

ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИЙ ОБЛИК ОТЛОЖЕНИЙ АШИНСКОЙ СЕРИИ ВЕНДА ЗАПАДНОГО СКЛОНА ЮЖНОГО УРАЛА

© 2014 г. А. В. Маслов

*Институт геологии и геохимии УрО РАН
620075, г. Екатеринбург, Почтовый пер., 7
E-mail: maslov@igg.uran.ru*

Поступила в редакцию 27.12.2012 г.

Показано, что песчаники ашинской серии сопоставимы с составом среднего протерозойского кратонного песчаника только по средним содержаниям оксида кремния. Концентрации остальных породообразующих оксидов в них как заметно выше, так и ниже. Определенные отличия валового химического состава от состава PAAS характерны и для глинистых пород ашинской серии. Снизу вверх по разрезу серии средние составы псаммитов эволюционируют от сублитаренитов (толпаровская и суировская свиты) к аркозам и субаркозам (урюкская свита) и лититам (басинский уровень). На смену последним в куккараукское время приходят вновь сублитарениты, а затем – лититы (зиганская свита). Таким образом, внутри ашинской серии намечаются два цикла изменения состава песчаников. Первый отвечает толпаровско-басинскому интервалу, второй – куккараукско-зиганскому. Кларки концентрации подавляющего большинства редких и рассеянных элементов в глинистых породах ашинской серии не превышают $2.0 \times \text{УСС}$. Особенности распределения нормированных на RPSC спектров РЗЭ в глинистых сланцах и аргиллитах подтверждают представления о смене состава пород-источников питания во время накопления осадочных образований ашинской серии, сделанные на основе анализа минералогическо-петрографических особенностей псаммитов и возрастов обломочных цирконов. В целом, вырисовывающаяся как по минералогическо-петрографическим, так и по литогеохимическим данным картина формирования осадочного выполнения южноуральского сегмента вендского Предуральского/Тиманского предгорного прогиба в определенной степени сходна с современными представлениями о формировании аналогичных структур Альпийского складчатого пояса. Климатические обстановки формирования осадочных образований ашинской серии определяются по валовому химическому составу глинистых пород не вполне однозначно. Достаточно неопределенными представляются и основанные на данных о валовом химическом составе песчаников и глинистых пород результаты реконструкции палеогеодинамического режима формирования отложений ашинской серии.

Ключевые слова: Южный Урал, песчаники, глинистые сланцы, аргиллиты, ашинская серия, венд, литогеохимия.

Рассматривая направления развития литологии В.Г. Кузнецов [10, с. 343] отметил, что "...появление и широкое внедрение в практику литологических исследований новой прецизионной аналитической техники высокой чувствительности и разрешающей способности ... даст, а частично уже дает возможность развиваться геохимическому направлению исследования осадочных пород, а отсюда и возможности изучения становления и развития внешних сфер, включая биосферу, и их геохимических обстановок". Синтез данных собственно литологических и литогеохимических, позволяющий для многих явлений и процессов получить численные характеристики, действительно дает в руки исследователей весьма мощный инструмент познания. Геохимическая специализация осадочных пород определяется в наиболее общем виде такими факторами, как состав питающих провинций, особенности выветривания и транспортировки обломочного материала, динамика среды в области осадконакопления, особен-

ности процессов диагенеза и рядом др. [34 и др.]. Считается, что среди всех перечисленных наиболее важным фактором является состав пород питающих провинций. Последний, в свою очередь, в той или иной мере контролируется геодинамическими обстановками. Все указанные факторы оставляют в составе (как минеральном, так и химическом) песчаников и тонкозернистых обломочных пород свой след, что делает их интегральными индикаторами тех или иных процессов седиментогенеза.

На Урале и в прилегающих к нему регионах первое десятилетие XXI в. отмечено масштабными литогеохимическими исследованиями рифейских осадочных последовательностей типового разреза рифея и Волго-Уральской области [13, 23], а также осадочных образований верхневендской сыльвицкой серии Среднего Урала [7]. Существенный шаг был сделан также в сопоставлении литогеохимических особенностей наиболее полных осадочных толщ рифея Южного Урала, Учуро-Майского реги-

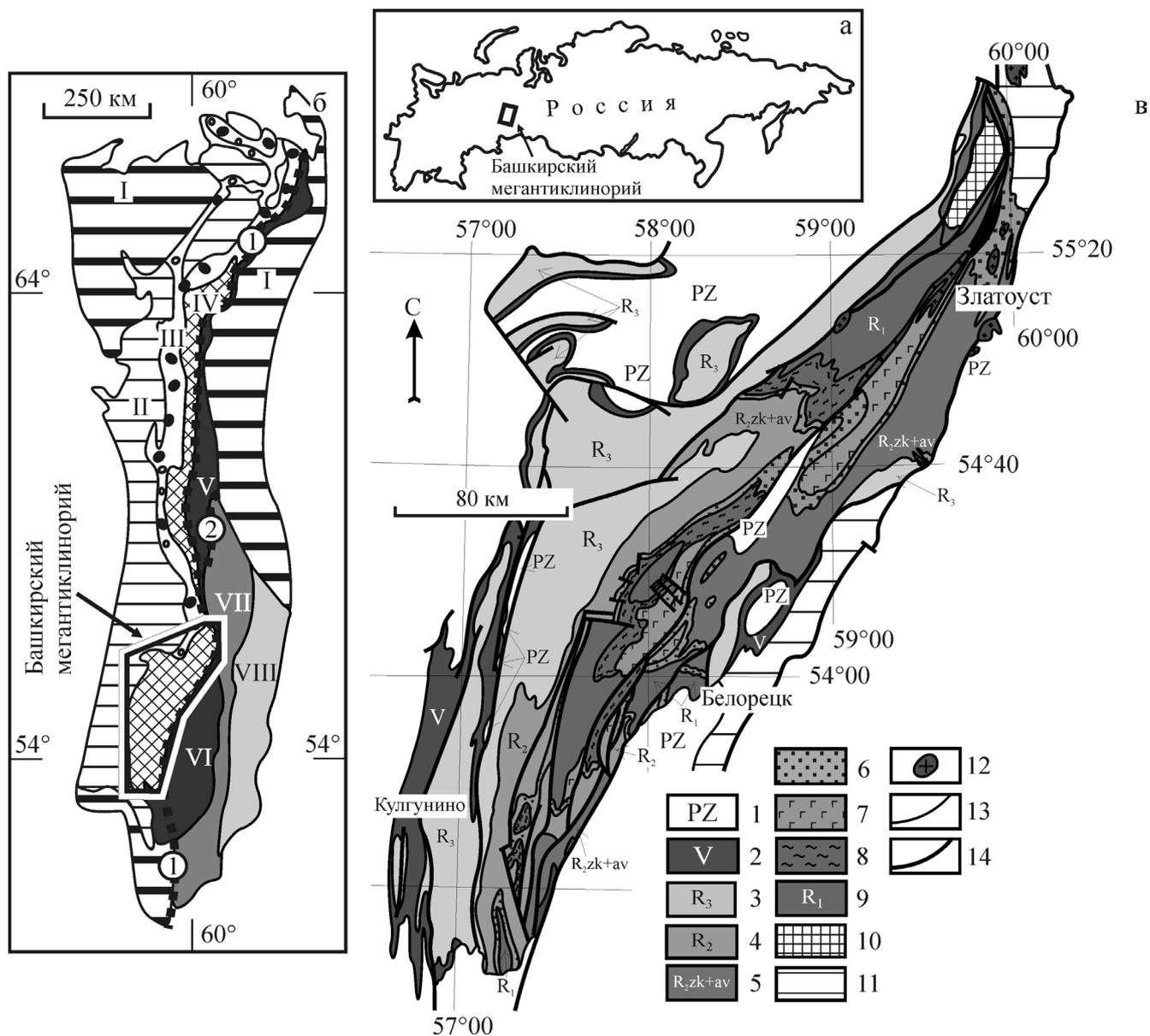


Рис. 1. Положение Башкирского мегаантиклинория на территории России (а), в региональных геологических структурах (б) и его схематическая геологическая карта (в), по [18, 23].

б. I – мезозойско-кайнозойские отложения; II – Предуральский прогиб; III–VIII – мегазоны: III – Западно-Уральская, IV – Центрально-Уральская, V – Тагильская, VI – Магнитогорская, VII – Восточно-Уральская, VIII – Зауральская. Цифры в кружках: 1 – Главный Уральский разлом, 2 – Серовско-Маукский разлом.

в. 1 – палеозой, 2 – венд, 3 – верхний рифей, 4 – средний рифей, 5 – нерасчлененные отложения зигазино-комаровской и авзянской свит среднего рифея, 6 – зигальгинская свита среднего рифея и ее аналоги, 7 – машакская свита основания среднего рифея, 8 – бакальская свита нижнего рифея и ее аналоги, 9 – нижний рифей, 10 – архейско-нижнепротерозойский тараташский комплекс, 11 – метаморфизованные образования уфалейского комплекса, 12 – гранитные массивы, 13 – геологические границы, 14 – основные разломы.

она и Енисейского кряжа [22, 24 и др.]. Для вендских осадочных толщ Башкирского мегаантиклинория работ подобного плана существенно меньше, и цель настоящей публикации в какой-то мере заполнить существующий пробел.

ЛИТОСТРАТИГРАФИЯ АШИНСКОЙ СЕРИИ

К венду в Башкирском мегаантиклинории (западный склон Южного Урала) традиционно относятся отложения ашинской серии [2, 30–32 и др.] (рис. 1).

Система	Отдел	Серия	Свита	
Венд	Верхний	Ашинская	Зиганская	
			Куккараукская	
			Басинская	
			Урюкская	
	Нижний		Бакеевская	Суировская
				Толпаровская

Рис. 2. Сводная стратиграфическая колонка ашинской серии Башкирского мегантиклинория.

Ашинская серия несогласно перекрывает различные горизонты каратауской серии верхнего рифея и включает (снизу вверх) бакеевскую, урюкскую, басинскую, куккараукскую и зиганскую свиты. В бассейне р. Зилим, в окрестностях д. Толпарово, аналогами бакеевской свиты выступают толпаровская и суировская свиты (рис. 2). Породы *толпаровской свиты* залегают здесь с конгломератами в основании на глинистых известняках катавской свиты [9, 32 и др.]. Свита представлена грубоплитчатыми песчаниками с маломощными прослоями гравелитов, конгломератов и, редко, аргиллитов. **Rb-Sr изотопный возраст катагенеза погружения аутигенного иллита**, выделенного из аргиллитов, составляет 593 ± 15 млн. лет [8]. Мощность толпаровской свиты 600–650 м. Породы ее согласно перекрыты отложениями *суировской свиты* (мощность ~300 м), объединяющей алевролиты и аргиллиты с редкими прослоями песчаников и пластами микститов. Модельный Rb-Sr-возраст тонкой фракции аргиллитов данного уровня оценивается в 638 ± 70 млн. лет [5]. *Бакеевская свита* распространена более широко и сложена песчаниками, алевролитами с глауконитом и алевролитистыми глинистыми сланцами. Максимальная ее мощность составляет ~140 м [2]. Rb-Sr возраст глауконита из песчаников данного литостратиграфического подразделения составляет 617 ± 12 млн. лет [5]. *Урюкская свита* (200–300 м) объединяет песчаники, алевролиты, гравелиты и конгломераты. K-Ag возраст глауконита из песчаников свиты равен 582–569 млн. лет [32]. *Басинская свита* (до 1000 м) представлена преимущественно песчаниками, переслаивающимися с алевролитами и глинистыми сланцами. K-Ag возраст глауконита, выделенного из песчаников басинской свиты, варьирует от 600 до 557 млн. лет [32]. *Куккараукская свита* слагается мелко- и среднегалечниковыми конгломератами и в подчиненном количестве – песчаниками и алевролитами. Мощность ее – 200–250 м. *Зиганская свита* (500–600 м) объединяет неравномерно переслаивающиеся песчаники, алевролиты и аргиллиты. Подчиненную роль в разрезах свиты играют гравелиты и мелкогалечниковые конгломераты. U-Pb изотопный возраст цирконов из прослоев вулканических пеплов, присутствующих в нижней части зиганской свиты, составляет 548.2 ± 7.6 млн. лет [6].

ОБРАЗЦЫ И АНАЛИТИКА

Рассматриваемая в настоящей работе аналитическая выборка (песчаники – 43 образца, глинистые сланцы и аргиллиты – 62 образца) в основном представлена данными по образцам, отобранным из естественных разрезов ашинской серии в окрестностях г. Усть-Катав (север Башкирского мегантиклинория), вдоль автотрассы Уфа–Инзер (запад-северо-западная часть указанной структуры), а также в бассейне руч. Кук-караук (запад-юго-западная часть мегантиклинория). Кроме авторских данных в ряде случаев использованы сведения о содержании в песчаниках и глинистых сланцах основных породообразующих оксидов, любезно предоставленные Э.З. Гареевым (г. Бургас, Болгария) и В.Н. Подковыровым (г. Санкт-Петербург). Содержания петрогенных оксидов в авторских пробах определены в ИГГ УрО РАН (рентген-флюорисцентный метод, аналитики Н.П. Горбунова, Г.М. Ятлук и Г.С. Неупокоева). Для 53 образцов глинистых сланцев и аргиллитов – там же, методом ICP-MS (аналитики О.П. Лепихина, О.Ю. Попова, Н.В. Черденченко, Д.В. Киселева, Н.Н. Адамович, О.А. Березикова и Л.К. Дерюгина) установлены содержания редких и рассеянных, в том числе редкоземельных, элементов. Пределы обнаружения редких, редкоземельных и высокозарядных элементов составляли от 0.005 до 0.1 г/т при точности анализа 2–7 отн. %. Подготовка образцов в основном соответствовала методике, описанной в [19, 20, 22].

Содержания породообразующих оксидов в ряде представительных образцов¹ песчаников различных литостратиграфических подразделений ашинской серии приведены в табл. 1 (естественно, что сопоставление песчаников и аргиллитов далее идет по более широкому выборкам). В табл. 2 представлены средние их содержания. Содержания породообразующих оксидов в представительных образцах глинистых сланцев и аргиллитов бакеевской, басинской и зиганской свит и средние данные приведены в табл. 3. В табл. 4 указаны содержания редких и рассеянных элементов в представительных пробах глинистых сланцев и ар-

¹ Представительный образец здесь и далее – отобранная для анализа часть объекта, достаточно точно выражающая его состав.

Таблица 1. Содержание породообразующих оксидов (мас. %) в представительных образцах песчаников различных свит ашинской серии

Компонент	Басинская свита										Куккарарукская свита									
	753-105	753-102	753-88	753-80	753-71	753-68	753-52	753-28	753-24	753-24	753-116	753-114	753-112	753-110	753-107					
SiO ₂	81.17	75.15	82.32	81.90	78.45	74.48	70.67	71.02	70.32	70.32	95.56	93.85	93.19	95.57	88.45					
TiO ₂	0.50	0.64	0.59	0.57	0.57	0.77	0.96	0.83	1.01	1.01	0.14	0.19	0.24	0.13	0.36					
Al ₂ O ₃	7.06	7.05	6.21	7.14	7.45	7.87	9.30	8.13	11.27	11.27	2.17	2.97	3.21	2.41	5.22					
Fe ₂ O ₃ общ.	3.77	3.17	4.94	4.26	3.48	4.40	5.52	4.68	6.46	6.46	1.67	2.15	2.02	1.90	2.96					
MnO	0.09	0.17	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.12	0.08	0.08	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02					
CaO	1.87	1.30	1.45	1.54	1.52	1.96	2.49	1.83	2.68	2.68	0.05	0.11	0.14	0.05	0.52					
MgO	0.20	5.13	0.20	0.58	2.55	3.44	5.18	6.58	0.37	0.37	0.05	0.05	0.20	0.05	0.30					
Na ₂ O	1.39	1.73	1.13	1.52	1.61	1.75	1.95	1.78	1.91	1.91	0.16	0.33	0.33	0.27	0.97					
K ₂ O	1.11	0.94	0.95	0.98	1.01	1.00	1.14	0.88	1.89	1.89	0.38	0.54	0.73	0.50	0.93					
P ₂ O ₅	0.07	0.08	0.12	0.07	0.07	0.09	0.11	0.09	0.12	0.12	0.01	0.02	0.04	0.02	0.03					
пшп	1.65	4.47	1.51	1.52	2.62	3.65	2.26	3.45	2.51	2.51	0.52	0.46	0.46	0.10	0.66					
Сумма	98.88	99.83	99.48	100.15	99.41	99.51	99.69	99.39	98.62	98.62	100.73	100.69	100.59	101.02	100.42					
Компонент	Зиганская свита										09-08-39									
	753-141	753-139	753-131	753-126	753-119	09-08-34	09-08-35	09-08-36	09-08-37	09-08-37	09-08-39	09-08-41	09-08-42	09-08-44	09-08-45					
SiO ₂	72.29	69.89	70.58	80.56	75.79	70.03	74.61	65.70	70.60	70.60	71.84	76.50	68.84	75.11	65.87					
TiO ₂	0.63	0.87	0.76	0.62	1.78	0.60	0.49	0.57	0.51	0.51	0.51	0.43	0.54	0.48	0.57					
Al ₂ O ₃	9.95	9.64	12.30	8.50	9.09	12.43	11.02	13.34	12.98	12.98	12.47	11.86	13.64	12.92	14.50					
Fe ₂ O ₃ общ.	4.73	6.70	6.16	3.56	6.59	6.65	5.20	7.92	6.43	6.43	6.17	3.19	7.17	3.86	8.27					
MnO	0.09	0.10	0.08	0.06	0.07	0.14	0.16	0.09	0.09	0.09	0.07	0.06	0.06	0.03	0.05					
CaO	2.42	3.13	2.16	0.99	1.00	0.52	0.55	0.36	0.58	0.58	0.40	0.38	0.34	0.33	0.47					
MgO	2.07	2.12	0.77	0.24	0.28	2.75	2.06	3.31	2.78	2.78	2.80	2.39	2.97	1.77	2.54					
Na ₂ O	2.05	1.29	2.14	1.42	1.76	1.70	2.30	2.40	0.30	0.30	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40					
K ₂ O	1.48	1.40	2.05	1.70	1.70	1.86	1.17	2.41	2.38	2.38	2.21	1.90	2.45	2.28	2.60					
P ₂ O ₅	0.10	0.04	0.07	0.03	0.06	0.13	0.09	0.13	0.10	0.10	0.13	0.12	0.12	0.09	0.11					
пшп	2.99	3.50	2.63	1.52	1.36	3.40	2.50	3.80	3.50	3.50	3.30	2.80	3.70	2.90	4.70					
Сумма	98.80	98.68	99.70	99.20	99.48	100.21	100.15	100.04	100.25	100.25	100.30	100.03	100.24	100.18	100.08					

Таблица 2. Средние содержания породообразующих оксидов (мас. %) в песчаниках различных литостратиграфических подразделений ашинской серии, по [3, 15]

Компонент	Свита					
	толпаровская	суировская	урукская	басинская	куккарауцкая	зиганская
SiO ₂	91.07	92.06	89.27	75.27	93.32	71.40
TiO ₂	0.14	0.05	0.18	0.74	0.21	0.70
Al ₂ O ₃	4.00	3.85	4.36	7.99	3.20	11.94
Fe ₂ O ₃ общ.	1.19	0.72	2.20	4.62	2.14	6.00
MnO	0.02	0.01	0.02	0.10	0.02	0.09
CaO	0.48	0.28	0.41	1.90	0.17	1.19
MgO	0.26	0.14	0.56	2.96	0.13	1.99
Na ₂ O	0.30	0.37	1.03	1.55	0.41	1.35
K ₂ O	1.18	1.13	0.95	1.08	0.62	1.96
P ₂ O ₅	0.02	0.03	0.09	0.09	0.02	0.10
ппп	0.88	1.31	1.00	3.09	0.44	3.10
Сумма	99.52	99.90	99.94	99.39	100.69	99.46

гиллитов тех же литостратиграфических подразделений. Подобной информацией для песчаников ашинской серии мы на сегодняшний день, к сожалению, не располагаем.

МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕСЧАНИКОВ И ГЛИНИСТЫХ ПОРОД АШИНСКОЙ СЕРИИ

Песчаники толпаровской свиты представлены полевошпато-кварцевыми, кремнекластито-кварцевыми и мономиктовыми кварцевыми разностями. Количество обломочных зерен кварца в них варьирует от 75 до 90% при незначительной роли полевых шпатов, слюдисто-кварцевых пород и микрокварцитов. С псаммитами толпаровской свиты по составу сходны песчаники перекрывающей ее суировской свиты. Песчаники бакеевской свиты можно классифицировать преимущественно как полевошпато-кварцевые, заметно более скромную роль в ее разрезах играют кремнекластито-кварцевые и мономиктовые кварцевые разности. Песчаники урукской свиты имеют преимущественно полевошпато-кварцевый и аркозовый состав. Количество обломочных зерен кварца в них варьирует от 55 до 65%, а полевых шпатов – от 10 до почти 30% [1]. Среди последних существенную роль играют альбит и олигоклаз. Псаммиты басинской свиты, в соответствии с классификацией В.Д. Шутова [35], относятся в основном к граувакковым аркозам и полевошпато-кварцевым грауваккам; подчиненную роль в разрезах названной свиты играют аркозовые разности песчаников. Количество зерен кварца в граувакковых аркозах составляет 45–55%, полевых шпатов – 25–35% (60–75% из них – плагиоклазы). Среди обломков пород в псаммитах этого типа доминируют эффузивы (вариолиты, диабазовые, плагиоклазовые и трахитовые пор-

фириты), кварциты, микропегматиты, глинистые породы и кремни. В полевошпато-кварцевых граувакках количество зерен кварца существенно ниже (до 30–45%), тогда как полевые шпаты (также преимущественно плагиоклазы) слагают от 15 до 25% их объема [1]. Песчаники куккарауцкой свиты варьируют по составу от собственно аркозов и граувакковых аркозов до полевошпато-кварцевых граувакк. Ю.Р. Беккером [1] они были классифицированы как преимущественно субграувакковые. Количество зерен кварца в них составляет 30–50%, полевых шпатов – 20–60%; среди последних доминируют калиевые разности, а кислые и основные плагиоклазы играют подчиненную роль. Обломки пород в псаммитах рассматриваемого уровня ашинской серии представлены кварцитами, кремнями, гранитами, основными эффузивами, а также глинистыми породами. В разрезах зиганской свиты преобладают аркозовые, граувакково-аркозовые и полевошпато-кварцевые разности песчаников, а также полевошпато-кварцевые граувакки. Полевые шпаты в песчаниках – это в основном плагиоклазы [1].

Глинистые сланцы и аргиллиты бакеевской свиты сложены преимущественно гидрослюдой; подчиненную роль в их составе играют вермикулит и смешанослойные образования – вермикулит-хлорит [14]. Алевропелиты урукской свиты представлены, по данным Ю.Р. Беккера [1], преимущественно гидрослюдой с переменным количеством хлорита и полуморфизованного биотита. В основной ткани их наблюдается также глауконит и карбонатные минералы. Характерно значительное содержание зерен кварца и плагиоклаза. Основная ткань глинистых пород басинского уровня представлена тонкодисперсным микрочешуйчатым агрегатом гидрослюды и слабоокристаллизованного пелитового материала, интенсивно пигментированного тонкодисперсным гематитом. По данным [33], в глинистых породах этого уровня ашинской серии присутствуют магнезиально-железистый хлорит и гидрослюда 2М. В аргиллитах зиганской свиты преобладает диоктаэдрическая гидрослюда. В виде примеси присутствуют хлорит и плохо окристаллизованное глинистое вещество [14].

ОСНОВНЫЕ ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОД АШИНСКОЙ СЕРИИ

Некоторые общие геохимические особенности глинистых пород ашинской серии венда были рассмотрены нами ранее в [16]. Установлено, что медианное содержание Th в аргиллитах басинской и зиганской свит весьма близко к его концентрации в среднем постархейском австралийском глинистом сланце (РААS). Аналогичная ситуация характерна и для La. Медианное содержание Ni в аргиллитах и алевроаргиллитах басинской свиты составляет по-

Таблица 3. Содержание породообразующих оксидов (мас. %) в представительных образцах глинистых сланцев и аргиллитов ряда свит ашинской серии и средние данные

Компонент	Бакеевская свита				Среднее (n = 6)	Басинская свита					Среднее (n = 27)
	08-25-1	08-25-2	08-25-3	116-8-2		1754-9-3	115-1-4	115-2-5	116-4-6		
SiO ₂	58.44	58.40	57.50	54.07	58.11	57.55	52.80	53.28	56.52	55.18	
TiO ₂	0.75	0.74	0.73	1.17	0.74	0.86	1.41	1.25	1.16	1.05	
Al ₂ O ₃	18.63	18.08	18.13	18.04	18.28	17.54	14.50	18.25	14.61	17.21	
Fe ₂ O ₃ общ.	7.20	7.37	8.14	10.66	7.57	13.62	12.17	9.92	11.32	10.65	
MnO	0.04	0.04	0.04	0.11	0.04	0.12	0.08	0.10	0.09	0.14	
CaO	0.72	0.88	0.95	1.54	0.85	1.11	1.44	1.16	1.82	1.34	
MgO	2.06	2.07	2.21	4.84	2.11	3.86	5.94	4.95	3.52	4.22	
Na ₂ O	0.50	0.60	0.60	1.60	0.57	1.69	1.37	1.48	1.70	1.55	
K ₂ O	4.90	4.53	4.54	3.85	4.66	3.50	3.58	3.52	3.40	3.65	
P ₂ O ₅	0.16	0.25	0.23	0.18	0.21	0.23	0.15	0.20	0.21	0.19	
ППП	6.54	6.95	6.88	4.34	6.77	0.32	7.05	6.40	6.10	4.83	
Сумма	99.94	99.91	99.95	100.40	99.91	100.40	100.49	100.51	100.45	100.01	
Зиганская свита											
Компонент	1734-36-2	1736-34-2	09-08-13	09-08-15	09-08-27	09-08-18	09-08-31	09-08-32	09-08-22	Среднее (n = 29)	
SiO ₂	57.00	58.78	59.10	60.10	60.23	60.84	61.60	60.06	60.44	61.04	
TiO ₂	1.20	1.29	0.82	0.79	0.79	0.78	0.81	0.84	0.78	0.82	
Al ₂ O ₃	17.12	14.37	17.44	16.59	16.31	16.86	17.32	18.27	16.79	16.56	
Fe ₂ O ₃ общ.	9.40	8.86	8.15	8.34	8.80	7.75	6.32	6.66	8.15	7.67	
MnO	0.10	0.17	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.08	0.08	
CaO	0.24	1.64	0.59	0.46	0.53	0.48	0.50	0.43	0.49	0.66	
MgO	4.93	4.20	3.36	3.18	2.93	3.03	2.73	2.33	3.39	3.17	
Na ₂ O	2.26	2.40	0.40	0.40	0.30	0.40	0.40	0.40	0.40	0.71	
K ₂ O	3.43	3.86	5.44	5.02	5.07	5.07	5.07	5.34	4.44	4.60	
P ₂ O ₅	0.11	0.15	0.14	0.12	0.18	0.13	0.12	0.04	0.14	0.15	
ППП	4.55	4.69	4.49	4.93	4.85	4.60	4.98	5.58	4.80	4.92	
Сумма	100.34	100.41	100.00	100.00	100.05	100.00	99.90	99.99	99.90	100.36	

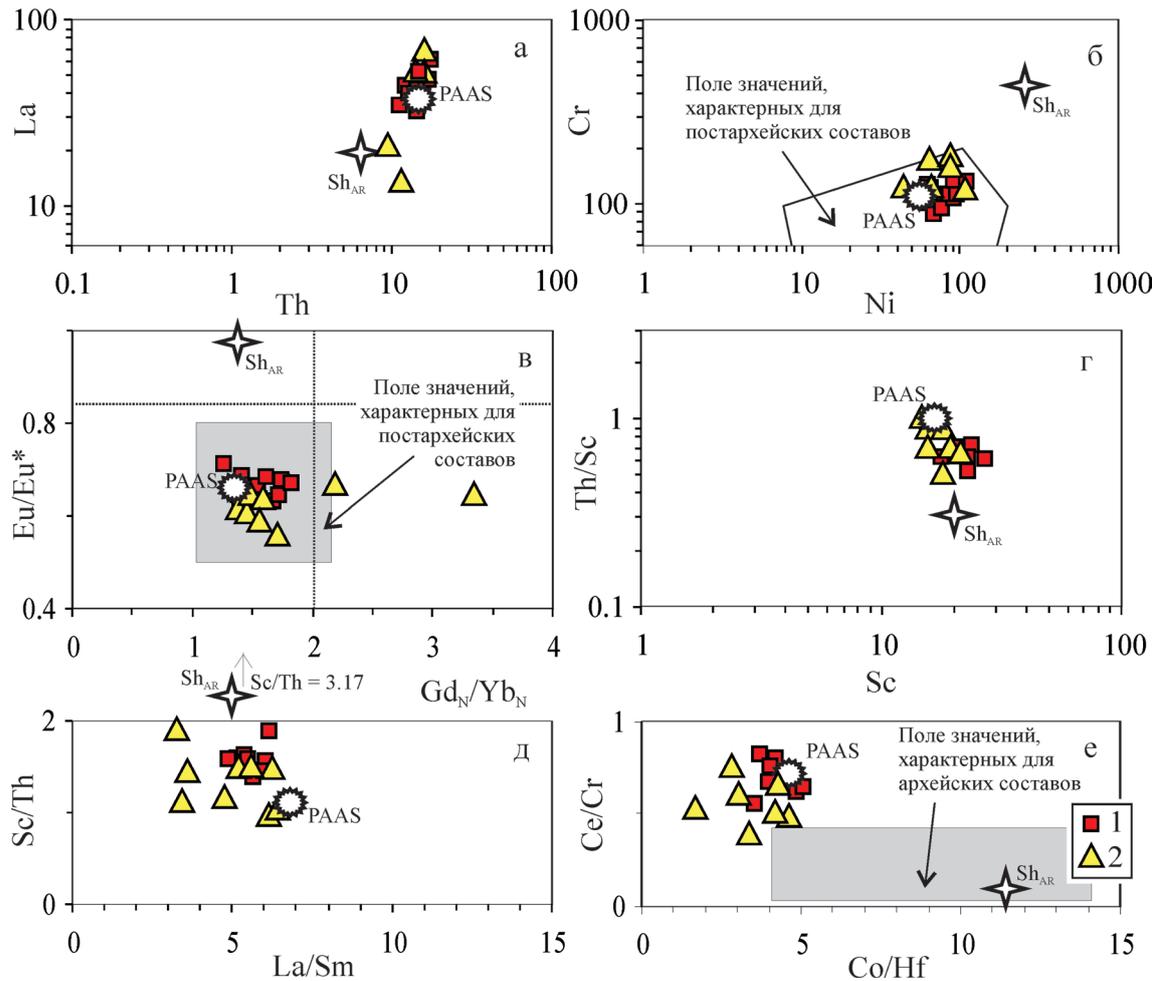


Рис. 3. Положение фигуративных точек составов тонкозернистых терригенных пород верхнего венда Башкирского мегантиклинория на диаграммах Th–La (а), Ni–Cr (б), Gd_N/Yb_N –Eu/Eu* (в), Sc–Th/Sc (г), La/Sm–Sc/Th (д) и Co/Hf–Ce/Cr (е), по [19] с упрощениями.

1 – басинская свита, 2 – зиганская свита, Sh_{AR} – средний архейский аргиллит [39].

рядка 86 г/т, в тонкозернистых терригенных породах зиганской свиты – 66 г/т. Это в 1.2–1.6 раза выше, чем в PAAS, но существенно меньше, чем в ранне- и позднеархейских метапелитах. Аргиллиты басинской свиты характеризуются медианным содержанием Cr 114.5 г/т, а в аргиллитах зиганского уровня величина $Cr_{\text{медиана}}$ немного выше. На диаграмме La–Th точки составов аргиллитов верхнего венда Башкирского мегантиклинория весьма компактно локализованы в области точки PAAS, как и на диаграмме Ni–Cr (рис. 3). Величина отрицательной Eu аномалии в аргиллитах и алевро-аргиллитах басинской и зиганской свит варьирует от 0.56 до 0.71, что в целом не выходит за пределы значений, типичных для подавляющей части постархейских осадочных пород. Деплетирование ТРЗЭ для аргиллитов ашинской серии также не характерно. В результате, на диаграмме Gd_N/Yb_N –Eu/Eu* точки составов аргиллитов басинской и зиганской свит тяготеют к точке PAAS. Такая же ситуация наблюдается и на диаграмме Sc–Th/Sc. На диаграмме Co/Hf–Ce/Cr в об-

ласти составов, типичных для архейских метапелитов, не наблюдается ни одного образца тонкозернистых обломочных пород ни басинской, ни зиганской свит. Нормированные на хондрит спектры распределения РЗЭ в аргиллитах указанных свит также имеют типичный для большинства постархейских тонкозернистых образований вид.

В настоящей работе представлен более полный обзор литогеохимических характеристик как песчаников, так и глинистых пород, и сделана попытка на их основе дать представление об основных особенностях формирования терригенных образований ашинской серии Башкирского мегантиклинория. Методические основы такого подхода можно найти в публикациях [12, 13 и др.].

Общие особенности состава. Сопоставление валового химического состава песчаников трех верхних свит ашинской серии с составом среднего протерозойского кратонного песчаника (ПКП) [39] показывает, что псаммиты басинской и зиганской свит имеют несколько пониженные против ПКП средние

Таблица 4. Содержания редких и рассеянных элементов (г/т) в представительных образцах глинистых сланцев и аргиллитов бакеевской, басинской и зиганской свит

Элемент	Бакеевская свита				Басинская свита							
	08-25-1	08-25-2	08-25-3	08-25-4	Bas-2-04	Bas-4-04	Bas-3-04	08-33-1	08-33-2	08-33-5	08-33-6	08-33-8
Be	3.23	2.76	2.68	3.22	3.63	3.29	3.87	3.60	3.47	3.56	4.04	3.86
Sc	13.36	14.67	15.42	12.07	20.43	22.95	22.59	21.28	21.72	19.63	20.42	22.57
V	114.20	108.70	121.10	100.50	131.80	166.03	150.68	154.20	171.02	138.14	142.78	164.06
Cr	100.70	101.00	103.00	99.80	95.54	114.48	117.42	123.90	139.87	113.03	108.98	125.02
Co	11.10	7.90	11.90	9.50	22.74	28.98	28.11	25.52	33.51	23.23	21.77	24.30
Ni	37.93	32.45	37.22	32.09	76.70	85.95	90.27	58.29	67.63	58.06	48.55	62.83
Cu	28.76	28.80	30.06	27.81	21.85	44.02	52.44	40.17	59.95	49.97	45.31	36.64
Zn	107.15	113.25	119.64	131.59	84.67	107.82	108.36	137.23	151.76	125.99	121.22	137.11
Ga	25.15	24.96	26.15	24.53	25.94	26.99	26.57	26.09	28.78	24.82	26.04	26.56
Rb	135.19	144.96	148.28	71.85	–	147.45	197.13	176.04	171.03	180.91	184.18	153.30
Sr	71.09	78.54	76.62	54.45	50.28	66.74	61.38	60.55	50.68	53.79	53.14	73.23
Y	18.99	22.92	23.83	14.70	34.51	49.14	41.50	23.57	26.84	25.40	28.51	27.12
Zr	173.49	150.51	144.62	178.63	211.46	263.21	232.40	166.84	179.64	175.13	161.21	168.28
Nb	16.28	16.06	15.86	37.89	24.97	34.20	31.76	22.26	24.86	19.23	21.65	23.10
Mo	0.23	0.25	0.19	0.39	0.26	1.50	0.68	0.49	0.32	0.10	0.13	0.11
Cs1	6.38	5.07	5.73	4.74	10.57	5.93	7.24	7.34	6.52	8.02	10.10	5.91
Ba	407.85	381.92	375.04	393.76	425.09	545.04	546.79	487.46	568.72	461.97	448.14	495.72
La	45.34	44.89	47.50	34.06	32.20	45.14	38.55	34.86	40.74	35.21	39.36	30.36
Ce	91.62	87.59	94.31	72.34	64.84	92.49	77.00	66.91	74.40	72.78	75.89	60.14
Pr	10.49	10.79	11.47	8.93	7.15	9.51	8.39	8.19	9.68	8.76	10.13	8.01
Nd	39.23	41.50	45.24	34.31	26.30	36.97	32.11	31.69	38.66	34.43	40.10	31.92
Sm	6.55	7.61	8.38	5.83	5.40	7.37	6.42	5.93	7.07	6.67	7.63	6.57
Eu	1.32	1.49	1.62	1.12	1.25	1.64	1.41	1.23	1.43	1.35	1.53	1.40
Gd	4.45	5.42	6.05	4.03	5.38	7.42	6.16	4.80	5.72	5.24	6.22	5.26
Tb	0.70	0.79	0.84	0.62	0.92	1.09	1.01	0.77	0.81	0.86	0.94	0.87
Dy	4.36	4.83	5.15	3.89	5.96	6.58	6.38	4.94	5.09	5.48	5.97	5.55
Ho	0.83	0.91	0.94	0.74	1.26	1.41	1.34	0.97	0.99	1.06	1.16	1.07
Er	2.34	2.47	2.53	2.06	3.46	3.86	3.60	2.75	2.87	3.03	3.26	3.06
Tm	0.35	0.35	0.36	0.31	0.54	0.59	0.57	0.42	0.43	0.46	0.48	0.45
Yb	2.26	2.25	2.27	2.07	3.45	3.79	3.56	2.83	2.93	2.95	3.15	2.93
Lu	0.33	0.33	0.33	0.32	0.54	0.57	0.51	0.40	0.45	0.44	0.47	0.44
Hf	5.02	4.13	4.08	5.23	5.70	7.07	6.02	4.64	4.81	4.90	4.44	4.37
Ta	1.25	3.63	1.12	1.96	1.59	1.86	1.84	0.11	0.20	–	0.72	0.59
Pb	10.27	11.17	16.61	14.71	11.16	12.04	13.68	38.15	27.38	15.29	20.07	7.66
Th	15.46	14.30	14.51	13.35	14.17	12.14	14.54	12.73	12.75	12.94	13.65	11.62
U	2.78	2.28	2.41	2.80	1.97	1.86	2.09	1.64	2.13	1.74	1.89	1.56

содержания SiO_2 (соответственно, 0.82 и 0.77), тогда как концентрации остальных породообразующих оксидов в них заметно выше (рис. 4а, в). В песчаниках куккараукского уровня среднее содержание SiO_2 практически тождественно концентрации данного оксида в ПКП (рис. 4б), средние содержания оксидов титана и трехвалентного железа несколько выше (соответственно, 1.25 и 1.62), а концентрации остальных породообразующих оксидов составляют от $0.24 \times \text{ПКП}$ (MgO) до $0.83 \times \text{ПКП}$ (Al_2O_3).

На классификационной диаграмме Ф.Дж. Петтиджона с соавторами [26] точки составов псаммитов верхнего венда Башкирского мегантиклинория локализованы преимущественно в поле лититов и аркозов (для басинской свиты характерна более компактная локализация точек, чем для зиганской).

Песчаники куккараукского уровня – это в основном сублитарениты (рис. 5а). Определенные различия в составе псаммитов трех верхних свит ашинской серии хорошо видны и на классификационной диаграмме М. Хиррона [43] (рис. 5в).

При обращении к сопоставлению средних составов псаммитов (рис. 5б, г) можно видеть существенное изменение их валового химического состава для разных этапов эволюции седиментационного бассейна. В терминах классификации Ф.Дж. Петтиджона с соавторами песчаники толпаровской и суировской свит – это сублитарениты, песчаники урюкской свиты – субаркозы, псаммиты басинской свиты – лититы (т.е. в первой половине ашинского времени наблюдается смена относительно зрелых в литохимическом отношении пород существенно

Таблица 4. Окончание

Элемент	Басинская свита		Зиганская свита									
	08-34-1	08-34-4	zn-2	ГС02-10-1	ГС02-10-2	ШФ-1-04	09-08-19	09-08-22	09-08-11	09-08-15	08-32-1	08-32-2
Be	3.47	4.56	3.51	2.56	3.11	2.73	2.47	1.94	2.16	2.33	2.29	3.34
Sc	21.69	26.60	21.74	15.28	16.62	15.18	15.04	15.07	14.42	13.77	12.67	19.15
V	154.17	183.70	144.02	104.35	143.04	95.74	104.80	115.02	139.28	100.08	105.40	136.66
Cr	122.56	148.50	124.54	124.16	121.20	176.22	86.08	74.55	76.90	77.42	107.27	130.24
Co	27.05	27.40	23.81	14.49	16.46	20.34	15.89	16.58	14.34	14.19	20.52	24.69
Ni	55.15	62.70	60.44	44.44	103.11	64.94	35.58	37.38	32.61	33.97	53.91	67.11
Cu	141.84	50.17	30.24	36.51	127.15	20.15	12.04	13.02	43.16	11.46	32.26	100.82
Zn	142.27	142.98	97.21	74.05	103.49	77.14	86.03	78.20	74.83	80.90	90.73	123.12
Ga	25.93	29.90	24.41	21.85	25.01	20.65	23.57	21.30	18.90	19.46	18.58	25.75
Rb	177.83	195.84	161.62	131.71	124.35	146.50	168.30	135.46	146.77	125.10	120.98	178.02
Sr	62.19	50.47	68.91	72.24	20.32	80.69	21.59	22.10	13.56	15.52	57.47	61.90
Y	24.15	23.53	39.40	31.17	25.73	51.52	27.44	29.71	21.71	24.47	20.61	27.41
Zr	168.06	194.15	224.27	204.46	201.80	442.46	158.50	168.40	145.29	153.37	163.55	168.83
Nb	25.22	27.09	22.41	24.68	20.22	20.58	17.29	15.75	14.26	14.43	15.65	17.66
Mo	0.37	0.22	0.33	0.45	0.55	1.47	0.30	0.22	0.17	0.24	0.22	0.20
Cs1	7.64	7.50	7.59	5.18	7.30	4.67	8.26	7.48	8.27	8.77	7.37	8.36
Ba	495.04	541.76	501.28	302.62	416.08	414.91	287.11	265.64	321.79	306.08	491.43	502.38
La	31.15	26.51	37.93	49.39	13.75	51.88	42.25	28.75	26.88	35.18	30.89	34.83
Ce	70.99	56.53	82.99	94.46	74.09	95.21	97.91	66.83	60.76	70.44	64.16	79.30
Pr	8.00	7.17	9.85	10.80	3.70	11.17	11.31	7.91	6.95	8.51	7.86	9.07
Nd	31.23	28.90	36.92	42.12	16.06	42.75	43.62	33.05	26.89	33.69	29.03	35.61
Sm	6.12	5.79	7.45	7.64	3.84	8.44	8.50	6.94	5.30	6.61	5.50	6.95
Eu	1.26	1.17	1.47	1.22	0.82	1.59	1.75	1.60	1.09	1.44	1.11	1.35
Gd	4.79	4.75	6.43	4.95	4.00	8.04	6.59	6.34	4.60	5.83	4.57	5.54
Tb	0.77	0.75	1.04	0.89	0.69	1.21	0.96	0.97	0.76	0.93	0.78	0.86
Dy	4.83	4.75	6.30	4.98	4.17	7.25	5.69	6.12	5.11	5.85	4.84	5.61
Ho	0.95	0.97	1.34	1.11	0.89	1.48	1.10	1.18	1.07	1.17	1.00	1.09
Er	2.68	2.82	3.71	2.91	2.32	4.23	3.12	3.40	3.09	3.33	2.91	3.06
Tm	0.41	0.44	0.54	0.41	0.36	0.62	0.46	0.51	0.49	0.50	0.44	0.45
Yb	2.78	3.05	3.52	2.76	2.38	4.19	2.98	3.37	3.29	3.39	3.13	2.96
Lu	0.42	0.47	0.52	0.39	0.36	0.68	0.48	0.52	0.48	0.51	0.46	0.45
Hf	4.41	5.17	5.64	5.40	5.36	11.97	4.51	4.82	4.94	5.19	5.52	4.64
Ta	0.62	0.81	1.34	1.51	1.21	1.28	1.16	1.07	1.29	1.32	2.02	–
Pb	11.47	8.50	12.97	12.58	4.69	27.12	11.62	13.91	6.86	17.60	20.63	17.85
Th	12.29	14.28	13.64	14.82	11.47	15.47	11.94	12.26	13.76	13.48	12.23	12.41
U	1.84	2.05	1.86	2.30	2.28	3.63	1.51	1.65	4.24	1.99	2.37	2.09

менее зрелыми); на смену им в куккараукское время приходят сублитарениты, а затем – вновь лититы. В терминах классификации М. Хиррона состав псаммитов также подчеркивает возможность выделения двух циклов внутри ашинской серии – первый цикл отвечает толпаровско(бакеевско)-басинскому интервалу, второй – куккараукско-зиганскому.

По сравнению с PAAS в глинистых породах бакеевской свиты средние содержания оксидов титана, кальция и натрия в той или иной мере понижены, средние концентрации оксидов калия и фосфора несколько выше, тогда как оксиды кремния, алюминия магния и двухвалентного железа присутствуют в сопоставимых количествах. Глинистые сланцы и аргиллиты басинской свиты несколько обед-

нены относительно PAAS только оксидом кремния, содержания оксидов титана, алюминия, кальция и калия в них сопоставимы с содержаниями в PAAS, а содержания оксидов двухвалентного железа, магния и фосфора в той или иной степени выше. В определенной мере сходное распределение основных породообразующих оксидов характерно и для глинистых пород зиганского уровня ашинской серии – содержания оксидов кремния, железа и фосфора в них близки к содержаниям перечисленных компонентов в среднем постархейском австралийском сланце, средние содержания оксидов титана, алюминия, кальция и натрия – в той или иной степени ниже, тогда как средние концентрации оксидов магния и калия, соответственно, в 1.44 и 1.24 раза выше, чем в PAAS.

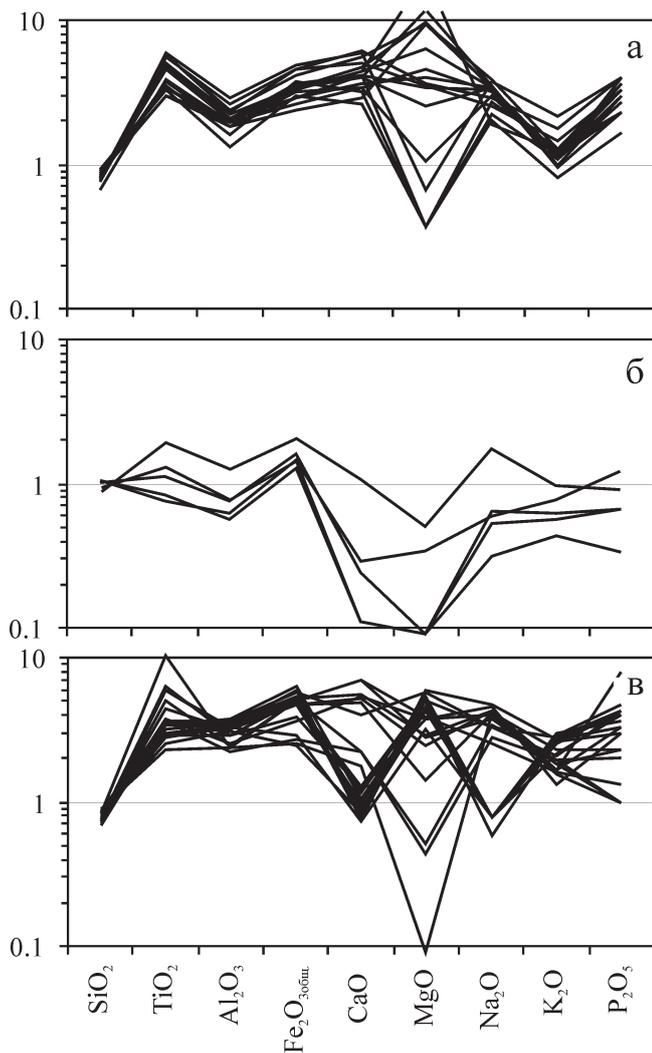


Рис. 4. Нормированные на ПКП содержания основных породообразующих оксидов в песчаниках басинской (а), куккараукской (б) и зиганской (в) свит.

По соотношению K/Al и Mg/Al глинистые породы рассматриваемых нами уровней ашинской серии могут быть аттестованы как преимущественно гидрослюдистые образования (рис. 6а), что не противоречит приведенным выше данным исследования их вещественного состава.

В целом, глинистые сланцы и аргиллиты из различных свит ашинской серии имеют, в отличие от песчаников, более сходный состав. Это хорошо видно на диаграмме НКМ–ФМ [37], где фигуративные точки составов глинистых пород бакеевской, басинской и зиганской свит сосредоточены преимущественно в IV (глинистые породы преимущественно хлорит-гидрослюдистого состава) и V (хлорит-сметит-гидрослюдистые глинистые породы) ее полях (рис. 6б).

По сравнению с верхней континентальной корой (UCC), глинистые сланцы бакеевской свиты харак-

теризуются весьма низкими средними содержаниями Sr и Mo . **Кларки концентрации остальных микроэлементов** в них варьируют от 0.58 до $1.79 \times UCC$ (рис. 7а). Тонкозернистые терригенные образования басинской свиты также обладают весьма низкими относительно UCC средними концентрациями указанных элементов (соответственно, 0.19 и $0.35 \times UCC$). В то же время, для них характерны несколько повышенные, по сравнению с верхней континентальной корой, средние содержания Rb (3.47), Nb (2.12) и Bi (2.04). **Остальные из проанализированных нами элементов-примесей имеют кларки концентрации, варьирующие от 0.78 до $1.78 \times UCC$.** Существенно более низкие, по сравнению с UCC, средние концентрации Sr и Mo характерны и для аргиллитов зиганской и басинской свит при нормировании на UCC проявляют хорошо выраженное обогащение ТРЗЭ, тогда как глинистые породы бакеевской свиты такой особенностью не обладают.

При сопоставлении содержаний элементов-примесей в глинистых породах ашинской серии и РААС для всех трех свит выявляются заметно более низкие (менее 0.5) концентрации Sr , Mo и Cs . В глинистых сланцах бакеевской свиты к этому списку добавляется также и Co (рис. 7б). **Уровни концентрирования других элементов-примесей относительно РААС составляют от 0.55 до 1.82 (для всех трех свит).**

Наконец, нормирование содержаний широкого спектра редких и рассеянных элементов в глинистых породах басинской и зиганской свит на их средние содержания в глинистых сланцах и аргиллитах бакеевской свиты позволило установить, что в глинистых породах басинской свиты такие элементы как Be , V , Cr , Zn , Ga , Rb , Zr , Nb , Mo , Cs , Ba , Sm , Eu , Gd , Tb , Dy , Ho , Er , Hf , Tl и Pb **присутствуют** в сопоставимых с аналогичными по гранулометрическому составу породах бакеевского уровня средних концентрациях² ($1.0 < C_{bs}/C_{bk} < 1.5$). Средние содержания Sc , Ni , Cu , Y , Tm , Yb и Lu **составляют** порядка 1.5 – $2.0 \times C_{bk}$, и только среднее содержание Co в глинистых породах басинского уровня примерно в 2.6 раза выше, чем в аргиллитах бакеевской свиты. Более низкие, чем в последних, концентрации свойственны Sr , La , Ce , Pr , Nd , Ta , W , Th и U . **Для РЗЭ элементов в глинистых сланцах и аргиллитах басинской свиты, по сравнению с глинистыми породами бакеевского уровня, хорошо вырисовывается деплетирование легких и, напротив, повышенные содержания ТРЗЭ.**

Средние содержания Sc , V , Cr , Ni , Cu , Rb , Y , Zr , Mo , Cs , Eu , Gd , Tb , Dy , Ho , Er , Tm , Yb , Lu , Hf и Pb в глинистых сланцах и аргиллитах зиганского уровня составляют 1.0 – $1.5 \times C_{bk}$. Среднее содержание Co , как и в случае с глинистыми породами басинско-

² Здесь и далее: bs – басинская свита, bk – бакеевская свита.

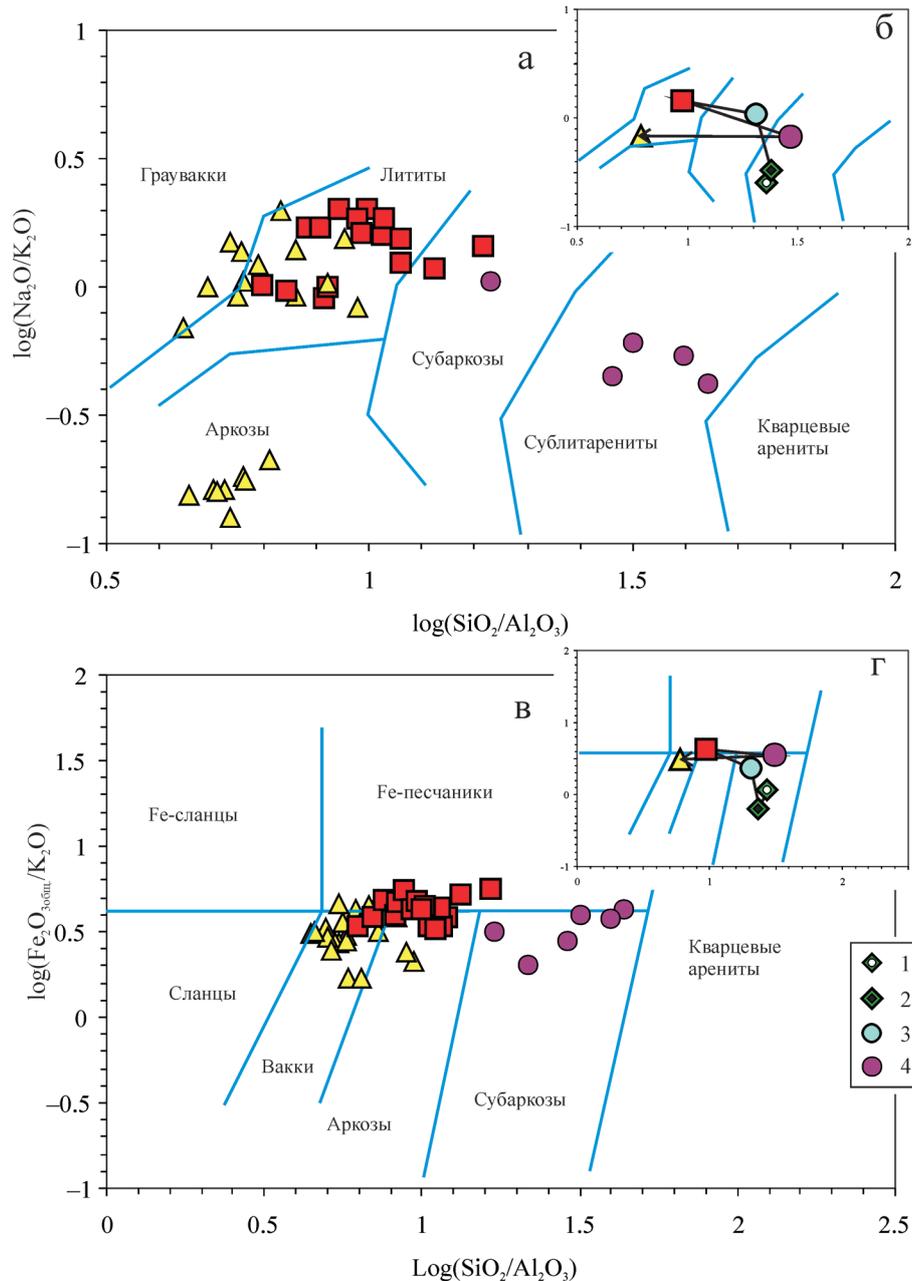


Рис. 5. Положение фигуративных точек составов индивидуальных образцов (а, в) песчаников различных литостратиграфических подразделений ашинской серии и их средних составов (б, г) на диаграммах Ф.Дж. Петтиджона с соавторами [26] и М. Хиррона [43].

Свиты: 1 – толпаровская, 2 – суировская, 3 – урюкская, 4 – куккараукская. Остальные условные обозначения см. рис. 3.

го уровня, несколько выше $1.5 \times C_{bk}$; средние содержания остальных элементов ниже, чем $1.0 \times C_{bk}$. Для РЗЭ также наблюдается деплетирование ЛРЗЭ и некоторое обогащение ТРЗЭ.

К весьма интересным выводам о *составе пород в источниках сноса* приводит анализ нормированных на составную пробу глинистых сланцев Русской платформы (RPSC, [25]) спектров распределения РЗЭ. Для начинающих разрез ашинской серии глинистых сланцев бакеевской свиты характер-

но обогащение относительно RPSC легкими лантаноидами и обеднение тяжелыми (рис. 8а). Средние значения отношений $(La/Yb)_{RPSC}$ и $(Gd/Yb)_{RPSC}$ составляют для них, соответственно, 1.41 и 1.18. При этом какой-либо видимой дифференциации собственно ЛРЗЭ нет [$(La/Sm)_{RPSC} = 1.01$]. Глинистые породы бассейнового уровня имеют принципиально иное, по сравнению с породами базальных горизонтов серии, распределение РЗЭ (рис. 8б). Они в некоторой степени обеднены ЛРЗЭ [$(La/Yb)_{RPSC} = 0.83$,

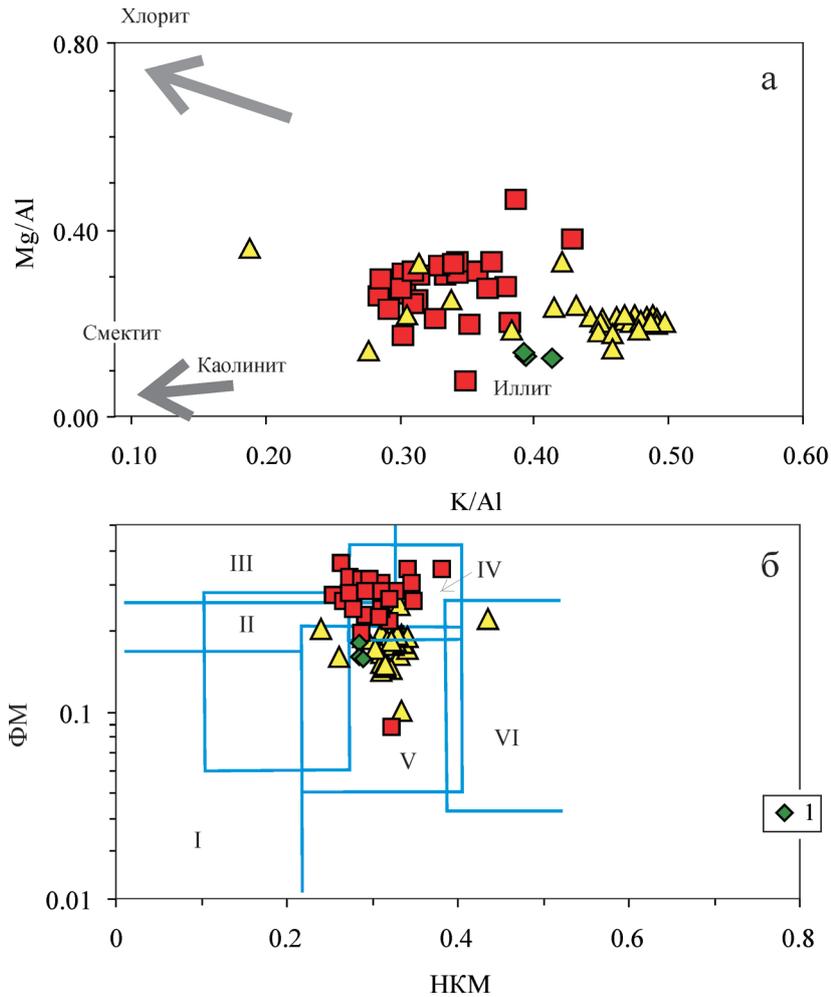


Рис. 6. Положение фигуративных точек составов глинистых пород ашинской серии на диаграммах K/Al – Mg/Al [51] (а) и NKM – FM (б).

1 – бакеевская свита. Остальные условные обозначения см. рис. 3. Поля для диаграммы NKM – FM (глины): I – преимущественно каолиновые, II – преимущественно смектитовые с примесью каолинита и гидрослюда, III – преимущественно хлоритовые с примесью Fe-гидрослюд, IV – хлорит-гидрослюдистые, V – хлорит-смектит-гидрослюдистые, VI – гидрослюдистые со значительной примесью дисперсных полевых шпатов.

$(La/Sm)_{RPSC} = 0.87]$, тогда как соотношение средних и тяжелых РЗЭ в них сопоставимо с $RPSC [(Gd/Yb)_{RPSC} = 0.99]$. Для ряда исследованных нами образцов свойственны отрицательные Се аномалии, для некоторых других – положительные, но мы склонны рассматривать их как артефакты. Две трети (ориентировочно) проанализированных нами образцов аргиллитов зиганской свиты имеют сходное, с описанным для басинской свиты, распределение РЗЭ (рис. 8в) $[(La/Yb)_{RPSC} = 0.80, (La/Sm)_{RPSC} = 0.81, (Gd/Yb)_{RPSC} = 1.01]$. В то же время, примерно треть образцов аргиллитов зиганского уровня (пунктир) характеризуется отчетливым обеднением легкими лантаноидами, по сравнению с $RPSC$. Свойственные таким спектрам численные параметры имеют вид: $(La/Yb)_{RPSC} = 0.39...0.58, (La/Sm)_{RPSC} = 0.65...0.73, (Gd/Yb)_{RPSC} = 0.70...0.80$ и т.п., и, в

принципе, достаточно близки к параметрам распределения нормированных на $RPSC$ редкоземельных элементов в магматических породах основного состава (рис. 8г) (так, среднепротерозойские базальты, по данным [39], имеют следующие параметры спектров: $(La/Yb)_{RPSC} = 0.34, (La/Sm)_{RPSC} = 0.52, (Gd/Yb)_{RPSC} = 0.85$). Для сравнения на рис. 8д и 8е показаны также нормированные на $RPSC$ спектры распределения РЗЭ, соответственно, в глинистых сланцах айской и бакальской свит нижнего рифея, сформированных в основном за счет продуктов размыва кристаллических пород Тараташского комплекса (выступа фундамента Русской платформы). Спектры распределения РЗЭ названных свит характеризуются заметным обогащением легкими лантаноидами, и в заметной степени сходны как между собой, так и со спектрами распределе-

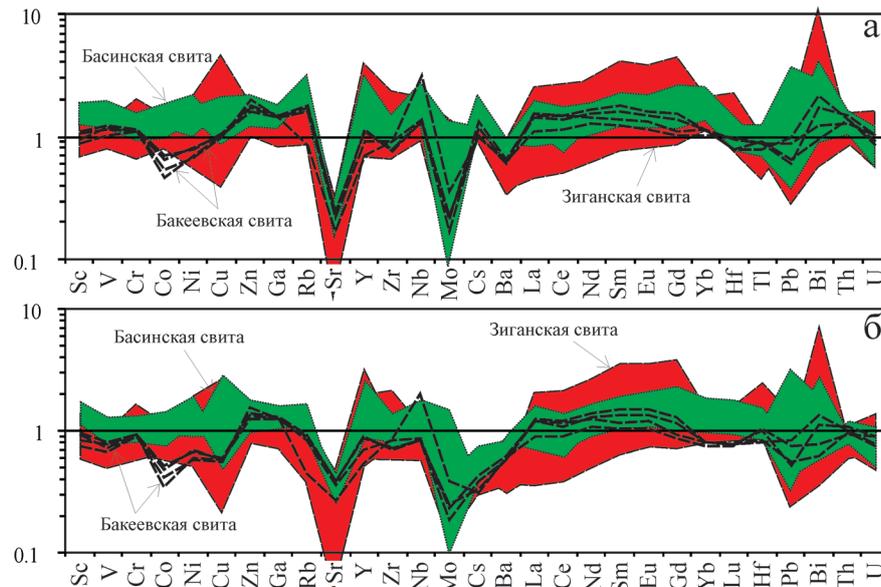


Рис. 7. Содержания редких и рассеянных элементов в глинистых породах ашинской серии, нормированные на их содержания в UCC (а) и PAAS (б).

ния РЗЭ в глинистых породах бакеевской свиты. Обобщенные численные параметры спектров распределения РЗЭ для глинистых пород айской свиты имеют вид $(La/Yb)_{RPSC} = 1.05$, $(La/Sm)_{RPSC} = 0.85$ и $(Gd/Yb)_{RPSC} = 1.08$, для сходных по гранулометрическому составу пород бакальского уровня бурзянской серии $(La/Yb)_{RPSC} = 1.63$, $(La/Sm)_{RPSC} = 1.13$ и $(Gd/Yb)_{RPSC} = 1.01$. Это, несомненно, предполагает кардинальную смену состава пород источников питания во время накопления осадочных образований ашинской серии, как это следует и из минералогическо-петрографических особенностей слагающих ее псаммитов и возрастов обломочных цирконов в последних (см. выше).

Рассмотрение положения фигуративных точек составов глинистых пород бакеевской, басинской и зиганской свит на диаграмме F1–F2³ (рис. 9а) также предполагает разный состав пород в источниках сноса, поставлявших кластику в ашинский бассейн в начале и середине венда. В то же время, на диаграмме La/Sc–Th/Co [40] практически все точки составов глинистых сланцев и аргиллитов всех трех перечисленных выше свит оказываются локализованными в области составов, характерных для продуктов размытия кислых магматических пород (рис. 9б).

Климатические обстановки формирования осадочных образований венда западного склона Южного Урала определяются по валовому химическо-

му составу глинистых пород менее уверенно. Величина гидролизатного модуля $GM = (Al_2O_3 + TiO_2 + Fe_2O_3 + FeO + MnO)/SiO_2$ [36 и др.] для глинистых сланцев бакеевской свиты варьирует от 0.45 до 0.47. Для глинистых сланцев и аргиллитов басинской и зиганской свит значения GM составляют, соответственно, 0.23–0.68 (среднее – 0.53) и 0.28–0.49 (среднее – 0.41) (рис. 10а). Значения химического индекса изменения состава пород $CIA = 100Al_2O_3/(Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O)$ [45] для глинистых сланцев бакеевского уровня находятся в пределах 70–71, что почти точно соответствует значению, разделяющему, по мнению Г. Юнга [53 и др.], отложения гумидного и аридного/нивального климата. Глинистые породы басинского уровня имеют среднее значение $CIA = 66$ (минимум – 53, максимум – 72). Для аргиллитов зиганской свиты свойственна несколько большая средняя величина CIA (69, минимум – 56, максимум – 75) (рис. 10б). В целом, исходя из характерных для глинистых пород ашинской серии значений GM и CIA, можно сделать вывод о том, что указанные образования являются продуктами, скорее всего, относительно умеренного (если не относительно холодного) климата (для сравнения – плиоценовые каолиновые глины – продукты латеритного выветривания на юго-западе Испании обладают значениями CIA ~ 92–97 [42]; плейстоценовые глины гляциогенного генезиса, перекрывающие в южной части Канадского щита породы архея и надсерии Гурон, имеют значения CIA, соответственно, 47 и 39, тогда как ленточно-слоистые метапелиты – варвы нижнепротерозойской формации Гоуганда (там же) характеризуются величиной CIA ~ 64 [53]. Преимущественно гидро-

³ Здесь $F1 = 0.303 - 0.0447SiO_2 - 0.972TiO_2 + 0.008Al_2O_3 - 0.267Fe_2O_3 + 0.208FeO - 3.082MnO + 0.14MgO + 0.195CaO + 0.719Na_2O - 0.032K_2O + 7.51P_2O_5$; $F2 = 43.57 - 0.421SiO_2 + 1.988TiO_2 - 0.526Al_2O_3 - 0.551Fe_2O_3 - 1.61FeO + 2.72MnO + 0.881MgO - 0.907CaO - 0.177Na_2O - 1.84K_2O + 7.244P_2O_5$ [38].

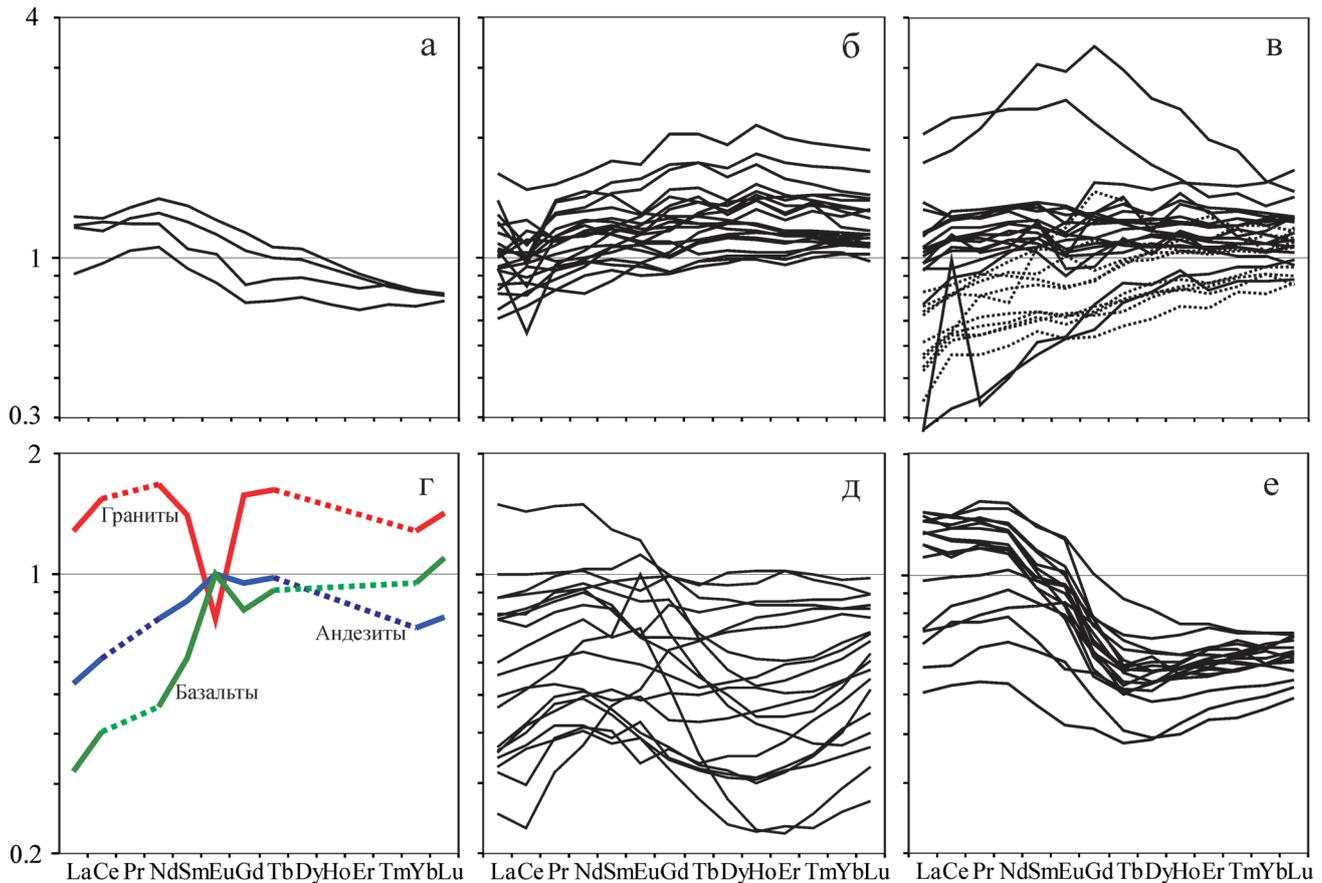


Рис. 8. Нормированные на RPSC содержания редкоземельных элементов в глинистых породах бакеевской (а), басинской (б), зиганской (в), айской (д) и бакальской (е) свит, а также гранитах, андезитах и базальтах среднего протерозоя (г).

слюдистые глины, по данным, обобщенным В.К. Головенком [4], имеют заметно варьирующие значения CIA: от ~ 75 для синих кембрийских глин Прибалтики до ~ 60 для ленточных глин Белоруссии). В то же время, между значениями ГМ и CIA в глинистых сланцах и аргиллитах басинской и зиганской свит нет какой-либо определенной корреляционной связи – в первом случае величина корреляции составляет 0.14, во втором – 0.31 (рис. 10в). Наконец, на диаграмме А.Б. Ронова и З.В. Хлебниковой [29] точки составов глинистых пород всех трех рассматриваемых нами свит ашинской серии сосредоточены, в основном, в области перекрытия I (морских глин и глин засоленных лагун и озер аридной зоны) и II (континентальных глин тропического климата) полей, отчасти присутствуя и в поле III (рис. 10г).

Достаточно неопределенными представляются нам в настоящее время и реконструкции *палеогеодинамического режима* формирования отложений ашинской серии, основанные на данных о валовом химическом составе песчаников и глинистых пород. Так, например, на диаграмме $\text{SiO}_2\text{--K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ Р. Розера и Б. Корша [46] точки значительной ча-

сти песчаников зиганской свиты и почти все басинские песчаники сосредоточены в поле составов “активных континентальных окраин”, что в целом типично для псаммитов предгорных прогибов и других синколлизонных структур [21]. В то же время, часть точек составов песчаников зиганской свиты и все точки проанализированных нами песчаников куккараукской свиты локализованы в поле “пассивных континентальных окраин” (рис. 11а). Фигуративные точки глинистых сланцев и аргиллитов бакеевской, басинской и зиганской свит образуют на этой же диаграмме два различных кластера. Первый, отвечающий полю составов пород “активных континентальных окраин”, образован почти полностью глинистыми породами басинской свиты и некоторой частью аргиллитов зиганского уровня (рис. 11б). Второй кластер соответствует полю составов, типичных для “пассивных континентальных окраин”; к нему принадлежат глинистые сланцы и аргиллиты бакеевской свиты и значительная часть аргиллитов зиганского уровня. На диаграмме $(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})\text{--SiO}_2/20\text{--}(\text{TiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO})$ [44] средние точки составов псаммитов ашинской се-

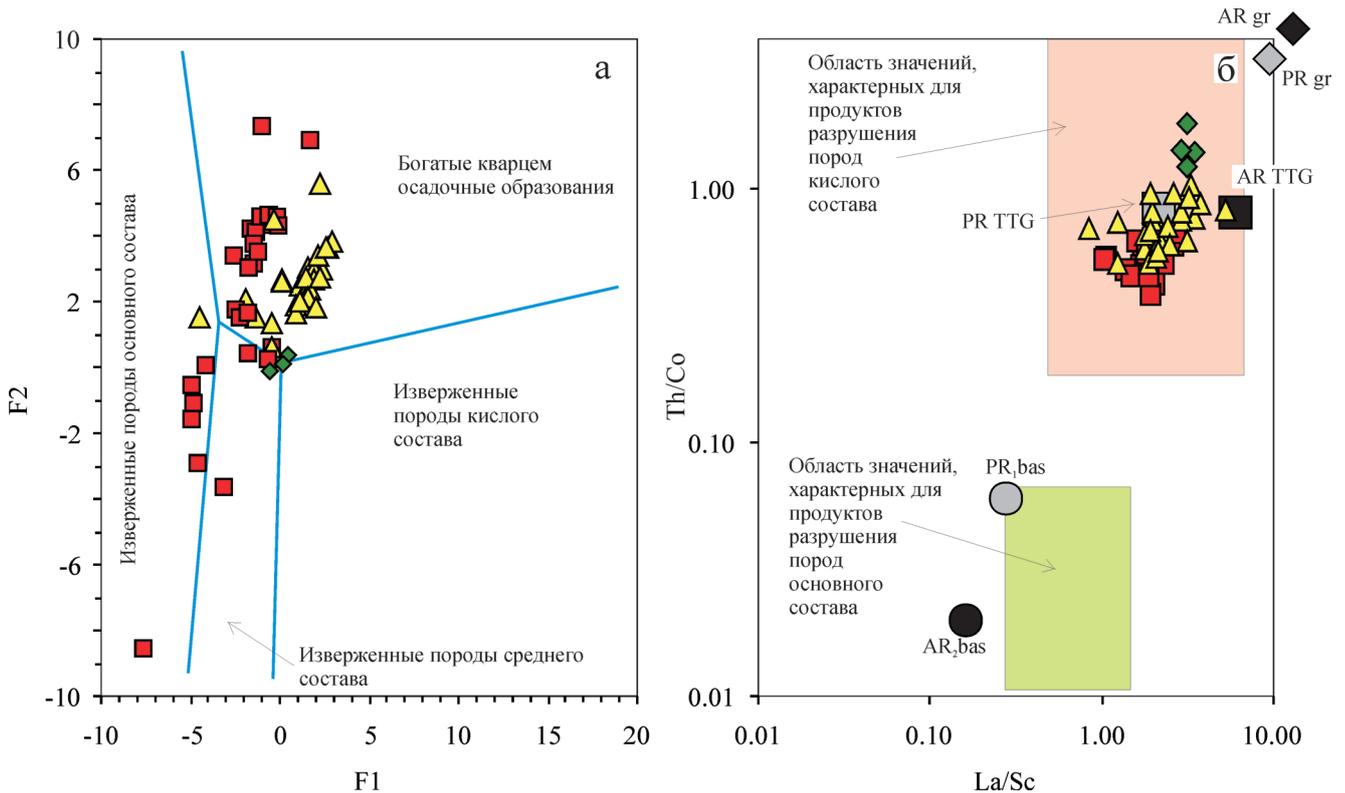


Рис. 9. Распределение фигуративных точек составов глинистых пород бакеевской, басинской и зиганской свит на диаграммах F1–F2 (а) и La/Sc–Th/Co (б).

AR gr – архейские граниты, PR gr – протерозойские граниты, AR TTG – архейские тоналит-гранодиорит-гранитные ассоциации, PR₁ bas – раннепротерозойские базальты, AR₂ bas – позднеархейские базальты; все по [39]. Остальные условные обозначения см. рис. 3 и 6.

рии практически полностью сосредоточены в области составов, типичных для пассивных континентальных окраин (рис. 11в).

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ АШИНСКОЙ СЕРИИ

Накопление значительной части осадочных образований нижней части ашинской серии было приурочено, как отмечено выше, по всей видимости, к серии врезанных долин и контролировалось гляциоэвстагическими событиями. Реликты таких долин реконструированы как на западном [9], так и на восточном [17] крыльях Башкирского мегантиклинория. В позднем венде, в связи с коллизией и орогенезом, на рассматриваемой территории был сформирован форландовый прогиб, выполненный, как полагают многие авторы [1, 16, 27], молассовыми образованиями. Питание его обломочным материалом осуществлялось как с запада, так и с востока. Суммируя современные литологические и литогеохимические данные, можно сделать вывод о том, что основными источниками тонкой алюмосиликокластики для дистальных зон Тиманского форландового бассейна являлись протерозойские, в том

числе и непротерозойские образования Тиманского складчато-надвигового пояса. В роли “восточной питающей провинции” для южноуральского сегмента поздневендского форландового бассейна выступало, по всей видимости, Белорецкое поднятие/термальное купол/террейн, которое сформировалось в юго-восточной части Башкирского мегантиклинория как продолжение складчато-надвигового пояса тиманид [28].

Предварительный анализ типоморфизма и U-Pb возрастов обломочных цирконов из отложений верхнего венда Башкирского мегантиклинория, предпринятый в начале 2000-х гг. [52], показал, что в песчаниках куккараукской и басинской свит присутствуют как полициклические, так и эвгедральные цирконы с сохранившейся зональностью роста. Последние характеризуются возрастными 643–550 млн. лет и, по всей вероятности, поступали в отложения венда за счет размыва Белорецкого термального купола/террейна.

Выполненное недавно массовое датирование обломочных цирконов из песчаников басинской и куккараукской свит [11] позволило установить, что U-Pb-изотопные возраста цирконов первой из них попадают в диапазон от ~705 до ~2870 млн. лет, тог-

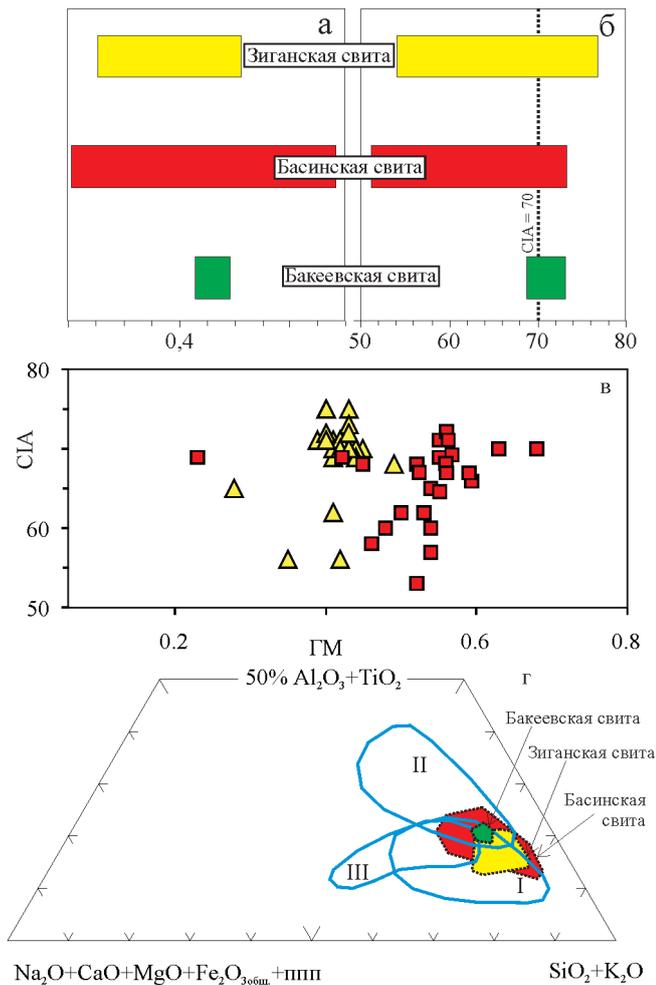


Рис. 10. Вариации значений ГМ (а) и CIA (б) в глинистых породах различных литостратиграфических подразделений ашинской серии, корреляция ГМ и CIA в глинистых сланцах и аргиллитах басинской и зиганской свит (в) и положение полей составов бAKEЕВСКОЙ, БАСИНСКОЙ и ЗИГАНСКОЙ свит на диаграмме А.Б. РОНОВА и З.В. ХЛЕБНИКОВОЙ (г).

Поля составов: I – морских глин и глин засоленных лагун и озер аридной зоны; II – континентальных глин тропического климата; III – континентальных глин холодного и умеренно холодного климата. Остальные условные обозначения см. рис. 3.

да как цирконы из куккараукской свиты характеризуются U-Pb возрастaми от ~617 до ~3190 млн. лет. При этом показано, что песчаники двух указанных выше свит содержат весьма мало обломочных цирконов с U-Pb-изотопными возрастaми, отвечающими интервалу возрастa, свойственному комплексам пород, слагающим Волго-Уралию, Волго-Сарматский и Среднерусский орогены (1750–3500 млн. лет), т.е. можно предполагать, что роль “западного” источника кластики во второй половине ашинского времени была относительно невелика. Преобладающими же в спектрах возрастa являются об-

ломочные цирконы со ранне-среднерифейскими и раннепалеопротерозойскими датировками (от ~900 до ~1750 млн. лет), что делает поиск их кристаллических комплексов-источников весьма актуальным. Основываясь на результатах анализа особенностей распределения различных комплексов пород в пределах фундамента Восточно-Европейской платформы, Н.Б. Кузнецов с соавторами [11], сделали вывод о том, что “...кластика, слагающая породы ашинской серии, имеет преимущественно *небалтийское* происхождение. С учетом того, что ареал распространения пород ашинской серии располагается на ... краю Протобалтики/Балтики..., вывод о *небалтийском* происхождении кластики, заполняющей Ашинский бассейн⁴, может означать, что: (1) этот бассейн не открывался в Уральский палеоокеан, и (2) у Ашинского бассейна был восточный континентальный борт, который поставлял кластику в бассейн”. Таким “восточным континентальным бортом”, по мнению названных авторов, мог быть Квинслендский край Австралии. Ранее близкие выводы, но на основе иных аргументов, были сделаны в работах [41, 50].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ приведенных выше наиболее полных на сегодня аналитических выборок для терригенных пород ашинской серии Башкирского мегантиклинория позволяет сделать следующие выводы относительно их литогеохимических особенностей и обстановок формирования.

В целом, песчаники ашинской серии сопоставимы с составом среднего протерозойского кратонного песчаника только по средним содержаниям оксида кремния. Концентрации остальных породообразующих оксидов в них как заметно выше, так и ниже, чем в ПКП. Основываясь на валовом химическом составе псаммитов можно сделать вывод о том, что они принадлежат к лититам, аркозам и сублитаренитам, что не противоречит результатам минералого-петрографических исследований.

Определенные отличия валового химического состава от состава PAAS характерны и для глинистых пород ашинской серии. Так, по сравнению с PAAS в глинистых сланцах бAKEЕВСКОЙ свиты средние содержания TiO₂, CaO и Na₂O понижены, средние концентрации K₂O и P₂O₅ несколько выше, тогда как SiO₂, Al₂O₃, MgO и FeO присутствуют в сопоставимых с PAAS концентрациях. В аргиллитах зиганского уровня содержания SiO₂, FeO и P₂O₅ близки к содержаниям их в PAAS, средние содержания TiO₂, Al₂O₃, CaO и Na₂O ниже, тогда как концентрации MgO и K₂O выше.

⁴ Представляется, однако, что этот вывод нельзя распространять на все время формирования отложений ашинской серии. На наш взгляд, более правильно соотносить его только с басинско-зиганским интервалом.

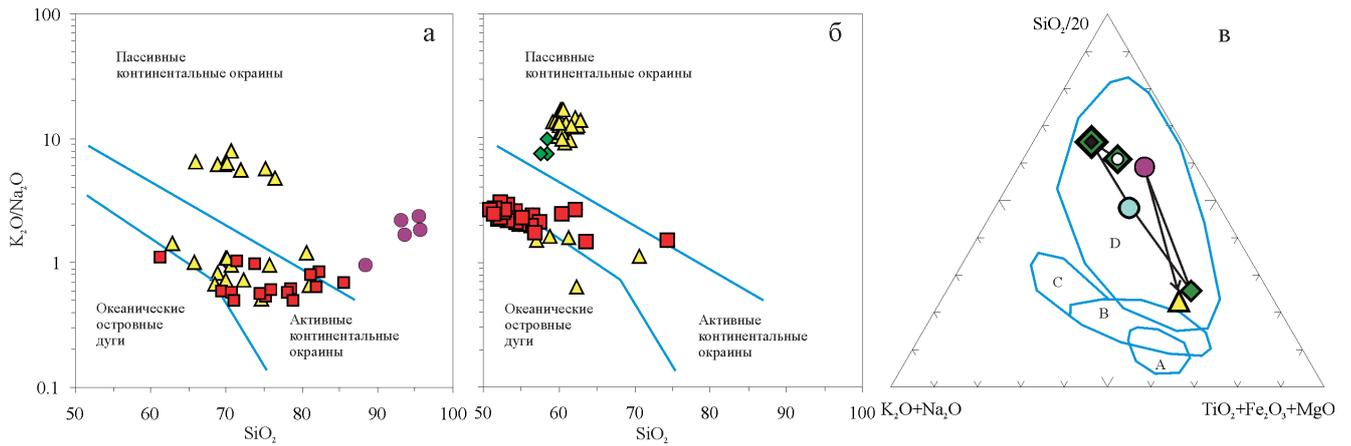


Рис. 11. Положение фигуративных точек составов песчаников (а, в) и глинистых пород (б) различных свит ашинской серии на диаграммах $\text{SiO}_2\text{--K}_2\text{O/Na}_2\text{O}$ и $(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})\text{--SiO}_2/20\text{--}(\text{TiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO})$.

Области составов на диаграмме в: А – океанических островных дуг; В – континентальных островных дуг; С – активных континентальных окраин; D – пассивных континентальных окраин. Остальные условные обозначения см. рис. 3, 5 и 6.

Снизу вверх по разрезу ашинской серии средние составы псаммитов эволюционируют от сублитаренитов (толпаровская и суировская свиты) к аркозам и субаркозам (урюкская свита) и лититам (басинский уровень). На смену последним в куккараукское время приходят вновь сублитарениты, а затем – лититы (зиганская свита). Таким образом, внутри ашинской серии намечаются два цикла изменения состава песчаников. Первый отвечает толпаровско-басинскому стратиграфическому интервалу, второй – куккараукско-зиганскому.

По соотношению K/Al и Mg/Al глинистые породы ашинской серии принадлежат преимущественно к гидрослюдистым образованиям. Это же следует и из присущих им значений НКМ и ФМ.

Кларки концентрации подавляющего большинства редких и рассеянных элементов в глинистых породах ашинской серии не превышают $2.0 \times \text{UCC}$. Глинистые сланцы и аргиллиты басинской и зиганской свит обладают по сравнению с UCC хорошо выраженным обогащением тяжелыми лантаноидами; глинистые породы бакеевской свиты такой особенностью не обладают. Уровни концентрирования значительной части элементов-примесей относительно PAAS варьируют от 0.55 до 1.82. При нормировании содержаний редких и рассеянных элементов в глинистых породах басинской и зиганской свит на их средние содержания в глинистых породах бакеевской свиты наблюдается деплетирование легких и, напротив, повышенные содержания ТРЗЭ.

Нормированные на RPSC спектры РЗЭ в глинистых породах бакеевской свиты характеризуются обогащением легкими лантаноидами и обеднением тяжелыми. Глинистые породы басинского уровня, напротив, обеднены ЛРЗЭ, тогда как соотношение средних и тяжелых РЗЭ в них сопостави-

мо с RPSC. Преобладающая часть образцов аргиллитов зиганской свиты имеет распределение РЗЭ, сходное с тем, что свойственно глинистым породам басинской свиты; однако, около трети образцов заметно деплетированы легкими лантаноидами относительно RPSC, свойственные им спектры РЗЭ близки к нормированным на RPSC спектрам РЗЭ в магматических породах основного состава. Все сказанное подтверждает предположения о смене состава пород-источников питания во время накопления осадочных образований ашинской серии, сделанные на основе анализа минералогопетрографических особенностей псаммитов и возрастов обломочных цирконов. Такой же вывод следует и из расположения фигуративных точек составов глинистых пород бакеевской, басинской и зиганской свит на диаграмме F1–F2.

В принципе, вырисовывающаяся как по минералогопетрографическим, так и по литогеохимическим данным картина формирования осадочного выполнения южноуральского сегмента вендского Предуральского/Тиманского предгорного прогиба в определенной степени сходна с современными представлениями о формировании аналогичных структур Альпийского складчатого пояса. На начальной стадии развития перед ним закладывается относительно узкий и глубокий прогиб, который впоследствии, под влиянием нагрузки со стороны разрастающегося орогена, расширяется в сторону прилегающей платформы и превращается в мелководно-морской или континентальный бассейн. На ранних стадиях эволюции этого прогиба он заполняется глубоководными (флишевыми) отложениями, источником значительной части которых является прилегающая к прогибу платформа. Позднее формируются мелководно-морские и континентальные отложения, которые и рассматриваются как

собственно моласса. Источник материала для них – растущее рядом горное поднятие [47–49 и др.].

Климатические обстановки формирования осадочных образований венда западного склона Южного Урала определяются по валовому химическому составу глинистых пород недостаточно однозначно. Основываясь на характерных для глинистых пород ашинской серии значениях ГМ и CIA, можно предполагать, что они сложены в основном тонкой алюмосиликокластикой, поступавшей в бассейн из областей относительно умеренного/относительно холодного климата.

Достаточно неопределенными представляются нам в настоящее время и основанные на данных о валовом химическом составе песчаников и глинистых пород результаты реконструкции палеогеодинамического/палеотектонического режима формирования отложений ашинской серии.

Иллюстрации к статье выполнены Н.С. Глушковой. Автор признателен также В.Н. Подковырову за подбор ряда литературных источников.

Исследования выполнены при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ 12-05-00497 и 12-05-01063, а также проектов УрО РАН 12-С-5-1014 и 12-С-5-1002.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беккер Ю.Р. Позднедокембрийская моласса Южного Урала. Л.: Недра, 1968. 160 с.
2. Беккер Ю.Р. Венд Урала // Вендская система: Историко-геологическое и палеонтологическое обоснование. Т. 2. Стратиграфия и геологические процессы. М.: Наука, 1985. С. 76–83.
3. Гареев Э.З. Петрохимия и эволюция составов терригенных пород как отображение процессов осадконакопления на примере стратотипа ашинской серии венда на Южном Урале // Палеогеография венда–раннего палеозоя Северной Евразии. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. С. 56–63.
4. Головенко В.К. Высокоглиноземистые формации докембрия. Л.: Недра, 1977. 268 с.
5. Горожанин В.М. Rb-Sr метод в решении проблем геологии Южного Урала. Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1995. 23 с.
6. Гражданкин Д.В., Марусин В.В., Меерт Дж. и др. Котлинский горизонт на Южном Урале // Докл. АН. 2011. Т. 440, № 2. С. 201–206.
7. Гражданкин Д.В., Маслов А.В., Крупенин М.Т., Ронкин Ю.Л. Осадочные системы сывлицкой серии (верхний венд Среднего Урала). Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 280 с.
8. Зайцева Т.С., Горохов И.М., Кузнецов А.Б. и др. Rb-Sr изотопная систематика глинистых минералов из осадочных пород венда Южного Урала // Ленинградская школа литологии. Т. II. СПб.: СПбГУ, 2012. С. 57–59.
9. Келлер Б.М., Вейс А.Ф., Горожанин В.М. Толпаровский разрез верхнего докембрия (Южный Урал) // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1984. № 9. С. 119–124.
10. Кузнецов В.Г. Литология: Основы общей (теоретической) литологии. М.: Научный мир, 2011. 360 с.
11. Кузнецов Н.Б., Романюк Т.В., Шаццлло А.В. и др. Возраст детритных цирконов из ашинской серии Южного Урала – подтверждение пространственной сопряженности уральского края Балтики и квинслендского края Австралии в структуре Родинии (“Australia upside down conception”) // Литосфера. 2012. № 4. С. 59–77.
12. Маслов А.В. Осадочные породы: методы изучения и интерпретации полученных данных. Екатеринбург: УГГУ, 2005. 289 с.
13. Маслов А.В. Литогеохимия терригенных пород верхнего докембрия Волго-Уральской области. Екатеринбург: УрО РАН, 2012. 248 с.
14. Маслов А.В., Гареев Э.З., Крупенин М.Т., Демчук И.Г. Тонкая алюмосиликокластика в верхнедокембрийском разрезе Башкирского мегантиклинория (к реконструкции условий формирования). Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1999. 324 с.
15. Маслов А.В., Гареев Э.З., Подковыров В.Н. Песчаники верхнего рифея и венда Башкирского мегантиклинория // Литология и полез. ископаемые. 2010. № 3. С. 320–338.
16. Маслов А.В., Гражданкин Д.В., Подковыров В.Н. и др. Состав питающих провинций и особенности геологической истории поздневендского Мезенского бассейна // Литология и полез. ископаемые. 2008. № 3. С. 290–312.
17. Маслов А.В., Крупенин М.Т. Новые данные по геологии и седиментологии верхнедокембрийских и раннепалеозойских отложений в зоне сочленения Башкирского мегантиклинория и Зилаирского мегасинклинория к югу от широты с. Кага // Палеогеография венда–раннего палеозоя Северной Евразии. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1998. С. 113–125.
18. Маслов А.В., Крупенин М.Т., Гареев Э.З., Анфилов Л.В. Рифей западного склона Южного Урала (классические разрезы, седименто- и литогенез, минерагения, геологические памятники природы). Т. I. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2001. 351 с.
19. Маслов А.В., Крупенин М.Т., Киселева Д.В. Литогеохимия тонкозернистых алюмосиликокластических пород серебрянской серии венда Среднего Урала // Геохимия. 2011. № 10. С. 1032–1062.
20. Маслов А.В., Крупенин М.Т., Ронкин Ю.Л. и др. Тонкозернистые алюмосиликокластические образования стратотипического разреза среднего рифея на Южном Урале: особенности формирования, состав и эволюция источников сноса // Литология и полез. ископаемые. 2004. № 4. С. 414–441.
21. Маслов А.В., Мизенс Г.А., Подковыров В.Н. и др. Синорогенные псаммиты: основные черты литохимии // Литология и полез. ископаемые. 2013. № 1. С. 70–96.
22. Маслов А.В., Ножкин А.Д., Подковыров В.Н. и др. Геохимия тонкозернистых терригенных пород верхнего докембрия Северной Евразии. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. 274 с.
23. Маслов А.В., Ножкин А.Д., Подковыров В.Н. и др. Тонкозернистые алюмосиликокластические породы рифея Южного Урала, Учуро-Майского региона и Енисейского кряжа: основные литогеохимические характеристики // Геохимия. 2008. № 11. С. 1187–1215.

24. Маслов А.В., Ножкин А.Д., Подковыров В.Н. и др. Геохимические особенности тонкозернистых терригенных пород рифея Южного Урала, Учуро-Майского региона и Енисейского кряжа: оценка зрелости дорифейской континентальной коры и ее эволюции в интервале 1.65–0.6 млрд. лет // Геохимия. 2009. № 7. С. 734–756.
25. Мигдисов А.А., Балашиов Ю.А., Шарков И.В. и др. Распространённость редкоземельных элементов в главных литологических типах пород осадочного чехла Русской платформы // Геохимия. 1994. № 6. С. 789–803.
26. Петтиджон Ф., Поттер П., Сивер Р. Пески и песчаники. М.: Мир, 1976. 536 с.
27. Пучков В.Н. Эволюция литосферы: от Печорского океана к Тиманскому орогену, от Палеоуральского океана к Уральскому орогену // Проблемы тектоники Центральной Азии. М.: ГЕОС, 2005. С. 309–342.
28. Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.
29. Ронов А.Б., Хлебникова З.В. Химический состав важнейших генетических типов глин // Геохимия. 1961. № 6. С. 449–469.
30. Стратиграфическая схема рифейских и вендских отложений Волго-Уральской области. Объяснительная записка / Отв. ред. Е.М. Аксенов, В.И. Козлов. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 2000. 81 с.
31. Стратиграфические схемы Урала (докембрий, палеозой). Екатеринбург: Роскомнедра, ИГТ УрО РАН, 1993.
32. Стратотип рифея: Стратиграфия: Геохронология / Отв. ред. Б.М. Келлер, Н.М. Чумаков. М.: Наука, 1983. 184 с.
33. Сульман А.М., Демчук И.Г. Глинистые минералы в рифейских осадочных отложениях Башкирского мегантиклинория // Докембрийские толщи Башкирского мегантиклинория на Урале и их металлогения. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1978. С. 16–24.
34. Тимофеев П.П. Аспекты развития учения об осадочных формациях (к теории формационного анализа) // Литология и полез. ископаемые. 1994. № 6. С. 3–22.
35. Шутов В.Д. Классификация песчаников // Литология и полез. ископаемые. 1967. № 5. С. 86–103.
36. Юдович Я.Э. Региональная геохимия осадочных пород. Л.: Наука, 1981. 276 с.
37. Юдович Я.Э., Кетпис М.П. Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.
38. Bhatia M.R., Crook K.A.W. Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins // Contrib. Mineral. Petrol. 1986. V. 92. P. 181–193.
39. 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.
40. Cullers R.L. Implications of elemental concentrations for provenance, redox conditions, and metamorphic studies of shales and limestones near Pueblo, CO, USA // Chem. Geol. 2002. V. 191. P. 305–327.
41. Evans D.A.D. The palaeomagnetically viable, long-lived and all-inclusive Rodinia supercontinent reconstruction // Ancient Orogens and Modern Analogues / J.B. Murphy, J.D. Keppie, A.J. Hynes (Eds). Geol. Soc. London. Spec. Publ. 2009. V. 327. P. 371–404.
42. Fernández-Caliani J.C., Cantano M. Intensive kaolinization during a lateritic weathering event in South-West Spain Mineralogical and geochemical inferences from a relict paleosol // Catena. 2010. V. 80. P. 23–33.
43. Herron M.M. Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data // J. Sed. Petrol. 1988. V. 58. P. 820–829.
44. Kroonenberg S.B. Effects of provenance, sorting and weathering on the geochemistry of fluvial sands from different tectonic and climatic environments // Proceedings of the 29th International Geological Congress. 1994. Part A. P. 69–81.
45. Nesbitt H.W., Young G.M. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites // Nature. 1982. V. 299. P. 715–717.
46. Roser B.D., Korsch R.J. Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratio // J. Geol. 1986. V. 94. P. 635–650.
47. Sinclair H.D. Tectonostratigraphic model for underfilled peripheral foreland basins: An Alpine perspective // Geol. Soc. Am. Bull. 1997. V. 109, № 3. P. 324–346.
48. Sinclair H.D. Flysch to molasse transition in peripheral foreland basins: The role of the passive margin versus slab breakoff // Geology. 1997. V. 25, № 12. P. 1123–1126.
49. Stockmal G.S., Beaumont C. Geodynamic models of convergent margin tectonics: The Southern Canadian cordillera and the Swiss Alps // Sedimentary basins and basin forming mechanisms / C. Beaumont, A.J. Tankard (Eds.). Can. Soc. Petrol. Geol. Memoir. V. 12. 1987. P. 93–411.
50. Swanson-Hysell N.L., Maloof A.C., Kirschvink J.L. et al. Constraints on Neoproterozoic paleogeography and Paleozoic orogenesis from paleomagnetic records of the Bitter Springs Formation, Amadeus Basin, central Australia // Amer. J. Sci. 2012. V. 312. P. 817–884.
51. Turgeon S., Brumsack H.-J. Anoxic vs dysoxic events reflected in sediment geochemistry during the Cenomanian-Turonian Boundary Event (Cretaceous) in the Umbria-Marche basin of central Italy // Chem. Geol. 2006. V. 234. P. 321–339.
52. Willner A.P., Sindern S., Metzger R. et al. Typology and single grain U/Pb ages of detrital zircons from Proterozoic sandstones in the SW Urals (Russia): early time marks at the eastern margin of Baltica // Prec. Res. 2003. V. 124. P. 1–20.
53. Young G.M. Comparative Geochemistry of Pleistocene and Paleoproterozoic (Huronian) Glaciogenic Laminated Deposits: Relevance to Crustal and Atmospheric Composition in the Last 2.3 Ga // J. Geol. 2001. V. 109. P. 463–477.

Рецензент Е.Г. Панова

Lithochemical image of the Vendian Asha Group deposits of the South Urals

A. V. Maslov

Institute of Geology and Geochemistry, Urals Branch of RAS

It is shown that sandstones of the Vendian Asha Group on the western slope of the South Urals are comparable to K. Condie's Average Proterozoic Craton Sandstone (APCS) mainly by $\text{SiO}_{2\text{average}}$ content. Concentrations of the other rock-forming oxides in sandstones are above and below than in APCS. Certain distinctions of the whole rock chemical composition from PAAS are inherited and for clay rocks of the Asha Group too. Upwards the Asha Group the average chemical compositions of the sandstones evolve from sublitharenites (Tolparovo and Suirovo Fms) to arkoses and subarkoses (Uruk Fm.) and litites (Basa Fm.). The last turns again by sublitharenites (Kukkarauk Fm.) and litites (Zigan Fm.). So, there are two cycles of the sandstone compositions change in the Asha Group: first of them corresponds to Tolparovo-Basa stratigraphic interval, and the second – to Kukkarauk-Zigan interval. Concentrations of many trace elements in clay rocks of the Asha Group are no more than $2.0 \times \text{UCC}$. The character of the RPSC normalized REE distribution in shales and argillites are in agreement with the conception about change the composition of source areas during the Asha sedimentation cycle. In general, the formation of the sedimentary filling of the Vendian South Urals/Timan Asha foreland basin was similar in some details with modern ideas of the formation similar structures of the Alpine thrust-folded belt. Paleoclimatic and paleotectonic conditions of the Asha Group sedimentary deposits formation are not so good recognized on the base of the modern lithochemical data.

Key words: South Urals, sandstones, shales, argillites, Asha Group, Vendian, lithochemistry.