аргиллитов рифея Камско-Бельского прогиба вокруг модельного состава PAAS, что вполне соответствует выводам, полученным выше при рассмотрении диаграмм $Ni - Cr$, $Sc - Th/Sc$ и $Co/Hf - Ce/Cr$.

Обратимся теперь к анализу нормированных на хондрит спектров РЗЭ (табл. 5) в глинистых сланцах и алевроаргиллитах рифея Камско-Бельского прогиба. Минимальная медианная величина отношения La_N/Yb_N , характеризующего общий наклон кривой распределения РЗЭ, в имеющейся у нас коллекции образцов составляет $7,9 \pm 1,9$ (приутовская свита), тогда как максимальная медианная величина указанного параметра составляет $12,9 \pm 4,0$ (усинская свита). Учитывая рассчитанные нами величины стандартных отклонений для тонкозернистых алюмосиликокластических образований каждого литостратиграфического подразделе-

Рис. 4. Положение фигуративных точек составов тонкозернистых обломочных пород рифея Камско-Бельского прогиба на различных дискриминационных диаграммах.

Свиты: 1 – прикамская; 2 – калтасинская; 3 – надеждинская; 4 – тукаевская; 5 – ольховская; 6 – усинская; 7 – приутовская. PAAS – постархейский австралийский сланец; AR Sh – средний архейский кратонный сланец.

Таблица 5
Основные параметры нормированных на хондрит спектров распределения РЗЭ в тонкозернистых терригенных породах рифея Волго-Уральской области

| | La _N /Yb _N | La _N /Sm _N | Gd _N /Yb _N | Eu/Eu* |
|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------|
| Прикамская свита | | | | |
| Мд | 9,8 | 3,6 | 1,4 | 0,79 |
| СО | 2,7 | 1,2 | 0,2 | 0,05 |
| Калтасинская свита | | | | |
| Мд | 12,8 | 4,6 | 1,5 | 0,7 |
| СО | 1,0 | 0,8 | 0,1 | 0,01 |
| Надеждинская свита | | | | |
| Мд | 11,0 | 3,9 | 1,7 | 0,7 |
| СО | 3,0 | 0,7 | 0,2 | 0,02 |
| Тукаевская свита | | | | |
| Мд | 10,5 | 3,6 | 1,7 | 0,7 |
| СО | 1,4 | 0,9 | 0,8 | 0,03 |
| Ольховская свита | | | | |
| Мд | 9,8 | 3,7 | 1,6 | 0,7 |
| СО | 3,7 | 0,8 | 0,3 | 0,07 |
| Усинская свита | | | | |
| Мд | 13,0 | 3,3 | 1,5 | 0,7 |
| СО | 4,0 | 0,2 | 0,3 | 0,02 |
| Приютовская свита | | | | |
| Мд | 7,9 | 3,0 | 1,5 | 0,7 |
| СО | 1,9 | 0,4 | 0,2 | 0,03 |

Примечание. Мд – медианное значение параметра, СО – величина стандартного отклонения.

ния рифея Волго-Уральской области, можно сделать вывод, что медианные значения отношения La_N/Yb_N для глинистых сланцев прикамской, надеждинской, тукаевской, ольховской и усинской свит, с учетом наблюдающихся погрешностей, достаточно близки (сопоставимы) друг с другом. Вместе с тем, медианы La_N/Yb_N для тонкозернистых обломочных пород калтасинской, надеждинской и приютовской свит, с учетом величин стандартных отклонений, характеризуются значимыми отличиями (соответственно 12,8±1,0, 11,0±3,0 и 7,9±1,9), и это позволяет видеть в вертикальном разрезе рифейской мегапоследовательности достаточно хорошо выраженный тренд к снижению рассматриваемого нами параметра. Однако при интерпретации его следует помнить, что величина La_N/Yb_N в протерозойских гранитоидах составляет несколько больше 8,0 [Condie, 1993], другими словами, наблюдаемое снижение с течением времени медианных значений La_N/Yb_N в глинистых сланцах скорее всего не является отраже-

нием увеличения основности размывавшихся на палеоводосборах блоков коры. Минимальная медианная величина отношения La_N/Sm_N составляет 3,0±0,4 (приютовский уровень верхнего рифея), а максимальная равна 4,6±0,8 (калтасинская свита нижнего рифея), что в целом соответствует пределам вариации данного параметра в большинстве постархейских глинистых сланцев. Медианная величина отношения Gd_N/Yb_N варьирует от 1,4 (прикамская свита) до 1,7 (тукаевский уровень). С учетом величины стандартного отклонения (~ 0,8), это свидетельствует о присутствии среди глинистых сланцев данного уровня образцов с некоторым депелетированием тяжелых редких земель (рис. 5). Наконец, минимальная медианная величина отрицательной европиевой аномалии характерна для тонкозернистых обломочных пород прикамской свиты (0,69±0,06), а максимальная наблюдается в сходных по гранулометрии породах приютовской свиты (0,74±0,03). Это несколько больше, чем указывается для PAAS (0,66), и достаточно близко к значению Eu/Eu* в среднем архейском кратонном сланце [Тейлор, МакЛеннан, 1988; Condie, 1993]. При оценке сказанного следует, однако, помнить, что величина европиевой аномалии в тонкозернистых алюмосиликокластических породах архея варьирует в достаточно сильной мере. Так, в метапелитах серии Фиг Три (Южная Африка) она составляет 0,88±0,2, в породах архейской структурной зоны Капускасинг (Канада) поднимается до 1,00±0,24, а в метатерригенных образованиях Западной гнейсовой области (Австралия) составляет всего 0,55±0,12 (обзор первичных материалов в [Маслов, 2007]). Значительное число тонкозернистых метатерригенных образований характеризуется достаточно большими медианными значениями отрицательной европиевой аномалии (серия Конлинг – 0,8±0,2, серия Бахва – 0,76±0,01, пояс Лимпопо – 0,65±0,23, надсерия Понгола – 0,78±0,05). Суммируя все сказанное выше относительно основных особенностей нормированных на хондрит спектров РЗЭ тонкозернистых терригенных пород рифея Камско-Бельской впадины, можно сделать вывод о значительной близости их к спектрам, типичным для основной части постархейских осадочных образований.

Состав пород на палеоводосборах и основные тенденции его изменения могут быть оценены также и по значениям отношений ряда малых элементов, например, Th/Cr, Th/Sc, La/

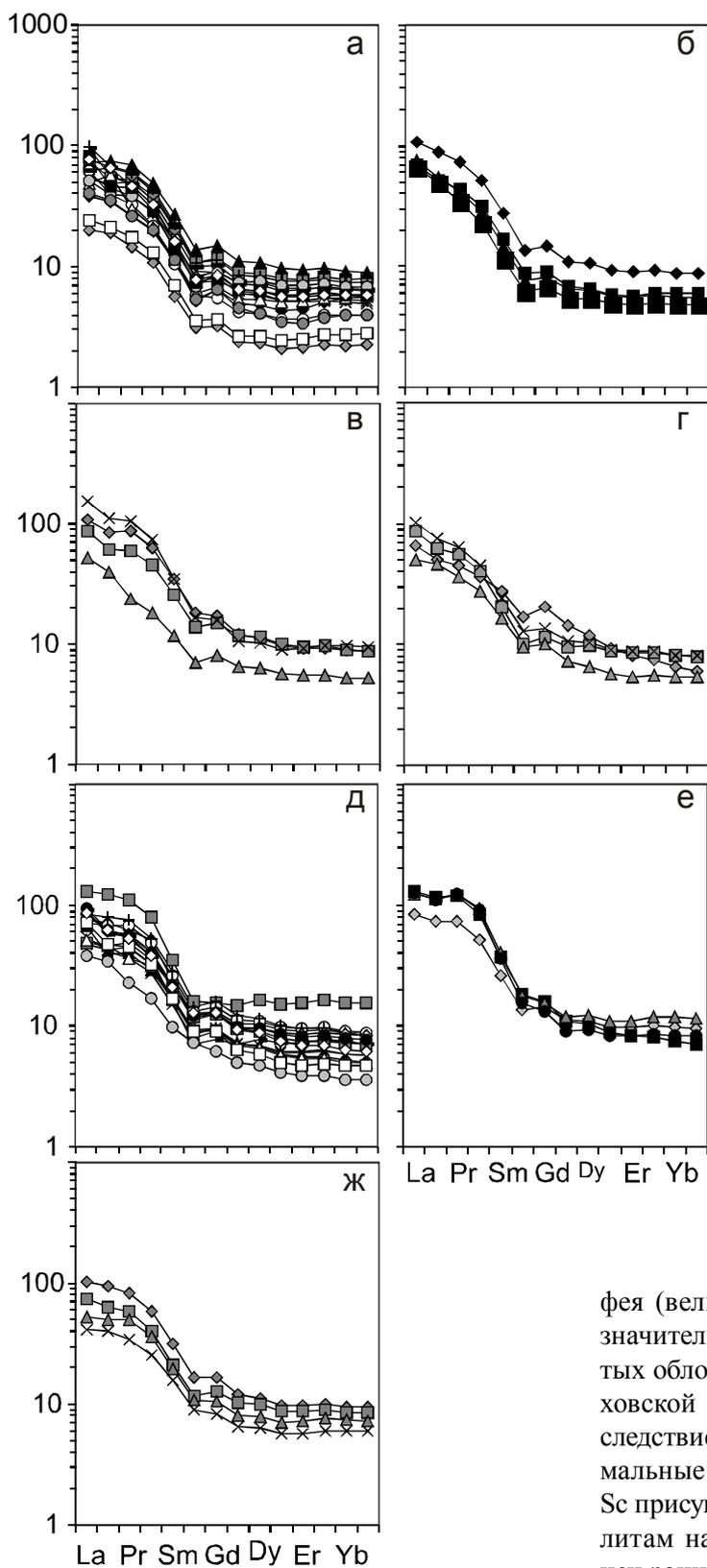


Рис. 5. Нормированные на хондрит спектры распределения РЗЭ в тонкозернистых терригенных породах рифея Камско-Бельской впадины.

Условные обозначения см. рис. 1.

Sc и др. [Wronkiewicz, Condie, 1990; Condie, Wronkiewicz, 1990; Panahi, Young, 1997; Hassan et al., 1999; Bauluz et al., 2000; Ding et al., 2001; Lee, 2002; Asiedu et al., 2005; Das et al., 2006; Frimmel et al., 2006; Kawano et al., 2006; Gonzalez-Alvarez et al., 2006; Svendsen et al., 2007; Yan et al., 2007, и др.]. В рассматриваемом нами случае величина отношения Th/Sc в глинистых сланцах и алевроаргиллитах большинства литостратиграфических подразделений рифея Камско-Бельского прогиба имеет промежуточный характер между значениями, присущими магматическим породам основного и среднего состава (min – 0,02, max – 0,22) (рис. 6, а). Для тонкозернистых терригенных пород прикамского, ольховского и приютовского уровней свойственны достаточно широкие вариации значений данного параметра, что указывает, скорее всего, на незавершенность процессов гомогенизации тонкой алюмосиликокластике на путях переноса и, следовательно, на относительную близость областей размыва к областям седиментации. Значения отношений Th/Sc и La/Sc варьируют между типичными для диоритов и гранитов (рис. 6, б, в); максимальный разброс их в глинистых сланцах одного литостратиграфического подразделения наблюдается для прикамского уровня нижнего рифея (величина отношения La/Sc испытывает

значительные колебания также в тонкозернистых обломочных породах надеждинской и ольховской свит), что, по всей видимости, есть следствие обновления палеоводосборов. Минимальные (менее 1,0) величины отношения Th/Sc присущи глинистым сланцам и алевроаргиллитам надеждинско-усинского интервала (конец раннего-начало позднего рифея). Для отношения La/Sc наиболее низкие значения (< 3,0) наблюдаются в тонкозернистых обломочных породах тукаевского, ольховского и приютовского уровней; напротив, в тонкой алюмосиликокластике, присутствующей в разрезах прикамской, надеждинской и усинской свит, ве-

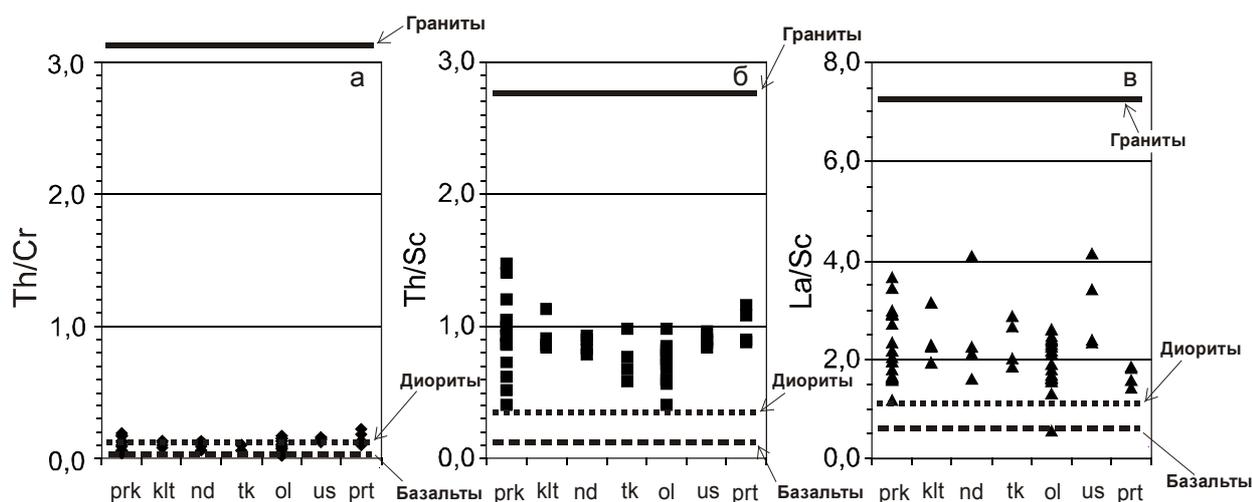


Рис. 6. Вариации значений отношений Th/Cr, Th/Sc и La/Sc в частных пробах различных литостратиграфических уровней рифея Камско-Бельской впадины.

Свиты: prk – прикамская; klt – калтасинская; nd – надеждинская; tk – тукаевская; ol – ольховская; us – усинская; prt – приутовская. Средние значения отношений Th/Cr, Th/Sc и La/Sc в различных типах магматических пород приведены по данным [Интерпретация..., 2001].

личина данного параметра в ряде случаев составляет более 4,0 (в гранитах величина La/Sc составляет в среднем ~ 7,4 [Интерпретация..., 2001]).

На основе данных по микроэлементному составу тонкозернистых терригенных пород может быть выполнен, как известно [Cox et al., 1991, 1995; Cox, Lowe, 1995; Маслов и др., 2005], анализ процессов рециклинга. Так, по представлениям Р. Кокса с соавторами [Cox et al., 1995], в осадочных последовательностях, сложенных преимущественно рециклированной алюмосиликокластикой, вверх по разрезу в глинистых сланцах и аргиллитах растет содержание минимально растворимых компонентов, например, тория и иттрия, тогда как содержания относительно хорошо растворимых – урана и стронция – напротив, уменьшаются. Параллельно с указанными процессами в тонкозернистых терригенных породах наблюдается рост значений отношения ЛРЗЭ/ТРЗЭ⁴, а величина европиевой аномалии остается примерно постоянной (в случае же, когда рост величины ЛРЗЭ/ТРЗЭ связан с увеличением на палеоводосборах доли кислых пород, величина Eu/Eu* также увеличивается). Мы попытались рассмотреть вариации содержаний тория, иттрия, урана и стронция в глинистых сланцах и алевроаргиллитах рифея Камско-Бельского

прогиба, используя данные о медианных содержаниях и величинах стандартных отклонений для каждого из 7 литостратиграфических подразделений. В результате установлено следующее. Медианные содержания тория в глинистых породах вверх по разрезу увеличиваются от 9,5 (прикамская свита) до 13,8 (приутовская свита) г/т, однако, с учетом значений стандартных отклонений (соответственно 3,3 и 4,5), какой-либо определенный тренд в изменении содержаний Th снизу вверх по разрезу отсутствует. Медианные содержания иттрия вверх по разрезу также увеличиваются от 11,6 (прикамская свита) до 19,7 (приутовская свита) г/т, однако достаточно большие величины стандартных отклонений обуславливают статистическую недостоверность вывода о росте содержания Y в координатах «условного времени». Вместе с тем, такой рост можно видеть при сопоставлении данных для тонкозернистых терригенных пород прикамской и усинской свит (соответственно 12,4±2,9 и 22,4±2,6 г/т). Содержания урана в глинистых породах рифея Камско-Бельской впадины вверх по разрезу принципиальных изменений не испытывают; в глинистых сланцах и мелкозернистых алевролитах прикамской свиты медианное содержание U составляет 3,7±0,75, в породах надеж-

⁴ Кроме случаев, связанных с концентрированием в породах зерен циркона и других минералов-носителей ТРЗЭ.

динской свиты – $2,8 \pm 0,7$, в породах ольховской свиты – $2,7 \pm 1,5$, а в глинистых сланцах приютовского уровня – $3,6 \pm 2,6$ г/т. Медианные содержания стронция вверх по разрезу, напротив, растут от $48,8 \pm 20,5$ (прикамская свита) до $112,0 \pm 30,8$ г/т. Медианные значения отношения ЛРЗЭ/ТРЗЭ в тонкозернистых обломочных породах в интервале от прикамской до ольховской свит с учетом величин стандартных отклонений статистически не отличаются. Также практически не отличаются снизу вверх по разрезу рифея значения европиевой аномалии (прикамский уровень – $0,69 \pm 0,05$, ольховский – $0,69 \pm 0,07$, приютовский – $0,74 \pm 0,03$). Все сказанное, по всей видимости, указывает, во-первых, на то, что в составе тонкозернистых обломочных пород кыргинской, серафимовской и абдулинской серий роль рециклированного материала относительно невелика, а во-вторых, подразумевает отсутствие роста с течением времени доли такого материала в общей массе алюмосиликокластиков. Однако использование при проведенном выше анализе такого инструмента осреднения аналитических данных, как медиана, вероятно, в значительной мере затушевывает реальные вариации, которые можно было бы видеть при анализе данных по частным пробам, поэтому такой анализ несомненно необходимо предпринять в будущем.

Заключение

В результате проведенных исследований получены первые данные о систематике элементов-примесей в тонкозернистых алюмосиликокластических породах рифея Камско-Бельского прогиба.

Исходя из особенностей распределения нормированных на PAAS содержаний Th, Ba, Rb, Hf, Ta, Y, Yb, La, Eu, Sc, Co, Cr и Ni в тонкозернистых терригенных породах рифея Камско-Бельской впадины установлено, что наибольшей близостью к постархейскому среднему австралийскому сланцу характеризуются глинистые сланцы и алевроаргиллиты надеждинского, тукаевского, усинского и приютовского уровней, тогда как породы двух нижних свит кыргинской серии имеют отчетливо более низкие, чем в PAAS, содержания бария, рубидия, иттрия и иттербия. По сравнению со средним кратонным сланцем архея, тонкозернистые обломочные образования всех литостратиграфических единиц рифея Камско-Бель-

ского прогиба характеризуются почти на порядок более низкими содержаниями хрома, никеля, а в ряде случаев и иттрия. Большинство других микроэлементов в глинистых сланцах и мелкозернистых алевролитах нижнего и среднего рифея присутствуют в несколько меньших, чем в среднем архейском кратонном сланце количествах. В породах усинской свиты содержания тория, гафния, тантала, лантана и европия выше, чем в AR Sh, а для приютовского уровня характерны более высокие, чем в архейских кратонных сланцах, содержания тория, гафния и тантала.

По сравнению с плаггиогнейсами фундамента восточного сегмента Восточно-Европейской платформы тонкозернистые терригенные породы рифея Камско-Бельского прогиба характеризуются существенно более низкими содержаниями тория, гафния, лантана, европия и хрома. Содержания же Rb, Ta, Y, Yb, Co и Ni в глинистых сланцах и алевроаргиллитах к началу позднего рифея несколько возрастают. В целом, облик нормированных на плаггиогнейсы фундамента спектров микроэлементов в тонкозернистых обломочных породах всего разреза рифея Камско-Бельского прогиба достаточно близок и определяется отчетливыми минимумами содержаний тория, гафния, лантана и хрома.

Основываясь на положении фигуративных точек составов тонкозернистой рифейской алюмосиликокластиков на дискриминационных диаграммах Th–La, Ni–Cr, Sc–Th/Sc, Gd_N/Yb_N –Eu/Eu*, Co/Hf–Ce/Cr, Eu/Eu*– La_N/Yb_N и ряде других, можно сделать вывод о преобладании в областях размыва на протяжении всего рифея пород кислого состава с характеристиками, типичными как для петрохимически относительно зрелых (постархейских), так и относительно незрелых (архейских?) субстратов. Присутствие среди проанализированной нами выборки достаточно большого количества образцов со значениями $La_N/Yb_N \sim 15-17$ позволяет предполагать, что на палеоводосборах определенная роль принадлежала архейским гранитоидам и породам ТТГ-ассоциаций.

Нормированные на хондрит спектры РЗЭ в глинистых сланцах, мелкозернистых алевролитах и алевроаргиллитах рифея Камско-Бельского прогиба в целом подтверждают сделанные выше выводы.

Также показано, что в составе тонкозернистых обломочных пород рифея Камско-Бельской впадины роль рециклированного материала

ла относительно невелика. При анализе медианных данных для свит не отмечается и роста с течением времени доли такого материала в общей массе алюмосиликокластики, однако этот вывод нуждается в более корректном обосновании.

Исследования выполнены при финансовой поддержке интеграционного проекта УрО и СО РАН (проект ИП СО РАН 6.6 «Докембрийские осадочные последовательности Урала и Сибири: типы и характер источников сноса, долговременные вариации состава коры, проблема рециклинга») и Программы ОНЗ РАН № 8.

Список литературы

- Аксенов Е.М.* История геологического развития Восточно-Европейской платформы в позднем протерозое: Автореф. докт. дис. в виде научного доклада. С-Пб.: ИГД 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.
- Андреев Ю.В., Иванова Т.В., Келлер Б.М. и др.* Стратиграфия верхнего протерозоя восточной окраины Русской плиты и западного склона Южного Урала // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1981. № 10. С. 57-68.
- Белоконь Т.В., Горбачев В.И., Балашова М.М.* Строение и нефтегазоносность рифейско-вендских отложений востока Русской платформы. Пермь: ИПК «Звезда», 2001. 108 с.
- Гаррис М.А., Казаков Г.А., Келлер Б.М. и др.* Геохронологическая шкала верхнего протерозоя (рифей и венд) // Абсолютный возраст геологических формаций. М.: Наука, 1964. С. 431-455.
- Глубинное строение и геодинамика Южного Урала. Проект Уралсейс. Тверь: Изд-во ГЕРС, 2001. 286 с.
- Горожанин В.М.* Новые геохронологические данные по верхнему докембрию Татарии (скв. 20005 Карачевская) // Стратиграфия и литология верхнего докембрия и палеозоя Южного Урала и Приуралья. Уфа: БФАН СССР, 1983. С. 48-51.
- Загребина А.И., Булгаков Р.Б.* Глубинное строение Южного Урала по данным сейсморазведки последних лет // Геология, геофизика и полезные ископаемые Южного Урала и Приуралья. Уфа: БНЦ УрО АН СССР, 1991. С. 74-81.
- Зайдис Б.Б.* Использование гидрослюдистых минералов для исследования катагенеза и метаморфизма пород: Автореф. канд. дис. Киев: ИГН АН УССР, 1973. 18 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.
- Иванова Т.В.* Некоторые вопросы седиментогенеза нижнерифейских отложений северо-западной Башкирии // Стратиграфия и литология палеозоя Волго-Уральской области. Казань: Казанский ФАН СССР, 1970. С. 7-14.
- Интерпретация геохимических данных / Под ред. Е.В. Складорова. М.: Интермет Инжиниринг, 2001. 288 с.
- Ишерская М.В., Романов В.А.* К стратиграфии рифейских отложений Западной Башкирии. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 1993. 35 с.
- Казаков Г.А., Кнорре К.Г., Стрижов В.П.* Новые данные о возрасте нижних свит нижнебавлинской серии Волго-Уральской области // Геохимия. 1967. № 4. С. 482-485.
- Лагутенкова Н.С., Чепикова И.К.* Верхнедокембрийские отложения Волго-Уральской области и перспективы их нефтегазоносности. М.: Наука, 1982. 110 с.
- Лозин Е.В.* Тектоника и нефтеносность платформенного Башкортостана. Ч. I. М.: ВНИИОЭНГ, 1994. 73 с.
- Лозин Е.В.* Тектоническое развитие и перспективы нефтегазоносности рифейских и вендских образований юго-востока Восточно-Европейской платформы // Стратиграфия, палеонтология и перспективы нефтегазоносности рифейских и вендских отложений восточной части Восточно-Европейской платформы. Ч. 1. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 1999. С. 49-54.
- Лозин Е.В., Хасанов В.Х.* Сейсмо-геологические данные о глубинном строении края платформы и Южного Урала // Геология, геофизика и полезные ископаемые Южного Урала и Приуралья. Уфа: БНЦ УрО АН СССР, 1991. С. 48-58.
- Масагутов Р.Х.* Литолого-стратиграфическая характеристика и палеогеография позднего докембрия Башкирского Приуралья. М.: Недра, 2002. 224 с.
- Маслов А.В.* Среднерифейский бассейн осадконакопления области сочленения Русской платформы и Южного Урала: литологические и фациальные особенности отложений, палеогеография и основные черты эволюции // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2000. Т. 8. № 1. С. 17-34.
- Маслов А.В.* Метатерригенные породы архея: основные геохимические ограничения // Геохимия. 2007. № 4. С. 370-389.
- Маслов А.В., Гареев Э.З., Крупенин М.Т.* Терригенные осадочные последовательности типового разреза рифея: соотношение процессов рециклинга и привноса «first cycle» материала // Геохимия. 2005. № 2. С. 158-181.
- Маслов А.В., Ишерская М.В.* Осадочные ассоциации рифея Волго-Уральской области (условия формирования и литофациальная зональность). Екатеринбург: ИГТ УрО РАН, 1998. 286 с.

ТОНКОЗЕРНИСТЫЕ ТЕРРИГЕННЫЕ ПОРОДЫ РИФЕЯ

- Ожиганова Л.Д.* Нижний рифей Западной Башкирии // Стратиграфия и литология верхнего докембрия и палеозоя Южного Урала и Приуралья. Уфа: БФАН СССР, 1983. С. 33-39.
- 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.* Рифей платформенного Башкортостана: стратиграфия, тектоника и перспективы нефтегазоносности. Уфа: Гилем, 2001. 126 с.
- Романов В.А., Ишерская М.В.* Стратиграфия рифея платформенного Башкортостана. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 1998. 36 с.
- Романов В.А., Ишерская М.В.* Стратиграфия рифея платформенного Башкортостана // Стратиграфия, палеонтология и перспективы нефтегазоносности рифейских и вендских отложений восточной части Восточно-Европейской платформы. Ч. 2. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 1999. С. 59-60.
- Романов В.А., Ишерская М.В.* Тектоника рифейских отложений Западной Башкирии. Уфа: АН РБ, 1996. 20 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 / Под ред. Б.М. Келлера и Н.М. Чумакова. М.: Наука, 1983. 184 с.
- Тейлор С.Р., МакЛеннан С.М.* Континентальная кора: ее состав и эволюция. М.: Мир, 1988. 384 с.
- Фролович Г.М.* Сопоставление разрезов докембрийских отложений Камско-Бельской впадины // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1980. № 4. С. 75-85.
- Asiedu D.K., Hegner E., Rocholl A., Atta-Peters D.* Provenance of Late Ordovician to Early Cretaceous sedimentary rocks from southern Ghana, as inferred from Nd isotopes and trace elements // J. Afr. Earth Sci. 2005. V. 41. P. 316-328.
- Bauluz B., Mayayo M.J., Fernandez-Nieto C., Lopez J.M.G.* Geochemistry of Precambrian and Paleozoic siliciclastic rocks from the Iberian Range (NE Spain): implications for source-area weathering, sorting, provenance, and tectonic setting // Chem. Geol. 2000. V. 168. P. 135-150.
- 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.
- Condie K.C., Wronkiewicz D.A.* The Cr/Th ratio in Precambrian pelites from the Kaapvaal Craton as an index of craton evolution // Earth Planet. Sci. Lett. 1990. V. 97. P. 256-267.
- Cox R., Karlstrom K.E., Cullers R.L.* Rare earth element chemistry of Early Proterozoic argillites, central Arizona: constraints on stratigraphy // Proterozoic geology and ore deposits of Arizona (ed. K.E. Karlstrom). Arizona Geol. Soc. Digest. 1991. V. 19. P. 57-66.
- Cox R., Lowe D.R.* Controls on sediment composition on a regional scale: a conceptual review // J. Sediment Res. 1995. V. A65. P. 1-12.
- Cox R., Lowe D.R., Cullers R.L.* The influence of sediment recycling and basement composition on evolution of mudrock chemistry in the southwestern United States // Geochim. Cosmochim. Acta. 1995. V. 59. P. 2919-2940.
- Das B.K., Al-Mikhlaifi A.S., Kaur P.* Geochemistry of Mansar Lake sediments, Jammu, India: Implication for source-area weathering, provenance, and tectonic setting // J. Asian Earth Sci. 2006. V. 26. P. 649-668.
- Ding Z.L., Sun J.M., Yang S.L., Liu T.S.* Geochemistry of the Pliocene red clay formation in the Chinese Loess Plateau and implications for its origin, source provenance and paleoclimate change // Geochim. Cosmochim. Acta. 2001. V. 65. P. 901-913.
- Echtler H.P., Stiller M., Steinhoff F. et al.* Preserved collisional crustal structure of the Southern Urals revealed by vibroseis profiling // Science. 1996. V. 274. P. 224-226.
- Frimmel H.E., Tack L., Basei M.S. et al.* Provenance and chemostratigraphy of the Neoproterozoic West Congolian Group in the Democratic Republic of Congo // J. Afr. Earth Sci. 2006. V. 46. P. 221-239.
- Gonzalez-Alvarez I., Kusiak M.A., Kerrich R.* A trace element and chemical Th-U total Pb dating study in the lower Belt-Purcell Supergroup, Western North America: Provenance and diagenetic implications // Chem. Geol. 2006. V. 230. P. 140-160.
- Hassan S., Ishiga H., Roser B.P., et al.* Geochemistry of Permian-Triassic shales in the Salt range, Pakistan: implications for provenance and tectonism at the Gondwana margin // Chem. Geol. 1999. V. 158. P. 293-314.
- Kawano Y., Akiyama M., Ikawa T. et al.* Whole rock geochemistry and Sr isotopic compositions of Phanerozoic sedimentary rocks in the Inner Zone of the Southwest Japan Arc // Gondwana Res. 2006. V. 9. P. 126-141.
- Lee Y.I.* Provenance derived from the geochemistry of Late Paleozoic-Early Mesozoic mudrocks of the Pyeongan Supergroup, Korea // Sed. Geol. 2002. V. 149. P. 219-235.
- Panahi A., Young G.M.* A geochemical investigation into the provenance of the Neoproterozoic Port

Askaig Tillite, Dalradian Supergroup, western Scotland // *Prec. Res.* 1997. V. 85. P. 81-96.

Rock N.M., Webb J.A., McNaughton N.J. et al. Nonparametric estimation of averages and errors for small datasets in isotope geoscience: a proposal // *Chem. Geol.* 1987. V. 66. P. 163-177.

Svendsen J., Friis H., Stollhofen H., Hartley N. Facies discrimination in a mixed fluvio-eolian setting using elemental wholerock geochemistry – applications for reservoir characterization // *J. Sed. Res.* 2007. V. 77. P. 23-33.

Wronkiewicz D.J., Condie K.C. Geochemistry and mineralogy of sediments from the Ventersdorp and Transvaal Supergroups, Sout Africa: cratonic evolution during the Early Proterozoic // *Geochim. Cosmochim. Acta.* 1990. V. 54. P. 343-354.

Yan Y., Xia B., Cui X et al. Geochemistry of the sedimentary rocks from the Nanxiong Basin, South China and implications for provenance, paleoenvironment and paleoclimate at the K/T boundary // *Sed. Geol.* 2007. V. 197. P. 127-140.

*Рецензенты доктор геол.-мин. наук В.Н. Подковыров
доктор геол.-мин. наук В.П. Алексеев*