

**ПИТАЮЩАЯ ПРОВИНЦИЯ СРЕДНЕЮРСКО-НИЖНЕМЕЛОВЫХ
(БЕРРИАС-ВАЛАНЖИН) ОТЛОЖЕНИЙ НИЖНЕГО ПРИАМУРЬЯ**

А.В. Кудымов, С.А. Медведева

*Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, Ким-Ю-Чена 65, г. Хабаровск, 680000;
e-mail:alekandr kudimov@rambler.ru*

Поступила в редакцию 25 февраля 2011 г.

Изучением петрографического и химического состава среднеюрско-нижнемеловых пород Нижнего Приамурья установлено, что важное место в области питания осадконакопления занимали гранитоиды. Менее распространены были интрузии среднего, основного и ультраосновного (?) состава, осадочные, вулканические, метаморфические образования. Согласно ориентировкам косой слоистости, а также слепков водоворотных ямок в титон-валанжинских турбидитах, подтверждается положение питающей провинции на западе и юго-западе. Это были преимущественно континентальные гранитно-метаморфические блоки Цзямусы-Ханкайско-Буреинского массива. Вместе с тем, в составе питающей провинции существенную роль играли фрагменты позднепалеозойско-раннемезозойской континентальной активной окраины.

Ключевые слова: питающая провинция, химический состав, песчаники, средняя юра–нижний мел, Нижнее Приамурье

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая работа посвящена характеристике среднеюрско-валанжинских терригенных отложений западных районов Нижнего Приамурья.

Изучение вещественного состава терригенных пород позволяет определять условия накопления осадочных отложений, их генезис, связь седиментационных бассейнов с определенным типом тектонических обстановок, состав пород областей сноса, климат и рельеф в областях размыва, относительную удаленность бассейнов от этих областей и оценить влияние вулканической деятельности. За всю историю изучения состава терригенных осадков современных и древних морских бассейнов установлены довольно четкие корреляционные связи между составом осадка и тем или иным типом источника сноса [15, 18, 19, 22].

Для Нижнего Приамурья существуют буквально единичные публикации [9] по восстановлению источников сноса, существовавших во время формирования протяженной мезозойской Восточно-Азиатской континентальной окраины. В настоящей статье авторы стремились хотя бы частично восполнить этот пробел.

Основное внимание уделено определению состава пород и положения областей сноса, тектоническим обстановкам и меньшее – климату. Для решения поставленной задачи использовались данные о петрографическом составе песчаников и грубообломочных пород, полученные М.К. Дьячковым и др., 1989 г., В.А. Кайдаловым и др. [6] при проведении геологосъемочных работ, и о валовом химическом составе песчаников и алевролитов. Содержания оксидов определены методом рентгеноспектрального анализа в лаборатории рентгеноспектрального анализа СВКНИИ ДВО РАН (г. Магадан, аналитики Т.Д. Борходоева и В.И. Мануилова) и традиционным методом “мокрой” химии в Центральной лаборатории ФГУГП “Дальгеофизика” (г. Хабаровск, аналитик Г.Г. Педяш).

**ТЕКТОНИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ И
СТРАТИГРАФИЯ ОТЛОЖЕНИЙ**

Юрско-меловые отложения имеют широкое распространение в Нижнем Приамурье. Они представлены осадочными, вулканогенно-осадочными образованиями и включены в Бокторскую структурно-формационную подзону (СФПЗ) Горинской структурно-формационной зоны (СФЗ) (рис. 1) [6, 7]. По

мнению П.В. Маркевича и др. [10], восточная часть Бокторской СФПЗ совместно с Бикино-Хорской СФЗ образуют Западно-Сихотэ-Алинский прогиб; по интерпретации Б.А. Натальина [11], восточной части Бокторской подзоны соответствует раннемеловой амурский комплекс. Согласно мнению В.В. Голозубова [3], рассматриваемые отложения отнесены к приконтинентальному синсдвиговому турбидитово-му Журавлевско-Амурскому бассейну.

Разрез среднеюрско-нижнемеловых отложений сложен вулканогенно-кремнисто-глинистыми образованиями верхней части хорпинской серии (хольвасийская толща) и вышележащими существенно терригенными осадками комсомольской серии (горинская и пионерская свиты) [7].

Хольвасийская толща мощностью 800 м согласно залегает на фаунистически охарактеризованных слоях бокторской толщи (средний триас-средняя юра) нижней части хорпинской серии [7]. Преобладают в составе толщи алевролиты и аргиллиты. Иногда они содержат маломощные прослои базальтов и их туфов, кремнисто-глинистых и кремневых пород. В резко подчиненном количестве встречаются мелкозернистые тонкослоистые песчаники и туфопесчаники. Возраст хольвасийской толщи по радиоляриям из кремнисто-глинистых сланцев и аммониту из верхней части толщи определен как средняя-поздняя юра [1].

Горинская свита мощностью 1670 м согласно залегает на хольвасийской толще [1, 7] и имеет, по данным геологосъемочных работ (Кайдалов и др., 1985; Минаева и др., 1987, М.К. Дьячков и др., 1989, В.Н. Дьяков и др., 1991), преимущественно песчаный состав. Песчаники содержат прослои алевролитов, линзы гравелитов, конгломератов, седиментационных брекчий, пачки переслаивания алевролитов и песчаников. По литологическому составу она разделяется на три части.

Нижняя часть свиты характеризуется резким преобладанием песчаников. Песчаники плохо сортированные, с включениями гравийных обломков. Среднезернистые песчаники чередуются с мелкозернистыми. Мощности слоев варьируют от 7 до 25 м, переходы от одних разновидностей к другим постепенные. Встречаются маломощные прослои массивных алевролитов и пласты (до 40 м) слоистых алевролитов. Последние нередко содержат пачки (2–5 м) переслаивания песчаников и алевролитов.

Средняя часть свиты представляет собой чередование пачек ритмичного переслаивания алевролитов и песчаников с преобладанием или алевролитов, или песчаников. Мощности ритмов варьируют от 1–

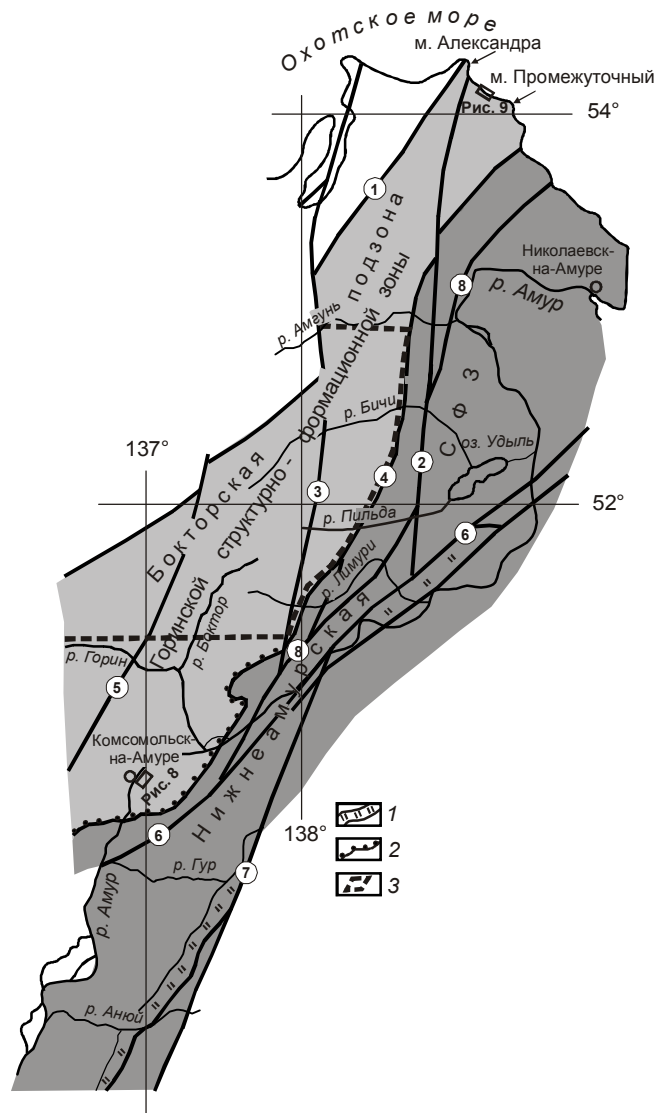


Рис. 1. Схема тектонического районирования Нижнего Приамурья [7].

1 – кремни киселевской свиты; 2 – структурное несогласие; 3 – район изучения вещественного и химического состава пород. Главные разломы: 1 – Дигдиланский, 2 – Приозерный, 3 – Лимурчанский, 4 – Утанский, 5 – Харпинский, 6 – Нижнеамурский, 7 – Центрально-Сихотэ-Алинский, 8 – Лимурийский.

1.5 м до 8.0 м. Пачки содержат довольно мощные пласты мелкозернистых песчаников (до 50 м) и тонкослоистых алевролитов (до 80 м).

В верхней части свиты преобладают песчаники. В пачках переслаивания мелко- и среднезернистых песчаников общей мощностью 20–250 м мощность слоев среднезернистых песчаников составляет 3–5 м, а мелкозернистых – 10–15 м. Иногда на границе среднезернистых и мелкозернистых песчаников наблюдаются тонкие (5–10 см) прослои алевролитов. Редко слои алевролитов достигают мощности в 50 м.

По фауне бухий и растительным остаткам возраст горинской свиты определен в интервале поздняя юра–ранний мел [1].

Пионерская свита мощностью 1980–2100 м согласно перекрывает горинскую свиту. Она представлена массивными и слоистыми (горизонтально-слоистые, линзовиднослоистые, косослоистые и др.) алевролитами.

Нижняя часть свиты сложена тонкослоистыми алевролитами, содержащими пласты мелкозернистых песчаников и пачки (55–180 м) ритмичного переслаивания алевролитов, песчаников и гравелитов. Верхняя часть свиты более однородна и сложена преимущественно алевролитами как массивными, так и слоистыми, среди которых редко присутствуют пачки (20–100 м) переслаивания алевролитов и песчаников.

Возраст пионерской свиты установлен по многочисленным находкам остатков бухий берриаса–валанжина, а также по радиоляриям этого же возраста [6].

ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЕСЧАНИКОВ И ГРУБООБЛОМОЧНЫХ ПОРОД

Песчаники и грубообломочные породы в разных объемах присутствуют во всех вышеописанных стратонах. Наиболее широко они распространены в отложениях горинской свиты.

Песчаники по гранулометрическому составу мелкозернистые, среднезернистые и крупнозернистые, иногда содержат гравийную примесь. Обломочный материал песчаников имеет плохую, реже среднюю и хорошую сортировку. Обломки угловатые, реже слабоокатанные и представлены кварцем, полевыми шпатами, реже слюдами, акцессорными минералами и литокластами. Нередко отмечаются амфибол, пироксен и эпидот.

Фигуративные точки породообразующих компонентов песчаников титон-валанжинских отложений на классификационной диаграмме В.Д. Шутова [13] попадают в поля полевошпатовых граувакк, аркозов, незначительная часть – в поле полевошпатовых кристаллотуфовых накоплений (рис. 2).

Кварц монокристаллический, редко встречаются поликристаллические разновидности. Форма зерен в основном изометричная, реже слабоудлиненная. Полевые шпаты представлены плагиоклазом и калиевым полевым шпатом (микроклин и ортоклаз). Обломочные слюды (биотит и мусковит) встречаются в количествах от долей до первых процентов. Они обычно ориентированы по напластованию. Крупные их пластинки приспособляются к окружающим более жестким зернам.



Рис. 2. Соотношение породообразующих компонентов титон-валанжинских песчаников бассейнов рек Пильда и Лимури Нижнего Приамурья на классификационной диаграмме В.Д. Шутова [13].

1 – по материалам М.К. Дьячкова др., 1989 г.; 2 – по [6].

Судя по морфологии зерен монокристаллического кварца и калиевого полевого шпата [12], эти минералы являются продуктами разрушения кислых и умеренно-кислых интрузивных пород. Полисинтетически сдвойникованный плагиоклаз мог происходить как из полнокристаллических пород, так и из вулкаников основного и среднего состава. Среди акцессориев в песчаниках преобладают сиалические минералы – циркон, апатит, реже сфен, монацит, гранат, турмалин. Кроме этого, присутствуют фемические минералы – магнетит, титаномагнетит, лейкоксен. Акцессорные минералы сиалической группы указывают [4] на разрушение магматических пород кислого и умеренно-кислого составов, меньше – метаморфических образований. Отмечавшиеся в составе песчаников акцессорные минералы фемической группы свидетельствуют о том, что разрушались еще и магматические породы среднего, основного и ультраосновного (?) составов. Эпидот может быть показателем существования в питающей провинции метаморфических образований.

Обломки пород в песчаниках всех стратиграфических подразделений представлены алевролитами, аргиллитами, кремневыми и кремнисто-глинистыми породами, андезитами, риолитами, микрокварцитами, кварцевыми и серицит-кварцевыми сланцами, интрузивными породами кислого, редко среднего, состава, роговиками.

Цемент песчаников поровый, соприкосновения, редко базальный. По составу он глинисто-слюдистый, слюдястый, кварц-слюдистый, а также хлорит-гидрослюдистый, лимонит-слюдистый, хлоритовый.

Грубообломочные породы занимают ничтожную часть в разрезе среднеюрско-нижнемеловых отложений Нижнего Приамурья. Представлены они гравелитами, конгломератами и седиментационными брекчиями. Все отмеченные породы имеют песчаный, песчано-алевритовый и алевритовый матрикс, который не отличается от собственно песчаников, что обычно при единой питающей провинции. Гравий и гальки представлены песчаниками, алевритами, аргиллитами, реже кремневыми породами, эффузивами, микрокварцитами, интрузивными породами кислого состава. Гальки в основном средне и хорошо окатанные.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ

Для характеристики химического состава рассматриваемых отложений хорпинской (хольвасийская толща) и комсомольской (горинская и пионерская свиты) серий в 18 пробах песчаников и в 10 пробах алевролитов, отобранных нами в бассейнах рек Пильда и Лимури, изучен их валовый химический состав. Предел обнаружения оксидов (%): TiO_2 – 0.007, Fe_2O_3 – 0.036, MnO – 0.002, MgO – 0.06, CaO – 0.013, Na_2O – 0.25, K_2O – 0.018.

Для определения классов и типов пород по химическим классификациям Я.Э. Юдович, М.П. Кетрис [16] и Ф. Петтиджона [21, 24], для выяснения степени зрелости пород и оценки вида выветривания (химического или физического) в областях питания нами были рассчитаны различные литохимические модули: гидролизатный ГМ = $(Al_2O_3 + TiO_2 + Fe_2O_3 + FeO + MnO)/SiO_2$, алюмокремневый АМ = Al_2O_3/SiO_2 , фемический ФМ = $(Fe_2O_3 + FeO + MnO + MgO)/SiO_2$, титановый ТМ = TiO_2/Al_2O_3 , щелочной ЩМ = Na_2O/K_2O , общая нормированная щелочность НКМ = $(Na_2O + K_2O)/Al_2O_3$, железный ЖМ = $(Fe_2O_3 + FeO + MnO) / (TiO_2 + Al_2O_3)$, натриевый НМ = Na_2O/Al_2O_3 , калиевый КМ = K_2O/Al_2O_3 [15, 16], а также вычислены $\log (Na_2O / K_2O)$, $\log (SiO_2/Al_2O_3)$, $\log (Fe_2O_3 / K_2O)$ [20, 23].

Содержания оксидов в песчаниках составляют (масс. %): SiO_2 – 68.2–80.3; TiO_2 – 0.27–0.65; Al_2O_3 – 10.5–16.1; $Fe_2O_3^*$ – 1.8–3.5; MgO – 0.3–1.03; CaO – 0.2–1.3; Na_2O – 2.7–4.08; K_2O – 2.4–3.5 (рис. 3, табл. 1). $Fe_2O_3^*$ – суммарное железо, пересчитанное на Fe_2O_3 .

Алевролиты рассматриваемых отложений отличаются от песчаников меньшими содержаниями SiO_2

и Na_2O и более высокими – TiO_2 , Al_2O_3 , $Fe_2O_3^*$, MgO , K_2O (табл. 1, рис. 3). В алевролитах хольвасийской толщи (хорпинская серия) по сравнению с алевролитами комсомольской серии определены более высокие содержания TiO_2 , Al_2O_3 , K_2O и пониженные – MgO (табл. 1, рис. 3). Химический состав алевролитов изменяется в пределах (масс. %): SiO_2 – 63.7–65.8; TiO_2 – 0.73–0.9; Al_2O_3 – 16.2–17.6; $Fe_2O_3^*$ – 4.76–5.96; MgO – 0.8–2.1; CaO – 0.35–1.02; Na_2O – 1.6–3.2; K_2O – 3.45–4.40.

Для сравнения химических составов изученных пород на диаграммы были вынесены пробы магматических пород Буреинского массива в целом [2] (рис. 3–7). Буреинский массив являлся частью Цзямусы-Ханкайско-Буреинского палеоконтинента, который, предположительно, участвовал в поставке кластического материала в описываемый седиментационный палеобассейн. Расположение фигуративных точек отмеченных магматитов кислого и умеренно-кислого состава тяготеет к полям расположения точек изученных песчаников. Хотя полного соответствия химических составов песчаников и магматитов Буреинского массива не может быть, все же их явная взаимосвязь иллюстрирует предположение о преимущественном размыве пород кислого и умеренно-кислого состава (рис. 3).

На классификационных диаграммах Ф. Петтиджона [21, 24] фигуративные точки большинства песчаников занимают поле граувакк (рис. 4 А), а фигуративные точки алевролитов – поле обычных глинистых сланцев (рис. 4 Б).

Согласно Я.Э. Юдович и М.П. Кетрис [17], изученные песчаники по ГМ относятся к типу силитов, алевролиты – к типу сиаллитов, соответственно (табл. 1, рис. 5А), подтипу истинных (содержат MgO меньше 3 %). Большинство песчаников попадает в класс миосилитов, а алевролитов – в класс нормосиаллитов [17].

По общей щелочности $Na_2O + K_2O$ (выше 5%) большинство проб песчаников и алевролитов являются щелочными (табл. 1).

Известно, что НМ является цифровой характеристикой процесса химического выветривания, в результате которого разрушаются плагиоклазы, причем считается, что значения НМ, превышающие 0.20, свойственны грауваккам, которые являются незрелыми породами. Величина НМ в изученных песчаниках варьирует от 0.21 до 0.29. Таким образом, в среднеюрско-валанжинское время в питающей провинции процессы химического выветривания протекали слабо.

Величина КМ позволяет судить о распределении калия и алюминия в породообразующих мине-

Таблица 1. Средние содержания породообразующих оксидов в терригенных породах Бокторской подзоны Горинской СФЗ. Нижнее Приамурье.

Кластер	1	2	3	4	5	6128	3062-2
Возраст	Хорпинская серия (J ₂₋₃)	Комсомольская серия (J ₃ -K ₁)		Хорпинская серия (J ₂₋₃)	Комсомольская серия (J ₃ -K ₁)		
Литотип	Песчаники			Алевролиты		Песчаники	
Хемотип	щелочной миосилит		Щелочной нормосилит	щелочной нормосиаллит		щелочной миосилит	
n	5	9	2	5	5	1	1
SiO ₂	73.75	71.66	78.90	64.53	65.32	68.22	72.45
TiO ₂	0.49	0.45	0.29	0.84	0.74	0.52	0.65
Al ₂ O ₃	13.63	14.40	11.33	16.87	16.60	16.07	14.26
Fe ₂ O ₃ *	2.93	2.87	1.91	5.24	5.41	3.46	2.10
MnO	0.03	0.04	0.02	0.06	0.08	0.07	0.02
MgO	0.73	0.87	0.39	1.31	1.80	1.03	0.63
CaO	0.61	0.91	0.24	0.64	0.80	1.15	0.51
Na ₂ O	3.73	3.71	2.50	2.47	2.71	3.73	3.43
K ₂ O	2.65	3.13	2.73	3.93	3.68	3.47	3.13
P ₂ O ₅	0.10	0.08	0.04	0.19	0.15	0.09	0.10
ппп	1.35	1.87	1.56	3.61	2.75	2.18	2.73
Сумма	99.94	100.00	99.89	99.55	100.03	99.99	100.01
Na ₂ O+K ₂ O	6.38	6.84	5.23	6.40	6.39	7.20	6.56
ГМ	0.23	0.25	0.17	0.35	0.35	0.29	0.24
ЖМ	0.20	0.20	0.17	0.29	0.32	0.21	0.14
ФМ	0.05	0.05	0.03	0.10	0.11	0.07	0.04
АМ	0.18	0.20	0.14	0.26	0.25	0.24	0.20
ТМ	0.036	0.031	0.025	0.050	0.044	0.032	0.046
НКМ	0.47	0.48	0.46	0.38	0.38	0.45	0.46
ЩМ	1.42	1.20	0.92	0.64	0.74	1.07	1.10
КМ	0.19	0.22	0.24	0.23	0.22	0.23	0.22
НМ	0.27	0.26	0.22	0.15	0.16	0.23	0.24

Примечание. n – количество анализов в выборке; 6128, 3062-2 – пробы вне кластеров.

ралах [16]. Его значения в рассматриваемых песчаниках от 0.17 до 0.26 находятся в интервале 0.1–0.3 и могут свидетельствовать о присутствии в песчаниках гидрослюда, хлорита и плагиоклазов, что подтверждается петрографическими исследованиями.

Значения НКМ в изученных песчаниках варьируют от 0.45 до 0.49, а в алевролитах – от 0.33 до 0.42. Таким образом, отношение “полевые шпаты/слюды” в песчаниках выше. Величины НКМ, превышающие 0.40, в песчаниках обеспечиваются преимущественно полевыми шпатами [17].

Высокое (более 1) значение ЩМ в песчаниках (преобладание натрия над калием) свидетельствует о доминирующем количестве в них плагиоклаза по сравнению с калиевыми полевыми шпатами и слюдами [17]. Данное обстоятельство приближает их к грауваккам, поскольку в аркозах доминируют ортоклаз и микроклин [12].

Величина ТМ зависит от содержания титана в материнских породах и/или от динамических усло-

вий седиментации. В изученных песчаниках значение ТМ варьирует от 0.025 до 0.046, в алевролитах – от 0.044 до 0.051. Невысокие, в целом, значения ТМ в породах сопоставимы со значениями ТМ в гранитоидах, а повышенные его значения в алевролитах по сравнению с песчаниками свидетельствуют о том, что в период осадконакопления отсутствовало природное “шлихование” кластического материала. Последнее объясняется расчлененным гористым рельефом области питания, обусловленным активной тектонической деятельностью.

Вышеприведенные модули выявляют положительную корреляцию между ФМ и ТМ, ЖМ и ФМ, ГМ и ТМ (рис. 5 Б, В, Г), более высокие значения ТМ в алевролитах по сравнению с песчаниками (табл. 1, рис. 5 Г), что позволяет предполагать формирование изученных отложений преимущественно за счет разрушения магматических пород [17].

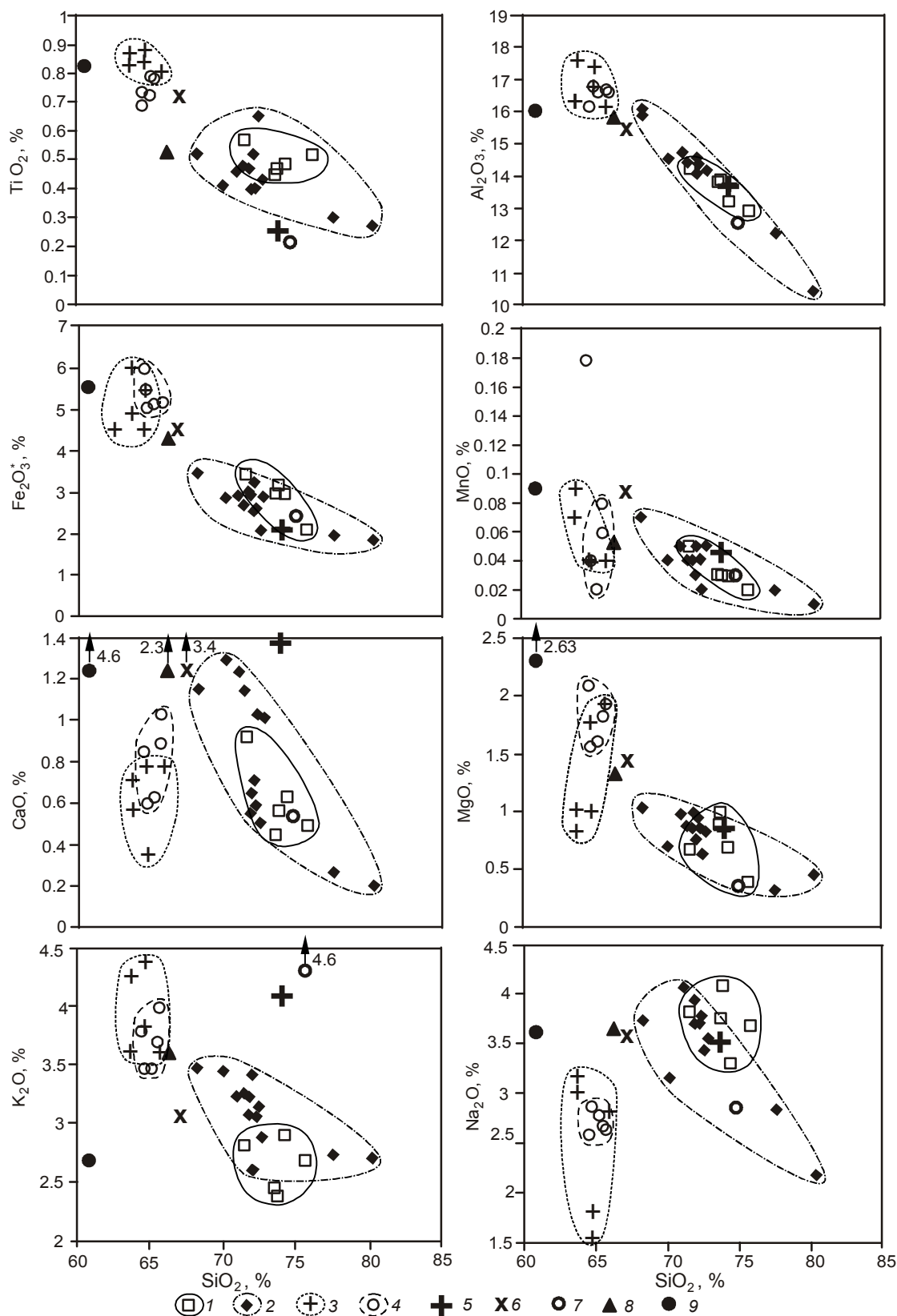


Рис. 3. Вариационные диаграммы для песчаников и алевролитов.

1–2 – песчаники: 1 – средней–верхней юры хольвасийской толщи, 2 – берриаса–валанжина горинской и пионерской свит; 3–4 – алевролиты: 3 – средней–верхней юры хольвасийской толщи, 4 – берриаса–валанжина горинской и пионерской свит; 5–9 – магматиты Буреинского массива [2]: 5 – граниты, 6 – гранодиориты, 7 – риолиты, 8 – дациты, 9 – андезиты.

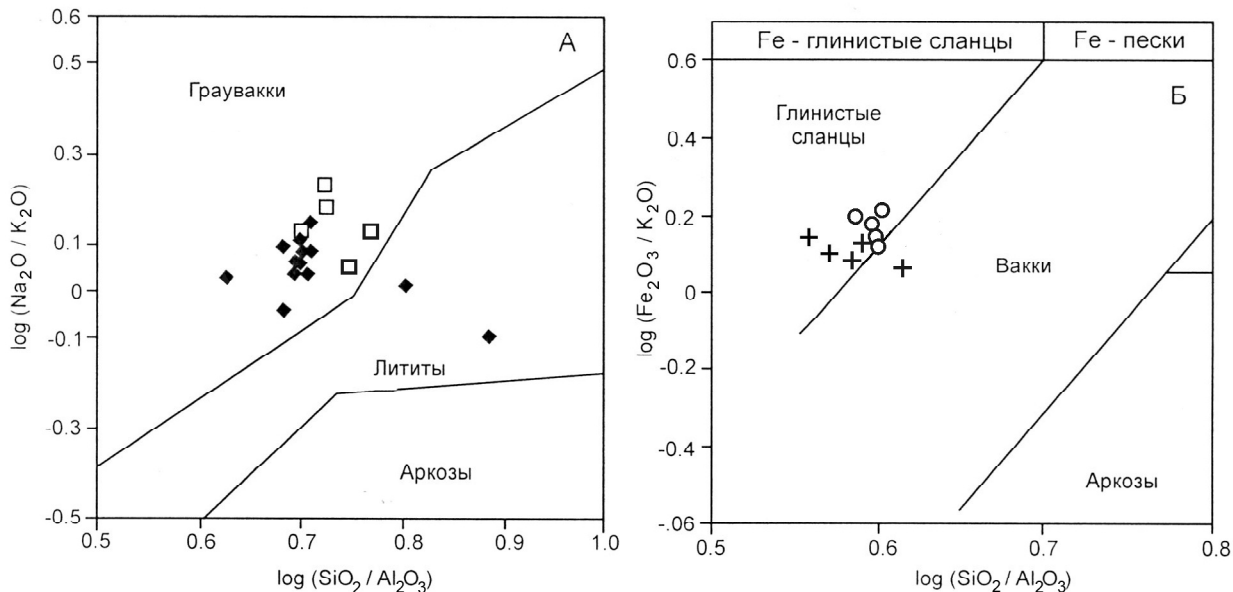


Рис. 4. Классификационные диаграммы Ф. Петтиджона для песчаников (А) и алевролитов (Б).
Условные обозначения приведены на рис. 3.

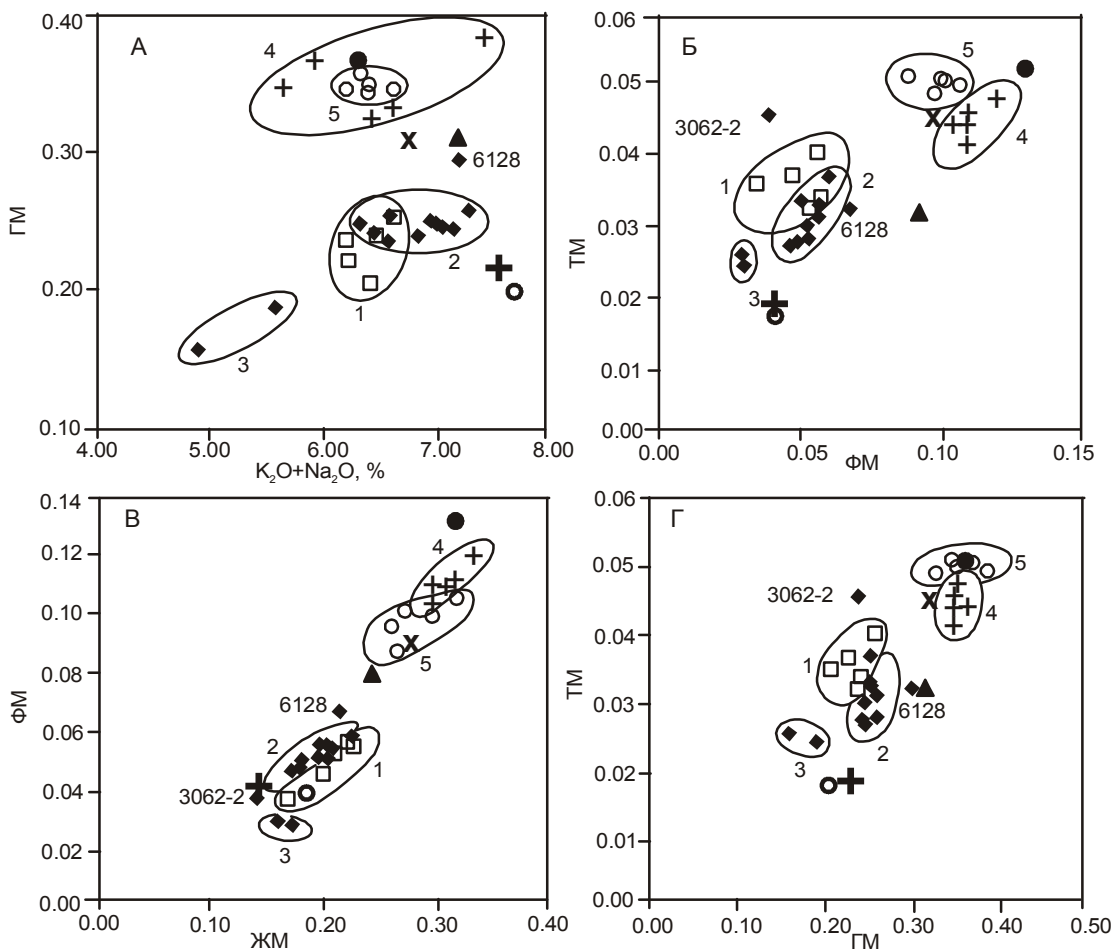


Рис. 5. Модульные диаграммы (Na₂O+K₂O) – ГМ (А); ФМ – ТМ (Б); ЖМ – ФМ (В); ГМ – ТМ (Г).
Кластеры: 1–2 – щелочных миосилитов: 1– средней–верхней юры хольвасийской толщи, 2 – берриаса–валанжина горинской и пионерской свит, 3 – щелочных нормосилитов берриаса–валанжина горинской и пионерской свит, 4–5 – щелочных нормосиаллитов: 4 – средней–верхней юры хольвасийской толщи, 5 – берриаса–валанжина горинской и пионерской свит. Остальные условные обозначения приведены на рис. 3.

ЗРЕЛОСТЬ И ВЫВЕТРИВАНИЕ ПОРОД

Зрелость осадков является совокупным отражением продолжительности и интенсивности проявления осадкообразующих процессов [12]. Если они непродолжительны, то независимо от их интенсивности конечный продукт останется незрелым. Если интенсивность процесса низка, то конечный продукт также останется незрелым, как бы продолжителен ни был этот процесс. А если интенсивность и продолжительность осадкообразующего процесса высоки, то конечный продукт будет зрелым.

Наиболее распространенным индексом минералогической зрелости является отношение количеств химически и физически стойких минералов и нестойких.

Химически и физически стойким минералом является кварц, встречающийся преимущественно в плутонических кислых и умеренно кислых породах. Поэтому минералогическая зрелость песчаников может выражаться содержанием кварца. Поскольку кварц в породах питающей провинции первоначально находился в ассоциации с полевыми шпатами, зрелость песчаников может выражаться через дефицит полевого шпата, т.е. через отношение кварц/полевой шпат [12].

Для выветривания и разложения полевых шпатов требуется не только подходящая климатическая обстановка, но также достаточно продолжительное время. Если интенсивность процесса разложения обуславливается климатом, то продолжительность этого процесса определяется рельефом. Районы с высоким и расчлененным рельефом характеризуются быстрой эрозией, поэтому полевые шпаты в этом случае не успевают разрушиться и вовлекаются в процесс осадконакопления. В условиях низкого нерасчлененного рельефа эрозия идет медленно, и при соответствующем климате полевые шпаты могут полностью разрушиться. В связи с этим, присутствие или отсутствие полевых шпатов в осадочных породах является результатом равновесия между скоростью выветривания и скоростью эрозии. Таким образом, полевые шпаты могут быть показателем как сурового климата, так и воздымающегося сильно расчлененного рельефа, характерного для тектонически активной обстановки.

Породообразующие минералы изученных песчаников в качественном отношении практически не отличаются от минерального состава гранитов. По сравнению с гранитами, содержание кварца в песчаниках превышает количество относительно менее стойких полевых шпатов. Количе-

ство полевых шпатов в рассматриваемых песчаниках все же остается значительным. Из приведенного сопоставления песчаников и нормальных гранитов, с учетом присутствия в составе песчаников неустойчивых обломков гранитов (сростков кварца и калишпата, кварца и плагиоклаза, калишпата и плагиоклаза) следует, что песчаники рассматриваемого района являются незрелыми.

О незрелости песчаников свидетельствуют также высокие значения ГМ, АМ, НМ, НКМ, ЦМ показывающие, что поступающий в бассейн материал был довольно свежим и не подвергался значительному химическому выветриванию, при котором уничтожаются плагиоклазы.

Для оценки степени выветривания пород был вычислен индекс выветривания $CIW = [Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O)] \times 100$ [20] (табл. 2). Значение CIW всегда выше в более выветрелых породах. Теоретическая граница свежих и выветрелых пород для алевролитов (около 80) несколько выше, чем для песчаников [20]. Значение CIW в изученных песчаниках находится в рамках от 62 до 73, а в алевролитах – от 72 до 85. Приведенные значения свидетельствуют о преобладании физического выветривания над химическим и, соответственно, о расчлененном горном рельефе питающей провинции.

Чтобы конкретизировать вопрос климата в области питания, был рассчитан индекс химического изменения $CIA = [Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO^* + Na_2O + K_2O)] \times 100$, где CaO^* – количество CaO в силикатной части породы [23] (табл. 2). Считается, что границе холодного и теплого климата для алевролитов соответствует интервал значений CIA от 70 до 75, для песчаников – ниже [23]. Чем выше значение CIA , тем климат был теплее. Согласно нашим данным, значение CIA в песчаниках составляет от 54.3 до 60.3, а в алевролитах – от 61.3 до 68.7. Приведенные данные свидетельствуют об умеренно холодном климате в области питания.

Исходя из вышеизложенного, можно сформулировать следующие усредненные условия накопления среднеюрско-нижнемеловых осадков, содержащих достаточное количество полевых шпатов. Во-первых, они отлагались в результате быстрой эрозии сильно расчлененной и постоянно воздымающейся питающей провинции, в тектонически активной обстановке. В результате этого полевые шпаты и даже обломки гранитоидов не успевали разрушиться и вовлекались в процесс осадконакопления. Во-вторых, процесс денудации осуществлялся, вероятно, в условиях преимущественно умеренно холодного климата.

Таблица 2. Значения индекса химического выветривания CIW, по [20], и индекса химического изменения CIA, по [23], в терригенных породах бассейна р. Лимури

	CIW		CIA	
	Песчаники	Алевролиты	Песчаники	Алевролиты
Комсомольская серия. Верхняя юра, титон– нижний мел, берриас– валанжин.	$\frac{62.3 - 67}{65 \pm 1.5}$ (9)	$\frac{72.9 - 74.6}{73.8 \pm 0.7}$ (5)	$\frac{54.3 - 58.5}{56.4 \pm 1.3}$ (9)	$\frac{61.3 - 63.8}{62.7 \pm 1.1}$ (5)
	Миосилиты		Миосилиты	
	$\frac{70.3 - 72.7}{71.5 \pm 1.7}$ (2) Нормосилиты		$\frac{60 - 60.3}{60.2 \pm 0.2}$ (2) Нормосилиты	
Хорпинская серия. Средняя–верхняя юра.	$\frac{64.1 - 66.7}{65.3 \pm 1.2}$ (5) Миосилиты	$\frac{72.4 - 84.5}{76.6 \pm 5.2}$ (5)	$\frac{56.4 - 58.9}{57.4 \pm 1.0}$ (5) Миосилиты	$\frac{61.7 - 68.7}{64.1 \pm 3.2}$ (5)

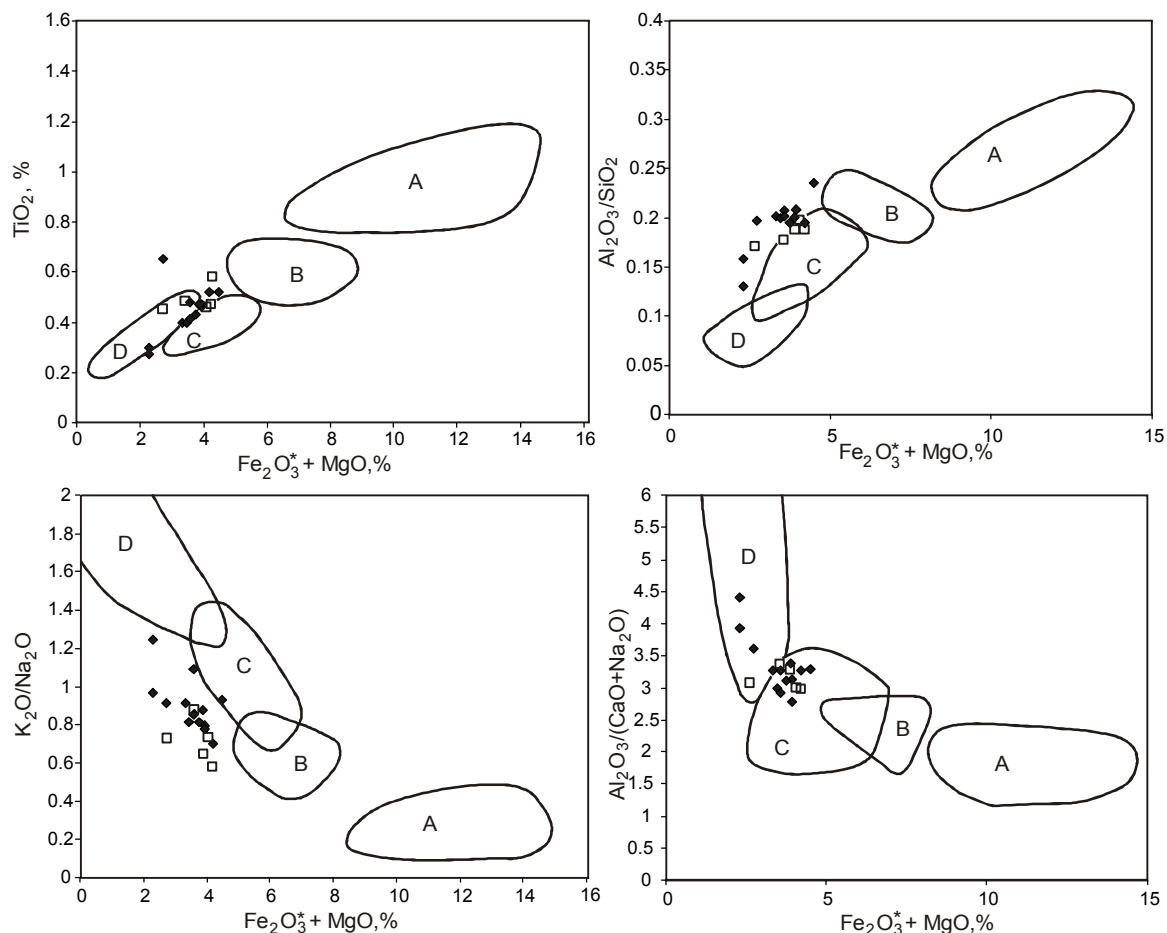


Рис. 6. Диаграммы реконструкций палеотектонических обстановок бассейнов седиментации по химическому составу песчаников.

$Fe_2O_3^*$ – 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 [18]. Остальные условные обозначения приведены на рис. 3.

ТИПЫ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

В основу расшифровки типов источников питания изученных отложений, как было показано выше, положен петрографический и химический состав обломочных пород.

Петрографический состав песчаников и грубообломочных пород свидетельствует о значительном разнообразии материнских пород, объединенных в комплексы. Главным из них является плутонический. Преобладающие в составе изученных пород зерна кварца и значительное количество обломков калишпата, а также постоянная примесь сиалических акцессорных минералов и чешуек слюд свидетельствуют о том, что важное место в нем занимали гранитоиды. Кроме гранитоидов, судя по наличию в песчаниках и в грубообломочных породах минералов еще и фемической группы, в плутонический комплекс ограниченно входили породы среднего состава, ничтожную часть составляли мафиты и ультрамафиты (?).

Кроме плутонического комплекса выделены еще осадочный, вулканический и метаморфический комплексы. Осадочный комплекс составляют алевролиты, аргиллиты и песчаники, кремни и кремнисто-глинистые породы; вулканический – риолиты, андезиты, андезибазальты и базальты; метаморфический – слюдястые и кварц-серицитовые сланцы.

Выше, на основе выявленных корреляционных соотношений между ГМ и НКМ, ЖМ и ФМ, ГМ и ТМ, было показано, что изученные терригенные отложения имеют преимущественно магматический источник формирования.

На диаграммах М.Р. Бхатия [18] (рис. 6), используемых для разделения песчаников из бассейнов различных тектонических обстановок, преимущественное количество фигуративных точек песчаников соответствует либо приближается к полям активных континентальных окраин. Очень небольшая часть фигуративных точек смещается в сторону поля пассивной окраины. На диаграмме K_2O/N_2O-SiO_2 , предложенной Б. Роузеном и Р. Коршем [25] (рис. 7), фигуративные точки песчаников и глинисто-алевролитовых пород расположены, в основном, в поле бассейнов, сопряженных с активными континентальными окраинами.

Для выяснения местоположения реконструированной питающей провинции Нижнего Приамурья приведем следующую информацию. За пределами рассматриваемой территории (рис. 1), в скальных обнажениях титон-валанжинских пород Пиванского разреза песчаных турбидитов (правобережье р. Амур,

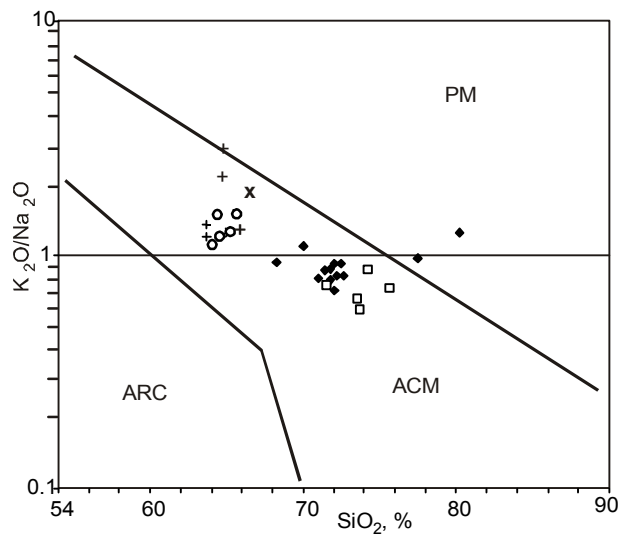


Рис. 7. Тектоническая дискриминационная диаграмма для песчаников и алевролитов.

PM – пассивная континентальная окраина; ACM – активная континентальная окраина; ARC – океаническая островная дуга [25]. Остальные условные обозначения приведены на рис. 3.

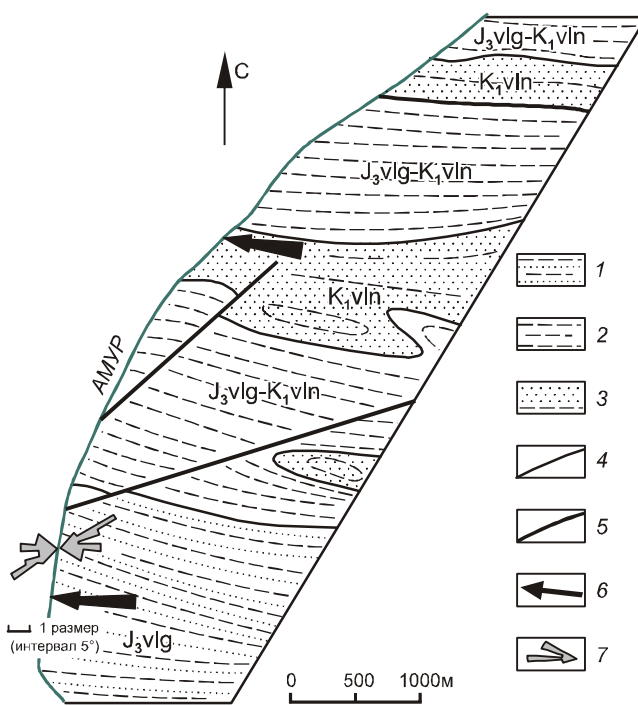


Рис. 8. Строение фрагмента комсомольского разреза на правобережье р. Амур (по Кулаков В.В., Вокуев А.Л., 1970 г., с дополнениями Г.Л. Кирилловой [14]).

1 – титонские турбидиты; 2 – титон-валанжинские кремнисто-алевролитовые породы; 3 – валанжинские песчаники; 4 – стратиграфические границы; 5 – разломы; 6–7 – диаграммы ориентировок после коррекции дислокаций: 6 – слепков водоворотных ямок, 7 – слепков параллельных гребней и ложбин.

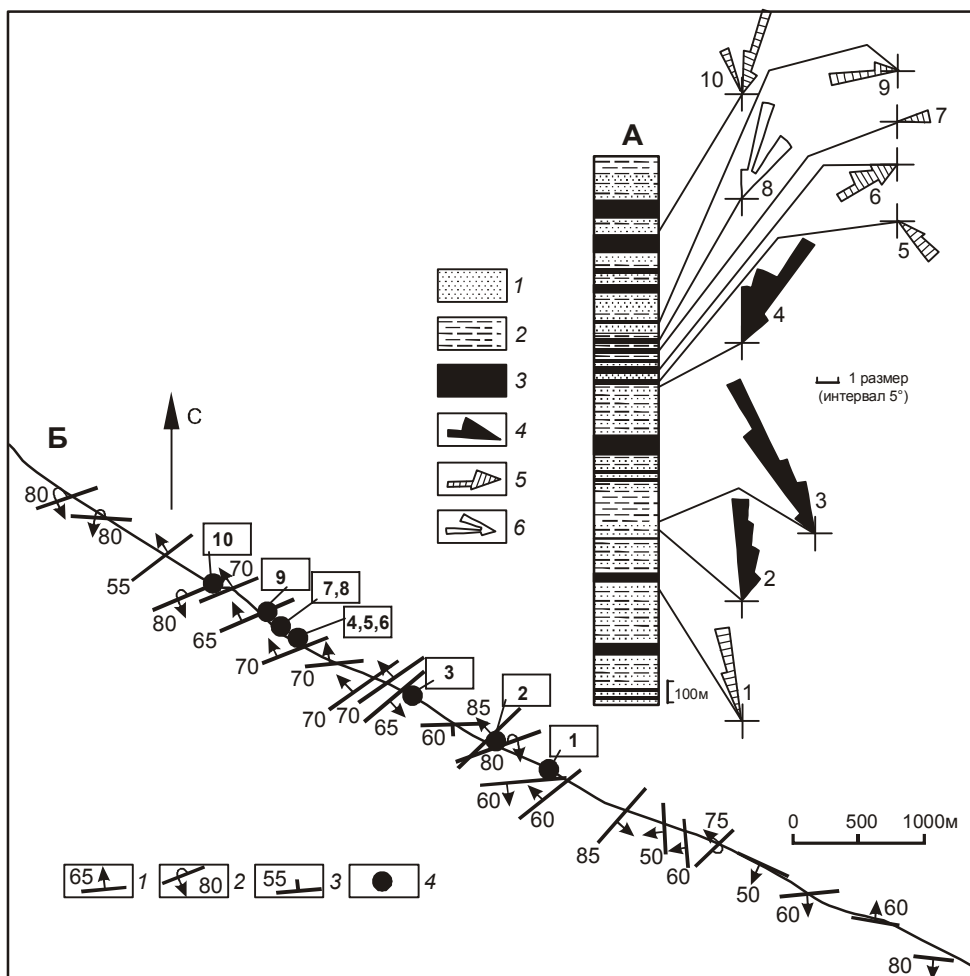


Рис. 9. Колонка (А) с ориентировкой гиероглифов и косой слойчатости после коррекции дислокаций в титон-валанжинских морских отложениях Сахалинского залива, между мысами Промежуточный и Александра [8] и разрез (Б), в котором производились замеры гиероглифов и косой слойчатости.

А. 1–2 – турбидиты: 1 – песчаные (крупноритмичные с сопутствующими массивными песчаниками, средне- и мелкоритмичные), 2 – песчано-аргиллитовые, алевро-аргиллитовые; 3 – контуристы и осадки “фоновой” седиментации (тонкослоистые и массивные алевроаргиллиты); 4–6 – диаграммы ориентировок: 4 – слепков водоворотных ямок, 5 – азимутов падений мелкой косой слойчатости, 6 – слепков с борозд волочения предметов по дну.

Б. 1–3 – элементы залегания слоистости: 1 – нормального, 2 – опрокинутого, 3 – с неопределенной полярностью “кровля–подошва”; 4 – места, где производились замеры слепков водоворотных ямок (2, 3, 4), косой слойчатости (1, 5, 6, 7, 9, 10) и слепков с борозд волочения предметов по дну (8).

напротив г. Комсомольска-на-Амуре), согласно ориентировкам слепков водоворотных выемок, по [5], палеотечения были ориентированы с запада на восток (рис. 8). Кроме этого, в береговых обнажениях Сахалинского залива, между мысами Промежуточный и Александра, в крупнопесчаном флише этого же возраста, согласно ориентировок подобных слепков, они направлены преимущественно с юга на север (рис. 9) [8].

Таким образом, местонахождение питающей провинции изученных осадочных образований, на

основе изучения палеотечений в рассмотренных титон-валанжинских отложениях, предполагается на западе, юго-западе. Учитывая вышеизложенное, одним из современных гомологов обширной области сноса могут быть дальние континентальные гранитно-метаморфические блоки Цзямусы-Ханкайско-Буреинского массива, включающие выделенные нами плутонический и метаморфический комплексы. Вместе с тем, в составе питающей провинции существенную роль играли фрагменты позднепалеозойско-раннемезозойской активной

континентальной окраины (осадочный и вулканический комплексы).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе петрографического и химического состава осадков среднеюрско-нижнемеловых отложений установлено, что главными исходными породами были гранитоиды. В plutonic комплекс также ограничено входили породы среднего состава; ничтожную часть составляли мафиты и ультрамафиты. Кроме plutonic, выделены осадочный, вулканический, метаморфический комплексы.

Согласно изучению палеотечений, предполагается, что питающая провинция изученных осадков располагалась на западе, юго-западе. Одним из современных гомологов обширной области сноса могут быть дальние континентальные гранитно-метаморфические блоки Цзямусы-Ханкайско-Буреинского массива. Вместе с тем, в составе питающей провинции существенную роль играли фрагменты позднепалеозойско-раннемезозойской активной континентальной окраины.

Работа выполнена при поддержке интеграционного проекта “Реконструкция источников поступления вещества в осадочные бассейны Северной Евразии: обстановки седиментогенеза, потенциальная рудоносность” (проект 09-II -СУ-08-004), проекта “Геодинамика северо-западного обрамления Палеоокеана в мезозое и кайнозое”, грант ДВО РАН № 09-1-ОНЗ-01 в рамках программы ОНЗ РАН № 2 “Эволюция литосферы, металлогенические провинции, эпохи и рудные месторождения: от генетических моделей к прогнозу минеральных ресурсов”.

Авторы признательны Г.В. Роганову, В.А. Кайдалову, В.И. Анойкину, Г.Л. Кирилловой, всем участникам совместных полевых исследований за критическое обсуждение полученных результатов. Особая благодарность М.И. Тучковой за конструктивные советы.

Авторы искренне благодарны Л.В. Яхно, Т.Л. Карповой за помощь в оформлении графического материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анойкин В.И., Кириллова Г.Л., Эйхвальд Л.П. Новые представления о составе, строении и возрасте нижеамурского фрагмента позднеюрско-раннемеловой аккреционной призмы (Дальний Восток) // Тихоокеан. геология. 2007. Т. 26, № 6. С. 60–77.
2. Бурдэ Б.И., Кравченко Н.С. Метод петрохимической характеристики по отклонению от модалного состава и особенности петрохимии Приамурья. Владивосток: Дальнаука, 2003, 114 с.
3. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России: в 2 кн. / Под ред. А.И. Ханчука. Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн.1. 572 с.
4. Геосинклинальный литогенез на границе континент–океан. М.: Наука, 1987. 176 с.
5. Градзинский Р., Костецкая А., Родомский А., Унгур Р. Седиментология. М.: Недра, 1980. 644 с.
6. Кайдалов В.А., Анойкин В.И., Беломестнова Т.Д. Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1: 200 000. Лист М-54-1. Объясн. зап. СПб.: ВСЕГЕИ, 2009. 185 с.
7. Кириллова Г.Л., Анойкин В. И. Структура Амуро-Горинского фрагмента позднемезозойской Восточно-Азиатской аккреционной системы // ДАН. 2011. Т. 436, № 1. С. 64–68.
8. Кудымов А.В. Флиш Нижнего Амура // Тектоника, глубинное строение и геодинамика Востока Азии: III Косыгинские чтения, 23–25 января 2001, г. Хабаровск / Под ред. Н.П. Романовского. Хабаровск: ИТИГ им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, 2001. С. 89–93.
9. Маркевич П.В., Филиппов А.Н., Малиновский А.И. и др. Меловые вулканогенно – осадочные образования Нижнего Приамурья. (Строение, состав и обстановки седиментации). Владивосток: Дальнаука, 1997. 300 с.
10. Маркевич П.В., Коновалов В.П., Малиновский А.И., Филиппов А.Н. Нижнемеловые отложения Сихотэ-Алиня. Владивосток: Дальнаука, 2000. 283 с.
11. Натальин Б.А., Фор М., Монье П. и др. Анюйский метаморфический купол (Сихотэ-Алинь) и его значение для мезозойской геодинамической эволюции Восточной Азии // Тихоокеан. геология. 1994. № 6. С.3–25.
12. Петтиджон Ф. Осадочные породы. М.: Недра, 1981. 751 с.
13. Систематика и классификация осадочных пород / В.Н. Шванов, В.Т. Фролов, Э.И. Сергеева и др. СПб.: Недра, 1998. 352 с.
14. Среднеамурский осадочный бассейн: геологическое строение, геодинамика, топливно-энергетические ресурсы / Отв. ред. Г.Л. Кириллова. Владивосток: ДВО РАН, 2009. 424 с. (Серия “Осадочные бассейны Востока России” / Гл. ред. А. И. Ханчук; т. 3).
15. Хворова И.В., Ренгарден Н.В., Вознесенская Т. А. Особенности минерального состава обломочных пород раннегеосинклинальных формаций // Проблемы литологии и геохимии осадочных пород и руд. М.: Наука, 1975. С. 209 – 224.
16. Юдович Я.Э. Региональная геохимия осадочных толщ. Л.: Наука, Ленинград. отд-ние. 1981. 276 с.
17. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.
18. Bhatia M.R. Plate tectonics and geochemical composition of sandstones // J. Geology. 1983. V. 91, N 6. P. 611–627.
19. Crook K.A.W. Lithogenesis and geotectonics: the significance of compositional variation in flesh arenites (graywackes) – Modern and ancient geosinclinal sedimentation // Proc. Symp. Madison (Wis), 1972. Tulsa (Okla), 1974. P. 304–310.
20. Harnois L. The CIW index: a new chemical index of weathering // Sedimentary Geol. 1988. 55. P. 319–322.
21. Herron M.M. Geochemical classification of terrigenous sand and shales from core or log data // J. Sedimentary

- Petrol. 1988. V. 58, N 5. P. 820–829.
22. Maynard I. B., Valloni R., Yu H. S. Composition of modern deep-sea sands from arc-related basins // *Trench-Forearc Geology. Sedimentations and tectonics of modern and ancient plate margins*. Oxford; L.; Edinburgh; Melbourne, 1982. P. 551–561.
23. 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.
24. Pettijohn F.J., Potter P.E., Siever R. *Sand and sandstone*: New York, Springer-Verlag, 1972. 618 p.
25. Roser B.P., Korsch R.J. Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratio // *The Journal of Geology*. 1986. V. 94, N 5. P. 635–650.

Рекомендована к печати Г.Л. Кирилловой

A.V. Kudymov, S.A. Medvedeva

The provenance of the Middle Jurassic-Lower Cretaceous deposits of Lower Priamurye

Studies on petrographical and chemical composition of the Middle Jurassic-Lower Cretaceous deposits of Lower Priamurye have revealed that granitoids played an important place in the provenance. Among the sedimentary rocks, intermediate intrusions and mafites, sedimentary, volcanic, metamorphic, and ophiolite (?) complexes are less common. Cross bedding orientation and casts of whirlpool pits in the Volginian-Valanginian turbidites corroborate the position of the provenance in the west and southwest. These are mostly continental granite-metamorphic blocks of the Jiamusi-Khanka-Bureya Massif. In addition, fragments of Upper Paleozoic-Lower Mesozoic continental active margin and island volcanic arc were crucial in the composition of the provenance.

Key words: provenance, chemical composition, sandstones, Middle Jurassic-Lower Cretaceous, Lower Priamurye.