

**МЕЗОЗОЙСКИЕ ПЕСЧАНИКИ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ОБСТАНОВОК
СЕДИМЕНТАЦИИ В БУРЕЙНСКОМ ОСАДОЧНОМ БАСЕЙНЕ (ДАЛЬНИЙ ВОСТОК)**

С.А. Медведева

*ФГБУН Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, Ким Ю Чена 65, г. Хабаровск, 680000;
e-mail: medvedeva @itig.as.khb.ru*

Поступила в редакцию 17 июля 2013 г.

Впервые реконструированы раннеюрско-раннемеловые тектонические обстановки осадконакопления на основе изучения вещественного состава песчаников междуречья Солони–Ургал (Буреинский осадочный бассейн, Дальний Восток). Результаты минералого-петрографического и литохимического исследований показали, что песчаники являются, в основном, кварцево-полевошпатовыми и полевошпатовыми граувакками кислого состава, реже лититами, граувакковыми аркозами и аркозами. Для времени формирования ниже-среднеюрских отложений реконструируются обстановки активной континентальной окраины и континентальных вулканических дуг, верхнеюрско-нижнемеловых – обстановки пассивной континентальной окраины. В позднем тоаре–аалене, позднем байосе, позднем оксфорде–кимеридже происходили орогенические события, приводившие к перерывам осадконакопления.

Ключевые слова: песчаники, юра, мел, континентальная окраина, вулканическая дуга, Буреинский осадочный бассейн, Дальний Восток России.

ВВЕДЕНИЕ

В работе проанализирован состав нижнеюрско-нижнемеловых отложений Буреинского осадочного бассейна. Изучение вещественного состава песчаных пород позволяет реконструировать условия осадконакопления, установить связь осадочных бассейнов с определенным типом тектонических обстановок, оценить состав пород областей денудации, удаленность бассейнов от этих областей, климат и рельеф в областях размыва, влияние вулканической деятельности. Ранее в осадочных бассейнах мира были установлены корреляционные связи между составом терригенных пород и тем или иным типом тектонических обстановок [27, 32, 37, 39].

Буреинский осадочный бассейн (рис. 1), особенно его центральная часть, хорошо изучен в связи с поисками и разведкой месторождений угля и углеводородов, которые проводились с 30-х годов XX века (средне- и крупномасштабное геологическое картирование, структурно-параметрическое и углепоисковое бурение с комплексом геофизических работ, тематические исследования). Основное внимание было уделено верхнеюрско-нижнемеловой угленосной толще и вышележащим нефтегазосодержащим меловым стратонам Кындальского грабена. Большинство тема-

тических исследований касалось литологии, палеогеографии [2, 21, 26 и др.] и геохимии органического вещества.

Были определены также тектонические обстановки формирования осадочных отложений. Л.М. Парфенов предполагал существование раннемезозойских пассивных континентальных окраин на востоке Буреинского и Ханкайского массивов (составные части Цзямусы–Ханкайско–Буреинского массива) [17, 18], но позднее он и соавторы отмечали, что «Верхнеамурский и Восточно-Забайкальский прогибы по своему строению более сходны с краевыми прогибами, чем с пассивными континентальными окраинами...» [19, стр. 33]. В.Ю. Забродин тоже относит Буреинский прогиб к краевым прогибам [4]. Согласно [5], многие прогибы мезозойского возраста, расположенные по обрамлению Буреинского массива (Восточно-Забайкальский, Верхнеамурский, Буреинский), сопоставлялись с пассивной континентальной окраиной. Г.Л. Кириллова считает, что в течение позднего триаса–раннего апта существовал окраинно-плитный геодинамический режим [6]. В публикациях [15, 23, 24] Верхнеамурский и Зeya–Депский прогибы рассматриваются как орогенные.

В настоящей статье впервые сделана попытка реконструкции тектонических обстановок формиро-

вания нижнеюрско-нижнемеловых отложений петрографическим и литохимическим методами на основе нового фактического материала, полученного в процессе полевых работ. Были опробованы разрезы по р. Солони (вдоль линии железной дороги БАМ и в выемках и карьерах автомобильной дороги), а также в выемках и карьерах автомобильных дорог вдоль рек Эльганджа, Чегдомын, Умалыта в 2009 г. сотрудниками ИТиГ им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН А.В. Кудымовым и С.В. Зябровым, а в 2011 г. – автором (рис. 1). Для минералого-петрографической характеристики песчаников проведено изучение шлифов с помощью поляризационного микроскопа (петрограф М.К. Жервереева). Валовые химические анализы выполнены рентгенофлуоресцентным методом (аналитики Т.Д. Борходоева и В.И. Мануилова) в лаборатории рентгеноспектрального анализа СВКНИИ ДВО РАН (г. Магадан). В работе использованы классификации В.Д. Шутова, В.Н. Шванова, Ф. Петгиджона, Я.Э. Юдовича. Реконструкции по петрографическому составу проведены с применением тригонограммы Дж. Мейнарда, по литохимическому составу – с помощью диаграмм М. Бхатия, Б. Розера и Р. Корша.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

Буреинский осадочный бассейн находится на северо-восточной окраине Цзямусы-Ханкайско-Буреинского массива (ЦХБ) и с востока ограничен Чегдомыным выступом (рис. 1). Бассейн вытянут в субмеридиональном направлении на 230 км при средней ширине 65 км [7]. Буреинский массив (северная часть ЦХБ) имеет гетерогенный состав и представляет собой сложную мозаику разновозрастных магматических и метаморфических блоков. Различные кристаллические сланцы и гранитогнейсы архея и протерозоя прорваны интрузиями палеозойских и мезозойских гранитоидов. На восточном краю Буреинского массива кристаллический фундамент перекрыт терригенными осадочными толщами девонского, пермского и триасового возраста [1, 34].

Буреинский осадочный бассейн выполнен морскими отложениями верхнего триаса–верхней юры и прибрежно-морскими и континентальными отложениями верхней юры–нижнего мела (рис. 2). На рис. 3 представлена схема опробованного интервала разреза.

В междуречье Солони–Ургал разрез начинается дешской свитой ($J_1 d\delta$, верхний плинсбах–нижний тоар), непосредственно налегающей на палеозойские гранитоиды [1]. Ее с перерывом наращивает серия юрских и нижнемеловых свит (рис. 3).

Основной объем позднемезозойского разреза в междуречье Солони–Ургал (депоцентре палеобассейна) занимают алевролиты, песчаные алевро-

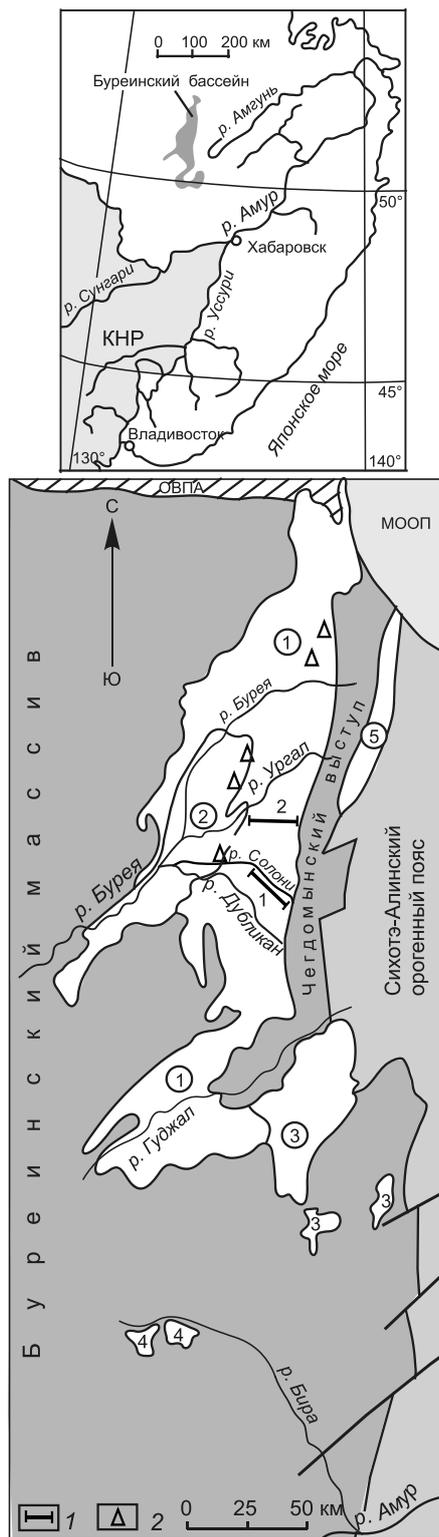


Рис. 1. Буреинский бассейн и его элементы, по [7] с дополнениями.

Места отбора проб: 1 – по разрезам вдоль рек Солони (1), Чегдомын и Эльганджа (2); 2 – в отдельных выемках автодорог.

1–4 – прогибы (цифры в кружках): 1 – Буреинский, 2 – Кындальский, 3 – Гуджикский, 4 – Бирский; 5 – Сивакский. МООП – Монголо-Охотский орогенный пояс; ОВПА – Огоджинский вулcano-плутонический ареал.

СИС-ТЕМА	ОТДЕЛ	ЯРУС	ПОДЪ-ЯРУС	ВОЗ-РАСТ, млн л	СВИТЫ/ТОЛЩИ и их мощность в м	Типы песчаников		Орогения и тафрогения (Ren et al., 1999)		
						петрографические	литохимические			
МЕЛОВАЯ	Нижний	Аптский, K _{1a}	Н	125.0	Чемчукинская свита, K ₁ čm, 500–600	Граувакки, по [26]	Граувакки			
		Барремский, K _{1br}	Н	130.0						
		Готеривский, K _{1h}	Н	136.4	Чагдамынская свита, K ₁ čg, 100–600	Граувакки и аркозы, по [26]	Лититы			
			Валанжинский, K _{1v}						Н	140.2
		Берриасский, K _{1b}	В	145.5	Ургальская серия, J ₃ -K ₁ ur	Аркозы	Аркозы			
	Н									
	ЮРСКАЯ	Верхний	Титонский, J ₃ tt	В	150.8	Дубликанская свита, J ₃ db, 250–600	Граувакки и аркозы, по [26]		Лититы	Среднеяшанская 1-ый эпизод
			Кимериджский, J ₃ km	В						
			Оксфордский, J _{3o}	В	161.2	Талынджанская свита, J _{2,3} tl, 250–400	Граувакки и аркозы, по [26]		Лититы	Раннеяшанская 2-ой эпизод Позднекимерийское несогласие
		Келловейский, J _{2c}	В	164.7						
		Средний	Батский, J _{2bt}		В	167.7	Чаганыйская свита, J ₂ čg, 800–1000		Граувакки	Граувакки
				СР	Эльгинская свита, J ₂ el, 1000–2200					
			Байосский, J _{2b}	В		171.6	Эпиканская свита, J ₂ ep, 900–1400		Аркозы	Граувакки
			Н	Синкальтинская свита, J ₂ sn, 700–1000	Граувакки					
Ааленский, J _{2a}			В			175.6	Аркозы	Лититы	Коллизия Сибирского и Сино-Корейского кратонов вдоль Монголо-Охотской сутуры	
Н										
Нижний	Тоарский, J ₁ t	В	183.0	Дешская свита, J ₁ dš, 400–700	Граувакки	Граувакки	Раннеяшанская 1-ый эпизод Среднекимерийское несогласие			
	Плинсбахский, J _{1p}	В								
	Синемюрский, J _{1s}	В	189.6	Таксинская толща, J ₁ tk, 600–1000 Хавагдинская толща, J ₁ hv, 1250	—	—				

Рис. 2. Стратиграфическая модель нижнеюрских–нижнемеловых отложений Буреинского бассейна, по [7] с изменениями и дополнениями.

литы, аргиллиты. Значительное распространение имеют песчаники, причем как граувакковые, так и аркозовые. Присутствуют конгломераты, гравелиты, туфогенные и известковистые разновидности пород, лавы и пепловые туфы кислого состава, в верхней части – линзы угля. К западу, юго-западу и северо-востоку от междуречья Солони–Ургал количество песчаников увеличивается практически во всех свитах. Южнее, в Гуджикском прогибе, в нижнеюрской (синемюр) хавагдинской толще среди терригенных пород встречаются прослои литокластических туфов андезитов и кристалловитрокластических туфов

кислого состава [1, 7]. Наличие в разрезе прослоев туфов, туфогенных разновидностей терригенных пород является свидетельством вулканической деятельности.

Возраст отложений обоснован находками ископаемой фауны (двустворки, белемниты, аммониты, брахиоподы, гастроподы, черви) [2, 21] и флоры. Комплексом геологических и палеонтологических методов установлены значительные перерывы между дешской и синкальтинской, эпиканской и эльгинской, талынджанской и дубликанской свитами. Отмечены также и местные перерывы [1, 7].

Система	Отдел	Ярус	Индекс	Колонка	Мощность, м	Стратиграфическое подразделение	Номера проб песчаников	Типы песчаников		Фации																						
								петрографические	литохимические log SiO ₂ /Al ₂ O ₃ - log Na ₂ O/K ₂ O																							
МЕЛОВАЯ	нижний	Аптский	K ₁ cm		500-600	Чемчужинская свита	< 6637	-	Г	Континентальные																						
											Барремский	K ₁ cb		110-160	Чадамьинская свита	< 6638	-	Л (на границе с А)														
		Валанжинский	K ₁ sn		300-400	Солонийская свита	< 018-2, 018-3	А	Г	Л	Континентальные																					
												Берриасский	K ₁ db		220-300	Дубланская свита	< 025-1, 025-2, 6635-2, 6636	А	А													
		Верхний	Оксфордский	J ₂ tl		330-640	Талынжанская свита	Г	Г	Л	Континентальные																					
												Келловейский	J ₂ cg		570-800	Чаганйская свита	< 022-2 < 013-1, 013-3, 013-5, 6632-2	Г	- Г													
		ЮРСКИЙ	средний	Батсккий	J ₂ el		1370-2530	Эльгинская свита	< 008-1, 008-3, 008-5, 009-5, 009-6, 6627 < 011-3, 011-4, 011-8, 010-2, 010-3 < 012-5, 012-7, 6630-1 < 021-2, 021-4 < 020-1, 020-4	Г	Г	Континентальные																				
													Алосский	J ₂ ep		1660-1800	Эликанская свита	< 007-8 < 006-4 < 005-1, 005-3 < 6614-1 < 6612-2 < 004-3	А	-	Г	Континентальные										
																							Синкальтинская свита	< 6609-2 < 003-3, 003-5, 003-6, 003-7	Г	Г	Г (вблизи границы с Л)					
																												Дешская свита	< 002-1, 002-7, 002-9 < 6642 < 001-4, 001-1	А	А	Г (на границе с Л) Л
Аленский	J ₁ sp																							750-1230	А	А	Л					
Плинсбахский	J ₁ sp													280-730	Г	Г	Л (на границе с Г)															



МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЕСЧАНИКОВ

Среди изученных песчаников преобладают мелкозернистые разновидности. Кроме размерности песчаники отличаются по цвету, который изменяется от желтовато-белого, светло-серого до серого и темно-серого. Темно-серые песчаники обычно мелко- и мелко-тонкозернистые (алевропесчаники), светлые бывают разной размерности. Текстура песчаников однородная массивная; тонкая неотчетливослойчатая, тонкая параллельнослойчатая, с ровными и неровными контактами между слоями, слабоизвилистыми, рваными, зубренными; пятнистая, «мусорная». Иногда в светлом массивном пес-

чанике отмечаются нитевидные прослойки черного материала (глинистые примазки или растительный детрит).

Петрографическое изучение шлифов подтвердило псаммитовую структуру песчаников. Размер обломков составляет 0.1–0.5 мм, редко достигает 1 мм, иногда 0.05 мм. Обломки окатаны плохо, зерна часто остроугольные, хотя в некоторых случаях присутствуют зерна с хорошей окатанностью (фото). Сортировка слабая, упаковка часто плотная. Анализ степени окатанности и упаковки зерен свидетельствует об относительно недалеко кратковременном переносе обломочного материала, что характерно для тектонически активных областей.

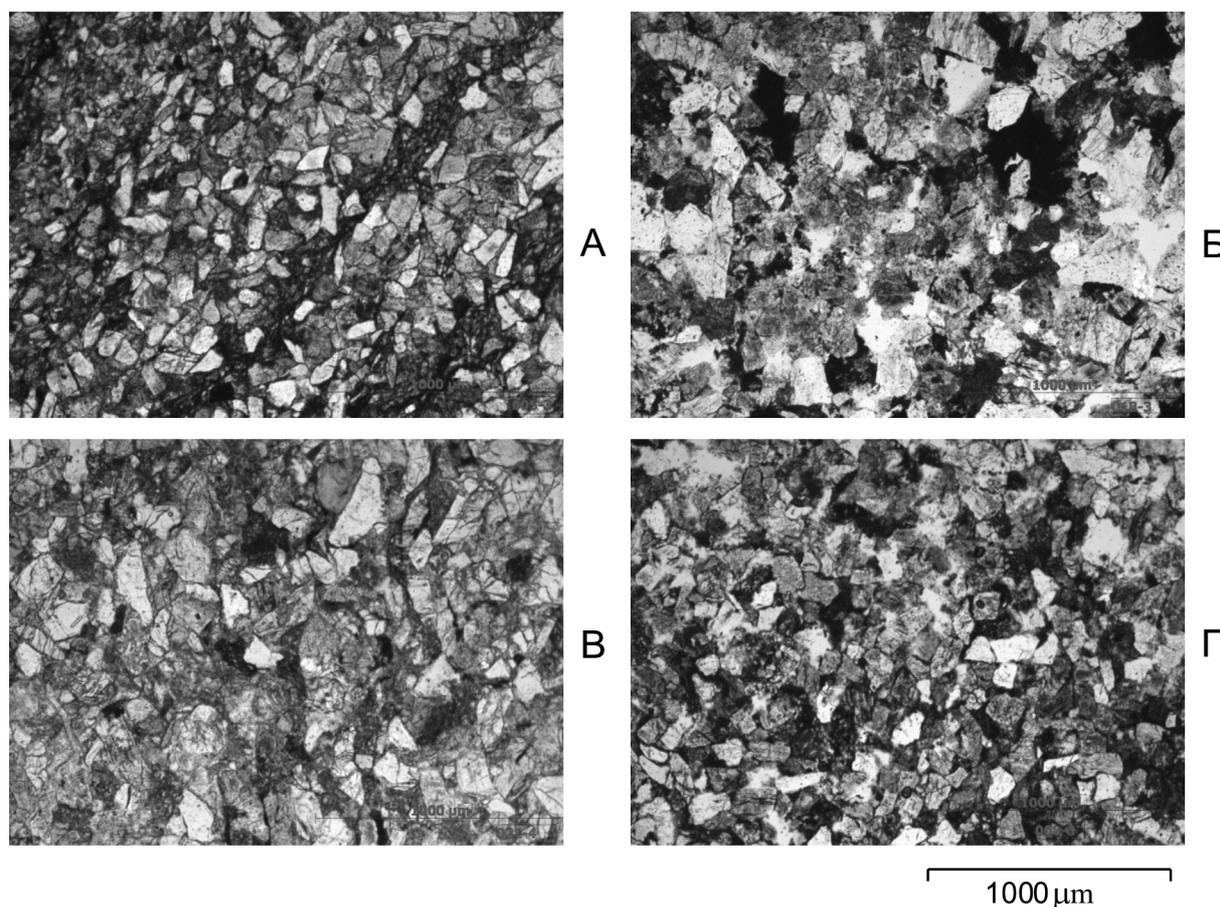


Фото. Петрографические типы песчаников.

А – аркоз, средняя юра, эпиканская свита, р. Солони, Б – граувакковый аркоз, нижний мел, солонийская свита, р. Ургал, В – полевошпатовая граувакка, средняя юра, эльгинская свита, р. Эльганджя, Г – полевошпатовая граувакка, средняя юра, эльгинская свита, р. Солони

Рис. 3. Схематический разрез отложений мезозоя центральной части Буреинского осадочного бассейна, по [1] с упрощениями и дополнениями.

1 – конгломераты, 2 – песчаники, 3 – алевролиты, 4 – аргиллиты, 5 – туфопесчаники, 6 – туфоалевролиты, 7 – туфы, туффиты кислого состава. А – аркозы граувакковые, Г – граувакки, Л – лититы (песчаники, в составе которых присутствуют глинистые минералы, обогащенные Al_2O_3 и обедненные щелочами).

Обломочная часть пород составляет от 60–70 до 90–95 %, количество цемента изменяется от 5–10 до 30–40 %. Обломки представлены кварцем, калиевыми полевыми шпатами, кислыми плагиоклазами, количество которых преобладает над количеством калиевых полевых шпатов, биотитом, серицитом, различными породами. В некоторых шлифах отмечен кальцит совместно с сидеритом – до 5 %.

Акцессорные минералы представлены единичными зернами циркона, сфена, граната (?), цоизита, глауконита, апатита, турмалина, роговой обманки, эпидота, амфибола, пироксена, хлорита (иногда до 1 %), монацита, а также рудным – от 1–2 до 5 %.

Цемент базальный, поровый, пленочный, соприкосновения; по составу – кварцевый регенерационный, серицит-кварцевый, кальцитовый, железистый, гидрослюдистый, глинисто-серицит-гидрослюдистый, редко хлоритовый.

Для нанесения фигуративных точек песчаников на основную классификационную тригонограмму (рис. 4) соответствующие количества обломков пересчитаны на 100 %. Количество зерен считалось по площади шлифа. После пересчета они составляют (%): кварц – 12–50, полевые шпаты – 13–58, обломки пород – 8–74. Согласно петрографической классификации В.Д. Шутова [28], большинство песчаников синкальтинской, эпиканской, дубликанской и солонийской свит являются граувакковыми аркозами, меньшая часть – собственно аркозами; песчаники дешской, эльгинской, чаганыйской и талынджанской свит относятся к полевошпатовым грауваккам (рис. 4). По данным [26], в талынджанской свите наиболее широко распространены аркозы и граувакковые аркозы, редко граувакки. Песчаники ургальской серии (дубликанская и солонийская свиты объединенные) – это аркозы и граувакковые аркозы. Песчаники чагдамынской свиты являются граувакковыми аркозами, реже полевошпатово-кварцевыми граувакками. Песчаники чемчукинской свиты относятся к полевошпатово-кварцевым и кварцево-полевошпатовым грауваккам [26].

Аркозы и граувакки являются незрелыми породами, как было отмечено выше, в большинстве изученных песчаников сохранились плагиоклазы. Кроме того, наличие темноцветных минералов среди акцессориев говорит о разрушении пород среднего и основного состава и, наряду с неокатанностью обломков, о небольшом расстоянии транспортировки и быстром захоронении, что, в свою очередь, предполагает значительную разницу высотных отметок областей сноса и базиса эрозии, типичную для горных областей и характеризующую активную тектоническую обстановку.

Расположение фигуративных точек изученных песчаников в пределах нескольких классификационных полей является показателем разнообразия состава материнских пород в области сноса, из которой поставлялся обломочный материал в конечный водоем стока. Вышесказанное иллюстрируется положением фигуративных точек песчаников на тригонограмме Q-F-L типов областей сноса (рис. 5). Области поставки обломочного материала служили поднятые блоки основания, а также магматические дуги как глубоко эродированные, так и переходные.

Как известно, изучение состава обломков минералов и обломков пород важно для классификации и определения генезиса терригенных пород, реконструкции тектонических обстановок осадконакопления. Есть разные понимания термина «граувакка». По классификациям зарубежных исследователей, граувакки – это темно-серые песчаники с большим содержанием глинисто-алевролитового матрикса [20 и др.]. В данной работе автор следует наиболее часто применяемым отечественным классификациям [22, 28], согласно которым к грауваккам относятся песчаные породы с высоким содержанием обломков пород. Граувакки подразделяются на основные, средние и кислые. Соотношение обломков пород основного, среднего и кислого состава показывает, что изученные граувакки Буреинского бассейна являются кислыми граувакками. Среди обломков пород в песчаниках дешской свиты преобладают обломки гранитоидов, присутствуют обломки пегматитов, вулканитов от кислого до основного состава, редко осадочных пород (аргиллитов, алевролитов, филлитов). Обломки пород в песчаниках синкальтинской свиты представлены также гранитоидами, пегматитами, кислыми вулканитами, витрофирами среднего и основного состава, дацитами, долеритами, кварцитами, аргиллитами. В песчаниках эпиканской свиты обломки пород состоят из вулканитов кислого, среднего и основного состава, кварцитов, филлитов, карбонатов. Обломки пород в песчаниках эльгинской свиты – это вулканиты (преобладают) основного и кислого состава, гранитоиды, аргиллиты, кварц-серицитовые сланцы, филлиты, кварциты, карбонаты; в песчаниках чаганыйской свиты – граниты, вулканиты кислого и среднего состава, их стебла, кварциты.

Характер обломочного материала свидетельствует о том, что разрушались гранитоиды, вулканиты, в меньшей мере – метаморфические и осадочные породы, следовательно, область сноса была сложена метаморфическими и вулканическими породами разного состава, прорванными гранитоидными интрузиями. С большой долей уверенности можно считать, что этими

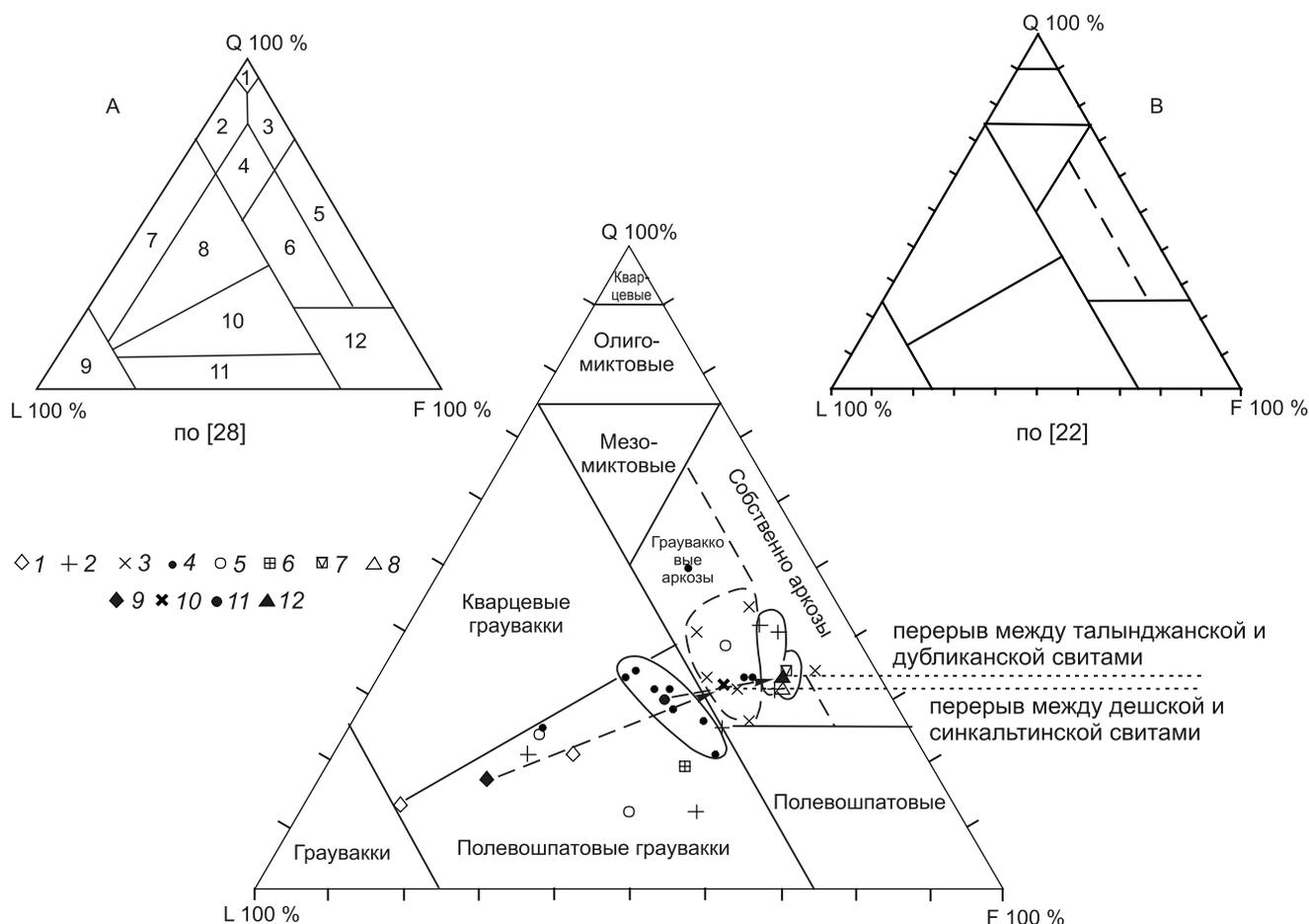


Рис. 4. Породообразующие компоненты песчаников центральной части Буреинского бассейна (междуречье Солоны–Ургал).

Поля на тригонограмме А (по [28]): 1–4 – кварцевые песчаники: 1 – мономиктовые кварцевые, 2 – кремнекластито-кварцевые, 3 – полевошпатово-кварцевые, 4 – мезомиктовые кварцевые; 5, 6 – аркозы: 5 – собственно аркозы, 6 – граувакковые аркозы; 7–11 – граувакки: 7 – кварцевые, 8 – полевошпатово-кварцевые, 9 – собственно граувакки, 10 – кварцево-полевошпатовые, 11 – полевошпатовые; 12 – кристаллотуфовые накопления. Основная классификационная тригонограмма В приведена по [22]. Фигуративные точки песчаников и поля свит: 1 – дешская; 2 – синкальтинская; 3 – эпиканская; 4 – эльгинская; 5 – чаганыйская; 6 – талынджанская; 7 – дубликанская; 8 – солонийская. 9–12 – фигуративные точки средних значений породообразующих компонентов песчаников свит: 9 – дешской, 10 – синкальтинской и эпиканской, 11 – эльгинской, чаганыйской и талынджанской, 12 – дубликанской и солонийской. L – обломки пород, Q – кварц, F – полевые шпаты.

породами являлись породы ЦХБ массива и Чегдомынского выступа, что подтверждается и данными U-Pb изотопной геохронологии обломочных цирконов [8].

В породах нижней части разреза (дешская, синкальтинская, эпиканская свиты) среди обломков пород значительное место принадлежит вулканитам кислого состава, что позволяет предполагать их синседиментационный размыв и поступление вулканического материала в результате эксплозивной деятельности (туфы и туфогенная примесь в песчаниках). Увеличение количества обломков интрузивных и осадочных пород в эльгинской и вышележащих свитах связано, вероятно, с обнажением и размывом нижележащих образований.

Приуроченность аркозовых или граувакковых песчаников к определенным интервалам разреза отражает геологические события в данный период времени (рис. 2–4). Чередование по разрезу граувакковых и аркозовых песчаников (рис. 3) обусловлено тектоническими воздыманиями, которые приводили к смене источников сноса.

В изученном временном интервале три эпизода вертикальных тектонических движений «читаются» по вещественному составу песчаников (рис. 2): перед накоплением синкальтинской свиты (поздний тоар–аален), перед накоплением эльгинской свиты (поздний байос) и перед накоплением дубликанской свиты (поздний оксфорд–кимеридж). Причинами

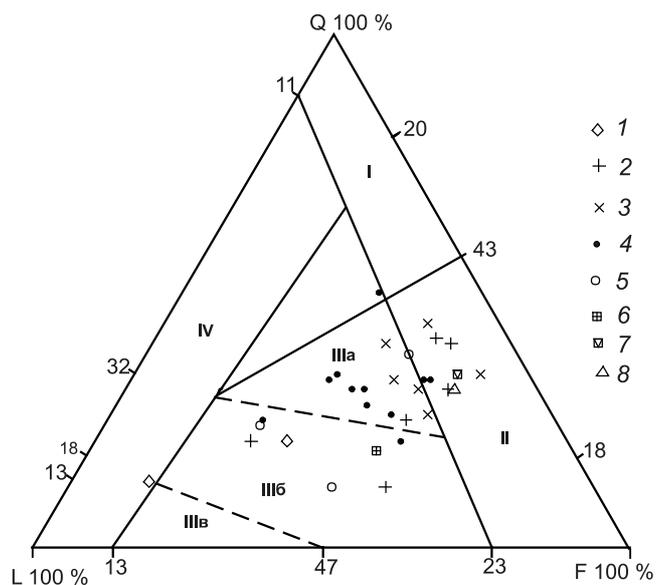


Рис. 5. Типы областей питания по породообразующим компонентам песчаников Буреинского бассейна (по [33] с упрощениями).

Типы областей питания: I – устойчивые кратоны, II – поднятые блоки основания, III – магматические дуги: а – глубоко эродированные, б – переходные, в – слабо эродированные; IV – орогенические области. Символы породообразующих компонентов: Q – кварц, F – полевые шпаты, L – обломки пород. Условные обозначения см. на рис. 4.

перерывов являлись, видимо, различные эпизоды Яншанской орогении, в том числе коллизия Сибирского и Сино-Корейского кратонов вдоль Монголо-Охотской сутуры [6, 7]. Выводы о коллизионной природе формирования некоторых массивов раннеюрских гранитоидов приведены в [25 и др.]. Коллизия сопровождалась интенсивными поднятиями и эрозией, в результате чего формировался незрелый терригенный материал [6], характерный для активных континентальных окраин.

Дж. Мейнард и соавторы в работе [37] подчеркнули различный минералого-петрографический состав песчаников двух групп континентальных окраин: пассивных и активных. На «тектонической» триграмме Q-F-L, по [37], фигуративные точки изученных нами песчаников Буреинского бассейна располагаются в поле активных континентальных окраин, связанных с окраинно-континентальной дугой (CA), и в поле активных континентальных окраин, осложненных сдвиговыми дислокациями (SS) по трансформным разломам (рис. 6). Наиболее удалены от поля активных континентальных окраин фигуративные точки песчаников дубликанской и солонийской свит.

Нахождение фигуративных точек пород дешской свиты в поле океанических дуг трудно объяснимо. По

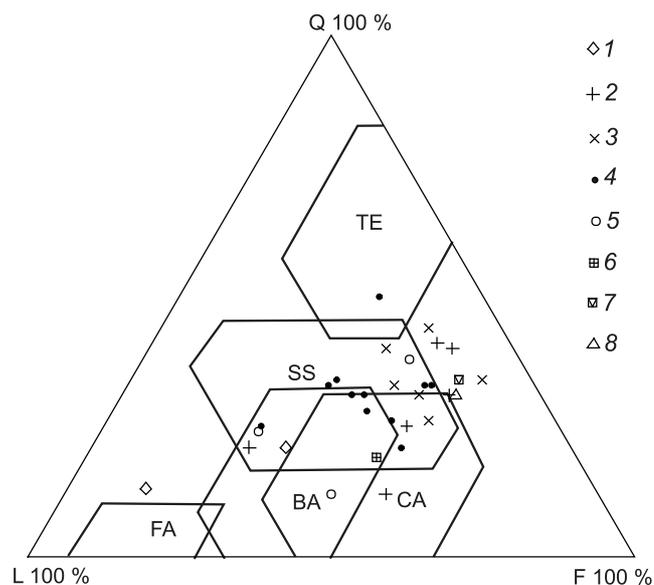


Рис. 6. Тектонические обстановки по породообразующим компонентам мезозойских песчаников Буреинского бассейна, по [37].

Линиями ограничены поля стандартных отклонений от средних. Состав песков из бассейнов: TE – пассивных континентальных окраин; SS, CA, BA, FA – активных континентальных окраин, осложненных сдвиговыми дислокациями по трансформным разломам (SS), с окраинно-континентальной дугой (CA), с океанической вулканической дугой (бассейны задуговые – BA и преддуговые – FA). Условные обозначения см. на рис. 4.

составу граувакки океанических островных дуг – это основные граувакки. Породы дешской свиты – кислые граувакки, которые, непосредственно залегая на магматических породах Буреинского массива, являются слабо переработанными продуктами разрушения этих пород и отражают их состав. Поэтому кислые граувакки дешской свиты не могут характеризовать тектоническую обстановку океанических вулканических дуг.

Отечественные ученые также исследовали связи составов песчаников с тектоническими обстановками осадконакопления. В.Н. Шванов [27] на основе более 5 000 индивидуальных количественных петрографических определений по почти 80 массивам, охарактеризовал 15 геодинамических обстановок трех различных областей, предложенных В.Е. Хаиным [30]. Каждая обстановка представлена определенными семействами и видами песчаных осадков (табл. 1). Семейства и виды изученных ниже-среднеюрских песчаников соответствуют переходным от континента к океану обстановкам, к которым отнесены преддуговые окраинно-континентальные бассейны (позиция 7), бордерленды (позиция 9), активные континентальные окраины (позиция 10). Кварцевые литокластические граувакки, мезомиктовые пески,

Таблица 1. Распространение петрографических семейств и видов песчаных пород в геодинамических обстановках земной коры (плитно-тектоническая концепция) [27].

	Геодинамическая обстановка	Семейства, виды песчаных осадков
Океан	1. Рифтовые долины срединно-океанических хребтов	Серпентиновые, оливиновые пески, петрокластические граувакки
	2. Океанические островодужные системы – задуговые и преддуговые бассейны	Высокополевошпатовые граувакки, Na-аркозы, полевошпатовые граувакки, петрокластические граувакки
Область переходная от континента к океану	3. Островодужные системы, эродированные	Полевошпатовые граувакки, петрокластические граувакки
	4. Островные дуги, глубоко эродированные	Кварцевые полимиктовые граувакки
	5. Межплитные архипелаги	Петрокластические граувакки
	6. Краинно-континентальные бассейны, задуговые	Серпентиновые пески, полевошпатовые граувакки, петрокластические и полимиктовые граувакки
	7. Краинно-континентальные бассейны, преддуговые	Полевошпатовые граувакки, K-Na-аркозы, кварцевые полимиктовые граувакки, мезомиктовые пески, кремнисто-кварцитовые пески
	8. Остаточные океанские бассейны	Литокластические граувакки, кварцевые литокластические граувакки, Na-K-аркозы
	9. Бордерленды	Полевошпатовые граувакки, K-Na-аркозы
	10. Активные континентальные окраины	Кварцевые литокластические и полимиктовые граувакки, K-Na-аркозы
	11. Пассивные континентальные окраины	Кварцевые литокластические граувакки, мезомиктовые пески
Континент	12. Интракратонные и межкратонные рифты	Петрокластические и полимиктовые граувакки, K-Na, Na-K-аркозы, кварцевые литокластические граувакки
	13. Авлакогены	Na-K-аркозы, кварцевые литокластические граувакки
	14. Полициклические орогены, в том числе субдукционные комплексы в них	Высококварцевые литокластические граувакки, кремнисто-кварцевые пески, Na-K-аркозы, мезомиктовые пески, кварцевые пески
	15. Континентальные блоки, поднятия фундамента	Na-K-аркозы, олигомиктовые кварцевые пески, высококварцевые пески

соответствующие пассивной континентальной окраине (позиция 11), отсутствуют в изученной выборке и не позволяют считать ранне-среднеюрский бассейн связанным с пассивной континентальной окраиной.

Семейства и виды верхнеюрских–нижнемеловых песчаников Буреинского бассейна характерны для остаточных океанских бассейнов областей перехода от континента к океану (позиция 8), а также интракратонных и межкратонных рифтов континентальных областей (позиция 12).

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ

С целью изучения литохимии пород впервые определен валовый химический состав осадочных пород Буреинского бассейна. В работе использованы результаты определения оксидов в 48 образцах песчаников (рис. 2). Оксиды в песчаниках содержатся в количестве (здесь и далее в мас. %): SiO_2 – 62.4–78.2, TiO_2 – 0.08–0.88, Al_2O_3 – 11–15.8, Fe_2O_3 – 1.0–7.0, MgO – 0.07–3.37, CaO – 0.1–3.7, Na_2O – 1.32–4.9,

K_2O – 1.45–5.0, сумма щелочей – 5.0–7.83. Медианные содержания оксидов приведены в табл. 2.

Реконструкция состава пород областей сноса по валовому химическому составу проанализированных песчаников с использованием дискриминантной диаграммы, по [39], показала, что источником обломочного материала служили, в основном, изверженные породы кислого состава (рис. 7), и не противоречит реконструкции состава материнских пород по данным петрографии (рис. 4). В результате исследования детритовых цирконов также был сделан вывод, что источниками сноса служили разновозрастные осадочные и гранитоидные породы, то есть породы кислого состава [8].

В соответствии с классификацией Ф. Петтиджона [20], песчаники разделились на граувакки ($\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ больше 1) и аркозы ($\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ меньше 1). По величине натриевого модуля $\text{NM}=\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ [31] большинство песчаников с дешской по чаганйскую свиты являются граувакками ($\text{NM} = 0.20\text{--}0.37$), мень-

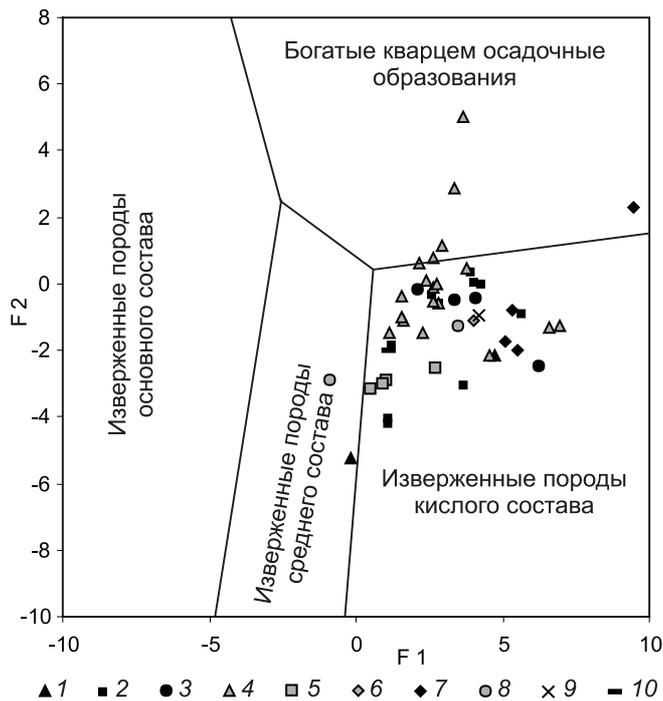


Рис. 7. Положение фигуративных точек мезозойских песчаников Буреинского бассейна на диаграмме состава пород источников сноса, по [40].

Свиты: 1 – дешская, 2 – синкальтинская, 3 – эпиканская, 4 – эльгинская, 5 – чаганыйская, 6 – талынджанская, 7 – дубликанская, 8 – солонийская, 9 – чагдамынская, 10 – чемчукинская. $F1 = 30.638TiO_2/Al_2O_3 - 12.541Fe_2O_3(tot)/Al_2O_3 + 7.329MgO/Al_2O_3 + 12.031Na_2O/Al_2O_3 + 35.402K_2O/Al_2O_3 - 6.382$. $F2 = 56.500TiO_2/Al_2O_3 - 10.879Fe_2O_3(tot)/Al_2O_3 + 30.875MgO/Al_2O_3 - 5.404Na_2O/Al_2O_3 + 11.112K_2O/Al_2O_3 - 3.89$.

шинство – аркозами ($HM = 0.16-0.20$). А большинство песчаников вышележащих дубликанской, солонийской и чагдамынской свит – явные аркозы (HM от 0.11 до 0.17). HM песчаника из чемчукинской свиты – 0.23 (граувакка).

На классификационной диаграмме $\log(SiO_2/Al_2O_3) - \log(Na_2O/K_2O)$ большинство фигуративных точек изученных песчаников расположено в поле граувакк, меньшая часть – в поле лититов и лишь фигуративные точки верхнеюрских песчаников дубликанской свиты расположены в поле аркозов (рис. 8). Более зрелые (по сравнению с ниже-среднеюрскими песчаниками) верхнеюрско-нижнемеловые песчаники свидетельствуют о том, что был более длительный период переработки обломочного материала, было более глубокое химическое выветривание пород, приведшее к значительному выносу натрия (в песчаниках дубликанской свиты калий преобладает над натрием). Химическому выветриванию способствовал гумидный климат и относительно сглаженный рельеф областей сноса. О

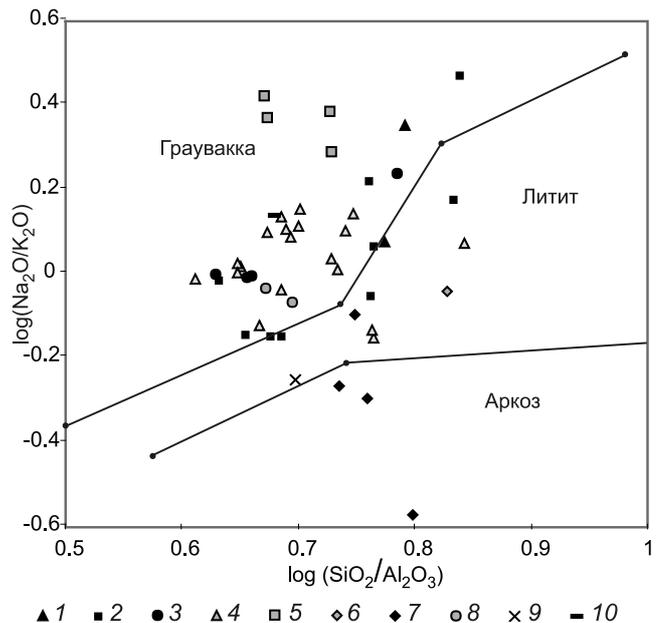


Рис. 8. Положение фигуративных точек мезозойских песчаников Буреинского бассейна на классификационной диаграмме $\log(SiO_2/Al_2O_3) - \log(Na_2O/K_2O)$, по [35].

Условные обозначения см. на рис. 7.

влажном, теплом климате в Буреинском бассейне свидетельствуют прослои угля в угленосной толще.

В целом это согласуется с данными о петрографических типах песчаников (рис. 2), а некоторые различия обусловлены, видимо, наличием цемента в песчаниках и спецификой различных классификаций, которые призваны дополнять друг друга.

В данной работе для реконструкции палеотектонических обстановок применены диаграммы М. Бхатия [32], Б. Розера и Р. Корша [39], широко используемые отечественными и зарубежными исследователями [3, 9–16, 23, 24, 29, 36, 38, 41, 42 и др.]. Считается, что они хорошо отработаны и достаточно надежны. Тем не менее, в последнее время выявлены несоответствия интерпретации тектонических обстановок по некоторым диаграммам с геологической ситуацией для песчаников разных возрастов в различных регионах мира и России [13–15]. При отсутствии пока других предложений по классификации тектонических обстановок было интересно посмотреть распределение результатов литохимического исследования изученных песчаников на предложенных диаграммах. Выборка представлена преимущественно мелкозернистыми песчаниками, но присутствует незначительная часть крупнозернистых разновидностей.

М. Бхатия предложил упрощенную классификацию осадочных бассейнов, связанных с четырьмя тектоническими обстановками, каждой из которых

Таблица 2. Медианные содержания породобразующих оксидов в юрско-меловых песчаниках Буруинского осадочного бассейна.

Свита / оксид	дешская	синкаль-тинская	эпиканская	эльгинская	чаганьинская	талынджанская	дубликанская	солонийская	чагда-мынская	чемчукинская
	X±sd	X±sd	X±sd	X±sd	X±sd	X±sd	X±sd	X±sd	X±sd	X±sd
SiO ₂	77.38±0.25 77.2-77.56	72.17±4.39 65.48-78.15	66.39±4.78 64.49-75.02	68.66±3.65 62.69-76.33	70.50±2.20 68.17-72.32	75.79	74.26±1.47 73.67-76.88	66.88±6.35 62.39-71.37	71.87	70.36
TiO ₂	0.20±0.04 0.17-0.22	0.44±0.16 0.17-0.57	0.59±0.18 0.27-0.66	0.59±0.17 0.23-0.88	0.51±0.06 0.4-0.53	0.47	0.35±0.16 0.26-0.61	0.41±0.18 0.28-0.54	0.37	0.44
Al ₂ O ₃	12.75±0.40 12.46-13.03	12.76±1.61 11-15.6	14.50±1.33 12.32-15.36	13.70±1.13 10.97-15.84	14.06±0.61 13.48-14.59	11.26	13.00±0.63 12.23-13.74	13.85±0.83 13.26-14.43	14.42	14.74
Fe ₂ O ₃	1.79±1.07 1.03-2.54	3.46±0.89 1.97-4.39	4.09±1.47 1.41-4.61	3.55±0.81 2-4.73	3.08±0.52 2.3-3.39	1.70	2.08±0.69 1.61-3.11	4.76±3.20 2.49-7.02	2.14	3.43
MnO	0.02±0.00	0.03±0.03 0.02-0.12	0.05±0.03 0.04-0.1	0.04±0.02 0.02-0.12	0.08±0.04 0.02-0.11	0.03	0.03±0.01 0.02-0.05	0.08±0.07 0.03-0.13	0.01	0.04
MgO	0.15±0.10 0.08-0.22	1.26±0.41 0.42-1.53	1.26±0.55 0.4-1.7	1.42±0.73 0.42-3.37	0.72±0.16 0.5-0.82	0.21	0.25±0.14 0.16-0.45	1.10±0.98 0.4-1.79	0.41	1.00
CaO	0.39±0.16 0.27-0.5	0.72±0.54 0.44-2.29	1.31±1.25 0.86-3.6	1.15±0.94 0.34-3.68	0.98±0.30 0.85-1.51	1.72	0.24±0.30 0.1-0.77	1.10±0.55 0.71-1.49	1.52	1.58
Na ₂ O	3.62±0.08 3.56-3.68	3.22±0.58 2.73-4.23	3.51±0.78 3.22-4.94	3.22±0.33 2.57-3.84	4.58±0.36 4.08-4.91	2.38	2.18±0.68 1.32-2.98	2.79±0.08 2.73-2.85	2.17	3.48
K ₂ O	2.34±0.96 1.66-3.02	3.02±0.98 1.45-3.94	3.43±0.35 2.89-3.67	2.88±0.50 2.46-4.23	1.97±0.25 1.7-2.3	2.65	4.21±0.53 3.79-5	3.19±0.28 2.99-3.39	3.92	2.56
P ₂ O ₅	0.06±0.01 0.05-0.07	0.10±0.03 0.06-0.14	0.15±0.05 0.06-0.18	0.14±0.04 0.04-0.17	0.15±0.02 0.12-0.18	0.07	0.04±0.02 0.02-0.06	0.11±0.05 0.07-0.14	0.07	0.10
ППП	1.32±0.45 1-1.64	2.82±1.65 1.23-6.86	3.50±1.52 1.5-4.9	3.83±1.38 2.13-7.32	3.58±0.71 2.78-4.33	3.62	2.58±0.41 1.86-2.75	5.66±2.98 3.55-7.77	3.10	2.28
Сумма	100.00±0.00	99.91±0.04 99.9-100	99.91±0.04 99.9-100	99.92±0.03 99.89-100	99.92±0.04 99.9-100	99.91	99.96±0.05 99.9-100	99.91±0.01 99.91-99.92	100.00	100.01
Fe ₂ O ₃ +MgO	1.94±0.97 1.25-2.62	4.74±1.28 2.54-5.67	5.44±2.00 1.81-6.12	5.01±1.39 2.42-7.38	3.74±0.65 2.92-4.2	1.91	2.41±0.69 1.89-3.27	5.85±4.19 2.89-8.81	2.55	4.43
K ₂ O/Na ₂ O	0.65±0.28 0.45-0.85	0.96±0.43 0.34-1.43	1.02±0.22 0.59-1.04	0.94±0.22 0.71-1.44	0.42±0.06 0.38-0.52	1.11	1.93±1.09 1.27-3.79	1.14±0.07 1.10-1.19	1.81	0.74
Al ₂ O ₃ /SiO ₂	0.16±0.00	0.17±0.03 0.15-0.23	0.22±0.03 0.16-0.23	0.20±0.02 0.14-0.24	0.20±0.01 0.19-0.21	0.15	0.18±0.01 0.16-0.18	0.21±0.01 0.20-0.21	0.20	0.21
Al ₂ O ₃ /(Na ₂ O+CaO)	3.19±0.30 5.95-6.20	3.27±0.94 1.89-4.37	2.65±0.76 1.99-3.38	3.10±0.58 2.06-4.29	2.50±0.08 2.42-2.60	2.75	5.51±2.12 3.51-8.61	3.60±0.64 3.14-4.05	3.91	2.91
n	2	10	4	19	4	1	4	2	1	1

Примечание. n – количество проб, X – медианные значения, ±sd – стандартное отклонение, в знаменателе – интервал значений.

соответствует определенный набор материнских пород [32]. Осадочные отложения бассейнов, связанных с океаническими островными дугами, являются, в основном, дериватами известково-щелочных или толеитовых вулканитов. Осадочные бассейны *континентальных островных дуг* примыкают к островным дугам, сформированным на зрелой континентальной коре. Осадочные образования накапливались в междуговых, задуговых и преддуговых бассейнах и представлены, в основном, продуктами разрушения кислых вулканических пород. *Активные континентальные окраины* включают осадочные бассейны континентальных окраин андского типа и трансформных окраин, сложенных древними складчатými поясами. Осадочные отложения – это, преимущественно, дериваты гранитов, гнейсов и кислых вулканитов поднятого основания. *Пассивные окраины* охватывают рифтогенные континентальные окраины атлантического типа, развивавшиеся вдоль краев континентов, остаточные океанические бассейны в областях коллизионных орогенов и неактивных конвергентных окраин. Зрелые осадочные отложения обычно являются результатом многократного переотложения более древних осадочных и метаморфических пород платформ или орогенов.

Очевидно, что юрский бассейн на краю Буреинского микроконтинента с корой сиалического типа не мог быть связанным с океаническими островными дугами, и это нашло подтверждение в распределении фигуративных точек песчаников на предложенных диаграммах, на которых в полях океанических островных дуг нет ни одной точки. На диаграммах большинство фигуративных точек исследованных среднеюрских песчаников синкальтинской, эпиканской, эльгинской, чаганыйской и талынджанской свит находится в полях активной континентальной окраины и континентальных вулканических дуг (вулканических дуг на континентальной коре) или тяготеют к ним (рис. 9).

Отличается положение фигуративных точек верхнеюрско-нижнемеловых песчаников дубликанской, солонийской и чагдамынской свит. Как видно на диаграммах $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}) - \text{TiO}_2$, $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}) - \text{K}_2\text{O} / \text{Na}_2\text{O}$ и $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}) - \text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Na}_2\text{O} + \text{CaO})$, они расположены либо непосредственно в полях пассивной континентальной окраины, либо поблизости к этим полям. Фигуративная точка песчаника из вышележащей чемчукинской свиты, находясь в поле активной континентальной окраины, приближается к полю континентальной вулканической дуги. Этот песчаник является грауваккой.

Менее определенно положение фигуративных точек песчаников нижнеюрской дешской свиты. На диаграммах $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}) - \text{TiO}_2$ и $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}) - \text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Na}_2\text{O} + \text{CaO})$ они приближаются к полю пассивной континентальной окраины, на диаграммах $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}) - \text{K}_2\text{O} / \text{Na}_2\text{O}$ и $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}) - \text{Al}_2\text{O}_3 / \text{SiO}_2$ расположены далеко от предлагаемых полей. Сумма оксидов феррических элементов (железа и магния) мала и сопоставима с таковой в песчаниках дубликанской свиты. На диаграмме $\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O} / \text{Na}_2\text{O}$, по [39], фигуративная точка песчаника находится в поле пассивной континентальной окраины, а фигуративная точка дресвяника – в поле активной континентальной окраины (рис. 10).

На диаграмме $\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O} / \text{Na}_2\text{O}$ большинство фигуративных точек среднеюрских песчаников находятся в поле активных континентальных окраин (рис. 10). Фигуративные точки верхнеюрских и нижнемеловых песчаников талынджанской, дубликанской, чагдамынской свит находятся в поле пассивной континентальной окраины. Как и на диаграммах М. Бхатия, фигуративная точка песчаника нижнемеловой чемчукинской свиты расположена в поле активной континентальной окраины. В целом локализация фигуративных точек песчаников в полях определенных тектонических обстановок на разных диаграммах сходна.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Минералого-петрографический состав песчаников подтверждает, что ранне-среднеюрская седиментация осуществлялась в переходном от континента к океану бассейне, позднеюрско-раннемеловая – в бассейне переходной и континентальной областей (табл. 1). Характер окатанности и сортировки обломочных зерен, реконструкции на основе минералого-петрографического состава ниже-среднеюрских песчаников говорят об активных тектонических обстановках. Состав верхнеюрских титонских (дубликанская свита) и нижнемеловых берриас-барремских (солонийская и чагдамынская свиты) песчаников не противоречит обстановке пассивной континентальной окраины.

Реконструкция обстановок по литохимическому составу песчаников для ранней юры затруднительна из-за малого количества образцов и их тяготения к разным полям. Тем не менее, дополнительно учитывая наличие прослоев вулканитов в раннеюрской хавагдинской толще [1, 7], можно предположить, что континентальная окраина была активной.

В средней юре Буреинский бассейн принадлежал активной континентальной окраине, осложненной сдвиговыми дислокациями, и был связан с континен-

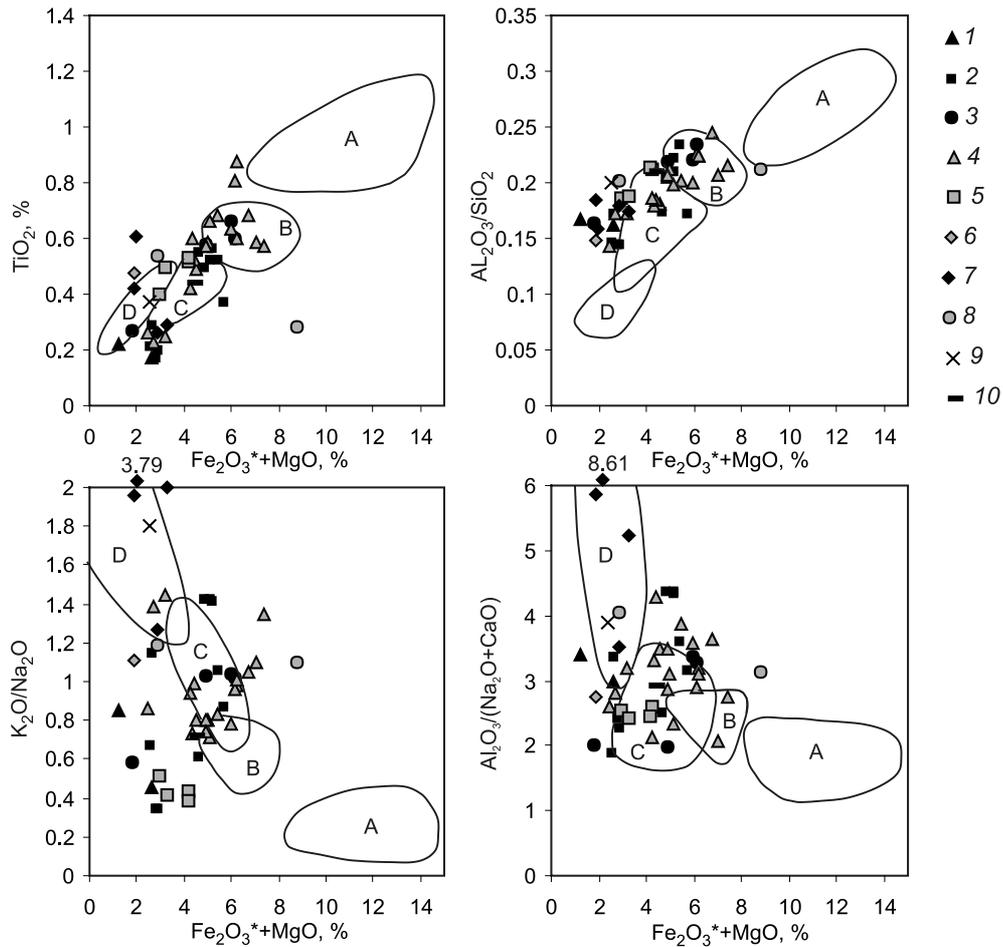
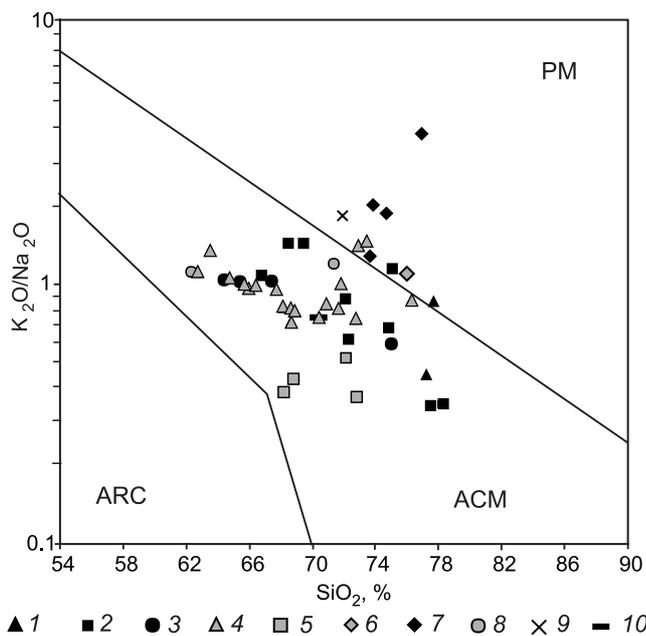


Рис. 9. Диаграммы химического состава мезозойских песчаников Буреинского бассейна из различных тектонических обстановок, по [32].

$Fe_2O_3^*$ – суммарное железо, пересчитанное на Fe_2O_3 . Поля, характеризующие песчаники из бассейнов, сопряженных: А – с океаническими островными дугами, В – с континентальными островными дугами, С – с активными континентальными окраинами, D – с пассивными континентальными окраинами. Условные обозначения см. на рис. 7.



тальными вулканическими дугами. В районе исследований присутствие вулканических дуг в прошлом подтверждают прослой кислых вулканитов [1, 7]. В работе [24] было показано, что средне-позднеюрский Зяя-Депский бассейн, расположенный западнее Буреинского бассейна, также был связан с обстановками активной континентальной окраины и континентальных вулканических дуг. Вулканические дуги в средней юре были широко развиты юго-западнее, на территории современного Китая [34].

Рис. 10. Диаграмма SiO_2 – K_2O/Na_2O для песчаников Буреинского бассейна, по [39].

Бассейны тектонических обстановок: PM – пассивной континентальной окраины, ACM – активной континентальной окраины, ARC – океанических дуг. Условные обозначения см. на рис. 7.

С позднеюрского времени реконструируется режим пассивной континентальной окраины. Возможно, это была стадия рифтового растяжения, когда на континентальной плите начались внутриплитные сдвиги-раздвиговые процессы [6]. Сглаженный рельеф в областях денудации, теплый влажный климат, продолжительная эрозия способствовали формированию более зрелых, по сравнению с другими, песчаников дубликанской свиты, отличающихся петрографическим и литохимическим составами и занимающих, по этой же причине, локальные поля на различных классификационных и модульных тригонограммах и диаграммах.

Граувакковый состав песчаников вышележащей нижнемеловой (баррем–апт) чемчукинской свиты (по петрографии и литохимии, рис. 5), обусловивший положение фигуративной точки песчаника в поле активной континентальной окраины и континентальных вулканических дуг, позволяет предположить эпизод активизации тектонической (и/или вулканической) деятельности на пассивной континентальной окраине, что подтверждается присутствием аптских вулканитов в близлежащих регионах.

ВЫВОДЫ

Итогом изучения различных характеристик вещественного состава песчаников Буреинского бассейна и их эволюции во времени, сопоставления с данными общегеологических исследований являются следующие обобщения.

Петрографические и литохимические типы песчаников в целом совпадают. Песчаники являются незрелыми породами: кварцево-полевошпатовыми, реже полевошпатово-кварцевыми граувакками; лититами, граувакковыми аркозами, аркозами. Состав нижне-среднеюрских песчаников говорит о преобладании физического выветривания над химическим. Более зрелый состав верхнеюрско-нижнемеловых песчаников (по сравнению с составом нижне-среднеюрских песчаников) свидетельствует о более глубоком химическом выветривании пород, возможном при влажном климате, относительно сглаженном рельефе областей денудации и достаточно продолжительном времени выветривания.

Реконструкции по предложенным В.Н. Швановым критериям с использованием петрографических данных показали, что ранне-среднеюрский палеобассейн находился в области перехода от континента к океану, позднеюрско-раннемеловой палеобассейн – в области перехода от континента к океану и в континентальной области.

Анализ положения фигуративных точек песчаников на различных литохимических диаграммах

позволил предположить, что во время формирования нижне-среднеюрских отложений палеобассейн был связан с активной континентальной окраиной и континентальной вулканической дугой, накопление верхнеюрско-нижнемеловых пород происходило в обстановке пассивной континентальной окраины.

В вещественном составе вышеописанных песчаников нашла отражение магматическая и тектоническая активность, связанная, вероятно, с различными эпизодами Яншанской орогении, одним из которой являлась мезозойская коллизия Китайского и Северо-Азиатского кратонов, завершившаяся в конце средней юры. По смене типов песчаников можно реконструировать орогенические движения. Фиксируется три временных периода этих событий: поздний тоар-аален, поздний байос, поздний оксфорд–кимеридж.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нижнеюрско-нижнемеловые отложения Буреинского бассейна формировались на восточном краю Цзямусы-Ханкайско-Буреинского массива. Поставщиками обломочного материала являлись метаморфические и магматические породы ЦХБ массива и осадочные породы его чехла.

Толщи, включающие изученные песчаники в междуречье Солони–Ургал, накапливались в депозентре палеобассейна. В составе толщ преобладают алевролиты над песчаниками, также присутствуют другие разновидности псаммитовых и вулканогенно-терригенных пород, в верхней части разреза – линзы угля. Значительная мощность отложений, высокие скорости седиментации свидетельствуют об активных вертикальных движениях, а прослой вулканитов – о вулканической деятельности.

Следует отметить определенное сходство результатов, полученных при использовании разных методов исследования и способов представления обработанных данных. При интерпретации необходим комплексный анализ всего имеющегося материала, использование различных видов исследований, методов и приемов обработки данных, аккуратная работа с выборками. Не следует ограничиваться отдельными диаграммами и параметрами. Исследователями всегда подчеркивалось, что необходимо учитывать конкретную геологическую обстановку, от которой нельзя отрывать петрографические и литохимические данные [15, 16 и др.]. Полученные непротиворечивые выводы, основанные на различных методах изучения геологического строения региона и вещественного состава песчаников, позволяют считать их достаточно надежными.

Работа выполнена при поддержке интеграционного проекта ДВО, СО и УрО РАН 12-II-CY-08-009

«Субдукционные и орогенные осадочные бассейны Северной Евразии: индикаторные литологические и изотопно-геохимические характеристики отложений, минералогия».

Автор благодарит Г.Л. Кириллову, М.И. Тучкову и А.В. Маслова. Их помощь неоценима, консультации, конструктивные предложения и замечания послужили улучшению статьи. Автор признательна Л.В. Яхно, Т.Л. Карповой за помощь в оформлении графического материала и М.К. Жевержеевой, взявшей на себя труд по описанию шлифов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анойкин В.И. Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1:200 000. 2-е изд. Сер. Буреинская. Лист М-53-VIII (Чегдомын): Объясн. зап. СПб.: Картофабрика ВСЕГЕИ, 2003. 123 с. + 2 вкл.
2. Атлас мезозойской морской фауны Дальнего Востока России / И.И. Сей, Т.М. Окунева, Т.Д. Зюнова, Е.А. Калачева. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2004. 234 с.
3. Геосинклиальный литогенез на границе континент – океан / Под ред. Е.В. Краснова. М.: Наука, 1987. 177 с.
4. Забродин В.Ю. Зона сочленения Буреинского массива с Сихотэ-Алинской складчатой системой // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2010. Т. 85, Вып. 2. С. 11–21.
5. Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натапов Л.М. Тектоника литосферных плит территории СССР. М.: Недра, 1990. Т.1. 327 с.
6. Кириллова Г.Л. Позднемезозойские – кайнозойские осадочные бассейны континентальной окраины юго-восточной России: геодинамическая эволюция, угле- и нефтегазосодержательность // Геотектоника. 2005. № 5. С. 62–68.
7. Кириллова Г.Л., Крапивенцева В.В. Мезоцикличность верхнетриасово-юрских отложений Буреинского бассейна: тектоника, эвстатика, секвенстратиграфия (Дальний Восток) // Тихоокеан. геология. 2012. Т. 31, № 4. С. 38–54.
8. Кириллова Г.Л. Питающие провинции Буреинского осадочного бассейна в мезозое (Дальний Восток) // Тектоника, глубинное строение и минералогия Востока Азии: VIII Косыгинские чтения: Материалы всерос. конф. 17–20 сентября 2013, г. Хабаровск / Отв. ред. А.Н. Диденко, Ю.Ф. Манилов. Владивосток: Дальнаука, 2013. С. 518–521.
9. Малиновский А.И., Голозубов В.В., Симаненко В.П. Состав и обстановки накопления нижнемеловых терригенных пород бассейна р. Кемы (Восточный Сихотэ-Алинь) // Литология и полез. ископаемые. 2005. № 5. С. 1–20.
10. Малиновский А.И., Маркевич П.В., Тучкова М.И. Тяжелые обломочные минералы терригенных пород как индикаторы геодинамических обстановок в палеобассейнах орогенных областей Востока Азии // Вестн. КРАУНЦ. Науки о Земле. 2006. № 2. Вып. 6. С. 97–111.
11. Малиновский А.И., Тучкова М.И. Литохимия палеостроводужных комплексов орогенных поясов Дальнего Востока России // Тихоокеан. геология. 2010. Т. 29, № 5. С. 5-22.
12. Маслов А.В., Гареев Э.З., Подковыров В.Н. Песчаники верхнего рифея и венда Башкирского мегантиклинория // Литология и полез. ископаемые. 2010. № 3. С. 320–328.
13. Маслов А.В., Гареев Э.З., Ишерская М.В. «Стандартные» дискриминантные палеогеодинамические диаграммы и платформенные песчаниковые ассоциации // Отгеч. геология. 2012. № 3. С. 55–65.
14. Маслов А.В., Подковыров В.Н., Гареев Э.З. К оценке палеогеодинамических обстановок формирования осадочных последовательностей нижнего и среднего рифея Учуро-Майского региона и Башкирского мегантиклинория // Тихоокеан. геология. 2012. Т. 31, № 5. С. 55–68.
15. Маслов А.В., Мизенс Г.А., Подковыров В.Н., Гареев Э.З., Сорокин А.А., Смирнова Ю.Н., Сокур Т.М. Синорогенные псаммиты: основные черты геохимии // Литология и полез. ископаемые. 2013. № 1. С. 70–96.
16. Медведева С.А. Палеотектонические обстановки накопления позднемезозойских терригенных пород Баджало-Горинской структурно-формационной зоны // Геологические процессы в обстановках субдукции, коллизии и скольжения литосферных плит: Материалы Всерос. конф. Владивосток: Дальнаука, 2011. С. 97–100.
17. Парфенов Л.М. Континентальные окраины, островные дуги в мезозоидах северо-востока Азии и кинематика мезозойской складчатости. Статья 2. Мезозойды Сихотэ-Алиня: общие закономерности строения и истории формирования мезозойд // Тихоокеан. геология. 1983. № 4. С. 3–16.
18. Парфенов Л.М. Континентальные окраины и островные дуги мезозойд северо-востока Азии. Новосибирск: Недра, 1984. 192 с.
19. Парфенов Л.М., Попеко Л.И., Томуртоого О. Проблемы тектоники Монголо-Охотского орогенного пояса // Тихоокеан. геология. 1999. Т. 18, № 5. С. 24–43.
20. Петтиджон Ф.Дж., Поттер П., Сивер Р. Пески и песчаники. М.: Мир, 1976. 535 с.
21. Сей И.И., Калачева Е.Д. Биостратиграфия нижне- и среднеюрских отложений Дальнего Востока. Л.: Недра, 1980. 177 с.
22. Систематика и классификация осадочных пород и их аналогов / В.Н. Шванов, В.Т. Фролов, Э.И. Сергеев и др. СПб.: Недра, 1998. 352 с.
23. Смирнова Ю.Н., Сорокин А.А., Смирнов Ю.В. Первые сведения о геохимических особенностях нижне- и среднеюрских отложений Верхнеамурского прогиба (Восточная Азия) // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту). Вып. 7. Т. 2. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2009. С. 98–99.
24. Смирнова Ю.Н., Сорокин А.А., Смирнов Ю.В. Петрохимические особенности формирования средне-позднеюрских песчаников Зея-Депского прогиба восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса // Тектоника, магматизм и геодинамика Востока Азии: VII Косыгинские чтения: Материалы Всерос. конф. Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 2011. С. 533–535.
25. Сорокин А.А., Кудряшов Н.М., Котов А.Б. Возраст и геохимические особенности массива раннемезозойских гранитоидов южной части Буреинского террейна (Дальний Восток) // Тихоокеан. геология. 2007. Т. 26, № 5. С. 55–66.
26. Шарудо И.И., Москвин В.И. Дзенс-Литовская О.А. Литология и палеогеография Буреинского прогиба в позднем мезозое. Новосибирск: Наука, 1973. 68 с.
27. Шванов В.Н. Общие закономерности распространения петрографических групп песчаных пород в структурно-тектонических элементах континентов и океанов / Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1998. Т. 73. Вып. 2. С. 34–42.

28. Шутов В.Д. Классификация песчаников // Литология и полез. ископаемые. 1967. № 5. С. 86–103.
29. Филиппов А.Н. Формационный анализ мезозойских отложений Западного Сихотэ-Алиня. Владивосток: ДВО АН СССР, 1990. 144 с.
30. Хаин В.Е. От геологических формаций к литологическим комплексам // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 1991. № 3. С. 18–21.
31. Юдович Я.Э. Региональная геохимия осадочных толщ. Л.: Наука, Ленингр. отд-ние, 1981. 276 с.
32. Bhatia M.R. Plate tectonics and geochemical composition of sandstones // J. Geol. 1983. V. 91, N 6. P. 611–627.
33. Dickinson W.R., Suczek C.A. Plate tectonics and sandstone composition // AAPG Bull. 1979. V. 63, N 12. P. 2164–2182.
34. Geological Map of Amur Region and adjacent areas. Геологическая карта Приамурья и сопредельных территорий (фрагмент листа 2) / ВСЕГЕИ. Амургеолком. Мингео КНР. Управл. геол. пров. Хэйлуцзян. 1/2500000. СПб, 1998. (Под ред. Л.И.Красного, ПЭН Юньбао).
35. Herron M.M. Geochemical classification of terrigenous sand and shales from core or log data // J. Sedimentary Petrology. 1988. V. 58, N 5. September, P. 820–829.
36. Huntsman-Mapila P., J.-J. Tiercelin, M. Benoit, S. Ringrose, S. Diskin, J. Cotten, C. Humond. Sediment geochemistry and tectonic setting: Application of discrimination diagrams to early stages of intracontinental rift evolution, with examples from the Okavango and Southern Tanganyika rift basins // J. African Earth Sci. 2009. V. 53, N 1–2. P. 33–44.
37. Maynard J.B., Valloni R., Yu H.S. Composition of modern deep-sea sands from arc related basins // Trench-Forearc Geology. Sedimentation and tectonics of modern and ancient plate margins. 1982. P. 551–561.
38. Omar A. Al-Harbi, M. Mujtaba Khan. Provenance, diagenesis, tectonic setting and geochemistry of Tawil Sandstone (Lower Devonian) in Central Saudi Arabia // J. Asian Earth Sci. 2008. V. 33, N 3–4. P. 278–287.
39. Roser B.P., Korsch R.J. Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratio // J. Geol. 1986. V. 94, N 5. P. 635–650.
40. Roser B.P., Korsch R.J. Provenance signatures of sandstone-mudstone suites determined using discriminant function analysis of major element data // Chem. Geol. 1988. V. 67. P. 119–139.
41. Worash Getaneh. Geochemistry provenance and depositional tectonic setting of the Adigrat Sandstone northern Ethiopia // J. African Earth Sci. 2002. V. 35, N 2. P. 185–198.
42. Yan Yi, Xia Bin, Lin Ge, Cui Xuejun, Hu Xiaoqiong, Yan Pin, Zhang Faqiang. Geochemistry of the sedimentary rocks from the Nanxiang Basin, South China and implications for provenance, paleoenvironment and paleoclimate at the K/T boundary // Sedimentary Geol. 2007. V. 197, N 1–2. P. 127–140.

Рекомендована к печати Г.Л. Кирилловой

S.A. Medvedeva

Mesozoic sandstones and reconstruction of tectonic depositional environments in the Bureya Basin (Far East)

Early Jurassic to Early Cretaceous tectonic depositional environments were reconstructed for the first time based on the investigation of matter composition of sandstones from Soloni-Urgal interfluvium, Bureya sedimentary basin, Far East. Mineralogical-petrographic and lithochemical studies revealed that the sandstones are mostly quartz-feldspathic and feldspathic graywacke of acid composition and lithites, graywacke arkose, arkoses in limited distribution. In the process of Lower/Middle Jurassic sediment deposition are reconstructed active continental margin and continental volcanic arc environments, and during accumulation of the Upper Jurassic to Lower Cretaceous deposits – more quiet environments of the passive continental margin. In the Late Toarcian-Aalenian, Late Bajocian, Late Oxfordian-Kimmeridgian orogenic events occurred that led to the breaks in sedimentation.

Key words: sandstones, Jurassic, Cretaceous, continental margin, volcanic arc, Bureya sedimentary basin, Far East Russian.