

УДК [552.14:551.242.22](235.47)

СТРОЕНИЕ, СОСТАВ И ОБСТАНОВКИ ФОРМИРОВАНИЯ НИЖНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЖУРАВЛЕВСКОГО ТЕРРЕЙНА (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ СИХОТЭ-АЛИНЬ)

© 2012 г. А. И. Малиновский, В. В. Голозубов

Дальневосточный геологический институт ДВО РАН
690022 Владивосток, проспект 100-летия Владивостока, 159;

E-mail: malinovsky@fegi.ru

Поступила в редакцию 26.07.2010 г.

Рассматриваются строение, минералого-петрографический состав и обстановки формирования берриас-альбских терригенных пород Журавлевского террейна (Центральный Сихотэ-Алинь), которые интерпретируются как отложения бассейна, связанного с режимом трансформного движения литосферных плит при малой роли вулканических процессов. Судя по составу терригенных пород, основным источником обломочного материала были размывавшиеся гранитно-метаморфические породы зрелой континентальной коры и, вероятно, гранитоидные интрузии корневых частей древних магматических дуг. Генетические особенности отложений свидетельствуют об их формировании на шельфе, подводном континентальном склоне, у его подножия, а также на прилегающих участках бассейновой равнины открытого в сторону океана окраинного моря.

Раннемеловое время — эпоха геологических событий, во многом определивших современный облик структур северо-западного обрамления Тихого океана. Следы этих событий наблюдаются в террейнах древних орогенных поясов, аккрецированных к Евразийскому континенту. Одной из важнейших фундаментальных проблем современной геологии является выяснение палеогеографических и палеогеодинамических обстановок формирования и эволюции осадочных бассейнов, фрагменты которых устанавливаются в этих террейнах. Решение этой проблемы необходимо для правильной интерпретации геологических процессов в древних и современных седиментационных бассейнах зоны перехода от Тихого океана к Евразийскому континенту. В рамках этой проблемы особое значение имеют бассейны, пространственно и генетически связанные с режимом трансформного движения литосферных плит. В настоящее время само понимание бассейнов трансформных (сдвиговых) границ плит, их типизация, происхождение, эволюция, а также выделение в структурах геологического прошлого представляют собой круг новых и очень актуальных вопросов, решению которых в последнее время уделяется большое значение [Голозубов, Ханчук, 1995; Голозубов, 2006; Голозубов и др., 2006; Ханчук, Иванов, 1999; Khanchuk, 2001].

Примером бассейна такого типа является раннемеловой Журавлевский террейн (Центральный Сихотэ-Алинь), образованный мощными, сильно дислоцированными толщами терригенных по-

род, накапливавшихся, как правило, без заметного влияния вулканизма.

В статье приведены результаты детальных литологических исследований нижнемеловых отложений террейна. Изучались их строение, петрографический и химический состав, соотношения порообразующих компонентов, тяжелые обломочные минералы. Эта информация позволила определить состав пород областей питания бассейна седиментации и выяснить палеогеографические и палеотектонические обстановки их формирования.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ

Современная тектоническая структура Сихотэ-Алиня представляет собой коллаж разнотипных террейнов, причлененных к восточной окраине Азиатского материка в палеозое и мезозое [Голозубов, 2006; Натальин, 1991; Парфенов, 1984; Ханчук и др., 1995; Nokleberg et al., 2000]. Большая часть территории Сихотэ-Алиня образована юрскими и раннемеловыми террейнами, имеющими различную геодинамическую природу (рис. 1).

Журавлевский террейн занимает большую часть хребта Сихотэ-Алинь, протягиваясь полосой северо-восточного простирания на 800 км при ширине до 80 км. От расположенного северо-западнее Самаркинского террейна — фрагмента юрской аккреционной призмы — он отделен системой разрывов крупного Центрального Сихотэ-Алинского разлома. С юга к Журавлевскому

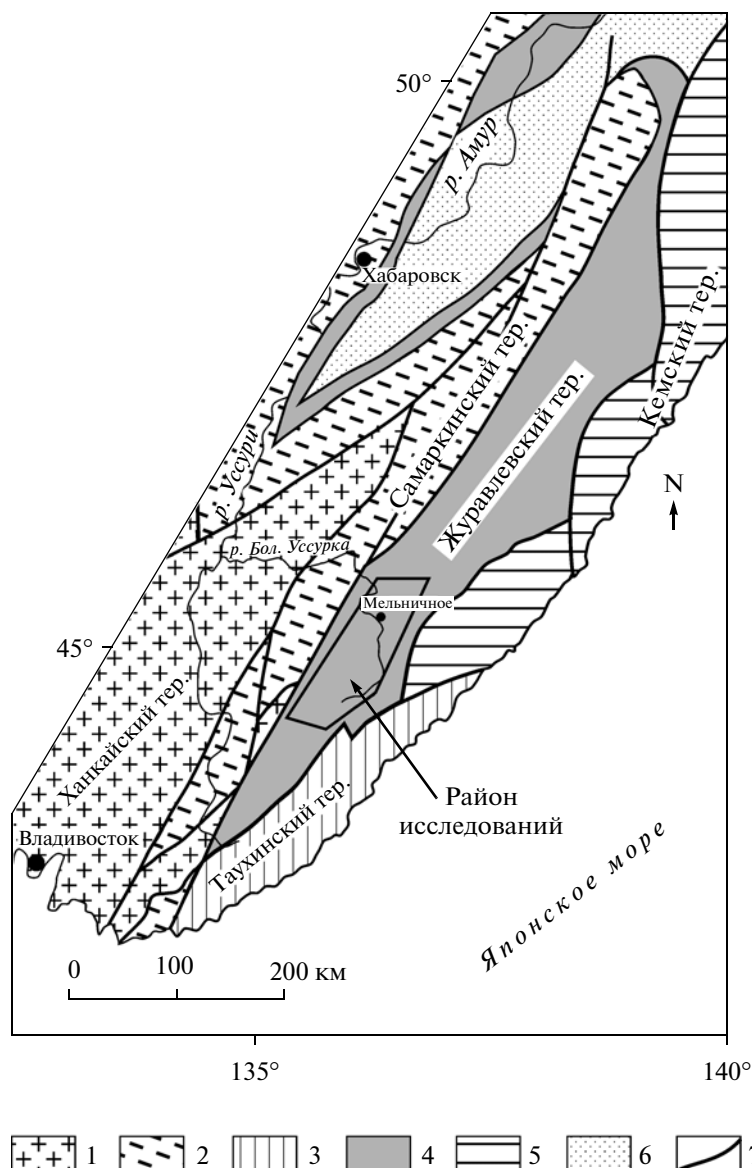


Рис. 1. Схема террейнов юга Дальнего Востока России [Ханчук и др., 1995; Малиновский и др., 2002].

1–6 – террейны: 1 – домезозойские, 2 – юрской аккреционной призмы, 3 – раннемеловой аккреционной призмы, 4 – раннемеловые трансформных окраин, 5 – раннемеловые островодужные, 6 – ранне-позднемеловые и кайнозойские; 7 – разломы.

террейну примыкают Таухинский террейн – фрагмент раннемеловой аккреционной призмы, а с востока также раннемеловой Кемский островодужный террейн. В Северном Сихотэ-Алине, в бассейне р. Гур, Журавлевский террейн выклинивается, однако его продолжения предполагаются от приустьевой части р. Уссури на северо-восток вдоль право- и левобережья р. Амур (см. рис. 1).

Берриас-альбские образования террейна общей мощностью около 11 тыс. м сложены главным образом мощными толщами терригенных пород – песчаников, алевролитов и аргиллитов, содержащих многочисленные пачки турбидитов,

а также горизонты конгломератов, гравелитов, микститов и кремнисто-глинистых пород. Породы интенсивно дислоцированы, смяты в систему тесно сжатых складок северо-восточного простирания, нарушенных, в свою очередь, многочисленными разломами преимущественно север-северо-восточного и меридионального простирания с доминированием левосдвиговых перемещений вдоль них.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования были песчаные и глинисто-алевритовые нижнемеловые породы

южной части Журавлевского террейна. Были изучены 14 наиболее представительных разрезов общей протяженностью более 75 км, проходящих по линиям горных выработок либо вдоль естественных береговых обнажений рек Большая Уссурка, Журавлевка, Колумбе, Дорожная, Сотниковка, Партизанка, Перевальная, Зеркальная и их притоков (рис. 2). Условия залегания и текстуры пород изучались в обнажениях и ориентированных пришлифованных образцах. Для аналитических исследований отбирались образцы терригенных пород, наименее затронутые вторичными преобразованиями, что контролировалось петрографическими наблюдениями.

Петрографический состав пород исследовался с помощью поляризационного микроскопа. Содержания основных породообразующих компонентов подсчитывались точечным методом на интеграционном столике. В каждом шлифе подсчитывалось не менее 200 зерен. Тяжелые минералы песчаников извлекались с помощью тяжелой жидкости после дробления проб до 0.25 мм и отмучивания в дистиллированной воде с целью удаления фракции меньше 0.01 мм. Минеральный состав тяжелой фракции определялся в проходящем и поляризованном свете под микроскопом с помощью иммерсионных жидкостей. При подсчетах количества минералов учитывались лишь обломочные разности, а аутигенные исключались с тем, чтобы максимально надежно выявить состав и относительную роль источников питания. Химический состав тяжелых минералов определен на рентгено-спектральном микроанализаторе JXA-8100. При интерпретации процентного соотношения и химического состава тяжелых минералов применялась разработанная в лаборатории осадочной геологии ДВГИ ДВО РАН оригинальная методика, позволяющая распознавать в геологическом прошлом аналоги современных геодинамических обстановок [Маркевич и др., 1997; Nechaev et al., 1996]. Содержания петрогенных элементов в породах определялись традиционным весовым химическим методом. Все анализы выполнены в лабораториях ДВГИ ДВО РАН (г. Владивосток).

СТРОЕНИЕ И СОСТАВ РАЗРЕЗОВ

Из-за плохой обнаженности, значительного перекрытия отложений поздне меловыми вулканитами, а также сложной тектонической обстановки стратиграфическая колонка отложений Журавлевского террейна составлена из многочисленных фрагментов, характеризующих строение различных тектонических блоков (см. рис. 2, 3). Разрез отложений расчленен на 8 свит, согласно перекрывающих друг друга, их возраст — от берриаса до позднего альба. Стратиграфическая последовательность и состав отложений следующие.

Залегающая в основании видимого разреза журавлевская свита (верхний берриас-нижний валанжин) мощностью до 1800 м представлена главным образом алевролитами и аргиллитами, часто содержащими прослой песчаников, разнозернистыми песчаниками, пачками ритмичного переслаивания песчаников, алевролитов и аргиллитов с толщиной элементарных ритмов (циклитов) от 3–5 см до 20–30 см, а также редкими горизонтами микститов. На левобережье р. Бикин в составе разреза журавлевской свиты установлены единичные потоки базальтов с внутриплитовыми геохимическими характеристиками [Левашов и др., 1989].

Вышележащая ключевская свита (валанжин) по литологическим признакам расчленена на 5 толщ. Толща I сложена разнозернистыми песчаниками с растительным детритом и прослоями песчаных алевролитов, гравелитов и конгломератов (700 м); толща II состоит преимущественно из алевролитов с редкими прослоями мелкозернистых песчаников и пачками ритмичного переслаивания песчаников и алевролитов (600 м); толща III представлена в нижней части тонкозернистыми песчаниками, а в верхней — пачками ритмичного переслаивания песчаников и алевролитов, а также отдельными горизонтами гравелитов и конгломератов (570 м); толща IV состоит из чередующихся разнозернистых песчаников и алевролитов, а также отдельных пачек ритмичного переслаивания песчаников и алевролитов и горизонтов микститов (850 м); толща V сложена алевролитами и аргиллитами, иногда кремнистыми, содержащими редкие прослой песчаников (530 м). Суммарная мощность свиты — до 3250 м.

Возраст журавлевской и ключевской свит установлен на основании находок фауны преимущественно бухий, значительно реже — аммонитов [Голозубов, 2006; Маркевич и др., 2000].

Усть-колумбинская свита (готерив), имеющая мощность до 2160 м, сложена преимущественно мелко-среднезернистыми песчаниками, содержащими маломощные прослой алевролитов, а также пачки ритмичного переслаивания песчаников и алевролитов.

Приманкинская свита (поздний готерив-баррем) мощностью 700 м в нижней части сложена пачками тонкого ритмичного переслаивания мелкозернистых песчаников и алевролитов с толщиной циклитов 3–10 см, разделенных редкими прослоями средне-крупнозернистых песчаников, содержащих обильный растительный детрит. В верхней части преобладают алевролиты, часто песчаные, с редкими тонкими прослоями мелкозернистых песчаников.

Готерив-барремский возраст усть-колумбинской и приманкинской свит определяется лишь

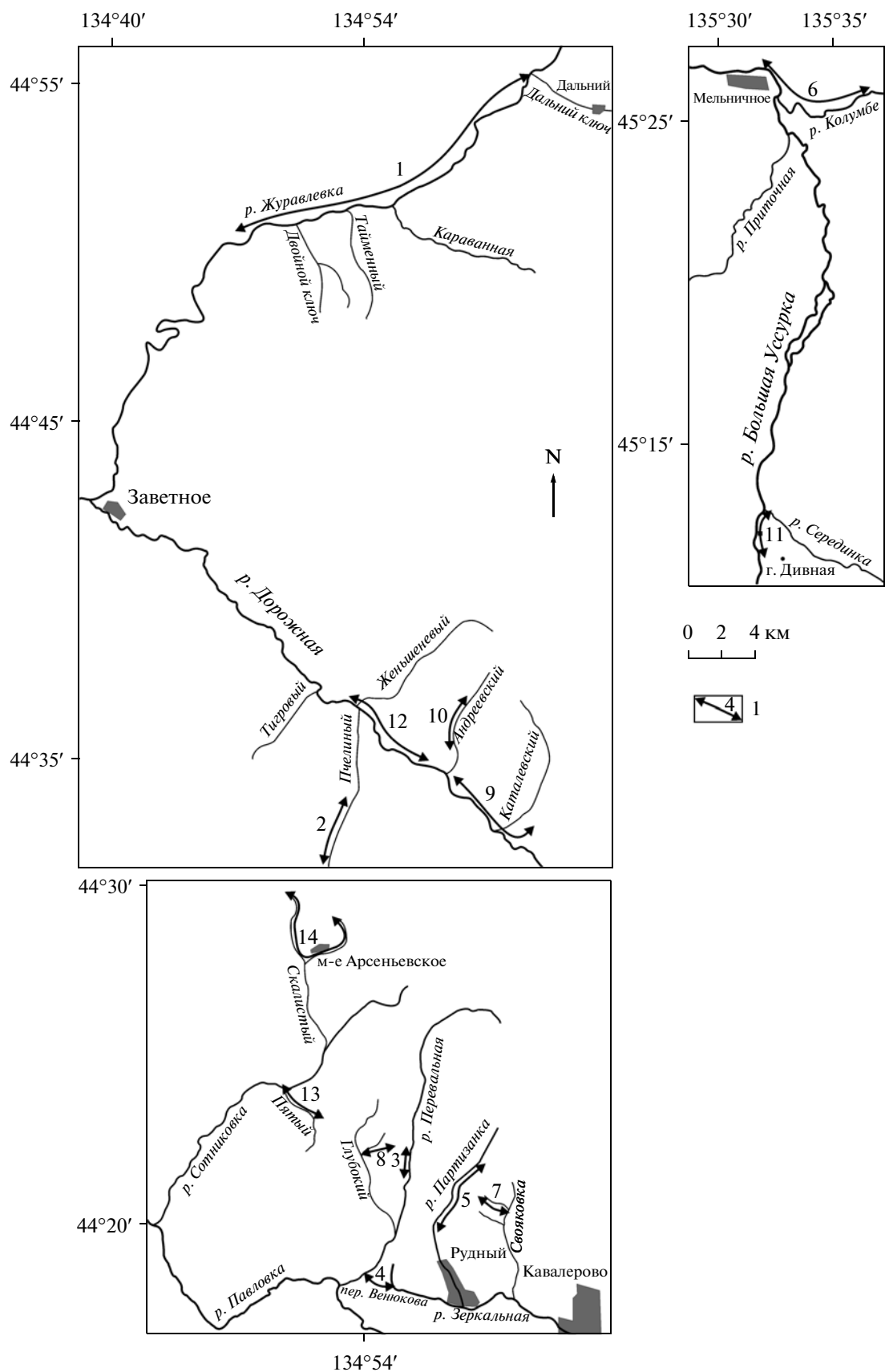


Рис. 2. Схема расположения изученных разрезов Журавлевского террейна. 1 – изученные разрезы и их номера (см. колонки на рис. 3).

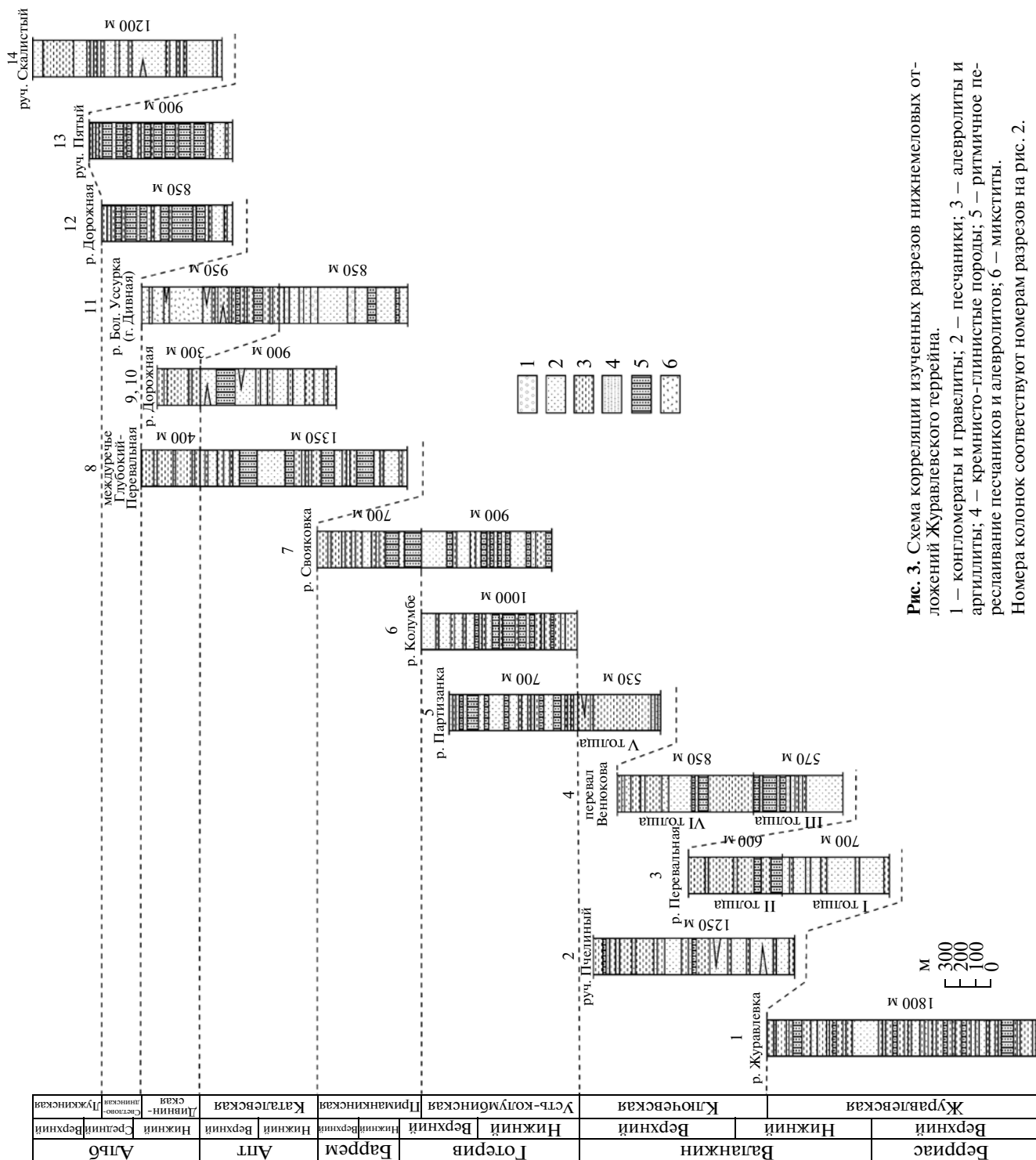


Рис. 3. Схема корреляции изученных разрезов нижнемеловых отложений Журавлевского террейна.
 1 — конгломераты и гравелиты; 2 — песчаники; 3 — алеролиты и аргиллиты; 4 — кремнисто-глинистые породы; 5 — ритмичное переслаивание песчаников и алеролитов; 6 — микститы.
 Номера колонок соответствуют номерам разрезов на рис. 2.

на основании редких находок призматических слоев и единичных сохранившихся экземпляров раковин иноцерам [Голозубов, 2006; Маркевич и др., 2000].

Каталевская свита (апт) состоит в основном из мощных горизонтов разнозернистых песчаников, часто содержащих рассеянный углефицированный растительный детрит и угловатые обломки алевролитов, разделенных пачками груборитмичного переслаивания песчаников и алевролитов с явным преобладанием песчаников, а также прослоями алевролитов, гравелитов и конгломератов. Мощность свиты до 1560 м.

Дивнинская свита (ранний альб) мощностью не более 950 м сложена преимущественно алевролитами и аргиллитами с редкими тонкими (до 30 см) прослоями мелкозернистых песчаников. В верхней части разреза в алевролитах часто встречается углефицированный растительный детрит. Редко отмечаются пакеты ритмичного переслаивания песчаников и алевролитов с преобладанием последних, пласты мелко-среднезернистых песчаников, микститов, а также линзы гравелитов и конгломератов.

Облик **светловоднинской свиты** (ранний и средний альб) определяют пачки (150–300 м) ритмичного переслаивания песчаников и алевролитов. Толщина ритмов в них колеблется от 5–10 до 50–100 см. Соотношение песчаник/алевролит в ритмах чаще всего равное и лишь иногда преобладает тот или иной компонент. Монотонная толща переслаивания изредка прерывается отдельными горизонтами алевролитов, микститов и песчаников, которые преобладают в нижней части свиты. Мощность свиты до 2000 м.

Апт-раннеальбский возраст каталевской, дивнинской и светловоднинской свит установлен по многочисленным находкам ауцеллин и аммонитов [Голозубов, 2006; Маркевич и др., 2000].

Венчает разрез нижнемеловых отложений террейна **лужкинская свита** (средний и поздний альб) мощностью до 1200 м, сложенная средне-мелкозернистыми песчаниками и песчанистыми алевролитами часто с углефицированным растительным детритом, содержащими редкие горизонты и линзы конгломератов, гравелитов и алевролитов. Возраст свиты устанавливается по многочисленным находкам характерного тригониово-актаеонеллового комплекса фауны [Голозубов, 2006; Маркевич и др., 2000].

ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОД И ОБСТАНОВКИ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

Для определения типа и состава пород областей питания и выяснения палеогеодинамических обстановок формирования отложений Жу-

равлевского седиментационного бассейна исследовался вещественный состав терригенных пород. Среди них наиболее информативными в этом отношении являются песчаники, как дополнительные привлекались данные по составу глинисто-алевролитовых и грубообломочных пород.

Петрографический состав и пороодообразующие компоненты песчаников

Песчаные породы всех свит, как правило, мелко- и среднезернистые, значительно реже крупнозернистые до гравелистых. Сортировка их довольно хорошая, но с увеличением размерности она ухудшается. Иногда в песчаниках присутствуют рассеянные по всему объему породы мелкие (до 2 см) часто остроугольные обломки алевролитов и аргиллитов. Песчаные зерна обычно угловато-окатанные и полуокатанные, реже угловатые и окатанные. Наиболее хорошо окатаны зерна изверженных, кремнистых и осадочных пород, а наименее – эффузивных и метаморфических.

По составу пороодообразующих компонентов все песчаники во многом близки и в целом относятся к полимиктовым. Обломочная часть занимает 70–90% их объема и состоит из кварца, полевых шпатов, биотита, обломков терригенных, кремнистых, карбонатных, интрузивных, эффузивных и метаморфических пород, а также рудных минералов. В грубых разностях песчаников увеличивается количество обломков пород, как осадочных (алевролитов, кремней, редко известняков), так и изверженных и метаморфических (гранитов, риолитов, реже базальтов, слюдяных сланцев и кварцитов).

На классификационной диаграмме В.Д. Шутова [1967] (рис. 4а) песчаники образуют единое поле, относясь главным образом к полевошпатовым аркозам и, меньше, к кварцево-полевошпатовым и полевошпатово-кварцевым и грауваккам.

Кварц – наиболее часто встречающийся компонент песчаников, его общее содержание колеблется от 21 до 42% (табл. 1). Больше всего кварца в приманкинской свите (34–42%), а меньше – в журавлевской (24–35%). Наиболее распространен монокристаллический интрузивный кварц. Обычно это изометричной формы зерна, насыщенные мельчайшими газово-жидкими включениями, а также игольчатым рутилом. Значительно реже встречаются чистые, часто с волнистым погасанием, неправильные, вытянутые остроугольные либо слабоокатанные зерна эффузивного кварца и удлиненные, обычно поликристаллические с неправильными контурами зерна метаморфического кварца.

Полевых шпатов в песчаниках 23–62%, при этом больше всего их в усть-колумбинской свите (37–62%), а меньше – в каталевской (23–56%).

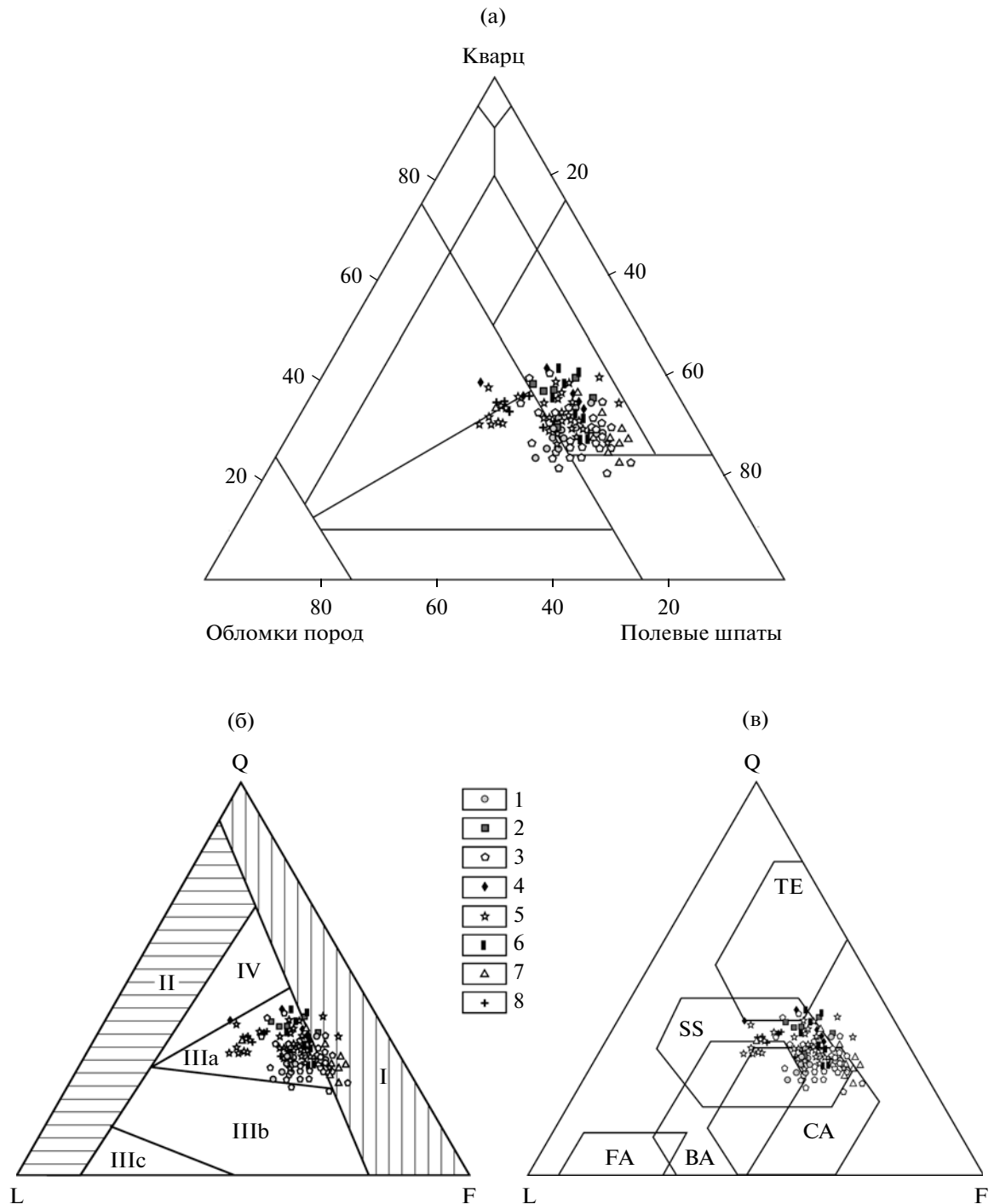


Рис. 4. Породообразующие компоненты песчаников из нижнемеловых отложений Журавлевского террейна и их палеогеодинамическая интерпретация.

а – классификационная диаграмма типов пород [Шутов, 1967]; б – типы источников питания [Dickinson, Suczek, 1979]: I – устойчивые кратоны и поднятые блоки основания, II – ремобилизованные орогены, III – магматические дуги (IIIa – расчлененные, глубоко эродированные, IIIb – переходные, IIIc – нерасчлененные, слабо эродированные), IV – смешанные источники питания; в – типы бассейновых обстановок [Maupard et al., 1982]: пассивные обстановки (TE – интерконтинентальные рифты и авлакогены); бассейны активных континентальных окраин, сопряженные со сдвигами дислокациями по трансформным разломам (SS), с окраинно-континентальной магматической дугой (CA), с океанической вулканической дугой (бассейны: FA – преддуговые и BA – задуговые).

1–8 – свиты: 1 – журавлевская, 2 – ключевская, 3 – усть-колумбинская, 4 – приманкинская, 5 – каталевская, 6 – дивнинская, 7 – светловоднинская, 8 – лужкинская.

Таблица 1. Содержание порообразующих компонентов (%) в песчаниках Журавлевского террейна

Компонент	Журавлевская свита (13)	Ключевская свита (6)	Усть-колумбинская свита (28)	Приманкинская свита (6)	Каталевская свита (31)	Дивинская свита (8)	Светловоднинская свита (21)	Лужкинская свита (7)
Кварц	$\frac{24-35}{29 \pm 3.1}$	$\frac{30-40}{36 \pm 4.5}$	$\frac{21-41}{29 \pm 5.2}$	$\frac{34-42}{37 \pm 2.9}$	$\frac{26-40}{33 \pm 1.2}$	$\frac{28-42}{35 \pm 5.5}$	$\frac{23-37}{30 \pm 4.1}$	$\frac{29-36}{33 \pm 2.8}$
Калиевые полевые шпаты	$\frac{8-15}{10 \pm 2.4}$	$\frac{5-6}{5 \pm 0.6}$	$\frac{2-19}{10 \pm 5.7}$	$\frac{2-7}{4 \pm 1.7}$	$\frac{2-16}{8 \pm 1.2}$	$\frac{2-11}{5 \pm 3.0}$	$\frac{5-23}{13 \pm 6.3}$	$\frac{1-6}{4 \pm 1.6}$
Основные и средние плагиоклазы	$\frac{0-2}{1 \pm 0.8}$	$\frac{2-4}{3 \pm 1.0}$	$\frac{0-5}{2 \pm 1.3}$	$\frac{1-4}{2 \pm 1.7}$	$\frac{0-4}{2 \pm 1.2}$	$\frac{0-2}{1 \pm 0.9}$	$\frac{0-4}{1 \pm 1.3}$	$\frac{0-2}{1 \pm 0.6}$
Кислые плагиоклазы	$\frac{32-42}{37 \pm 3.6}$	$\frac{30-41}{36 \pm 4.6}$	$\frac{28-49}{39 \pm 6.3}$	$\frac{21-40}{34 \pm 7.4}$	$\frac{21-46}{35 \pm 7.4}$	$\frac{31-46}{40 \pm 4.9}$	$\frac{26-51}{38 \pm 7.7}$	$\frac{30-45}{36 \pm 6.4}$
Основные и средние вулканиты	$\frac{0-3}{2 \pm 0.9}$	$\frac{1-2}{2 \pm 0.6}$	$\frac{1-4}{2 \pm 1.1}$	$\frac{0-2}{1 \pm 0.8}$	$\frac{0-2}{1 \pm 0.8}$	$\frac{0-2}{1 \pm 1.1}$	$\frac{0-3}{1 \pm 1.2}$	$\frac{1-3}{1 \pm 0.9}$
Кислые вулканиты	$\frac{1-4}{2 \pm 1.1}$	$\frac{1-4}{3 \pm 1.3}$	$\frac{1-7}{3 \pm 1.9}$	$\frac{1-4}{2 \pm 1.2}$	$\frac{0-4}{1 \pm 1.2}$	$\frac{0-3}{1 \pm 1.1}$	$\frac{1-4}{1 \pm 1.2}$	$\frac{1-4}{3 \pm 1.0}$
Кислые интрузивные породы	$\frac{2-7}{4 \pm 1.7}$	$\frac{2-5}{4 \pm 1.4}$	$\frac{2-10}{4 \pm 2.1}$	$\frac{2-8}{4 \pm 2.3}$	$\frac{2-9}{4 \pm 1.2}$	$\frac{1-4}{2 \pm 1.2}$	$\frac{1-7}{3 \pm 1.6}$	$\frac{1-2}{1 \pm 0.5}$
Метаморфические породы	$\frac{1-6}{3 \pm 1.6}$	$\frac{1-4}{2 \pm 1.5}$	$\frac{2-11}{4 \pm 2.4}$	$\frac{1-4}{2 \pm 1.0}$	$\frac{2-12}{5 \pm 1.2}$	$\frac{2-4}{3 \pm 0.7}$	$\frac{1-9}{4 \pm 2.0}$	$\frac{1-8}{4 \pm 2.7}$
Кремни	$\frac{5-15}{10 \pm 3.6}$	$\frac{5-9}{7 \pm 1.8}$	$\frac{2-14}{7 \pm 2.9}$	$\frac{5-10}{8 \pm 2.0}$	$\frac{3-24}{9 \pm 1.2}$	$\frac{2-10}{6 \pm 2.5}$	$\frac{1-7}{4 \pm 1.2}$	$\frac{5-16}{13 \pm 3.9}$
Терригенные породы	$\frac{1-8}{4 \pm 2.0}$	$\frac{2-7}{4 \pm 2.4}$	$\frac{2-11}{4 \pm 2.2}$	$\frac{3-15}{7 \pm 5.6}$	$\frac{2-13}{5 \pm 1.2}$	$\frac{4-13}{7 \pm 2.8}$	$\frac{2-10}{4 \pm 1.7}$	$\frac{3-7}{5 \pm 1.5}$
Карбонатные породы	$\frac{0-2}{1 \pm 0.5}$	$\frac{0-2}{1 \pm 0.8}$	$\frac{0-1}{1 \pm 0.2}$	$\frac{0-2}{1 \pm 0.8}$	$\frac{0-3}{2 \pm 0.9}$	$\frac{0-1}{1 \pm 0.2}$	$\frac{0-4}{1 \pm 1.2}$	$\frac{0-1}{1 \pm 0.2}$

Примечание. В каждой пробе подсчитывалось не менее 200 зерен. В числителе — пределы содержания, в знаменателе — средние значения и величины среднеквадратичных отклонений. В скобках — количество образцов, в которых производился подсчет.

Это преимущественно вытянутые, таблитчатые, реже изометричные зерна кислых плагиоклазов (до 90% всех полевых шпатов), среди которых преобладают альбит и олигоклаз. Содержание калиевых полевых шпатов в основном колеблется в пределах 5–15% и лишь иногда достигает 20–23% (светловоднинская свита). Это в основном изометричные пелитизированные зерна ортоклаза, значительно реже встречается решетчатый микроклин. Основные и средние плагиоклазы редки – не более 5%.

Среди обломков пород, количество которых составляет от 15 до 45%, преобладают кремневые (до 60% всех обломков пород) и терригенные (до 55%) породы, а содержания метаморфических и кислых изверженных пород значительно колеблется и редко в сумме достигают 50%. Обломки эффузивных и карбонатных пород редки.

Глинистая составляющая песчаных пород всех свит довольно однообразна и представлена, главным образом, гидрослюдой (до 90%), а также смектитом и хлоритом.

Таким образом, породообразующие компоненты песчаников позволяют предполагать, что исходные породы главной питающей провинции

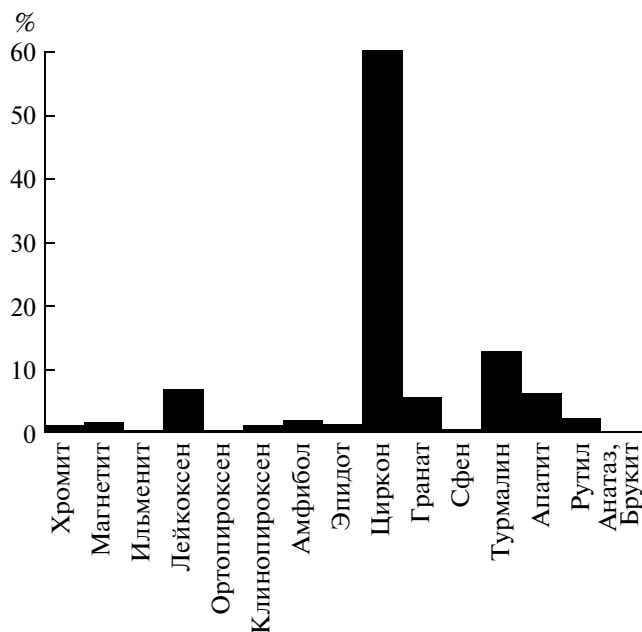


Рис. 5. Распределение тяжелых обломочных минералов в песчаных породах Журавлевского террейна (средние содержания).

Таблица 2. Средний минеральный состав (%) тяжелой фракции песчаников Журавлевского террейна

Тяжелые минералы	Журавлевская свита (12)	Ключевская свита (6)	Усть-колумбинская свита (22)	Приманкинская свита (6)	Каталевская свита (19)	Дивнинская свита (15)	Светловоднинская свита (13)	Лужкинская свита (5)
Хромит	1.1	0.7	2.4	0.1	0.9	0.6	0.7	0.3
Магнетит	0.5	2.2	0.5	3.5	0.3	4.1	0.9	6.4
Ильменит	0.1	0.4	0.2	0.2	0.2	зн.	зн.	—
Лейкоксен	2.2	8.6	4.5	7.5	11.0	6.2	7.3	8.7
Пироксен ромбический	—	—	зн.	0.3	—	—	зн.	0.5
Пироксен моноклинный	0.3	5.1	0.8	1.1	0.4	1.0	0.2	1.1
Роговая обманка	0.4	0.3	0.9	5.9	2.3	1.4	3.0	0.6
Эпидот	0.3	12.4	0.1	зн.	0.9	1.5	0.2	2.5
Циркон	44.2	61.9	62.6	74.4	56.4	66.5	59.2	66.5
Гранат	11.9	0.1	9.9	1.2	2.0	3.5	4.6	2.8
Сфен	0.5	—	—	—	0.1	зн.	0.2	—
Турмалин	26.5	4.0	6.6	3.0	19.2	11.6	13.4	0.6
Апатит	11.8	1.4	8.1	0.1	5.6	2.4	6.6	5.9
Рутил	0.1	2.9	3.3	2.8	0.8	1.1	3.5	3.8
Анатаз	—	0.1	0.1	зн.	0.1	0.1	0.2	0.6
Брукит	—	—	0.1	—	зн.	—	—	—

Примечание. В скобках – количество проб, в которых производился подсчет, зн. – знаковые количества, прочерк – не обнаружено.

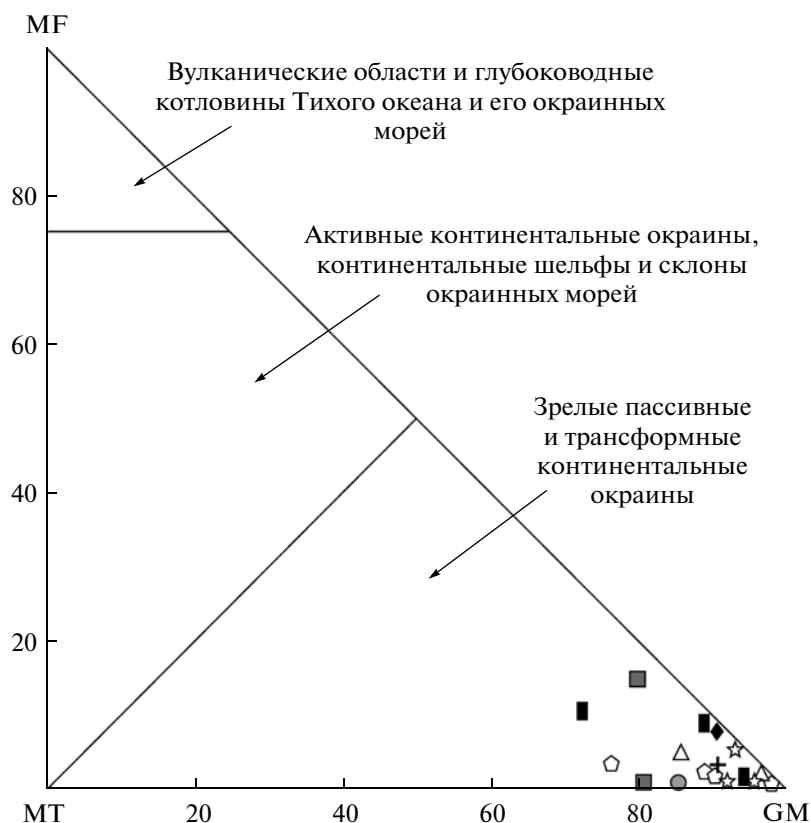


Рис. 6. Сравнение состава тяжелой фракции песчаников из нижнемеловых отложений Журавлевского террейна с современными осадками из различных геодинамических обстановок [Nechaev et al., 1996].

Суммы содержаний: MF – оливин, пироксенов, зеленой роговой обманки; MT – эпидота, граната, сине-зеленых амфиболов; GM – циркона, турмалина, ставролита, дистена, силлиманита и андалузита.

Условные обозначения см. рис. 4. здесь и далее средние значения по отдельным разрезам свит).

в период накопления отложений Журавлевского террейна были представлены комплексом разнообразных осадочных, кислых интрузивных и метаморфических пород. Преимущественно аркозовый состав песчаников свидетельствует о размыве гранитно-метаморфической коры. Можно также предполагать, что кремневые и терригенные породы, составляющие иногда значительную часть обломков песчаников, являются результатом размыва фрагментов юрской аккреционной призм (Самаркинский террейн), в современной структуре непосредственно примыкающей с запада-северо-запада к Журавлевскому террейну.

Палеогеологическая интерпретация состава породообразующих компонентов песчаников осуществлялась по широко известным методикам, предложенным В. Диккинсоном, К. Сучеком, Дж. Мейнардом и др. На диаграмме В. Диккинсона и К. Сучека [Dickinson, Suczek, 1979], где представлены тектонические типы источников сноса (см. рис. 4б), песчаники Журавлевского террейна попадают как в поле блоков кристаллического фундамента (I), расположенных вдоль рифтовых поясов или трансформных разломов,

так и в поле расчлененных, глубоко эродированных магматических дуг (IIIa), где эрозия достигла батолитов полнокристаллических пород, подстилающих вулканиды.

Геотектонические обстановки бассейнов седиментации реконструируются при помощи диаграммы Дж. Мейнарда и соавторов [Maunard et al., 1982] (см. рис. 4в), на которой изученные песчаники группируются в полях бассейнов, сопряженных с континентальными окраинами, осложненными сдвиговыми дислокациями по трансформным разломам при малой роли вулканизма типа Калифорнийского залива (SS), и частично бассейнов, связанных с окраинно-континентальными магматическими дугами (CA).

Таким образом, обстановки осадконакопления, реконструируемые по породообразующим компонентам, можно отнести к обстановкам бассейнов, сопряженных с континентальными окраинами, осложненными крупными сдвигами, т.е. к обстановкам трансформных континентальных окраин [Голозубов 2006; Кеннет, 1987; Khanchuk, 2001].

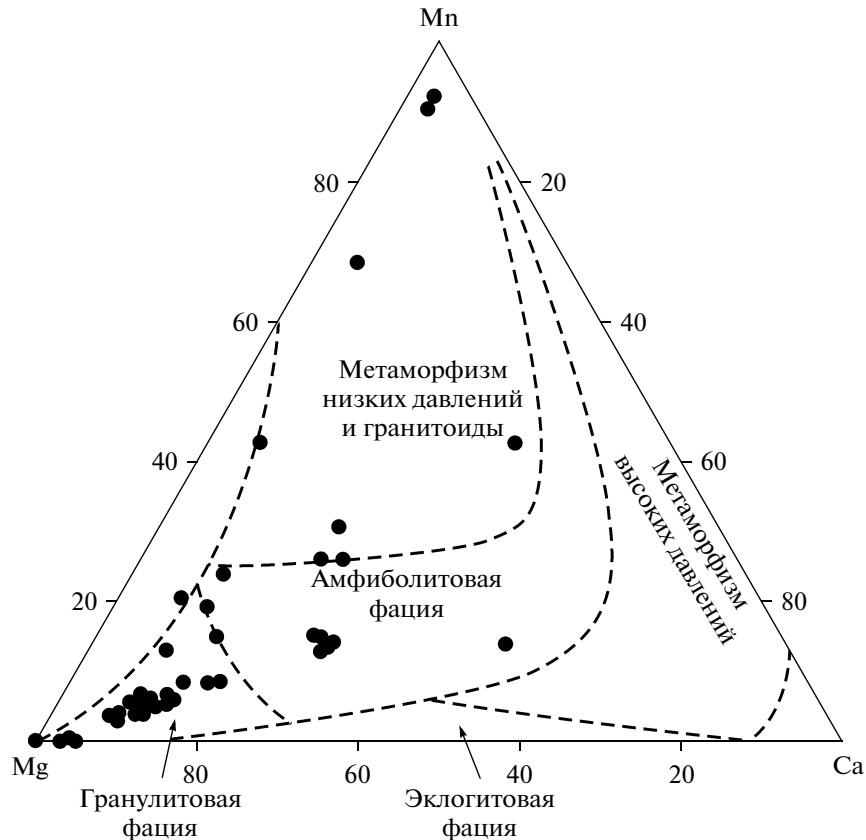


Рис. 7. Диаграмма состава обломочных гранатов из различных метаморфических пород и гранитоидов [Тераока, 2003].

Тяжелые обломочные минералы песчаников

Тяжелые обломочные минералы в песчаниках всех изученных свит Журавлевского террейна составляют 0.01–0.8% всего объема породы, редко достигая 2%. Следует отметить, что минеральный состав тяжелой фракции по разрезу изменяется незначительно (табл. 2). На рис. 5 показано соотношение между средними содержаниями отдельных минералов. Все тяжелые минералы с известной долей условности можно разделить на две минеральные ассоциации. В первую, преобладающую, составляющую до 100% общего количества тяжелых минералов, входят минералы, связанные с разрушением кислых изверженных и метаморфических пород: циркон, гранат, турмалин, эпидот, сфен, рутил, апатит, анатаз, брукит. Основной минерал ассоциации – циркон, среднее содержание которого 60%, в некоторых пробах оно достигает 96% всех минералов. Он представлен в основном бесцветными или слабоокрашенными призматическими кристаллами, содержащими мелкие газо-жидкие включения, что является типоморфным признаком цирконов гранитных пород [Ляхович, 1979]. Значительно меньше в этой ассо-

циации турмалина (в среднем 22.7%, в отдельных пробах до 44%), граната (5.5% и 57% соответственно), апатита (6.0% и 23%), рутила (2% и 22%), эпидота (1.2% и 21%), остальные минералы составляют первые проценты. Во вторую, фемическую ассоциацию, находящуюся в подчиненном количестве (в среднем до 5% всех минералов и лишь отдельных пробах до 20%), входят типичные минералы вулканокластиков: орто- и клинопироксены, роговая обманка, хромит, магнетит. Содержания их очень невелики: магнетита в среднем 1.6% и лишь в одной пробе 20%, хромита 1.1% и 14% соответственно, клинопироксена 0.9% и 16.7%, роговых обманок 1.7% и 15.0%. Остальные минералы составляют первые проценты или находятся в знаковых количествах.

Известно, что различным тектоническим обстановкам седиментации свойственны свои ассоциации тяжелых минералов [Малиновский, Маркевич, 2007; Nechaev, Isphording, 1993; Nechaev et al., 1996; Markevich et al., 2007]. Анализ ассоциаций тяжелых минералов песчаников Журавлевского террейна на диаграмме MF–MT–GM [Nechaev et al., 1996] (рис. 6) показывает, что на осадконакопление главное влияние оказывала

Таблица 3. Химический состав (вес. %) гранатов и хромитов из песчаников Журавлевского террейна

Номер пробы	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO*	MnO	MgO	CaO	Сумма
Гранаты									
Ж-21/1	36.92	—	21.33	—	35.52	0.57	4.36	0.79	99.49
Ж-21/2	36.91	—	20.85	—	36.09	0.61	4.58	0.74	99.78
Ж-21/3	36.48	—	20.81	—	34.94	2.98	2.64	1.73	99.58
Ж-21/4	36.74	—	21.00	—	35.49	2.60	2.80	1.97	100.60
Ж-21/5	38.95	—	22.38	—	31.46	0.50	4.85	0.83	98.97
Ж-21/6	37.77	—	21.33	—	34.18	2.45	2.77	1.64	100.14
Ж-31/1	43.14	—	40.66	—	10.22	2.16	3.59	—	99.77
Ж-31/2	43.18	0.99	36.62	—	10.56	2.91	5.21	0.33	99.80
Ж-31/3	43.34	0.73	36.99	—	10.20	2.95	5.56	0.27	100.04
Ж-31/4	43.34	0.37	36.64	—	10.13	3.26	5.91	0.34	99.99
Ж-33/1	36.79	—	20.70	—	36.74	1.19	2.77	1.97	100.16
Ж-33/2	37.29	—	20.49	—	35.25	0.89	4.61	1.16	99.69
Ж-33/3	36.93	—	20.85	—	35.28	0.66	4.68	1.04	99.44
Ж-33/4	36.47	—	20.27	—	36.83	1.19	2.70	1.97	99.43
Ж-33/5	41.87	—	23.84	—	26.66	0.63	5.16	1.17	99.33
Ж-33/6	38.31	—	21.13	—	34.39	1.29	2.89	1.96	99.97
Ж-33/7	41.83	—	22.41	—	28.12	0.73	5.58	1.34	100.01
Ж-45	37.04	0.05	20.25	0.07	34.98	1.51	4.08	1.21	99.19
Ж-56/1	37.08	0.07	20.43	0.04	29.63	9.35	2.03	0.60	99.22
Ж-56/2	38.35	0.02	20.81	0.11	29.86	0.56	8.04	1.06	98.82
Ж-56/3	38.00	—	21.25	0.06	30.34	0.53	8.39	1.12	99.69
Ж-56/4	39.43	0.11	21.93	0.14	31.90	0.76	6.98	1.03	102.27
Ж-56/5	38.02	0.01	20.30	0.04	34.75	2.13	4.44	1.04	100.72
Ж-56/6	37.55	0.18	20.71	0.01	33.83	2.21	4.46	0.68	99.63
Ж-57/1	37.19	0.01	20.25	—	34.61	1.59	3.48	2.24	99.38
Ж-57/2	37.11	0.09	20.68	0.14	34.64	1.40	3.58	2.45	100.08
Ж-57/3	36.66	0.09	20.47	0.09	36.85	0.98	1.41	2.87	99.41
Ж-84	37.13	—	20.70	0.06	35.14	0.80	4.09	1.31	99.23
Ж-85	37.92	0.04	21.25	—	30.27	3.70	5.74	1.39	100.32
Жр-15/1	37.56	—	21.51	—	22.20	10.00	6.81	1.19	99.27
Жр-15/2	36.34	—	21.28	—	34.76	1.33	4.54	0.78	99.03
Жр-24/1	37.22	—	21.17	—	31.35	0.90	7.38	1.27	99.29
Жр-24/2	37.75	—	21.77	—	30.10	0.59	8.36	1.05	99.64
Жр-63/1	36.35	—	20.92	—	24.74	9.26	2.41	6.55	100.24
Жр-63/2	37.13	—	21.36	—	31.84	0.71	6.88	1.41	99.33
Жр-63/3	34.56	0.48	19.08	—	14.48	27.78	0.78	0.83	97.98
Жр-63/4	34.88	0.45	19.58	—	14.06	28.02	1.10	0.86	98.95
Жр-88/1	37.94	—	22.16	—	33.23	0.56	6.57	1.14	101.59
Жр-88/2	37.50	—	21.93	—	33.40	0.53	6.63	1.10	101.08
Хромиты									
Ж-1/1	—	—	6.17	64.77	18.66	—	9.41	—	99.01
Ж-1/2	—	—	2.76	68.62	19.58	0.30	8.63	—	99.89
Ж-1/3	—	—	9.48	56.49	25.39	0.82	7.41	—	99.59
Ж-1/4	—	—	3.31	68.43	19.28	0.75	8.33	—	100.10
Ж-1/5	—	—	9.52	59.25	22.70	—	8.40	—	99.87
Ж-1/6	—	—	9.52	57.14	24.52	0.80	8.34	—	100.32
Ж-2/1	—	—	11.67	60.31	15.32	0.41	11.31	—	99.02
Ж-2/2	—	—	10.76	55.66	25.69	—	6.32	—	98.43
Ж-2/3	—	—	10.38	62.07	16.08	0.46	11.04	—	100.03
Ж-2/4	—	—	10.27	61.90	16.46	0.46	11.08	—	100.17
Ж-2/5	—	—	10.79	56.69	25.12	0.26	7.57	—	100.43

Таблица 3. Окончание

Номер пробы	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO*	MnO	MgO	CaO	Сумма
Ж-2/6	—	—	10.49	56.55	25.82	0.32	6.58	—	99.76
Ж-2/7	—	—	11.55	60.37	15.52	0.29	11.67	—	99.40
Ж-2/8	—	—	11.85	58.69	16.88	0.77	10.72	—	98.91
Ж-2/9	—	—	11.57	62.68	13.60	—	11.77	—	99.62
Ж-23/1	—	—	7.35	63.19	19.84	0.53	9.54	—	100.45
Ж-23/2	—	—	6.71	63.16	20.11	0.31	8.36	—	98.64
Ж-23/3	—	—	7.00	64.77	17.90	0.53	10.95	—	101.15
Ж-23/4	—	—	6.52	65.66	18.43	0.38	9.70	—	100.69
Ж-23/5	—	—	6.85	64.61	17.64	0.59	9.54	—	99.23
Ж-23/6	—	—	6.99	65.38	18.43	—	9.01	—	99.81
Ж-30/1	—	—	5.24	64.64	20.54	0.37	8.41	—	99.20
Ж-30/2	—	—	12.93	58.34	17.18	0.25	10.51	—	99.21
Ж-30/3	—	—	5.20	65.29	20.34	0.15	7.71	—	98.68
Ж-30/4	—	—	12.99	57.82	17.58	0.50	10.69	—	99.58
Ж-30/5	—	—	5.20	65.81	19.04	—	8.32	—	98.37
Ж-30/6	—	—	13.47	57.34	18.77	—	10.20	—	99.78
Ж-31/1	—	—	10.88	57.92	21.53	—	7.88	—	98.98
Ж-31/2	—	—	11.24	59.37	20.42	—	7.45	—	98.48
Ж-33/1	—	—	13.69	58.07	14.47	—	12.31	—	98.54
Ж-33/2	—	—	22.50	49.39	13.39	0.23	14.44	—	99.96
Ж-33/3	—	—	14.14	58.16	14.01	0.34	12.67	—	99.32
Ж-33/4	0.18	0.18	6.97	63.96	17.64	—	10.96	—	99.89
Ж-33/5	0.05	0.01	18.35	52.61	17.31	—	11.29	—	99.62
Ж-45/1	0.04	0.44	23.37	43.34	19.97	—	11.50	—	98.65
Ж-45/2	0.05	0.11	17.75	48.04	23.63	—	9.76	—	99.34
Ж-56	0.18	0.48	11.99	52.90	22.52	—	10.50	—	98.56
Ж-64/1	—	0.04	15.23	55.97	14.39	—	12.75	—	98.39
Ж-64/2	0.11	—	15.90	53.63	16.25	—	11.76	—	97.64
Ж-64/3	0.19	0.03	16.09	54.14	15.88	—	11.73	—	98.07
Ж-64/4	0.22	—	13.51	59.23	14.41	—	12.60	—	99.97
Ж-74	0.10	0.20	21.28	43.17	22.68	—	10.55	—	97.99
Ж-76/1	0.33	2.05	10.95	48.32	23.26	—	13.00	—	97.91
Ж-76/2	0.08	0.64	10.66	51.58	26.47	—	9.42	—	98.84
Ж-85	0.10	0.27	14.86	51.04	18.87	—	12.76	—	97.89
Жр-15	—	0.64	9.94	48.67	31.92	0.64	7.42	—	99.23
Жр-22	—	2.04	13.00	45.05	27.37	0.78	11.24	—	99.48
Жр-63	—	—	8.27	64.08	18.03	0.70	9.69	—	100.77

Примечание. FeO* — общее железо. Прочерк — не обнаружено. Анализы выполнены на рентгено-спектральном микроанализаторе JXA-8100 в ДВГИ ДВО РАН Н.И. Екимовой и Г.Б. Молчановой.

размывавшаяся зрелая континентальная окраина (пассивная или трансформная), сложенная в основном кислыми изверженными и метаморфическими породами. Влияние вулканического источника было крайне незначительным.

Для получения дополнительной информации о характере источников поступления тяжелых обломочных минералов был исследован химический состав обломочных гранатов и хромитов (табл. 3).

Обломочные гранаты песчаников относятся, главным образом, к альмандину (Al₂O₃ — 20.25–23.84%, FeO+Fe₂O₃ — 22.20–36.83%) и лишь изредка содержат гроссуляровый либо спессартитовый компонент. Судя по расположению фигуративных точек на диаграмме Mg—Mn—Ca [Teraoka, 2003], их источниками, скорее всего, были размывавшиеся метаморфические породы гранулитовой и амфиболитовой фаций, а также кислые интрузивные породы (рис. 7). Областью сноса, вероятно, была зрелая континентальная кора, в

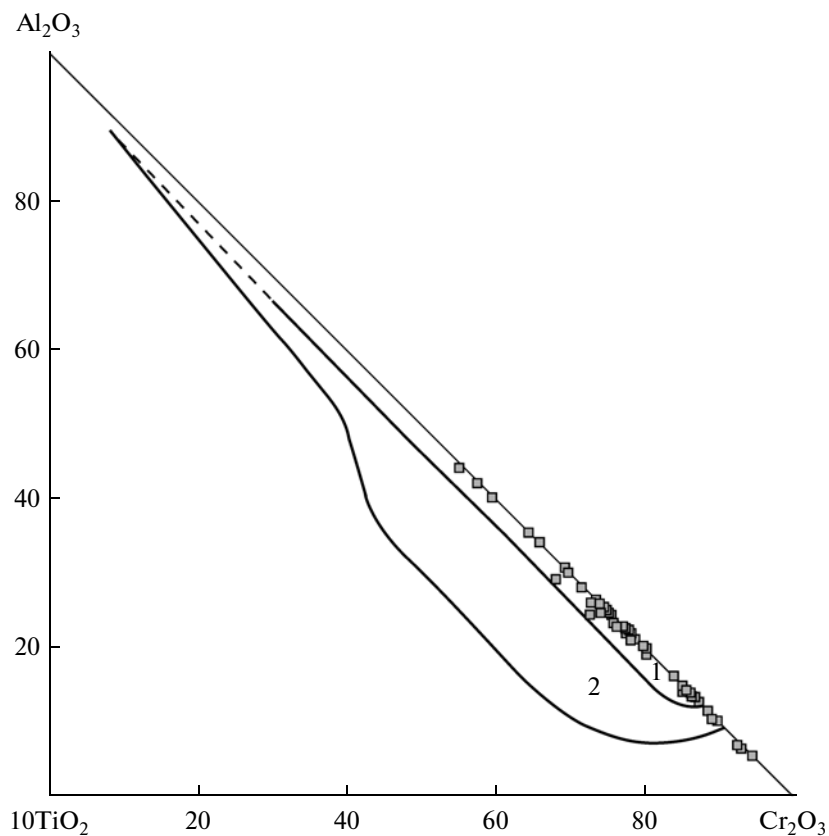


Рис. 8. Диаграмма состава обломочных хромитов из различных магматических пород [Шека, Вржосек, 1983].
 Линиями ограничены поля хромитов: 1 – дунит-гарцбургитовой (альпинотипной) формации, 2 – базальтоидных гипербазитов.

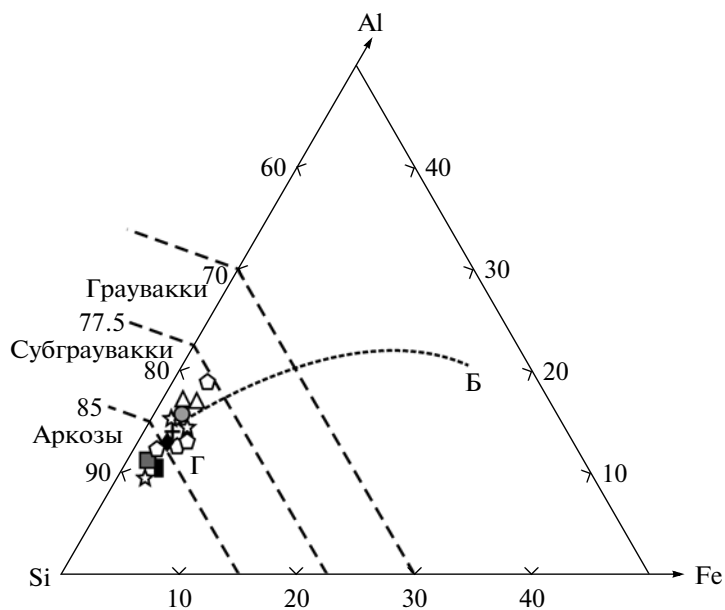


Рис. 9. Диаграмма Si–Al–Fe для песчаных пород Журавлевского террейна [Moog, Dennen, 1970] (атомные веса).
 Линия Г–Б – гранит-базальтовый тренд.
 Условные обозначения см. рис. 4.

строении которой участвовали достаточно глубоко метаморфизованные породы и гранитоиды.

Обломочные хромиты по химическому составу очень однородны. Отличительной их особенностью является отсутствие либо крайне низкие содержания титана (не более 0.64%, и лишь в двух пробах до 2.05%). На диаграмме $Al_2O_3-Cr_2O_3-10TiO_2$ [Щека, Вржосек, 1983] (рис. 8) они соответствуют хромитам дунит-гарцбургитовой альпинотипной формации. В числе источников хромитов были, вероятно, гипербазиты офиолитов, входивших в состав юрской аккреционной призмы Самаркинского террейна, располагающегося к западу-северо-западу от Журавлевского седиментационного бассейна.

Таким образом, судя по составу тяжелых минералов песчаников, основным источником обломочного материала были кислые изверженные и метаморфические породы зрелой континентальной окраины. В меньшей мере размывались комплексы офиолитов, вероятно входивших в состав фрагментов домеловых активных окраин.

Химический состав песчаников

По химическому составу (табл. 4) песчаники Журавлевского террейна довольно однородны, отмечаются лишь незначительные колебания в отдельных пробах следующих компонентов (%): SiO_2 (65.55–85.90), TiO_2 (0.08–0.53), Al_2O_3 (6.55–15.27), $FeO+Fe_2O_3$ (0.84–5.97), MgO (0.21–1.93), CaO (0.02–5.58), Na_2O (0.04–5.64), K_2O (0.75–3.56). По этим геохимическим параметрам они близки к кислым изверженным породам и занимают промежуточное положение между аркозами и граувакками [Петтиджон и др., 1976]. От среднего состава аркозов журавлевские песчаники отличаются более низкими содержаниями SiO_2 , повышенными Al_2O_3 и TiO_2 , а также в целом преобладанием Na_2O над K_2O , что характерно для граувакк (лишь в каталевской и лужкинской свитах это соотношение обратное).

На диаграмме $Si-Al-Fe$ Б. Мура и В. Деннена [Moog, Dennen, 1970] (рис. 9) фигуративные точки журавлевских песчаников, выстраиваясь вдоль линии гранит-базальт, наиболее близки к составу гранита и попадают в поля аркозов и субграувакк.

Поскольку абсолютные содержания породообразующих оксидов отражают состав не только обломочной части терригенных пород, но и их цемента, более объективно их геохимические особенности выявляются при рассмотрении ряда наиболее информативных отношений оксидов и их сумм (петрохимических модулей) (см. табл. 3), а также модульных диаграмм, предложенных Я.Э. Юдовичем и М.П. Кетрис [Юдович, 1981; Юдович, Кетрис, 2000] (рис. 10). По этим показателям песчаники близки друг другу и характери-

зуются: 1) относительно невысоким уровнем зрелости (гидролизатный модуль ГМ от 0.10 до 0.29), что свидетельствует об их образовании за счет преимущественно механического разрушения материнских пород при подчиненной роли химического выветривания; 2) низким показателем фемичности (фемический модуль ФМ от 0.02 до 0.09), что хорошо согласуется с низким содержанием в них обломков основных вулканитов и высоким – кварца, кремнистых пород, гранитоидов; по этому показателю они занимают промежуточное положение между граувакками и аркозами; 3) низкой титанистостью (титановый модуль ТМ от 0.009 до 0.042), что связано с примесью в песчаниках обломков кислых изверженных пород, в свою очередь отличающихся низкими значениями ТМ, а также практически полным отсутствием примеси основной вулканокластике; 4) относительно высокой нормированной щелочностью (модуль нормированной щелочности НКМ от 0.30 до 0.69), характерной для аркозов, отражающей довольно высокое содержание в них слюд и полевых шпатов, в том числе калиевых.

Генетическая интерпретация химического состава, основанная на тех же принципах, что и интерпретация состава породообразующих компонентов, осуществлена по известным методикам М. Бхатия и Дж. Мейнарда и приведена на рис. 11. На диаграммах М. Бхатия [Bhatia, 1983] (см. рис. 11а), используемых для разделения песчаников из бассейнов различных тектонических обстановок, большинство журавлевских песчаников соответствует либо приближается к песчаникам активных континентальных окраин, которые включают в себя как осадочные бассейны континентальных окраин андийского типа, так и континентальных окраин, осложненных сдвиговыми дислокациями по трансформным разломам. Часть точек смещена в сторону полей пассивных окраин, что обусловлено обогащенностью песчаников отдельных уровней разреза обломками кварца и кремнистых пород.

Геотектонические обстановки самих бассейнов седиментации реконструируются при помощи диаграммы Дж. Мейнарда и его соавторов [Maunard et al., 1982] (см. рис. 11б), на которой положение журавлевских песчаников характеризуется значительным разбросом точек, что не позволяет дать им однозначную интерпретацию. В целом, песчаники занимают промежуточное положение между песками из бассейнов как пассивных, так и активных континентальных окраин.

Глинисто-алевритовые породы

В зависимости от литологического типа глинисто-алевритовых пород (алевролиты, аргиллиты, алевроаргиллиты) насыщенность их алевритовым обломочным материалом варьирует от 3 до

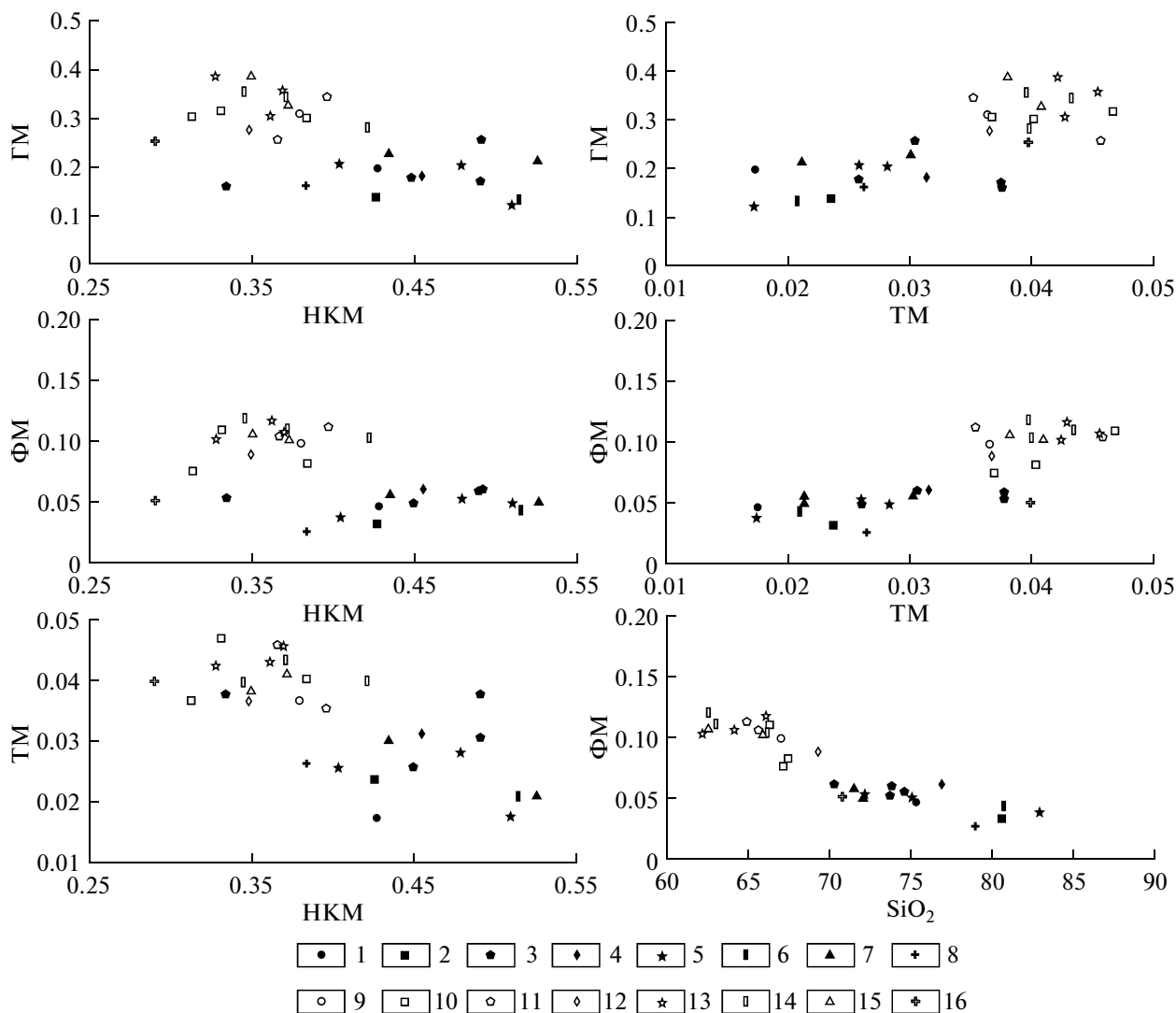


Рис. 10. Модульные диаграммы для песчаных и глинисто-алевроитовых пород Журавлевского террейна [Юдович, Кетрис, 2000].

1–8 – песчаные породы; 9–16 – глинисто-алевроитовые породы.

Свиты: 1, 9 – журавлевская, 2, 10 – ключевская, 3, 11 – усть-колумбинская, 4, 12 – приманкинская, 5, 13 – каталевская, 6, 14 – дивнинская, 7, 15 – светловоднинская, 8, 16 – лужкинская.

60–80% объема. Породы, как правило, хорошо сортированы, хотя иногда встречаются различия и с несколько худшей сортировкой, в которых алевроитовый материал распределен неравномерно, образуя микроскопления. Часто породы обладают горизонтальной или полого-волнистой микрослоистостью, обусловленной ориентиро-

ванным расположением глинистых минералов, слюд или обогащением микрослоек углистым веществом. По составу обломочная часть пород близка к песчаникам, хотя в них меньше обломков пород, но несколько больше полевых шпатов и кварца. Окатанные и угловато-окатанные алевроитовые зерна обычно представлены кварцем,

Рис. 11. Диаграммы химического состава песчаных и глинисто-алевроитовых пород из различных геодинамических обстановок.

а – типы бассейнов [Bhatia, 1983], пунктирные линии – поля значений геохимических параметров древних песчаников из бассейнов, сопряженных: А – с океаническими, В – с континентальными островными дугами, С – с активными, Д – с пассивными континентальными окраинами, Fe₂O₃* – общее железо; б, в – бассейновые обстановки: б – для песчаных, в – для глинисто-алевроитовых пород [Maunard et al., 1982], пересекающиеся линии – стандартные отклонения от средних составов современных глубоководных песков и глин из различных геодинамических обстановок.

Условные обозначения и аббревиатуры см. рис. 4.

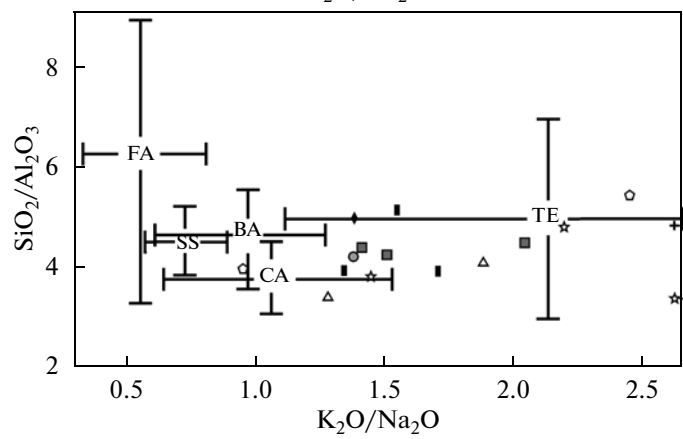
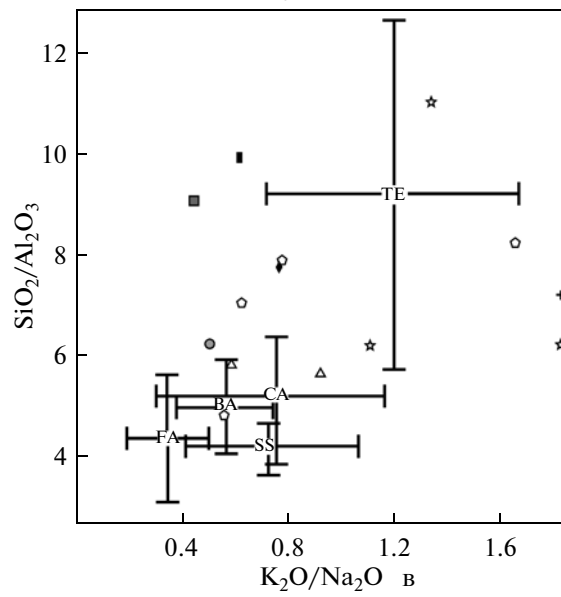
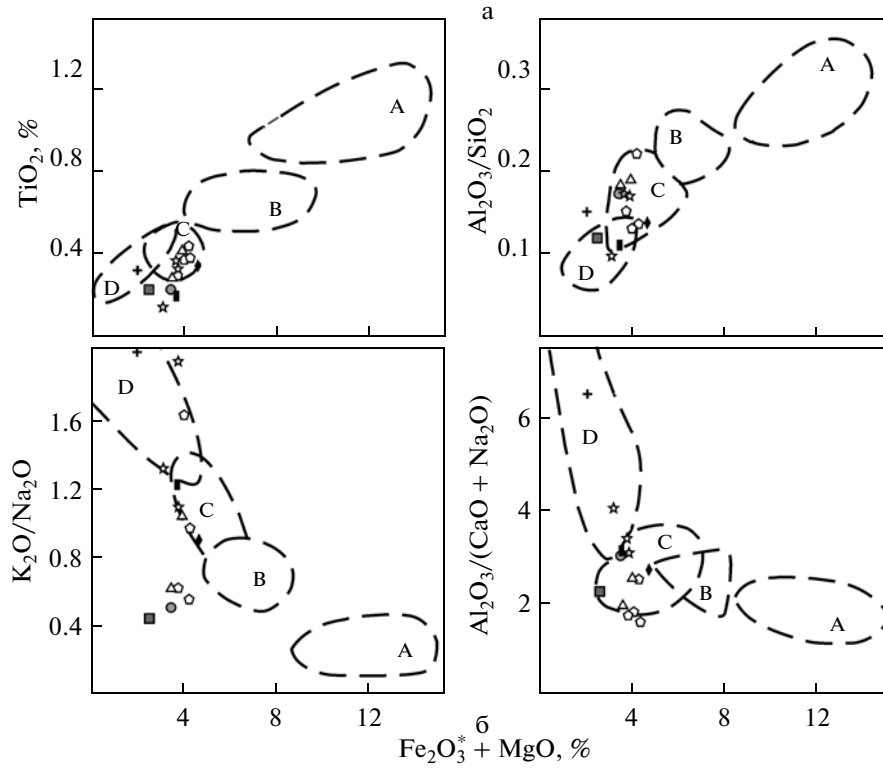


Таблица 4. Химический состав (% массы) терригенных пород Журавлевского террейна

Номер пробы	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	п.п.л.	H ₂ O ⁻	Сумма	ГМ	ТМ	ФМ	НКМ	
Песчаные породы																			
Журавлевская свита																			
Жр-4	76.42	0.16	11.81	1.49	0.96	0.03	0.73	0.27	3.50	2.74	0.12	1.06	0.22	99.51	0.19	0.014	0.04	0.53	
Жр-7	68.85	0.29	14.66	2.13	2.32	0.05	1.62	0.46	3.93	2.79	0.14	1.98	0.28	99.50	0.28	0.020	0.09	0.45	
Жр-10	73.34	0.20	12.60	1.46	1.13	0.03	0.97	1.10	3.57	3.04	0.09	2.00	0.15	99.68	0.21	0.016	0.05	0.52	
Жр-11	74.24	0.37	12.22	1.95	1.01	0.07	0.92	0.72	3.55	2.45	0.11	1.71	0.18	99.50	0.21	0.030	0.05	0.49	
Жр-15	77.31	0.10	10.76	0.80	1.13	0.07	0.57	1.21	3.14	2.66	0.09	1.56	0.11	99.51	0.17	0.009	0.03	0.54	
Жр-21	75.87	0.26	12.56	0.82	1.29	0.03	0.70	0.21	3.55	2.90	0.07	1.21	0.16	99.63	0.20	0.021	0.04	0.51	
Жр-24	74.34	0.23	12.68	1.42	1.15	0.02	0.88	0.43	3.26	3.41	0.08	1.42	0.18	99.50	0.21	0.018	0.05	0.53	
Жр-29	82.03	0.10	9.14	1.13	0.58	0.03	0.21	0.24	2.93	1.76	0.08	1.12	0.18	99.53	0.13	0.011	0.02	0.51	
Ключевская свита																			
Ж-43	85.66	0.21	7.48	1.98	0.18	0.09	0.29	0.81	1.85	0.75	0.01	0.68	0.00	99.98	0.12	0.028	0.03	0.35	
Ж-45	74.32	0.26	9.58	1.77	0.58	0.16	0.87	2.98	2.99	1.19	0.14	4.79	0.00	99.63	0.17	0.027	0.05	0.44	
Ж-47	81.70	0.10	9.60	1.12	0.68	0.02	0.14	0.35	3.04	1.54	0.14	1.26	0.22	99.91	0.14	0.010	0.02	0.48	
Усть-колумбинская свита																			
Ж-1	71.10	0.38	9.08	2.26	1.01	0.06	1.51	5.08	1.75	1.51	0.28	5.55	0.27	99.84	0.18	0.042	0.07	0.36	
Ж-2	78.10	0.29	9.00	1.20	0.85	0.08	1.21	2.78	0.53	2.25	0.08	3.35	0.27	99.99	0.15	0.032	0.04	0.31	
Ж-21	75.60	0.34	11.60	1.48	1.01	0.05	0.89	1.40	3.19	1.88	0.11	1.89	0.19	99.63	0.19	0.029	0.05	0.44	
Ж-23	71.90	0.19	9.28	1.48	1.01	0.06	1.64	5.08	2.58	1.71	0.26	4.49	0.23	99.91	0.17	0.020	0.06	0.46	
Ж-29	72.70	0.27	10.30	1.36	1.35	0.05	1.58	3.50	2.62	1.79	0.17	4.04	0.25	99.98	0.18	0.026	0.06	0.43	
Ж-30	76.00	0.15	7.95	0.88	0.85	0.05	1.50	3.47	2.89	1.62	0.12	4.32	0.26	100.06	0.13	0.019	0.04	0.57	
Ж-31	77.70	0.23	9.18	1.59	0.68	0.09	0.26	2.80	2.81	2.56	0.14	1.62	0.30	99.96	0.15	0.025	0.03	0.58	
Ж-33	71.80	0.29	9.60	3.02	1.18	0.06	1.50	3.47	2.47	2.05	0.17	4.10	0.21	99.92	0.20	0.030	0.08	0.47	
Ж-37	71.00	0.29	9.60	3.12	1.18	0.06	1.50	3.83	2.09	1.99	0.24	4.71	0.29	99.90	0.20	0.030	0.08	0.43	
ЖР-97	69.92	0.30	13.47	1.90	0.94	0.14	0.88	2.82	3.71	2.70	0.13	2.79	0.10	99.80	0.24	0.022	0.06	0.48	
ЖР-100	70.52	0.44	15.17	2.03	1.12	0.03	1.16	0.27	4.48	2.98	0.14	1.53	0.12	99.99	0.27	0.029	0.06	0.49	
ЖР-107	69.29	0.52	15.27	1.94	2.00	0.02	1.55	0.54	3.92	2.40	0.16	2.06	0.17	99.84	0.29	0.034	0.08	0.41	
ЖР-109	68.07	0.51	14.78	1.73	1.84	0.05	1.44	1.63	4.43	2.89	0.16	2.32	0.07	99.92	0.28	0.035	0.07	0.50	
ЖР-112	72.96	0.42	13.40	0.81	1.61	0.02	0.77	1.08	5.23	2.18	0.13	1.20	0.07	99.88	0.22	0.031	0.04	0.55	
ЖР-116	70.99	0.46	14.46	0.97	1.87	0.03	0.88	0.95	5.64	1.98	0.14	1.34	0.05	99.76	0.25	0.032	0.05	0.53	
Приманкинская свита																			
Ж-12/1	80.90	0.19	7.75	2.68	1.01	0.06	0.40	1.40	2.66	1.31	0.09	1.27	0.27	99.99	0.14	0.025	0.05	0.51	
Ж-14	77.90	0.27	8.98	2.89	0.68	0.02	0.50	1.58	2.74	1.88	0.22	2.17	0.22	100.05	0.16	0.030	0.05	0.51	
Ж-15	76.90	0.29	9.70	3.25	1.01	0.04	0.69	0.88	2.61	1.88	0.19	2.29	0.22	99.95	0.19	0.030	0.07	0.46	
Ж-16	71.85	0.47	13.06	4.10	0.19	0.15	1.30	0.41	2.17	2.67	0.16	2.90	0.00	99.43	0.25	0.036	0.08	0.37	

Таблица 4. Продолжение

Номер пробы	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	п.п.л.	H ₂ O ⁻	Сумма	ГМ	ТМ	ФМ	НКМ
Каталевская свита																		
Ж-56	71.20	0.53	12.50	3.38	2.20	0.08	1.07	0.55	2.96	3.04	0.14	2.11	0.21	99.97	0.26	0.042	0.09	0.48
Ж-59	75.30	0.19	11.93	1.81	1.18	0.04	0.65	0.50	2.58	3.46	0.14	1.51	0.32	99.61	0.20	0.016	0.05	0.51
Ж-62	75.70	0.19	11.93	1.26	1.35	0.04	0.58	0.60	2.74	3.27	0.28	1.59	0.22	99.75	0.20	0.016	0.04	0.50
Ж-63	78.90	0.27	11.00	0.56	1.35	0.04	0.51	0.35	2.51	2.84	0.09	1.20	0.34	99.96	0.17	0.025	0.03	0.49
Ж-64	74.40	0.52	12.93	1.23	0.72	0.02	0.60	1.50	2.89	2.55	0.15	2.22	0.13	99.86	0.21	0.040	0.03	0.42
Жр-33	73.53	0.28	11.05	1.88	0.39	0.03	0.37	2.70	2.02	3.43	0.07	3.55	0.24	99.54	0.19	0.025	0.04	0.49
Жр-34	71.38	0.30	12.17	2.22	0.54	0.04	0.45	2.73	2.03	3.39	0.09	4.13	0.25	99.72	0.21	0.025	0.05	0.45
Жр-38	74.40	0.18	10.88	0.70	1.48	0.03	1.00	1.65	1.91	3.26	0.07	3.79	0.19	99.54	0.18	0.017	0.04	0.48
Жр-41	70.98	0.40	11.77	4.36	0.72	0.07	0.74	1.89	0.06	3.30	0.15	4.70	0.38	99.52	0.24	0.034	0.08	0.29
Жр-43	76.87	0.25	11.54	1.47	0.51	0.03	0.41	1.03	0.97	3.46	0.07	2.65	0.24	99.50	0.18	0.022	0.03	0.38
Жр-47	65.55	0.38	12.11	2.04	1.47	0.07	1.93	4.10	1.40	2.83	0.11	7.56	0.29	99.84	0.25	0.031	0.08	0.35
Жр-71	80.30	0.16	7.30	0.76	3.16	0.10	0.94	0.52	2.57	1.20	0.25	2.40	0.14	99.80	0.15	0.022	0.06	0.52
Жр-76	85.20	0.12	7.32	0.01	0.96	0.01	0.43	0.02	0.53	2.86	0.09	2.13	0.22	99.90	0.10	0.016	0.02	0.46
Жр-84	85.90	0.08	6.55	0.93	0.76	0.02	0.21	0.22	2.53	1.85	0.13	0.62	0.06	99.86	0.10	0.012	0.02	0.67
Жр-86	83.40	0.11	7.19	1.39	0.59	0.01	0.22	0.18	2.45	2.52	0.09	1.61	0.14	99.90	0.11	0.015	0.03	0.69
Жр-88	78.40	0.15	8.04	4.43	1.54	0.02	0.63	0.28	1.74	2.83	0.37	1.44	0.22	100.09	0.18	0.019	0.08	0.57
ЖР-93	84.31	0.18	8.64	1.51	0.01	0.01	0.39	0.01	0.04	1.90	0.10	2.34	0.37	99.79	0.12	0.021	0.02	0.22
Дивинская свита																		
Жр-82	80.70	0.17	8.15	1.50	1.29	0.01	0.67	0.07	2.59	1.60	1.05	2.17	0.20	100.17	0.14	0.021	0.04	0.51
Жр-79	80.61	0.16	7.98	0.82	2.17	0.08	0.84	0.66	2.63	1.33	0.98	2.22	0.24	100.72	0.14	0.020	0.05	0.50
Светловодинская свита																		
Ж-67	76.00	0.38	12.43	1.20	1.01	0.02	0.26	0.55	2.51	2.84	0.22	1.88	0.37	99.67	0.20	0.031	0.03	0.43
Ж-70	69.80	0.48	12.23	3.03	1.52	0.19	0.79	2.50	2.81	2.61	0.10	3.48	0.21	99.75	0.25	0.039	0.08	0.44
Ж-72	68.80	0.32	11.93	1.72	1.35	0.23	1.01	4.55	3.19	1.99	0.14	4.61	0.14	99.98	0.23	0.027	0.06	0.43
Ж-74	76.20	0.29	13.12	1.04	0.85	0.04	0.36	0.35	2.89	2.84	0.13	1.60	0.27	99.98	0.20	0.022	0.03	0.44
Ж-76	66.80	0.44	13.36	2.88	1.86	0.18	0.90	2.70	2.89	2.84	0.11	4.79	0.22	99.97	0.28	0.033	0.09	0.43
Жр-54/1	71.45	0.44	12.40	0.95	2.56	0.08	1.14	1.91	3.30	2.49	0.19	2.61	0.10	99.62	0.23	0.035	0.07	0.47
Жр-56/1	72.50	0.21	12.22	1.38	0.95	0.09	0.53	2.42	4.28	1.93	0.10	3.27	0.09	99.97	0.20	0.017	0.04	0.51
Жр-58	68.96	0.24	10.84	1.37	0.75	0.34	0.38	5.58	5.01	0.98	0.10	5.41	0.09	100.05	0.20	0.022	0.04	0.55
Жр-63	73.57	0.26	12.85	0.67	2.12	0.04	1.36	0.81	3.62	2.79	0.11	1.68	0.04	99.92	0.22	0.020	0.06	0.50
Жр-65	72.16	0.23	12.68	0.88	1.73	0.06	1.00	1.86	4.15	3.36	0.09	2.22	0.09	99.51	0.22	0.018	0.05	0.59
Жр-68	73.81	0.17	12.66	0.93	1.56	0.05	0.95	1.14	4.21	2.61	0.08	1.48	0.02	99.67	0.21	0.013	0.05	0.54
Лужинская свита																		
Ж-79/1	78.40	0.28	12.08	0.53	0.42	0.02	0.55	0.30	1.26	3.16	0.14	2.69	0.00	99.83	0.17	0.023	0.02	0.37
Ж-80	79.90	0.29	9.28	1.48	1.01	0.04	0.40	0.70	1.14	2.75	0.06	2.45	0.18	99.68	0.15	0.031	0.04	0.42
Ж-82	77.60	0.34	11.53	1.57	0.68	0.03	0.43	0.55	0.66	3.56	0.10	2.85	0.28	100.18	0.18	0.029	0.03	0.37

Таблица 4. Продолжение

Номер пробы	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	п.п.л.	H ₂ O ⁻	Сумма	ГМ	ТМ	ФМ	НКМ	
Ж-84	80.70	0.30	10.41	0.42	0.42	0.01	0.50	1.20	0.29	3.32	0.16	2.07	0.07	99.87	0.14	0.029	0.02	0.35	
Ж-85	78.30	0.24	11.80	0.73	0.54	0.03	0.55	0.35	2.00	3.00	0.13	1.78	0.09	99.54	0.17	0.020	0.02	0.42	
Глинисто-алевритовые породы																			
Журавлевская свита																			
Жр-1	64.75	0.64	15.80	3.34	2.48	0.06	2.02	0.54	2.52	3.12	0.16	3.58	0.58	99.59	0.34	0.041	0.12	0.36	
Жр-8	61.59	0.75	17.42	3.18	2.40	0.02	2.12	0.51	2.26	3.88	0.20	4.36	0.90	99.59	0.39	0.043	0.13	0.35	
Жр-17	66.26	0.55	15.53	3.32	1.75	0.05	1.77	0.41	2.47	3.45	0.16	3.31	0.51	99.54	0.32	0.035	0.10	0.38	
Жр-25	66.39	0.71	16.42	2.77	1.93	0.08	1.55	0.39	2.30	3.90	0.17	2.65	0.25	99.51	0.33	0.043	0.10	0.38	
Жр-30	73.51	0.18	15.23	1.79	0.98	0.04	0.90	0.46	2.97	2.10	0.11	1.31	0.08	99.66	0.25	0.022	0.05	0.33	
Жр-32	64.68	0.51	16.71	3.62	1.63	0.03	1.86	0.32	2.18	3.81	0.15	3.70	0.32	99.52	0.35	0.031	0.11	0.36	
Ключевская свита																			
Ж-18	68.18	0.57	14.43	4.55	0.18	0.22	1.71	0.91	1.28	3.31	0.28	4.12	0.00	99.74	0.29	0.040	0.10	0.32	
Ж-28	64.52	0.61	15.11	5.72	0.35	0.15	1.69	2.19	1.94	3.24	0.28	3.78	0.00	99.58	0.34	0.040	0.12	0.34	
Ж-42	71.90	0.19	13.94	1.66	0.85	0.02	0.14	5.07	2.51	1.37	0.08	1.81	0.25	99.79	0.23	0.014	0.04	0.28	
Ж-44	65.34	0.89	17.05	3.60	0.20	0.09	0.96	1.06	1.90	3.93	0.30	4.33	0.00	99.65	0.33	0.052	0.07	0.34	
Ж-48	64.21	0.65	16.49	5.65	0.22	0.24	1.61	0.59	1.53	3.64	0.27	4.54	0.00	99.64	0.36	0.039	0.12	0.31	
Ж-93	65.40	0.72	16.78	2.40	1.80	0.05	1.17	2.07	2.50	3.64	0.22	3.01	0.03	99.79	0.33	0.043	0.08	0.37	
Ж-95	69.00	0.58	12.89	3.20	1.10	0.04	1.24	3.30	2.50	3.18	0.22	2.54	0.00	99.79	0.26	0.045	0.08	0.44	
Ж-99	70.60	0.61	13.76	2.31	2.37	0.04	0.68	0.75	2.45	3.00	0.19	2.89	0.33	99.98	0.27	0.044	0.08	0.40	
Ж-100	64.80	0.58	18.20	3.37	1.08	0.02	1.09	0.35	2.40	3.96	0.30	3.50	0.00	99.65	0.36	0.032	0.09	0.35	
Усть-колумбийская свита																			
Ж-39	65.65	0.55	12.04	4.04	0.22	0.15	2.48	4.51	0.28	3.13	0.35	6.55	0.30	100.25	0.26	0.046	0.10	0.28	
ЖР-103	68.50	0.51	14.86	2.74	1.68	0.04	1.64	0.88	3.59	2.37	0.17	2.39	0.19	99.56	0.29	0.034	0.09	0.40	
ЖР-105	65.99	0.54	16.28	1.72	3.49	0.03	1.67	0.54	3.35	3.11	0.19	2.66	0.22	99.79	0.33	0.033	0.10	0.40	
ЖР-110	58.90	0.62	18.58	4.39	2.75	0.07	2.62	0.50	3.47	3.79	0.20	3.33	0.36	99.58	0.45	0.033	0.17	0.39	
ЖР-115	66.37	0.66	16.08	3.65	1.11	0.04	1.39	0.41	2.96	3.46	0.20	3.13	0.45	99.91	0.32	0.041	0.09	0.40	
Приманкинская свита																			
Ж-5	61.38	0.63	17.04	5.98	0.52	0.10	2.58	0.92	1.32	3.40	0.28	5.49	0.00	99.64	0.40	0.037	0.15	0.28	
Ж-7	73.07	0.47	12.51	3.65	0.52	0.08	0.90	0.78	2.06	2.48	0.18	3.10	0.00	99.80	0.24	0.038	0.07	0.36	
Ж-8	67.55	0.56	15.23	4.85	0.25	0.10	1.21	0.35	2.13	2.99	0.35	4.11	0.00	99.68	0.31	0.037	0.09	0.34	
Ж-9	71.22	0.51	13.21	3.70	0.20	0.10	1.29	0.82	2.09	2.57	0.16	3.48	0.00	99.35	0.25	0.039	0.07	0.35	
Ж-12	73.30	0.38	11.73	2.78	1.01	0.03	0.64	1.75	2.61	2.65	0.08	2.76	0.22	99.94	0.22	0.032	0.06	0.45	
Каталевская свита																			
Ж-57	68.40	0.54	16.60	1.58	1.60	0.04	1.32	0.35	3.11	3.73	0.22	2.38	0.17	100.04	0.30	0.033	0.07	0.41	
Ж-60	61.10	0.90	16.67	3.75	2.63	0.05	1.91	2.03	2.15	3.82	0.41	4.15	0.19	99.76	0.39	0.054	0.14	0.36	
Ж-61	63.00	0.87	17.56	3.04	3.01	0.06	1.38	1.05	2.43	3.56	0.09	3.55	0.27	99.87	0.39	0.050	0.12	0.34	

Таблица 4. Окончание

Номер пробы	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	п.п.п.	H ₂ O ⁻	Сумма	ГМ	ТМ	ФМ	НКМ	
Жр-36	65.24	0.63	15.65	4.83	0.89	0.04	1.08	0.38	1.28	4.34	0.13	4.55	0.67	99.71	0.34	0.040	0.10	0.36	
Жр-46	59.10	0.90	20.79	3.34	1.05	0.02	1.45	0.34	1.16	5.16	0.13	5.45	0.74	99.63	0.44	0.043	0.10	0.30	
Жр-70	66.32	0.60	13.92	3.74	2.14	0.10	1.90	1.19	1.73	3.05	0.18	4.74	0.23	99.84	0.31	0.043	0.12	0.34	
Жр-73	65.90	0.58	13.68	2.75	2.92	0.07	1.75	0.19	1.39	3.80	1.51	4.48	0.92	99.94	0.30	0.042	0.11	0.38	
Дивинская свита																			
Ж-49	60.86	0.70	17.34	5.52	0.22	0.10	2.81	1.73	2.05	3.31	0.33	4.75	0.00	99.72	0.39	0.040	0.14	0.31	
Ж-51	64.02	0.72	15.77	5.56	0.45	0.09	2.47	1.50	1.78	2.79	0.35	4.15	0.00	99.65	0.35	0.046	0.13	0.29	
Ж-53	63.60	0.66	15.50	3.51	1.80	0.05	1.54	3.00	2.80	3.32	0.39	3.27	0.08	99.52	0.34	0.043	0.11	0.39	
Ж-54	63.80	0.66	15.80	4.02	0.72	0.04	1.31	2.50	3.44	3.55	0.33	3.52	0.14	99.83	0.33	0.042	0.10	0.44	
Ж-55	62.60	0.72	15.45	2.52	0.72	0.03	1.27	6.04	2.60	4.00	0.30	3.57	0.14	99.96	0.31	0.047	0.07	0.43	
Жр-48	59.89	0.64	16.01	4.53	1.49	0.03	1.92	2.60	1.63	3.74	0.18	6.54	0.60	99.80	0.38	0.040	0.13	0.34	
Жр-51	61.59	0.67	16.68	4.11	1.49	0.03	1.78	1.32	2.21	3.47	0.16	5.31	0.75	99.57	0.37	0.040	0.12	0.34	
Жр-53	59.40	0.74	17.55	4.51	1.43	0.04	2.05	1.23	1.65	4.06	0.19	6.50	0.57	99.92	0.41	0.042	0.14	0.33	
Жр-54	69.28	0.48	13.51	3.59	1.63	0.04	1.30	0.81	2.64	2.56	0.15	3.30	0.25	99.54	0.28	0.036	0.09	0.38	
Жр-78	61.60	0.64	14.80	2.10	4.35	0.03	1.88	0.11	1.97	3.93	1.66	6.03	1.06	100.16	0.36	0.043	0.14	0.40	
Жр-79	62.90	0.51	12.96	1.72	3.35	0.05	1.86	2.26	2.61	3.16	1.58	6.22	0.68	99.86	0.30	0.039	0.11	0.45	
Жр-80	67.30	0.50	12.08	2.14	3.14	0.04	1.75	0.94	2.23	2.85	1.68	4.99	0.58	100.22	0.27	0.041	0.11	0.42	
Жр-81	66.20	0.55	12.95	2.59	2.84	0.03	1.78	0.34	1.96	3.51	1.50	4.88	1.02	100.15	0.29	0.042	0.11	0.42	
Жр-83	72.50	0.35	11.38	1.93	1.84	0.01	0.87	0.08	1.82	2.94	1.74	3.75	0.78	99.99	0.21	0.031	0.06	0.42	
Светловодинская свита																			
Ж-65	62.30	0.72	19.13	3.51	1.04	0.05	1.14	0.35	2.79	3.86	0.36	4.31	0.08	99.64	0.39	0.038	0.09	0.35	
Ж-71	62.80	0.68	17.63	3.03	2.63	0.09	1.76	0.35	2.85	3.36	0.37	4.16	0.11	99.82	0.38	0.039	0.12	0.35	
Жр-57	64.49	0.68	16.55	2.24	2.91	0.03	1.91	0.39	2.10	4.43	0.18	3.64	0.27	99.82	0.35	0.041	0.11	0.39	
Жр-64	69.05	0.60	14.76	2.80	1.79	0.04	1.82	0.45	1.54	3.40	0.19	3.34	0.21	99.99	0.29	0.041	0.09	0.33	
Жр-69	64.75	0.71	17.20	2.00	2.67	0.03	1.99	1.26	2.63	3.96	0.18	2.50	0.13	100.01	0.35	0.041	0.10	0.38	
Лужинская свита																			
Ж-87	71.60	0.57	14.01	2.44	1.69	0.03	0.73	0.75	0.40	3.48	0.22	3.88	0.29	100.09	0.26	0.041	0.07	0.28	
Ж-88	68.50	0.64	15.50	1.05	1.44	0.02	0.80	3.50	0.69	3.96	0.27	3.86	0.00	100.23	0.27	0.041	0.05	0.30	
Ж-89	72.30	0.54	14.25	0.97	0.72	0.03	0.90	2.50	0.39	3.82	0.24	3.38	0.18	100.22	0.23	0.038	0.04	0.30	

Примечание. Анализы выполнены в ДВГИ ДВО РАН А.И. Малыкиной, В.Н. Каминской, В.Н. Залевской и В.У. Крамаренко.

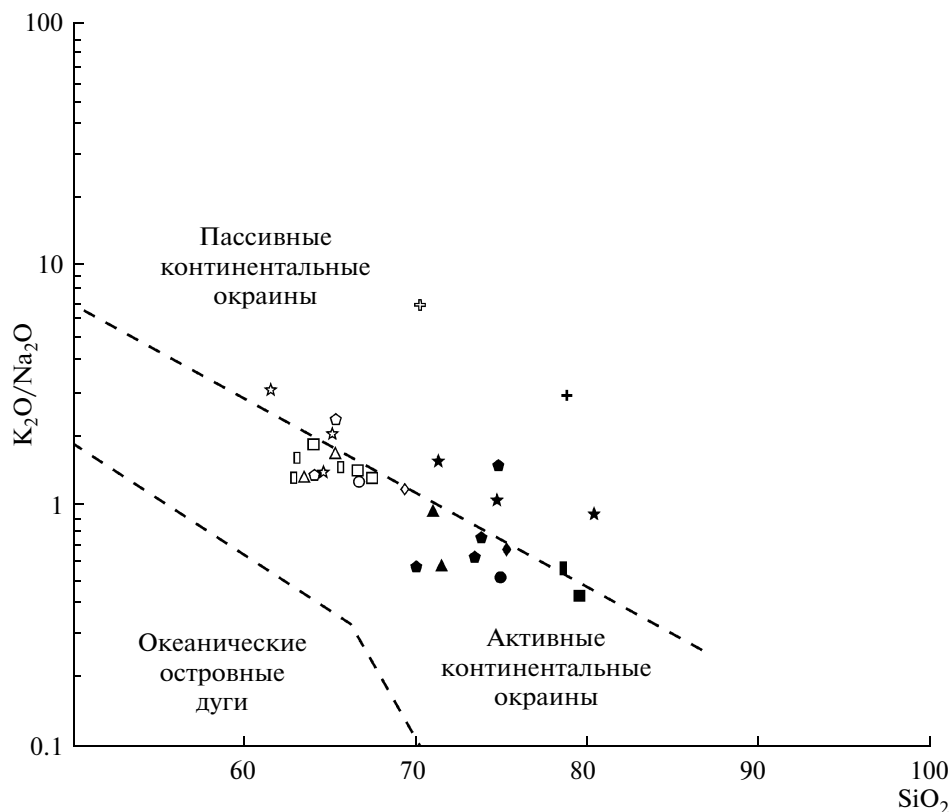


Рис. 12. Диаграмма K_2O/Na_2O-SiO_2 для песчаных и глинисто-алевритовых пород из различных бассейновых обстановок [Roser, Korsch, 1986].

Бассейны тектонических обстановок: РМ – пассивных континентальных окраин, АСМ – активных континентальных окраин, АРС – океанических островных дуг.

Условные обозначения см. рис. 10.

полевыми шпатами, реже кремнями, тонкообломочными породами, кислыми эффузивами, биотитом и рудными минералами. Довольно часто встречается рассеянный тонкий растительный детрит. Глинистая составляющая пород представлена, главным образом, гидрослюдой и, в меньшей мере, смектитом и хлоритом. Преимущественно гидрослюдистый состав глинистых минералов указывает на сиалический характер пород питающих провинций.

Химический состав глинисто-алевритовых пород близок составу песчаников (см. табл. 4). В связи же с тем, что в глинисто-алевритовых породах по сравнению с песчаниками больше глинистых минералов и меньше обломочных компонентов, они отличаются пониженными содержаниями SiO_2 (58.90–73.51%) и Na_2O (0.39–3.59%), но повышенными – Al_2O_3 (11.38–20.79%), TiO_2 (0.18–0.90%), $FeO + Fe_2O_3$ (1.69–7.14%), CaO (0.08–6.04%), MgO (0.14–2.81%) и K_2O (1.37–5.16%). Кроме того, в глинисто-алевритовых породах выше значения гидролизатного (0.21–0.45), фемического (0.04–0.17) и титанового (0.022–0.054) модулей, но ниже значения модуля норма-

тивной щелочности (0.28–0.45), что, очевидно, связано с меньшим содержанием в них кварца и полевых шпатов и большим – глинистого вещества, а также, вероятно, с тем, что при формировании терригенных отложений не происходило существенной механической дифференциации пелитовой и псаммитовой фракций [Юдович, Кетрис, 2000]. На модульных диаграммах (см. рис. 10) глинисто-алевритовые породы довольно четко обособляются от поля, занимаемого песчаниками, вместе с тем образуя с ними положительную корреляцию между парами ФМ-ТМ, ГМ-ТМ и отрицательную между ГМ-НКМ, ФМ-НКМ, ТМ-НКМ и ФМ- SiO_2 , что свидетельствует о преимущественно петрогенной (за счет размыва кислых интрузивов) природе изученных пород.

Палеотектоническая интерпретация химического состава глинисто-алевритовых пород на диаграмме Дж. Мейнарда и его соавторов [Maunard et al., 1982] (см. рис. 11в) не противоречит интерпретации, сделанной по составу песчаников, хотя также неоднозначна: глинисто-алевритовые породы занимают промежуточное положение между отложениями, характерными для бас-

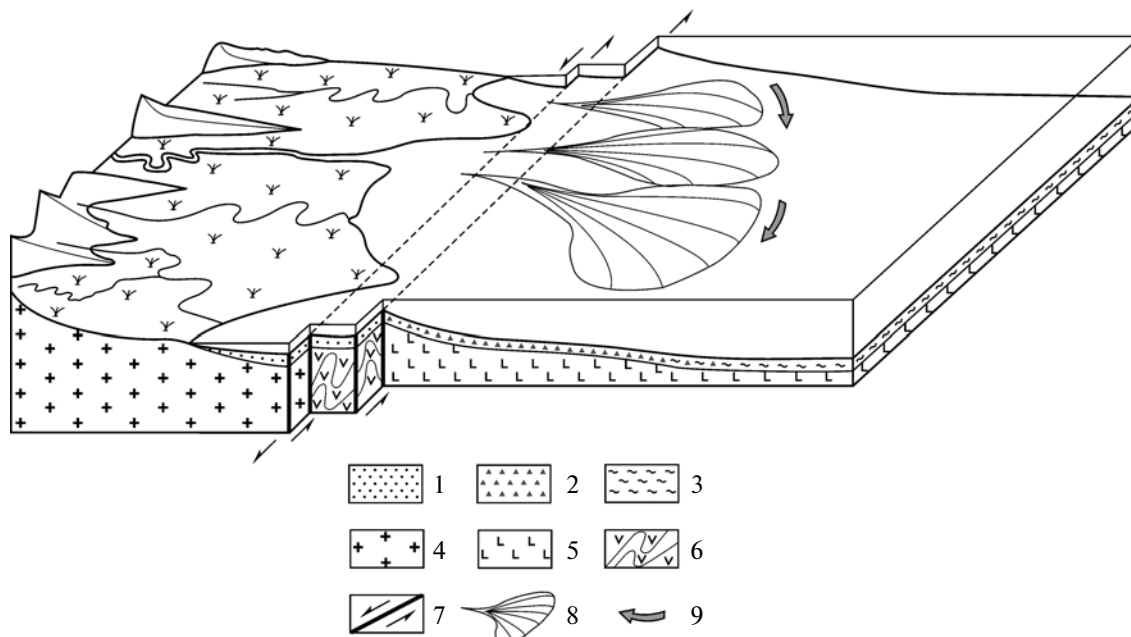


Рис. 13. Схема палеогеографических и геодинамических обстановок накопления раннемеловых отложений Журавлевского террейна.

1–3 — типы отложений: 1 — шельфа (литорали и сублиторали), 2 — подводного склона, его подножия и прилегавшей бассейновой равнины, 3 — гемипелагиали; 4, 5 — типы земной коры: 4 — континентальная, 5 — океаническая; 6 — фрагменты активной континентальной окраины; 7 — левосторонние сдвиги; 8 — подводные конусы выноса; 9 — контурные течения.

сейнов пассивных и активных континентальных окраин. Более определенно состав песчаных и глинисто-алевритовых пород интерпретируется на диаграмме K_2O/Na_2O-SiO_2 , предложенной Б. Роузером и Р. Коршем [Roser, Korsch, 1986] (рис. 12). На ней изученные породы расположены преимущественно в поле бассейнов, сопряженных с активными континентальными окраинами и лишь иногда близки составу отложений, формирующихся в бассейнах пассивных тектонических обстановок.

Грубообломочные породы

Грубообломочные породы (конгломераты и гравелиты) встречаются на разных уровнях изученного разреза, но больше всего их (до 20% объема) среди отложений каталевской свиты.

Конгломераты мелко-среднегалечные (1–5 см), редко крупногалечные (до 10–15 см). Обломочный материал в них составляет 70–85% объема породы и обычно имеет изометричную либо вытянутую форму, галька средне либо хорошо сортирована и окатана. Гравелиты преимущественно средне-крупногравийные с размером зерен от 3 до 10 мм, реже мелкогравийные (до 3 мм). Обломочная составляющая занимает 50–80% объема породы. Гравелиты обычно средне либо хорошо сортированы, а частицы гравия имеют окатанную

и угловато-окатанную форму. Среди обломков конгломератов и гравелитов преобладают кремнистые и кремнисто-глинистые породы (до 80%), значительно меньше осадочных (до 30%), метаморфических и кислых интрузивных пород (до 20%). Наполнитель песчано-алевритовый, материал в нем значительно хуже окатан и плохо отсортирован, состоит главным образом из обломков кварца, полевых шпатов и кремней. Преобладание среди обломков псефитов кремнистых пород объясняется, вероятно, их значительно большей устойчивостью к разрушению при выветривании по сравнению с гранитоидами, которые довольно легко дезинтегрируются и в виде зерен кварца и полевого шпата преобладают в матриксе.

Таким образом, вещественный состав терригенных пород террейна свидетельствует о преобладании в области сноса кислых изверженных и метаморфических пород. Кроме того, можно предполагать участие в составе питающих провинций офиолитовых комплексов юрской аккреционной призмы. Реконструируемые по вещественному составу обстановки осадконакопления соответствуют обстановкам бассейнов активных континентальных окраин (наиболее вероятно бассейнов, осложненными сдвиговыми деформациями по трансформным разломам). Формально на некоторых диаграммах изученные породы

близки породам из бассейнов пассивных континентальных окраин, что связано, скорее всего, не с общим геотектоническим режимом, а с существованием различных источников обломочного вещества.

ОБСТАНОВКИ И УСЛОВИЯ НАКОПЛЕНИЯ ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОД

Наиболее характерной особенностью отложений Журавлевского террейна является присутствие в разрезе большого количества пачек ритмичного переслаивания песчаников и алевролитов. Для ритмов, слагающих эти пачки, характерны: градиционная отсортированность материала, резкие границы в основании со следами эрозионного воздействия на подстилающий осадок в виде гироглифов, а также наличие продуктов его размыва, набор осадочных текстур с элементами последовательности А. Боума: abcde, abde, ade, bde, bcde и cde. Все эти особенности являются типичными признаками турбидитов [Walker, 1978]. Турбидиты обычно ассоциируются с микститами, песчаниками, гравелитами и мелкогалечными конгломератами, как правило связанными постепенными взаимными переходами. Хаотическое строение, обилие матрикса, отсутствие сортировки и слоистости, свойственные грубообломочным породам, указывают на их отложение высокоплотностными (зерновыми) и дебризными потоками. Кроме того, совместно с турбидитами довольно часто встречаются маломощные горизонты тонкого (от 3–5 мм до первых сантиметров) переслаивания алевролитов и песчаников, формирующихся в результате действия придонных (контурных) течений. Такой генетический набор отложений предполагает их накопление в нижней части и у подножья подводного континентального склона, а также на прилегающих к нему равнинных участках морского дна. Основными агентами транспортировки и отложения обломочного материала были гравитационные потоки различной плотности, состава и происхождения, а также донные течения, интенсивно перерабатывавшие осадочный материал, доставляемый в область седиментации турбидными потоками.

С гравитационными и контурными отложениями обычно тесно связаны достаточно мощные толщи массивных алевро-аргиллитов, которые могут рассматриваться как гемипелагические осадки, накапливавшиеся в относительно спокойных гидродинамических условиях. Встречающаяся в породах тонкая горизонтальная или пологоволнистая слоистость может указывать на незначительную переработку вещества волнениями и течениями.

Еще одним широко распространенным в Журавлевском террейне типом отложения являются

мощные толщи разнозернистых песчаников, содержащих прослой и линзы конгломератов и гравелитов, а также обильные растительные остатки и мелководную фауну. Осадки, вероятно, накапливались в относительно мелководных условиях, характерных для обстановок литорали и сублиторали открытого моря.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Приведенные выше материалы однозначно свидетельствуют о том, что главным источником кластики при формировании терригенных пород Журавлевского террейна была сиалическая суша. Об этом свидетельствует, в частности, доминирование кварца и кислого плагиоклаза в обломочной части песчаников, а также резкое преобладание среди тяжелых обломочных минералов их типично сиалической ассоциации. Об этом же свидетельствует преимущественно гидрослюдистый состав глинистых минералов как в цементе песчаников, так и в глинисто-алевритовых породах. Этому выводу не противоречит химический состав обломочных гранатов, характерных для глубокого метаморфизованных пород и гранитоидов.

Вместе с тем, существенную роль в составе пород питающей провинции играли, по-видимому, и фрагменты домеловых активных окраин, в первую очередь аккреционных призм, на отдельных структурных уровнях которых существовали пластины кремней и офиолитов. Таковыми можно считать юрско-раннемеловые аккреционные призмы "самаркинского" типа, прослеживающиеся в виде практически непрерывной полосы вдоль восточной окраины Азии от побережья Охотского моря на севере до о. Калимантан на юге [Mizutani et al., 1990]. Прямым подтверждением этому являются высокие содержания кремней в обломочной части песчаников и полное их преобладание среди обломков гравелитов и конгломератов. На это же указывают и особенности состава обломочных хромитов, в первую очередь их низкая титанистость, свойственная гипербазитам офиолитовых поясов и активных окраин.

Смешение этих двух резко различных источников питания демонстрируют также диаграммы, интерпретирующие как состав породообразующих компонентов и тяжелых обломочных минералов, так и в особенности химический состав терригенных пород Журавлевского террейна (см. рис. 4, 9, 11, 12). Такое смешение является, по-видимому, главным характерным признаком седиментации в обстановке трансформной окраины Калифорнийского типа, когда в область размыва попадают как краевые части континентов, так и ранее аккрезированные к ним фрагменты активных окраин.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Строение, вещественный состав и текстурные особенности терригенных отложений Журавлевского террейна свидетельствует, что в раннемеловое время основными источниками обломочного материала, поступавшего в его седиментационные бассейны, были размывавшиеся гранитно-метаморфические породы зрелой континентальной коры. Вместе с тем, в составе питающей провинции заметную роль играли и фрагменты до меловой активной окраины, в строении которых участвовали пластины кремней и офиолитов. Такой смешанный состав кластики, вероятно, является главным и характерным признаком седиментации в обстановке трансформного движения литосферных плит.

Преимущественно сиалический состав кластики позволяет предполагать, что рассматриваемый палеобассейн при своем формировании примыкал к краю Евразийского континента, а не, например, к островной вулканической дуге. Мощные толщи терригенных отложений террейна, среди которых достаточно велика роль гравитационных образований, накапливались на шельфе, подводном континентальном склоне и у его подножия, а также на прилегающих равнинных участках полностью открытого в сторону океана окраинного моря (рис. 13). Седиментация происходила на фоне крупномасштабных перемещений вдоль разграничивающей континентальную и океаническую плиты системы левосторонних сдвигов Тан-Лу при малой роли вулканических процессов [Голозубов, Ханчук, 1995].

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 06-05-96081-р_восток_а) и ДВО РАН (проекты №№ 09-III-A-08-404 и 09-1-ОНЗ-01).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Голозубов В.В. Тектоника юрских и нижнемеловых комплексов северо-западного обрамления Тихого океана. Владивосток: Дальнаука, 2006. 239 с.
- Голозубов В.В., Ханчук А.И. Таухинский и Журавлевский террейны (Южный Сихотэ-Алинь) – фрагменты раннемеловой Азиатской окраины // Тихоокеанская геология. 1995. Т. 14. № 2. С. 13–25.
- Голозубов В.В., Ханчук А.И., Кемкин И.В. и др. Сихотэ-Алинь-Северо-Сахалинский орогенный пояс // Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России. Кн. 1 / Под ред. Ханчука А.И. Владивосток: Дальнаука, 2006. С. 161–202.
- Кеннет Дж.П. Морская геология. В 2 томах. М.: Мир, 1987. Т. 1. 397 с. Т. 2. 384 с.
- Левашов Г.Б., Рыбалко В.И., Изосов Л.А. и др. Тектономагматические системы аккреционной коры (Сихотэ-Алинь). Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. 340 с.
- Ляхович В.В. Акцессорные минералы горных пород. М.: Недра, 1979. 296 с.
- Малиновский А.И., Филиппов А.Н., Голозубов В.В. и др. Нижнемеловые отложения р. Кема (Восточный Сихотэ-Алинь): осадочное выполнение задугового бассейна // Тихоокеанская геология. 2002. Т. 21. № 1. С. 52–66.
- Малиновский А.И., Маркевич П.В. Тяжелые обломочные минералы островодужных комплексов Дальнего Востока // Тихоокеанская геология. 2007. Т. 26. № 1. С. 81–93.
- Маркевич П.В., Филиппов А.Н., Малиновский А.И. и др. Меловые вулканогенно-осадочные образования Нижнего Приамурья. Владивосток: Дальнаука, 1997. 300 с.
- Маркевич П.В., Коновалов В.П., Малиновский А.И. и др. Нижнемеловые отложения Сихотэ-Алиня. Владивосток: Дальнаука, 2000. 300 с.
- Натальин Б.А. Мезозойская аккреционная и коллизионная тектоника юга Дальнего Востока России // Тихоокеанская геология. 1991. № 5. С. 3–23.
- Парфенов Л.М. Континентальные окраины и островные дуги мезозойско-кайнозойского Северо-Востока Азии. Новосибирск: Наука, 1984. 195 с.
- Петтиджон Ф.Дж., Поттер П., Сивер Р. Пески и песчаники. М.: Мир, 1976. 535 с.
- Ханчук А.И., Раткин В.В., Рязанцева М.Д. и др. Геология и полезные ископаемые Приморского края: очерк. Владивосток: Дальнаука, 1995. 82 с.
- Ханчук А.И., Иванов В.В. Геодинамика Востока России в мезо-кайнозое и золотое оруденение // Геодинамика и металлогения. Владивосток: Дальнаука, 1999. С. 7–30.
- Шутов В.Д. Классификация песчаников // Литология и полез. ископаемые. 1967. № 5. С. 86–102.
- Шека С.А., Вржосек А.А. Ультраосновной вулканизм Тихоокеанского комплекса и вопросы систематики меймечитов и коматиитов // Вулканология и сейсмология. 1983. № 2. С. 3–16.
- Юдович Я.Э. Региональная геохимия осадочных толщ. Л.: Наука, 1981. 276 с.
- Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.
- Bhatia M.R. Plate tectonic and geochemical composition of sandstones // The Journal of Geology. 1983. V. 91. № 6. P. 611–627.
- Dickinson W.R., Suczek C.A. Plate tectonics and sandstone composition // The American Association of Petroleum Geologists Bulletin. 1979. V. 63. № 12. P. 2164–2182.
- Khanchuk A.I. Pre-Neogene tectonics of the Sea-of-Japan region: a view from the Russian side // Earth Science. 2001. V. 55. № 5. P. 275–291.
- Markevich P.V., Malinovsky A.I., Tuchkova M.I. et al. The use of heavy minerals in determining the provenance and tectonic evolution of Mesozoic and Cenozoic sedimentary basins in the continent-Pacific Ocean transition zone: examples from Sikhote-Alin and Koryak-Kamchatka Regions (Russian Far-East) and Western Pacific // Developments in sedimentology. Heavy Minerals in Use. V. 58. Amsterdam: Elsevier, 2007. P. 789–822.

- 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*. London, Edinburgh, Melbourne: Oxford, 1982. P. 551–561.
- Mizutani S., Ji'an S., Qinlong Z.* The Nadanhada terrane in relation to Mesozoic tectonics of continental margins of East Asia // *Acta Geologica Sinica*. 1990. V. 3. № 1. P. 15–29.
- Moor B.R., Dennen W.H.* A geochemical trend in silicon-aluminum-iron ratios and the classification of clastic sediments // *The Journal of Sedimentary Petrology*. 1970. V. 40. № 4. P. 1147–1152.
- Nechaev V.P., Isphording W.C.* Heavy-mineral assemblages of continental margins as indicators of plate-tectonic environments // *Journal of Sedimentary Petrology*. 1993. V. 63. № 6. P. 1110–1117.
- Nechaev V.P., Markevich P.V., Malinovsky A.I. et al.* Tectonic settings of deposition of the Cretaceous sediments from the Lower Amur region, Russian Far East // *Journal of the Sedimentological Society of Japan*. 1996. № 43. P. 69–81.
- Nokleberg W.J., Parfenov L.M., Monger J.W. et al.* Phanerozoic tectonic evolution of the Circum-North Pacific // U.S. Geological Survey, Professional Paper 1626. 2000. 122 p.
- 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. № 5. P. 635–650.
- Teraoka Y.* Detrital garnets from Paleozoic to Tertiary sandstones in Southwest Japan // *Bull. Geol. Surv. Japan*. 2003. V. 54. № 5-6. P. 171–192.
- Walker R.G.* Deep-water sandstone facies and ancient submarine fans: models for exploration for stratigraphic traps // *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.* 1978. V. 62. №. 7. P. 932–966.