

УДК [552.14:551.242.22] (235.47)

## СОСТАВ И ОБСТАНОВКИ НАКОПЛЕНИЯ НИЖНЕМЕЛОВЫХ ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОД БАССЕЙНА р. КЕМЫ (ВОСТОЧНЫЙ СИХОТЭ-АЛИНЬ)

© 2005 г. А. И. Малиновский, В. В. Голозубов, В. П. Симаненко

Дальневосточный геологический институт ДВО РАН  
690022 Владивосток, проспект 100-летия Владивостока, 159  
E-mail: malinovsky@fegi.ru

Поступила в редакцию 10. 12. 2003 г.

Рассматриваются строение, минералого-петрографический состав и геодинамические обстановки накопления баррем(?) – альбских терригенных пород Кемского террейна (Восточный Сихотэ-Алинь), которые интерпретируются как отложения задугового бассейна Монероно-Самаргинской островодужной системы. Судя по составу терригенных пород, основным источником обломочного материала была энциалическая вулканическая островная дуга, фундамент которой образован выдвинутым в сторону океана фрагментом континентальной коры. Генетические особенности отложений указывают на их формирование в нижней части и у подножья подводного склона, а также на прилегающих к нему участках бассейновой равнины. Накопление мощной толщи гравитационных образований происходило в тыловой части островной дуги и сопровождалось активными вулканическими процессами.

Изучение терригенных комплексов, развитых в обрамлении Тихого океана, – надежный инструмент познания геологической истории его активных континентальных окраин. Далеко не все вопросы в этой проблеме решены, а прогресс в их разрешении сдерживается слабой изученностью этих комплексов. Анализ состава и обстановок формирования одного из них, связанного с вулканической островной дугой, посвящена эта статья.

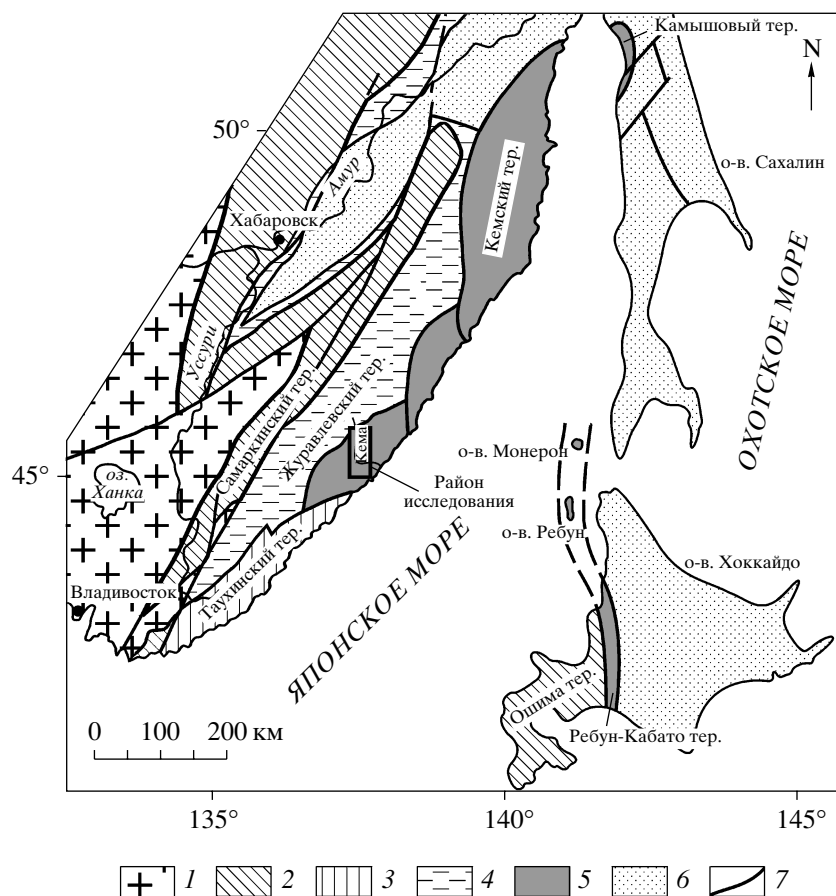
Нижнемеловые отложения Сихотэ-Алиня накапливались во внутриконтинентальных бассейнах, краевых морях и океанах [Маркевич и др., 1999, 2000]. Среди них особое значение для палеогеографических реконструкций мелового этапа развития Палеоазии имеют бассейны, связанные с вулканическими островными дугами. Их островодужная природа в большинстве случаев установлена петрогеохимическими исследованиями вулканитов [Коваленко, 1985; Симаненко, 1986, 1991]. Сведений же о составе осадочных пород мало и они схематичны, что затрудняет идентификацию типа бассейна (пред- или задуговый) и ставит под сомнение достоверность существующих палеотектонических построений.

В статье приведены результаты изучения состава терригенных пород, полученные в результате детальных литологических исследований нижнемеловых отложений бассейна реки Кемы, входящих в состав Кемского террейна (Восточный Сихотэ-Алинь). Изучался петрографический состав пород, соотношения породообразующих компонентов, валовой химический состав, тяже-

лые обломочные минералы и химический состав некоторых из них. Эта информация была необходима для определения состава областей питания бассейнов седиментации и выяснения палеотектонических обстановок их формирования.

### ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ

Кемский островодужный террейн [Ханчук и др., 1995] расположен в восточной части хребта Сихотэ-Алинь, протягиваясь вдоль побережья Японского моря полосой шириной до 80 км (рис. 1). Северо-западнее его располагается Журавлевский террейн, сложенный раннемеловым флишем, взаимоотношения с которым пока невыяснены. Доступные для наблюдения участки Кемского террейна вскрываются в “окнах” позднемелового Восточно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса: в бассейнах рек Буты, Мули, Единки, Кабаньей, Самарги и Кемы. В строении террейна принимают участие баррем-альбские образования, среди которых широко развиты турбидиты, горизонты микститов, а также основные вулканиты и их пирокласты [Малиновский и др., 2002]. Предположение о том, что Кемский террейн является частью раннемеловой Монероно-Самаргинской островодужной системы впервые было высказано В.П. Симаненко [1986, 1991] на основании изучения петрохимии вулканитов. В предлагаемой статье нами предпринята попытка показать островодужную природу террейна на основании изучения вещественного состава терригенных пород.



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

1–6 – террейны: 1 – домезозойские, 2 – юрской аккреционной призм, 3 – раннемеловой аккреционной призм, 4 – раннемеловые турбидитовые, 5 – раннемеловые островодужные, 6 – ранне-позднемеловые и палеогеновые; 7 – разломы.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

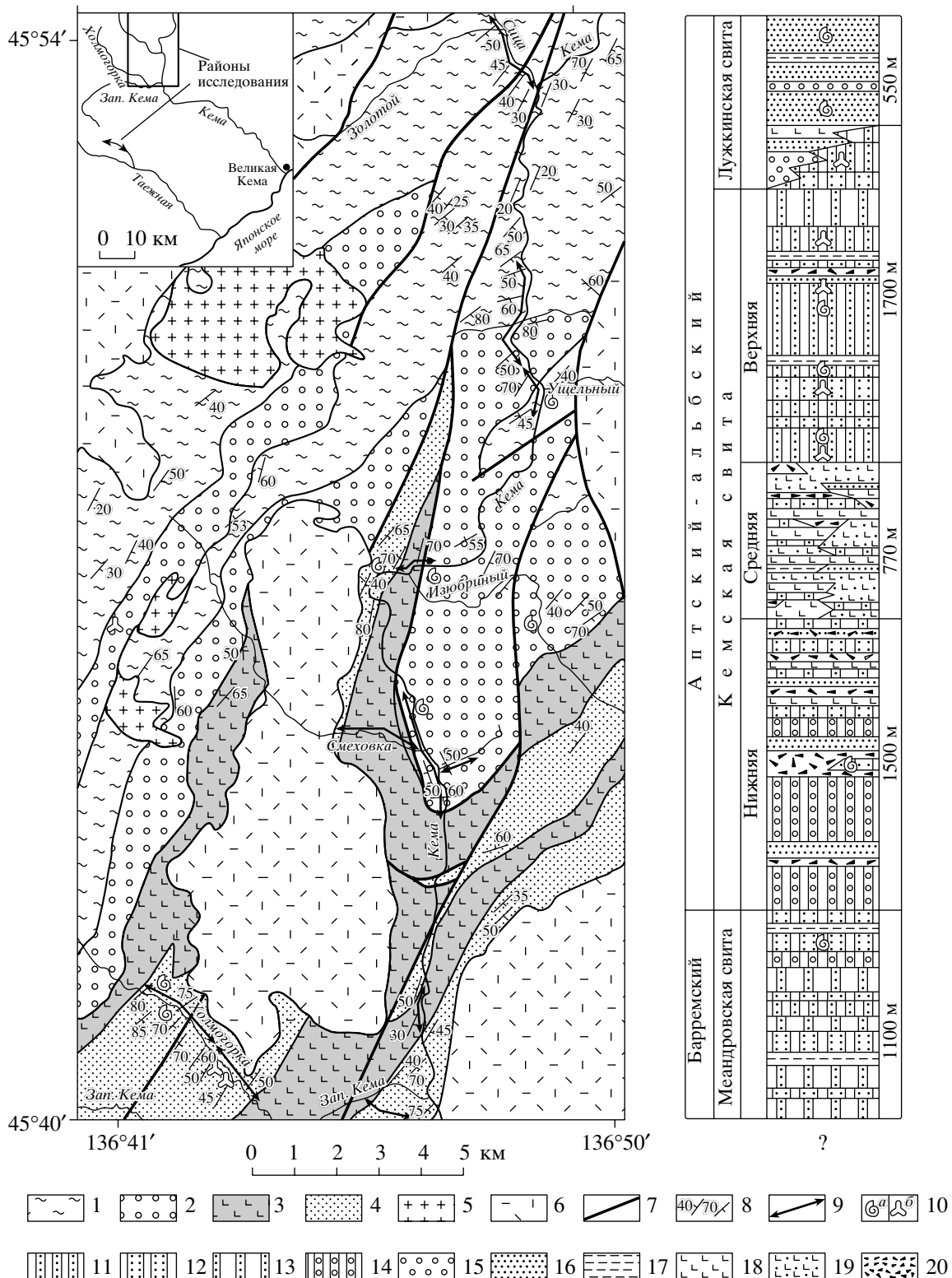
Объектами исследования в Кемском террейне были нижнемеловые образования меандровской и кемской свит, расположенные в бассейне р. Кема. Отложения лужкинской свиты изучены несколько южнее, в междуречье Кема–Таежная (рис. 2). Были изучены 10 наиболее представительных разрезов общей протяженностью более 20 км, располагающихся в береговых обнажениях реки Кема и ее притоков – ручьев Холмогорка, Сица, Смеховка и Западная Кема. Условия залегания и текстуры пород изучались в обнажениях и в шлифованных образцах.

Петрографический состав пород исследовался с помощью поляризационного микроскопа. Тяжелые минералы песчаников извлекались и определялись общепринятыми методами. При подсчетах минералов учитывались лишь обломочные минералы, а утигенные исключались с тем, чтобы максимально надежно выявить состав и относительную роль источников питания. Химичес-

кий состав тяжелых минералов определен на рентгеновском микроанализаторе JXA-5A. 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, а также реконструировать различные типы островодужных обстановок [Nechaev et al., 1996; Маркевич и др., 1997]. Содержания петрогенных элементов в породах определялись традиционным химическим методом. Все анализы выполнены в лабораториях ДВГИ ДВО РАН (г. Владивосток). Возраст палиокомплексов определен в БПИ ДВО РАН В.С. Маркевич.

## СТРОЕНИЕ И СОСТАВ РАЗРЕЗОВ

Стратиграфическая последовательность и состав баррем-альбских образований, изученных в бассейне реки Кема, следующие (см. рис. 2).



**Рис. 2.** Геологическая карта и литолого-стратиграфическая колонка бассейна реки Кемы.

Для карты: 1 – меандровская свита; 2–4 – кемская свита, подсвиты: 2 – нижнекемская, 3 – среднекемская, 4 – верхнекемская; 5 – позднемеловые гранитоиды; 6 – вулканиты Восточно-Сихотэалинского пояса; 7 – разлом; 8 – элементы залегания; 9 – изученные разрезы; 10 – места находок: а – фауны, б – спор и пыльцы.

Для колонки: 11–13 – ритмичное переслаивание песчаников и алевролитов: 11 – с равным их соотношением, 12 – с преобладанием песчаников, 13 – с преобладанием алевролитов; 14 – ритмичное переслаивание гравелитов, песчаников и алевролитов; 15 – конгломераты и гравелиты; 16 – песчаники; 17 – алевролиты; 18 – базальты и андезитобазальты; 19 – основные туфы и тефроды; 20 – микститы.

Залегающая в основании общего разреза отложений **меандровская свита** мощностью до 1100 м образована разнообразным ритмичным переслаиванием песчаников и алевролитов, часто переходящих в алевроаргиллиты и аргиллиты с мощностями элементарных ритмов (циклитов) от 3–10 см до 20–30 см, иногда до 50–100 см. В нижней части свиты соотношение песчаник/алевролит (п/а) в ритмах равное, либо преобладают алевролиты (п/а: 1/1.5–1/3, редко до 1/8); в верхней же части, наоборот, преобладают песчаники (п/а: от 2/1 до 10/1). Кроме того, для ритмов характерны: градационная слоистость, резкая нижняя граница со следами эрозионного воздействия на подстилающий осадок, набор осадочных текстур с элементами цикла А. Боума: abcde, bde, bcde и cde. Переслаивание иногда осложнено подводнооползневymi деформациями, либо прерывается горизонтами (до 90 м мощности) алевролитов, содержащих редкие прослой (5–10 см) мелкозернистых песчаников. На верхних уровнях разреза свиты отмечен горизонт мощностью 60 м гравелитов, переходящих по латерали в грубозернистые песчаники, содержащие бесформенные обломки алевролитов и растительный детрит. Возраст свиты на основании немногочисленных находок раковин ауцеллин и аммонитов определяется как баррем(?)–раннеаптский [Маркевич и др., 2000].

Вышележащая **кемская свита** расчленена на три подсвиты. *Нижнекемская подсвита* (более 1500 м) представлена мелкогалечными конгломератами, гравелитами, разнозернистыми песчаниками, а также разнообразными по размерности, строению и составу микститами<sup>1</sup>. Редко отмечаются пакеты ритмичного переслаивания песчаников и алевролитов с различным их соотношением, горизонты подводнооползневых образований и туфов, единичные пласты базальтов (до 10 м), а также пачки переслаивания (до 80 м), состоящие из ритмов мощностью 2–6 м, нижняя часть которых сложена мелкогалечными конгломератами, гравелитами и грубозернистыми песчаниками, к кровле плавно переходящими в мелкозернистые песчаники и алевролиты. *Среднекемская подсвита* (770 м) сложена в основном базальтами, их туфами и тефроидами. Значительно реже встречаются вулканомиктовые песчаники, пачки ритмичного переслаивания песчаников и алевролитов, горизонты подводнооползневых образований и микститов, содержащих глыбы базальтов до 1.5 м. Облик *верхнекемской подсвиты* (до 1500 м) определяют пачки (30–300 м) ритмичного переслаивания пес-

чаников и алевролитов. Мощности ритмов в них колеблются от 3–10 до 60–100 см. Соотношение песчаник/алевролит в ритмах чаще всего равное и лишь иногда преобладает тот или иной компонент. В ритмах превалируют текстуры bde, bcde, abde и cde последовательности А. Боума. Монотонная толща переслаивания лишь иногда прерывается маломощными горизонтами алевролитов, содержащими тонкие прослой песчаников, и осложнена подводнооползневymi деформациями либо содержит микститы. Остатки ауцеллин и аммонитов, собранные из отложений кемской свиты, свидетельствуют о ее раннеаптском–позднеальбском возрасте [Маркевич и др., 2000]. На этот же возрастной диапазон указывают и комплексы палинофлоры, выделенные из отложений нижней и верхней подсвит [Малиновский и др., 2002].

Венчает разрез нижнемеловых отложений **лужкинская свита** (до 550 м), сложенная средне-мелкозернистыми песчаниками с редкими горизонтами и линзами конгломератов, гравелитов и алевролитов, а в нижней части с пластами андезит-базальтов и их туфов. Возраст свиты по многочисленным находкам моллюсков устанавливается как средне-позднеальбский [Маркевич и др., 2000]. Возраст лужкинской свиты соответствует возрасту верхней части верхнекемской подсвиты, что дает основание полагать их фаціальными аналогами.

## СОСТАВ ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОД И ЕГО ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

Основное наше внимание было обращено на изучение вещественного состава песчаных пород, поскольку они несут наибольшую информацию о типе и составе питающих провинций, а также о геодинамических обстановках областей седиментации. Как дополнительный использовался материал по составу глинистых и грубообломочных пород, а также химическому составу тяжелых минералов из кемских базальтов.

### *Петрографический состав и породообразующие компоненты песчаников*

Изученные песчаники, как правило, мелко- и среднезернистые, редко крупнозернистые до гравелистых. Сортировка их довольно хорошая, но с увеличением размерности она ухудшается. Иногда в песчаниках, особенно в нижнекемской подсвите, присутствуют рассеянные по всему объему породы мелкие (до 2 см) бесформенные обломки алевролитов. Песчаные зерна обычно угловатые и угловато-окатанные, реже полуокатанные. Наиболее хорошо окатаны зерна кремнистых и осадочных пород, а наименее – вулканических.

<sup>1</sup> Микститы – смешанные обломочные породы хаотического строения, в которых содержание обломочной составляющей менее 80%. В зависимости от размера, формы и их соотношения с песчано-глинистым материалом подразделяются на валунно-галечно-глинистые, песчано-глинисто-галечные, глыбово-валунно-глинистые и др. [Руженцев, Хворова, 1973; Соколов, 1977].

По породообразующим компонентам песчаники довольно однообразны и в целом относятся к полимиктовым. Обломочная часть занимает 60–80% их объема и представлена кварцем, полевыми шпатами, обломками терригенных, кремневых и эффузивных пород, вулканическим стеклом и рудными минералами. На классификационной диаграмме В.Д. Шутова [Шутов, 1967] (рис. 3а) песчаники образуют единое поле, относясь главным образом к полевошпатово-кварцевым и кварцево-полевошпатовым грауваккам и, меньше, к полевошпатовым аркозам.

Кварц – чаще всего встречающийся компонент, его общее содержание колеблется от 30 до 52% (см. рис. 3а). Больше всего кварца в нижнекемской подсвите (35–52%), а меньше – в среднекемской (31–42%). Наиболее распространен монокристаллический эффузивный кварц. Обычно это чистые, часто с волнистым погасанием неправильные, вытянутые остроугольные либо слабо окатанные зерна. Намного реже встречается интрузивный и метаморфический кварц.

Полевых шпатов в песчаниках 22–41%. Это преимущественно плагиоклазы (60–95%), среди которых преобладают альбит и олигоклаз. Зерна плагиоклазов обычно вытянутые, таблитчатые, реже изометричные. Калиевых полевых шпатов до 20%, это в основном ортоклаз, редко микроклин.

Обломки пород, составляющие 17–42% объема песчаников, сложены в основном кремневыми (в среднем 30–45%) и осадочными породами (25–35%), в меньшей мере основными эффузивами (15–30%). Наибольшее количество обломков эффузивных пород присутствует в песчаниках среднекемской подсвиты (до 70%). Обломки интрузивных и метаморфических пород редки.

Таким образом, породообразующие компоненты песчаников позволяют предполагать, что источники питания отложений бассейна р. Кемы были сложены комплексом осадочных и вулканических пород. Важным фактором, постоянно влиявшим на седиментацию, были синседиментационные вулканические извержения, поставившие в осадочный бассейн большое количество пирокластики.

Палеотектоническая интерпретация состава породообразующих компонентов песчаников осуществлена по широко известным, достаточно апробированным методикам, предложенным В. Диккинсоном, Ж. Мейнардом, К. Сучеком, Ф. Кумона и др. На диаграмме В. Диккинсона и К. Сучека [Dickinson, Sucek, 1979], выявляющей тектонические типы источников питания (см. рис. 3б), кемские песчаники попадают главным образом в поле расчлененных, глубоко эродированных, скорее всего эпиконтинентальных, островных дуг (IIIа), и, в меньшей степени, в поле смешанного состава ис-

точников питания: ремобилизованных орогенов и зрелых островных дуг (IV). Вероятно, песчаники формировались за счет разрушения гранитоидных интрузий корневых частей дуг, а также вулканических образований, их “бронирующих”. Геотектонические обстановки самих бассейнов раннемеловой седиментации реконструируются при помощи диаграммы Ж. Мейнарда и его соавторов [Maunard et al., 1982] (см. рис. 3в), на которой точки изученных песчаников ложатся одновременно в три поля: межконтинентальных рифтов и авлакогенов (TE), бассейнов активных континентальных окраин, осложненных сдвиговыми деформациями по трансформным разломам (SS), и частично задуговых бассейнов океанических островных дуг (BA). Без привлечения дополнительных данных эта диаграмма не дает однозначного ответа на вопрос, в каком тектоническом типе бассейна накапливались осадки, поскольку поля разного значения сильно перекрываются. С помощью диаграммы Ф. Кумона и К. Кимиами [Kumon, Kimiama, 1994] предпринята попытка по породообразующим компонентам распознать тип магматических (островных) дуг (см. рис. 3г). Кемские песчаники соответствуют главным образом развитым, зрелым и сильно эродированным дугам.

#### *Тяжелые обломочные минералы песчаников*

Тяжелая фракция в кемских песчаниках составляет 0,01–0,7% всего объема породы, редко достигая 3%. Все тяжелые обломочные минералы с известной долей условности можно разделить на две ассоциации. В первую, составляющую в среднем до 40% общего количества тяжелых минералов, входят типичные представители островодужной вулканокластики: орто- и клинопироксены, роговая обманка, хромит и магнетит. Больше всего минералов “вулканической” ассоциации в песчаниках среднекемской подсвиты, где в отдельных пробах они достигают 100%. Ведущий минерал ассоциации – клинопироксен, содержание которого иногда доходит до 98% фракции. Меньше роговых обманок – в отдельных пробах до 55%, ортопироксенов – до 3%, хромита – до 37% и магнетита – до 14%. Во вторую ассоциацию, достигающую в среднем 60% всей тяжелой фракции, входят сиалические минералы: циркон, гранат, турмалин, эпидот, апатит, сфен и рутил. Основная роль в ней принадлежит циркону, достигающему в некоторых пробах 100%. Меньше граната – до 77%, турмалина – до 18%, эпидота – до 11%, остальные минералы составляют первые проценты.

Известно, что различным тектоническим обстановкам седиментации свойственны свои ассоциации тяжелых минералов [Маркевич и др., 1997; Nechaev et al., 1996; Nechaev, Isphording, 1993] Анализ таких ассоциаций из кемских песча-



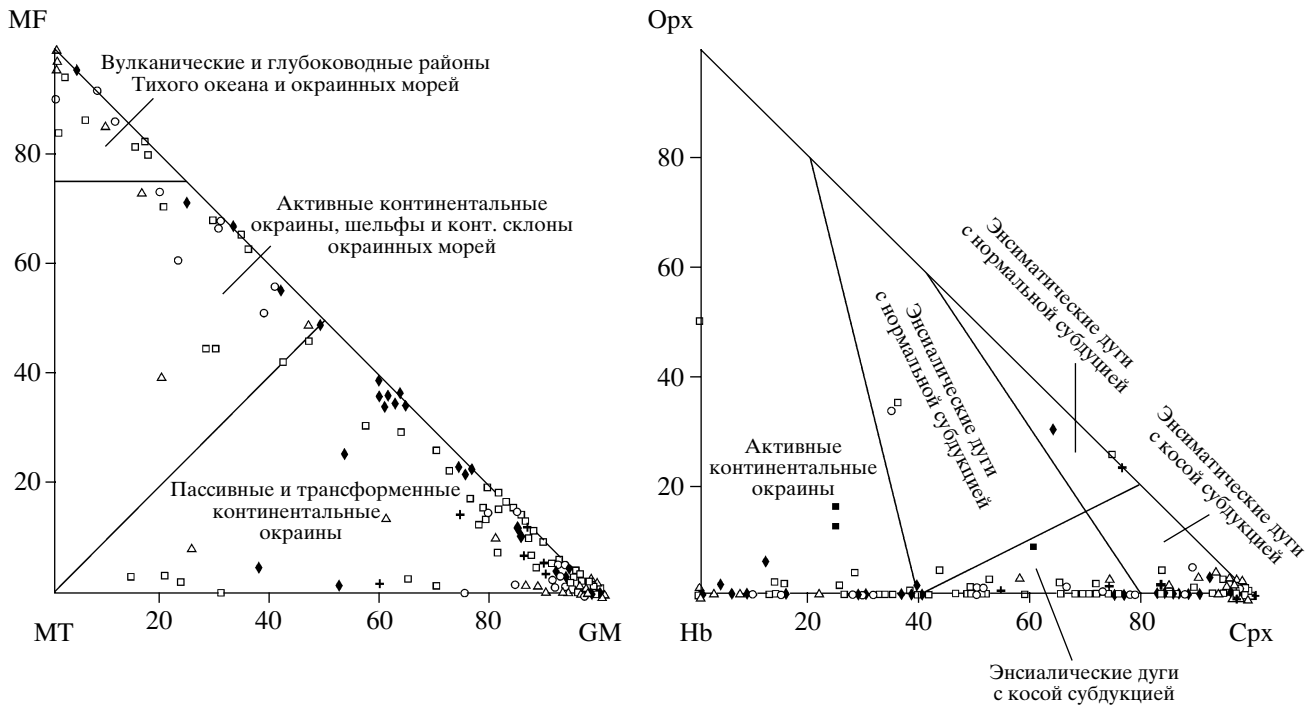


Рис. 4.

ников на диаграммах MF–MT–GM и Орх–Нб–Срх [Nechaev et al., 1996] (рис. 4) показывает, что они формировались за счет двух главных источников сноса. “Вулканическая” ассоциация соответствует активной континентальной окраине и (или) энсиалической дуге с косо́й субдукцией. Она формировалась преимущественно за счет размытия островодужных вулканитов, роль которых наибольшая для среднекемской подсветы и, судя по уменьшению снизу вверх по разрезу содержания пироксенов и роговой обманки, со временем уменьшалась. “Сиалическая” ассоциация, видимо, накапливалась вблизи выдвинутого в сторону океана фрагмента континентальной коры, слагавшего фундамент дуги. Кроме того, возможна трансформная граница плит, где не было вулканизма.

Для более достоверного определения характера источников поступления тяжелых обломочных минералов был исследован микрохимический состав клинопироксенов, амфиболов, хромитов и гранатов (табл. 1).

Наиболее эффективно определить тип вулканического источника питания можно по составу **клинопироксенов**. На приведенных диаграммах составов клинопироксенов сопоставлены минералы из песчаников меандровской и кемской свит, а также из широко развитых в них базальтов. На всех диаграммах клинопироксены из песчаников образуют единое поле и очень близки клинопироксенам из базальтов. На диаграмме

Mg–Ca–Fe (рис. 5а) они соответствуют авгиту, диопсиду и салиту. На дискриминационной диаграмме Е. Нисбета и Дж. Пирса [Nisbet, Pearce, 1977] (см. рис. 5б) большинство клинопироксенов песчаников соответствуют клинопироксенам базальтов островных вулканических дуг и, частично, базальтов океанического дна. Дискриминационные диаграммы Ti–Ca + Na, Ti + Cr–Ca и Ti–Al [Leterrier et al., 1982] позволяют с вероятностью более 80% различать пироксены базальтов из различных геодинамических обстановок (рис. 6). На диаграмме 1 клинопироксены (в том числе и из базальтов) группируются вблизи линии, разграничивающей щелочные базальты от толеитовых. Формально они принадлежат щелочным базальтам, но довольно низкие содержания титана и натрия не позволяют уверенно относить их к этой группе пород. На диаграмме 2, разделяющей толеитовые базальты на базальты MORB и известково-щелочные и толеитовые базальты окраинно-континентальных и островных дуг, клинопироксены песчаников либо попадают в область островных дуг либо приближаются к ним. На диаграмме 3, разграничивающей островодужные клинопироксены на известково-щелочные и толеитовые, видно, что источником исследуемых пироксенов были известково-щелочные базальты, характерные для тыловых частей островных дуг. На диаграмме составов обломочных **хромитов** из кемских песчаников (рис. 7) [Arai, 1992] большая часть точек попадает в поле базальтов островных дуг, а незначительная – соответствует

Таблица 1. Химический состав (вес. %) акцессорных минералов из песчаников бассейна р. Кемы

Номер пробы	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO*	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Сумма
<b>Клинопироксены</b>											
КМ-766/1	51.40	0.56	2.95	–	8.63	0.20	13.80	21.53	0.41	0.02	99.51
КМ-766/2	49.53	0.83	5.16	0.28	6.80	0.15	14.02	22.14	0.30	0.02	99.23
КМ-770/1	52.77	1.03	1.58	0.03	21.81	0.84	2.60	10.11	8.99	0.01	99.78
КМ-770/2	51.81	0.60	4.57	0.65	5.18	0.08	14.90	22.29	0.30	–	100.38
КМ-770/3	47.99	2.02	9.19	–	7.70	0.08	13.40	18.57	0.75	–	99.72
КМ-770/4	48.71	2.12	9.15	–	7.79	0.10	13.38	18.78	0.73	–	100.75
КМ-770/5	52.40	0.48	3.75	0.24	4.05	0.06	16.19	22.11	0.29	–	99.57
КМ-832/1	51.81	0.52	3.92	1.12	5.02	0.09	17.10	21.27	0.21	0.01	101.07
КМ-832/2	50.26	0.77	4.59	0.04	8.21	0.19	15.08	20.95	0.31	0.01	100.42
КМ-832/3	52.52	0.30	2.20	0.35	4.69	0.07	16.75	22.24	0.21	–	99.33
КМ-832/4	53.16	0.32	2.14	0.38	4.22	0.04	18.05	21.98	0.17	0.01	100.47
КМ-832/5	52.41	0.44	4.08	0.04	14.44	0.50	14.09	12.76	0.58	0.19	99.54
КМ-838/1	51.33	0.78	3.36	0.08	8.33	0.25	14.38	20.58	0.42	–	99.51
КМ-838/2	50.17	0.94	3.93	0.04	8.48	0.26	14.28	20.59	0.29	–	98.99
КМ-839/1	51.37	0.67	2.78	0.26	5.50	0.25	15.84	22.67	0.19	–	99.54
КМ-839/2	50.25	0.55	3.88	0.17	6.22	0.18	14.61	23.19	0.21	–	99.25
КМ-839/3	50.66	0.63	2.56	0.04	7.96	0.40	15.38	20.69	0.35	–	98.67
КМ-839/4	51.87	0.97	1.51	0.01	22.47	0.70	2.69	9.88	9.57	–	99.67
КМ-7	50.46	0.52	3.98	0.41	6.13	0.12	16.67	21.80	0.30	–	100.39
КМ-10	50.72	0.64	3.04	–	8.32	0.30	15.90	21.52	0.29	–	100.74
КМ-15	53.14	0.41	2.89	0.10	6.12	0.17	15.48	22.86	0.23	–	101.41
КМ-13/1	53.65	0.72	3.00	0.21	7.71	0.28	15.07	20.76	0.28	–	101.69
КМ-13/2	52.05	0.80	5.20	0.53	5.96	0.21	14.54	21.56	0.30	–	101.14
КМ-23	51.87	0.68	2.72	–	8.38	0.29	15.71	21.70	0.30	–	101.66
КМ-43	48.86	0.75	5.10	0.36	7.29	0.16	14.70	21.86	0.28	0.01	99.38
КМ-51/1	49.81	0.82	4.12	0.27	7.35	0.17	15.01	22.08	0.32	0.01	99.96
КМ-51/2	50.99	0.51	3.49	0.06	8.56	0.33	14.99	20.73	0.39	–	100.04
КМ-52/1	53.20	0.48	2.85	0.86	5.37	0.23	16.64	20.96	0.33	–	100.91
КМ-52/2	53.09	0.51	2.91	0.78	4.33	0.17	16.02	22.67	0.24	–	100.72
КМ-67/1	51.42	0.60	3.55	0.07	5.51	0.13	15.36	23.73	0.18	–	100.56
КМ-67/2	53.04	0.53	2.70	0.28	5.22	0.14	16.21	22.25	0.31	–	100.68
КМ-68/1	50.11	0.74	2.60	0.15	8.01	0.24	18.02	20.09	0.34	–	100.31
КМ-68/2	50.83	0.72	2.90	0.75	5.12	0.14	18.93	21.32	0.22	–	100.92
КМ-68/3	49.63	0.87	3.14	0.14	8.54	0.19	16.92	20.53	0.40	–	100.37
КМ-77	50.57	1.04	3.90	–	9.62	0.25	14.23	20.71	0.37	0.01	100.71
КМ-78/1	51.65	0.86	2.79	0.04	7.81	0.25	14.17	21.96	0.32	–	99.86
КМ-78/2	51.78	0.61	3.60	0.29	7.04	0.13	14.63	22.47	0.30	–	100.86
КМ-223/1	49.30	0.90	3.03	0.04	8.59	0.27	15.55	22.10	0.34	–	100.12
КМ-223/2	51.11	0.96	2.28	0.02	8.01	0.33	16.79	21.38	0.32	–	101.20
КМ-796/1	51.66	0.51	2.13	0.07	9.04	0.26	16.28	18.84	0.19	–	98.98
КМ-796/2	52.18	0.38	3.28	0.13	3.96	0.04	16.59	22.49	0.17	–	99.22
КМ-815/1	50.27	0.65	2.50	0.09	8.55	0.38	15.58	20.79	0.19	–	99.00
КМ-815/2	50.72	0.56	2.57	0.13	9.44	0.43	15.94	19.50	0.26	–	99.54
КМ-815/3	51.97	0.36	1.66	0.28	3.92	0.24	16.80	22.80	0.14	0.01	98.16
КМ-815/4	50.29	0.75	2.40	–	9.76	0.49	15.33	20.14	0.30	0.01	99.46
КМ-819А/1	51.14	0.59	2.44	–	7.10	0.20	15.11	20.96	0.29	0.01	97.85
КМ-819А/2	52.06	0.47	2.02	–	8.81	0.39	14.80	20.71	0.29	0.01	99.59
КМ-822/1	50.15	0.38	6.77	0.07	14.45	0.49	13.44	13.52	0.57	0.39	100.23
КМ-822/2	52.73	0.28	2.56	0.05	18.26	0.50	12.61	13.35	0.52	0.50	101.35
КМ-824/1	52.44	0.28	1.72	0.12	4.48	0.12	17.06	22.53	0.09	–	98.83
КМ-824/2	52.48	0.31	1.89	0.64	4.45	0.13	16.79	21.80	0.12	–	98.62
КМ-824/3	52.66	0.26	1.86	0.53	3.64	0.12	17.09	22.94	0.11	–	99.20



Таблица 1. Продолжение

Номер пробы	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO*	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Сумма
КМ-825/1	51.32	0.59	4.57	–	6.85	0.13	16.29	20.73	0.34	–	100.82
КМ-825/2	50.78	0.80	3.93	0.07	7.93	0.24	15.94	19.86	0.28	0.01	99.82
КМ-825/3	51.04	0.62	2.32	0.04	9.29	0.31	16.27	19.68	0.17	–	99.74
КМ-825/3	51.04	0.62	2.32	0.04	9.29	0.31	16.27	19.68	0.17	–	99.74
КМ-82/2	51.88	0.37	3.05	0.28	5.39	0.12	16.43	22.02	0.19	–	99.75
КМ-97/1	53.56	0.34	1.42	0.53	4.42	0.14	17.17	22.93	0.24	0.01	100.75
КМ-97/2	52.43	0.84	1.85	0.13	8.79	0.25	16.06	20.12	0.34	–	100.80
КМ-97/3	52.28	0.75	1.26	0.07	9.02	0.30	15.65	21.28	0.41	0.01	101.03
КМ-109/1	52.31	0.71	1.43	0.04	7.98	0.29	15.04	21.35	0.26	0.01	99.42
КМ-109/2	51.78	0.78	1.53	0.04	8.30	0.28	15.74	21.11	0.51	0.01	100.06
КМ-109/3	50.95	1.09	2.49	0.06	9.52	0.27	14.23	20.73	0.40	–	99.74
КМ-109/4	51.11	0.95	2.90	0.07	9.26	0.25	14.77	20.96	0.41	–	100.68
КМ-125/1	50.43	0.76	2.55	0.02	8.39	0.26	13.78	22.28	0.29	–	98.77
КМ-125/2	49.84	0.87	3.00	–	8.74	0.21	13.32	23.03	0.40	–	99.43
КМ-125/3	50.66	0.72	1.88	0.06	8.90	0.25	13.99	21.72	0.31	–	98.49
КМ-139/1	50.40	1.42	3.11	0.07	8.28	0.20	13.95	21.30	0.41	–	99.14
КМ-139/2	51.07	0.94	2.22	0.04	8.42	0.24	14.04	20.97	0.48	–	98.41
КМ-139/3	50.79	0.87	2.67	0.13	8.01	0.21	14.87	21.35	0.28	–	99.16
КМ-139/4	51.64	0.92	1.86	0.12	10.98	0.28	14.40	19.61	0.22	–	100.02
КМ-142/1	50.38	0.90	3.52	0.03	8.87	0.33	14.01	20.93	0.41	–	99.38
КМ-142/2	51.51	0.61	3.39	1.31	2.78	0.12	14.19	25.74	0.16	–	99.79
КМ-142/3	50.27	0.56	3.73	0.08	6.09	0.18	15.22	25.02	0.13	–	101.28
КМ-142/4	51.09	0.27	2.82	0.57	3.43	0.10	14.87	26.45	0.04	–	99.64
КМ-187/1	49.36	0.51	4.50	0.18	6.87	0.17	15.11	23.86	0.14	0.03	100.74
КМ-187/2	49.11	0.66	5.07	0.20	5.76	0.15	12.37	25.43	0.15	–	98.90
<b>Амфиболы</b>											
КМ-770	46.61	1.86	6.24	0.09	19.61	0.26	10.34	9.71	3.27	0.35	98.33
КМ-779/1	43.20	1.03	12.58	0.03	13.97	0.13	12.21	10.40	1.95	0.35	95.85
КМ-779/2	42.93	1.16	13.16	–	14.18	0.13	12.18	10.06	1.93	0.38	96.12
КМ-832	41.92	1.64	12.32	0.02	12.90	0.26	14.37	11.82	2.03	1.18	98.45
КМ-838	43.81	1.32	12.42	0.02	13.46	0.53	12.75	9.88	1.84	0.82	96.85
КМ-839	47.97	0.66	5.05	0.05	19.56	0.30	11.73	9.96	2.15	0.11	97.64
КМ-7	44.49	0.59	10.20	0.10	14.83	0.27	13.14	12.30	1.50	1.06	98.47
КМ-10	46.12	0.84	12.15	0.14	13.05	0.22	13.37	12.19	1.14	0.50	99.71
КМ-11/1	44.54	1.32	10.64	0.05	15.04	0.40	11.09	11.71	1.75	1.23	98.58
КМ-11/2	43.43	0.56	15.22	0.09	14.20	0.23	11.96	11.39	1.57	0.36	99.00
КМ-11/3	44.28	0.82	14.70	0.07	14.10	0.17	11.11	8.88	1.49	0.23	95.84
КМ-11/4	42.91	0.80	14.92	0.14	13.99	0.24	11.21	10.93	1.68	0.31	97.13
КМ-15	43.77	1.36	13.32	0.05	16.25	0.33	8.91	11.15	1.36	0.94	97.45
КМ-18	42.14	1.15	12.70	–	19.94	0.56	9.26	11.95	1.60	1.82	101.11
КМ-23	44.11	0.70	15.54	0.10	14.20	0.18	12.18	11.05	1.68	0.32	100.04
КМ-52/1	42.35	1.25	11.88	–	19.11	0.48	8.65	11.77	1.55	1.78	98.82
КМ-52/2	46.46	0.60	9.98	0.03	13.10	0.31	12.46	12.18	1.46	0.82	97.41
КМ-59/1	45.22	0.79	14.48	0.01	13.51	0.19	10.88	10.87	1.66	0.32	97.94
КМ-59/2	47.50	0.86	12.15	0.05	12.60	0.24	11.59	11.79	1.36	0.54	98.68
КМ-59/3	44.33	0.96	9.92	0.22	15.66	0.29	12.23	11.24	1.87	1.12	97.84
КМ-59/4	43.97	0.85	10.00	0.24	15.55	0.36	11.81	11.56	1.74	1.33	97.39
КМ-67/1	46.18	0.63	4.67	0.32	13.50	0.31	16.71	11.23	1.08	0.82	95.45
КМ-67/2	42.27	0.96	7.85	0.43	14.28	0.30	16.02	10.71	1.65	1.30	95.78
КМ-72/1	46.32	0.93	7.82	0.23	14.68	0.33	12.53	11.71	1.39	1.05	96.99
КМ-72/2	42.40	0.68	10.92	0.06	18.53	0.30	9.83	11.26	1.36	1.33	96.65
КМ-77/1	44.67	0.83	15.03	0.01	13.75	0.31	10.84	10.50	1.48	0.27	97.68
КМ-77/2	47.96	0.39	7.54	0.15	12.38	0.28	15.13	12.01	0.94	0.69	97.46

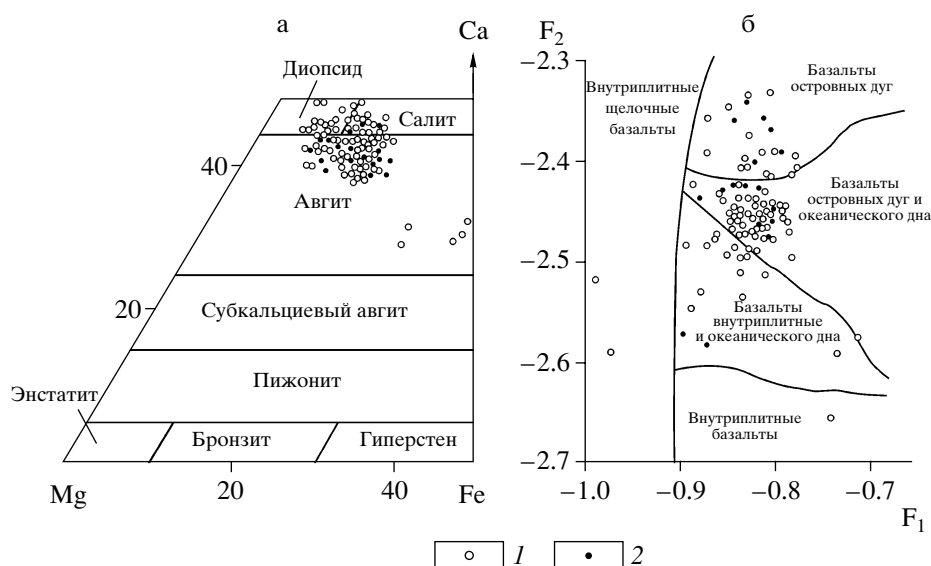
Таблица 1. Продолжение

Номер пробы	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO*	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Сумма
КМ-78	44.29	0.97	9.82	0.25	15.50	0.30	11.76	11.39	1.46	1.14	96.87
КМ-201/1	48.54	0.77	5.83	0.03	14.94	–	12.93	10.95	0.43	0.22	94.63
КМ-201/2	44.88	1.27	8.58	0.04	15.15	–	12.99	10.32	1.32	0.51	95.06
КМ-223/1	45.42	1.04	10.88	0.05	19.40	–	7.88	11.05	1.55	0.88	98.12
КМ-223/2	47.70	0.62	8.65	0.07	13.15	–	13.54	11.57	1.44	0.81	97.55
КМ-819А	51.46	0.51	2.95	0.02	15.36	0.51	14.76	13.67	0.34	0.09	99.65
КМ-824/1	41.74	3.15	10.34	0.06	12.74	0.32	13.49	11.10	2.31	0.93	96.19
КМ-824/2	41.87	3.15	10.74	0.05	12.70	0.28	13.26	10.61	2.40	0.94	96.01
КМ-825/1	45.61	1.11	10.97	0.09	14.85	0.23	12.03	11.08	2.11	0.29	98.37
КМ-825/2	43.91	1.00	13.14	0.06	14.87	0.23	12.96	10.36	1.90	0.37	98.81
КМ-82	41.76	0.93	14.01	0.05	15.84	0.34	10.01	11.04	1.24	0.74	95.95
КМ-108/1	45.15	0.84	14.33	0.05	13.61	0.24	11.30	10.65	1.60	0.36	98.14
КМ-108/2	45.77	0.93	9.28	0.20	15.49	0.34	12.02	11.90	1.56	1.19	98.68
КМ-108/3	45.33	0.84	13.46	0.03	13.57	0.21	11.27	10.74	1.50	0.34	97.28
КМ-109/1	40.11	2.56	7.26	0.02	18.02	0.41	10.69	11.33	3.62	1.56	95.59
КМ-109/2	43.43	1.47	9.80	0.34	20.04	0.35	8.38	11.75	1.90	1.08	98.55
КМ-125/1	46.59	0.45	8.35	0.08	12.81	0.25	13.11	13.09	1.32	0.72	96.77
КМ-125/2	46.87	0.47	7.92	0.03	12.70	0.27	12.97	12.77	1.34	0.78	96.12
КМ-571	43.15	1.48	10.18	–	17.37	0.26	9.37	11.85	2.14	0.52	96.31
КМ-142/1	43.05	1.21	10.70	0.26	14.80	0.35	10.41	12.98	1.99	1.44	97.20
КМ-142/2	43.13	1.04	11.28	0.28	14.61	0.34	10.23	12.94	1.75	1.21	96.81
<b>Хромиты</b>											
КМ-759/1	н.а.	0.43	14.44	48.35	28.09	0.38	8.70	н.а.	н.а.	н.а.	100.40
КМ-759/2	н.а.	0.36	9.71	53.78	28.83	0.45	7.59	н.а.	н.а.	н.а.	100.72
КМ-759/3	н.а.	0.47	12.20	51.13	28.70	0.40	8.50	н.а.	н.а.	н.а.	101.41
КМ-776/1	н.а.	0.62	14.60	48.74	22.92	0.24	13.57	н.а.	н.а.	н.а.	100.70
КМ-776/2	н.а.	1.73	21.89	38.28	28.47	0.22	11.22	н.а.	н.а.	н.а.	101.82
КМ-835/1	н.а.	0.63	12.42	52.40	24.63	0.24	10.57	н.а.	н.а.	н.а.	100.90
КМ-835/2	н.а.	1.45	30.65	29.80	26.99	0.11	12.78	н.а.	н.а.	н.а.	101.79
КМ-835/3	н.а.	1.61	20.34	38.49	31.61	0.30	5.92	н.а.	н.а.	н.а.	98.28
КМ-835/4	н.а.	1.45	24.05	38.57	22.38	0.15	13.18	н.а.	н.а.	н.а.	99.80
КМ-839/1	н.а.	0.52	6.62	61.22	21.35	0.29	9.91	н.а.	н.а.	н.а.	99.92
КМ-839/2	н.а.	0.93	14.77	42.82	30.53	0.22	10.81	н.а.	н.а.	н.а.	100.08
КМ-10	н.а.	0.49	19.72	46.65	24.96	0.03	8.50	н.а.	н.а.	н.а.	100.36
КМ-34/1	н.а.	0.51	3.24	62.94	22.55	0.03	8.99	н.а.	н.а.	н.а.	98.26
КМ-34/2	н.а.	0.70	13.80	42.77	28.50	0.02	13.33	н.а.	н.а.	н.а.	99.12
КМ-41/1	н.а.	0.33	11.98	47.22	26.50	0.02	13.22	н.а.	н.а.	н.а.	99.29
КМ-41/2	н.а.	0.40	15.13	53.52	20.31	0.02	10.87	н.а.	н.а.	н.а.	100.26
КМ-51/1	н.а.	0.57	14.30	47.80	21.44	0.22	14.44	н.а.	н.а.	н.а.	98.78
КМ-51/2	н.а.	0.30	11.39	55.70	14.40	0.19	16.09	н.а.	н.а.	н.а.	98.08
КМ-67/1	н.а.	0.28	22.99	30.91	32.41	0.02	12.66	н.а.	н.а.	н.а.	99.27
КМ-67/2	н.а.	0.28	19.48	36.21	32.55	0.02	12.85	н.а.	н.а.	н.а.	101.40
КМ-68/1	н.а.	0.30	7.54	55.71	20.94	0.32	14.48	н.а.	н.а.	н.а.	99.30
КМ-68/2	н.а.	0.26	9.47	55.50	19.59	0.32	13.84	н.а.	н.а.	н.а.	98.99
КМ-78/1	н.а.	0.56	16.54	48.03	19.95	0.22	14.09	н.а.	н.а.	н.а.	98.60
КМ-78/2	н.а.	0.57	13.53	49.19	27.95	0.32	8.82	н.а.	н.а.	н.а.	100.39
КМ-797/1	н.а.	0.87	13.13	48.97	30.71	0.37	6.19	н.а.	н.а.	н.а.	100.24
КМ-797/2	н.а.	0.38	4.18	64.52	21.62	0.31	9.32	н.а.	н.а.	н.а.	100.33
КМ-797/3	н.а.	0.36	23.79	44.30	18.02	0.24	13.21	н.а.	н.а.	н.а.	99.93
КМ-797/4	н.а.	0.70	7.76	56.71	29.29	0.48	6.79	н.а.	н.а.	н.а.	101.74
КМ-801/1	н.а.	0.82	7.65	54.33	29.03	0.37	8.30	н.а.	н.а.	н.а.	100.51
КМ-801/2	н.а.	0.93	10.70	49.85	29.21	0.29	9.86	н.а.	н.а.	н.а.	100.87
КМ-801/3	н.а.	0.93	14.60	44.89	30.73	0.30	8.48	н.а.	н.а.	н.а.	99.93

Таблица 1. Окончание

Номер пробы	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO*	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Сумма
КМ-816/1	н.а.	0.90	25.82	40.52	17.56	0.15	15.13	н.а.	н.а.	н.а.	100.09
КМ-816/2	н.а.	0.68	36.91	29.00	16.90	0.11	16.98	н.а.	н.а.	н.а.	100.59
КМ-816/3	н.а.	1.73	7.91	50.08	34.40	0.42	6.36	н.а.	н.а.	н.а.	100.91
КМ-819А	н.а.	0.58	8.82	54.73	22.67	0.27	12.16	н.а.	н.а.	н.а.	99.23
КМ-824/1	н.а.	0.89	14.96	44.54	29.27	0.29	11.22	н.а.	н.а.	н.а.	101.18
КМ-824/2	н.а.	0.66	9.72	54.71	22.63	0.30	12.65	н.а.	н.а.	н.а.	100.68
КМ-825/1	н.а.	0.19	21.22	50.54	16.04	0.23	12.89	н.а.	н.а.	н.а.	101.11
КМ-825/2	н.а.	1.74	18.76	42.49	30.94	0.35	7.20	н.а.	н.а.	н.а.	101.49
КМ-109/1	н.а.	0.76	11.03	52.89	21.13	0.28	13.53	н.а.	н.а.	н.а.	99.64
КМ-109/2	н.а.	1.08	7.71	53.41	30.75	0.36	6.95	н.а.	н.а.	н.а.	100.31
КМ-571	н.а.	0.75	8.42	52.63	26.28	0.19	11.54	н.а.	н.а.	н.а.	99.83
КМ-142	н.а.	0.71	11.36	47.36	32.87	0.41	8.43	н.а.	н.а.	н.а.	101.13
КМ-143/1	н.а.	0.44	7.92	57.79	21.86	0.33	12.52	н.а.	н.а.	н.а.	100.87
<b>Гранаты</b>											
КМ-759/1	37.96	0.23	20.45	0.04	31.35	1.20	5.86	2.05	0.01	0.01	99.16
КМ-759/2	37.60	0.19	21.11	0.07	34.63	3.61	2.44	1.17	0.06	0.01	100.90
КМ-759/3	38.51	0.18	20.34	0.12	33.14	1.24	4.49	1.25	0.02	0.01	99.30
КМ-776/1	38.55	0.07	18.96	–	29.05	8.99	0.56	3.15	0.01	0.01	99.37
КМ-776/2	39.09	0.13	19.86	–	33.94	0.52	3.62	2.06	–	0.01	99.23
КМ-776/3	38.33	0.11	20.18	0.04	33.47	0.69	5.38	0.87	0.07	–	99.15
КМ-838/1	38.58	0.15	22.00	0.08	29.71	0.62	7.99	1.15	0.01	0.01	100.30
КМ-838/2	38.10	0.15	21.40	0.14	31.76	1.33	5.48	1.20	–	–	99.56
КМ-839/1	37.50	0.10	20.30	0.02	32.95	0.50	3.80	2.93	0.02	–	98.13
КМ-839/2	36.59	0.08	20.93	0.04	33.41	2.15	3.14	2.16	0.04	0.01	98.55
КМ-839/3	36.03	0.16	19.80	0.04	27.52	12.88	2.55	0.69	0.03	0.01	99.70
КМ-35	38.05	0.28	21.87	0.06	35.65	0.35	4.12	0.57	0.02	–	100.98
КМ-43	37.76	0.36	20.34	0.09	29.81	1.45	1.63	8.80	0.01	–	100.26
КМ-78	41.48	0.17	20.27	0.09	27.33	0.63	9.60	0.92	0.01	–	100.51
КМ-813/1	36.65	0.10	20.92	0.05	29.02	4.53	1.60	3.63	0.03	–	96.54
КМ-813/2	37.27	0.21	20.09	–	25.31	15.73	0.52	0.17	0.09	0.01	99.41
КМ-813/3	37.11	0.11	20.00	–	28.20	10.22	0.91	0.62	0.06	–	97.23
КМ-815/1	38.47	0.23	19.65	0.03	34.67	0.80	2.85	3.38	0.01	–	100.01
КМ-815/2	39.16	0.35	19.81	0.03	29.62	0.78	8.21	2.75	–	0.01	100.72
КМ-815/3	38.38	0.22	19.70	0.11	34.32	0.70	4.74	1.08	0.04	0.01	99.30
КМ-815/4	38.10	0.45	19.41	0.10	34.23	1.34	5.28	1.51	–	0.02	100.42
КМ-819А/1	37.29	0.17	20.60	0.01	24.09	17.84	–	0.42	0.04	0.02	100.47
КМ-819А/2	37.96	0.08	20.86	0.01	34.46	1.34	3.25	1.25	0.05	0.01	99.26
КМ-819А/3	38.73	0.07	21.28	0.02	31.59	0.98	5.71	0.98	0.02	0.02	99.40
КМ-819А/4	36.88	0.11	19.51	–	29.72	11.89	0.18	0.34	0.06	0.01	98.71
КМ-825/1	38.82	0.31	18.21	0.11	21.52	14.18	1.30	6.77	0.06	0.01	101.29
КМ-825/2	39.20	0.18	17.57	0.04	32.74	0.86	0.96	7.52	0.04	0.01	99.14
КМ-825/3	38.77	0.54	14.08	0.06	17.30	22.22	0.69	5.64	0.05	0.02	99.37
КМ-94/1	38.39	0.20	21.69	0.07	30.96	0.56	7.30	1.22	0.07	0.02	100.46
КМ-94/2	38.53	0.25	21.12	0.09	32.88	1.52	5.04	1.18	0.06	–	100.67
КМ-94/3	39.29	0.23	21.21	0.01	24.04	1.20	8.49	6.13	0.06	0.01	100.68
КМ-109/1	40.08	0.22	20.98	0.05	31.80	0.94	5.06	1.60	–	–	100.73
КМ-109/2	41.42	0.15	20.99	0.08	26.93	2.10	5.68	4.42	–	–	101.78
КМ-109/3	37.70	0.06	0.89	0.03	28.24	0.28	–	31.99	–	–	99.20
КМ-571/1	37.90	0.33	19.44	0.08	36.02	1.15	3.39	0.84	–	0.01	99.15
КМ-571/2	36.29	0.15	19.74	0.04	25.37	16.42	0.17	1.16	–	–	99.35
КМ-173/1	38.91	0.33	21.45	0.14	33.16	0.98	5.21	1.32	–	0.01	101.50
КМ-173/2	38.94	0.29	20.72	0.04	31.03	0.90	7.09	1.59	0.07	0.02	100.68

Примечание. FeO\* – общее железо. Прочерк – не обнаружено, н.а. – не анализировалось. Анализы выполнены на рентгеновском микроанализаторе JXA-5 в ДВГИ ДВО РАН В.И. Сапину и Н.И. Екимовой.



**Рис. 5.** а – диаграмма состава обломочных клинопироксенов из песчаников и клинопироксенов из базальтов. б – дискриминационная диаграмма для клинопироксенов из базальтов различных тектонических обстановок [Nisbet, Pearce, 1977]. 1 – клинопироксены из песчаников, 2 – клинопироксены из базальтов.

$$F_1 = -0.012 \cdot \text{SiO}_2 - 0.0807 \cdot \text{TiO}_2 + 0.0026 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 - 0.0012 \cdot \text{FeO} - 0.0026 \cdot \text{MnO} + 0.0087 \cdot \text{MgO} - 0.0128 \cdot \text{CaO} - 0.0419 \cdot \text{Na}_2\text{O};$$

$$F_2 = -0.0496 \cdot \text{SiO}_2 - 0.0818 \cdot \text{TiO}_2 - 0.02126 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 - 0.0041 \cdot \text{FeO} - 0.1435 \cdot \text{MnO} - 0.0029 \cdot \text{MgO} - 0.0085 \cdot \text{CaO} + 0.0160 \cdot \text{Na}_2\text{O}.$$

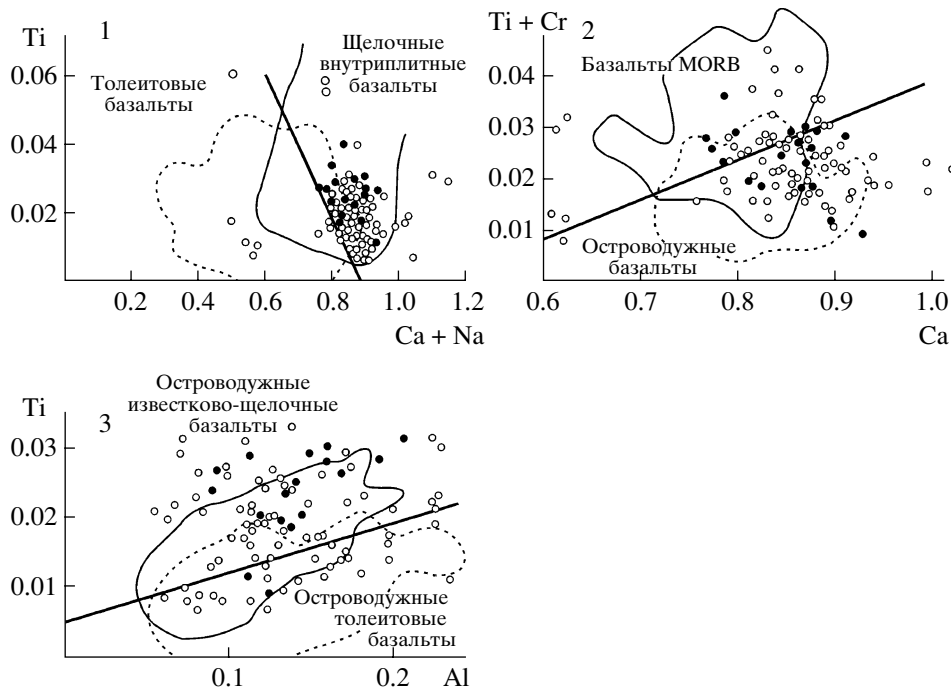
хромитам из высокощелочных внутриплитных базальтов. На преимущественно островодужный характер источников обломочного материала осадков указывает также и состав **амфиболов**, обнаруженных в тяжелой фракции песчаников, которые близки амфиболам из вулканических пород островных дуг (рис. 8) [Nechaev, 1990]. **Гранаты** из песчаников относятся, главным образом, к альмандину, и лишь изредка в них присутствует гроссуляровый либо спессартитовый компонент. Они происходили, скорее всего, из размывавшихся кислых интрузивных и эффузивных пород, хотя метаморфические породы также не исключаются. Источником гранатов, вероятно, был фундамент островной дуги, образованный сиалической континентальной корой.

Таким образом, состав тяжелых обломочных минералов песчаников показывает, что основным источником обломочного материала были субщелочные и известково-щелочные базальты островной вулканической дуги, ее сиалический фундамент, а также причлененные к дуге в результате тектонического скупивания блоки океанической земной коры.

#### Химический состав песчаников

По химическому составу (табл. 2) песчаники бассейна р. Кемы довольно однородны:  $\text{SiO}_2$  в них от 65 до 83%,  $\text{TiO}_2$  – 0.12–0.66%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 6.30–13.92%,  $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0.98–5.52%,  $\text{MgO}$  – 0.20–3.12%,  $\text{CaO}$  – 0.14–5.19%,  $\text{Na}_2\text{O}$  – 0.15–3.52%,  $\text{K}_2\text{O}$  –

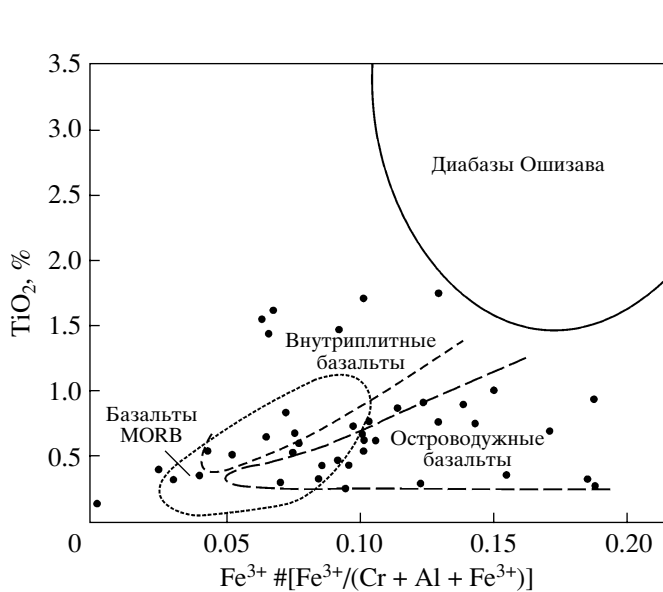
0.94–4.04%. Такие содержания породообразующих окислов указывают на состав песчаников промежуточный между аркозами и граувакками. Химический состав песчаников, так же как соотношение породообразующих компонентов и набор тяжелых обломочных минералов, зависит от состава материнских пород, который в свою очередь обусловлен тектоническими обстановками их формирования. Генетическая интерпретация химического состава, основанная на тех же принципах, что и интерпретация породообразующих компонентов, приведена на рис. 9. На диаграммах М. Бхатиа [Bhatia, 1983] (см. рис. 9а), используемых для разделения песчаников из бассейнов различных тектонических обстановок, большинство кемских песчаников соответствует либо приближается к песчаникам активных континентальных окраин, а также бассейнов, сопряженных с островными дугами, развитыми на континентальной коре. Не совсем точное попадание точек в поле континентальных островных дуг, вызванное низким содержанием в песчаниках суммарного железа и магния, объясняется высокой “зрелостью” пород, связанной с их обогащением кварцем и кремневыми породами. На диаграмме Ж. Мейнарда [Maunard et al., 1982] (см. рис. 9б) песчаники, несмотря на разброс точек, ближе всего к пескам из бассейнов пассивных континентальных окраин, либо окраинно-континентальных дуг. Отклонение точек от полей бассейнов активных континентальных окраин и окраинно-континентальных дуг объясняется в целом нехарактерным для дан-



**Рис. 6.** Дискриминационные диаграммы для клинопироксенов из базальтов различных тектонических обстановок [Leterrier, et. al., 1982].

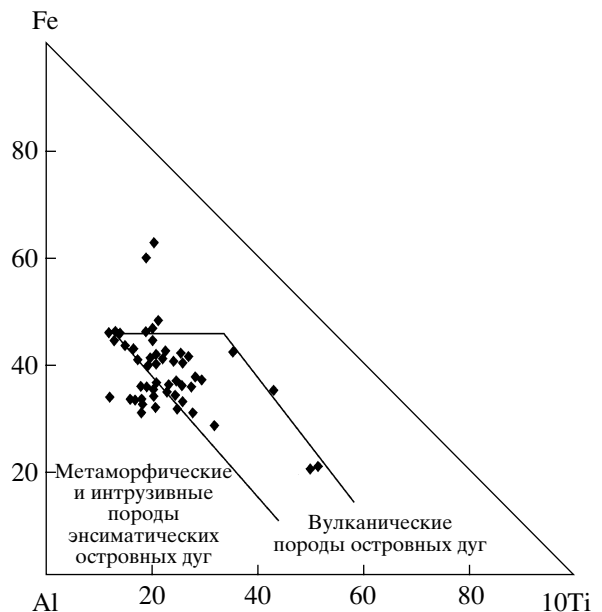
Поля составов клинопироксенов из различных базальтов показаны соответственно сплошной и пунктирной линиями. Элементы даны в формульных единицах.

Условные обозначения см. рис. 5.



**Рис. 7.** Дискриминационная диаграмма состава обломочных хромитов из песчаников р. Кемы и из базальтов различных тектонических обстановок [Arai, 1992].

ного типа песчаников преобладанием К над Na, что обусловлено большим содержанием в них обломков высококалийных базальтов (шошонитов).



**Рис. 8.** Диаграмма состава обломочных амфиболов из песчаников р. Кемы и их вероятных вулканических источников [Nechaev, 1991].

### Глинистые породы

В зависимости от литологического типа пород (алевролиты, аргиллиты, алевроаргиллиты), насыщенность их алевритовым обломочным мате-

Таблица 2. Химический состав (% массы) терригенных пород бассейна р. Кемы

Номер пробы	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	п.п.п.	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	Сумма
<b>Песчаные породы</b>														
<i>Меандровская свита</i>														
КМ-908	75.50	0.23	9.19	0.82	1.64	0.14	1.19	2.84	2.37	1.76	0.04	3.68	0.17	99.57
КМ-921	73.87	0.24	10.31	1.12	2.16	0.14	0.02	4.23	1.84	1.64	0.12	3.96	0.15	99.80
КМ-927	77.05	0.12	8.98	1.30	1.14	0.05	0.55	2.77	1.97	1.36	0.06	3.97	0.18	99.50
КМ-930	76.68	0.26	8.52	1.32	1.29	0.04	0.68	2.08	2.04	1.57	0.21	4.52	0.40	99.61
КМ-931	64.16	0.44	12.06	2.38	3.14	0.06	3.01	3.70	2.80	1.28	0.13	5.79	0.46	99.68
КМ-934	70.51	0.35	10.36	1.37	2.79	0.07	1.68	3.09	2.61	1.51	0.15	5.07	0.25	99.81
КМ-940	74.69	0.27	9.10	0.96	2.88	0.05	0.95	1.83	2.13	1.23	0.16	5.14	0.25	99.64
КМ-946	72.14	0.37	10.17	3.37	1.09	0.07	1.22	2.19	2.57	1.47	0.19	4.56	0.36	99.77
КМ-950	71.71	0.35	10.50	1.57	1.37	0.08	0.83	3.16	2.58	1.57	0.19	5.37	0.35	99.63
КМ-953	72.85	0.40	10.44	0.89	2.36	0.07	0.96	1.95	2.40	1.74	0.19	5.44	0.23	99.92
КМ-760	72.30	0.46	7.86	2.92	1.23	0.08	1.72	3.83	2.00	1.39	0.12	5.92	0.38	100.01
КМ-762	69.08	0.23	10.26	6.41	1.28	0.08	2.07	1.97	2.62	0.99	0.09	4.49	0.24	99.81
КМ-768	72.81	0.27	9.55	2.08	2.01	0.08	1.50	2.51	2.25	1.56	0.11	4.77	0.23	99.73
КМ-772	75.47	0.40	10.61	1.68	2.04	0.04	1.06	0.78	2.45	1.97	0.17	2.80	0.27	99.74
КМ-782	71.73	0.35	11.70	1.09	3.37	0.05	1.30	1.90	2.34	2.04	0.16	4.14	0.27	100.39
КМ-787	82.97	0.17	8.13	1.47	0.51	0.05	0.53	0.39	2.67	1.41	0.08	1.60	0.30	100.28
КМ-789	81.95	0.21	8.31	1.04	0.89	0.05	0.63	0.51	2.51	1.51	0.06	1.68	0.28	99.63
КМ-791	78.45	0.25	9.95	1.68	0.89	0.04	0.89	0.52	2.56	1.98	0.13	2.76	0.25	100.35
КМ-792	78.38	0.35	10.47	2.48	0.80	0.03	1.09	0.63	2.35	1.90	0.13	0.39	0.51	99.51
КМ-833	76.19	0.34	11.12	2.89	0.80	0.02	1.06	0.59	2.25	2.06	0.17	1.70	0.36	99.56
КМ-835	72.60	0.26	8.65	1.31	3.64	0.16	2.00	2.94	1.78	1.57	0.16	4.02	0.38	99.47
<i>Кемская свита</i>														
<i>Нижняя подсвета</i>														
КМ-4	79.20	0.16	6.21	1.45	1.80	0.11	1.29	3.59	1.06	0.94	0.08	3.37	0.18	99.44
КМ-6/А	76.09	0.37	10.90	2.61	0.82	0.03	2.01	0.14	1.50	1.71	0.11	2.72	0.78	99.79
КМ-7	81.71	0.14	7.42	1.63	0.71	0.03	0.79	1.65	1.20	1.13	0.06	2.72	0.18	99.37
КМ-10	71.84	0.43	12.28	0.85	3.82	0.04	1.50	1.25	2.30	1.35	0.15	3.27	0.43	99.51
КМ-17	78.66	0.26	8.77	1.41	1.72	0.05	1.20	2.10	1.10	1.24	0.10	3.07	0.23	99.91
КМ-18	79.84	0.29	6.77	2.05	1.23	0.12	0.79	2.19	1.50	1.00	0.09	3.28	0.39	99.54
КМ-34	80.95	0.25	8.18	1.01	0.69	0.03	1.69	1.60	1.28	1.22	0.09	2.32	0.28	99.59
КМ-37	68.55	0.42	12.18	0.06	3.10	0.06	2.91	2.79	1.62	2.55	0.23	4.98	0.10	99.55
КМ-46	73.35	0.20	8.17	0.30	2.85	0.07	1.49	4.57	1.22	1.29	0.05	5.51	0.39	99.46
КМ-57	66.00	0.66	16.19	0.29	2.48	0.02	2.64	1.85	1.93	3.49	0.13	3.84	0.17	99.69
КМ-329	69.43	0.47	11.09	1.77	1.73	0.05	1.29	3.60	2.02	1.84	0.15	5.62	0.58	99.64
КМ-333	78.50	0.29	8.81	0.58	1.97	0.01	1.71	1.68	1.29	1.98	0.10	3.10	0.05	100.07
КМ-64	75.02	0.32	9.68	0.93	2.29	0.10	1.27	2.43	0.48	3.44	0.12	3.60	0.20	99.88
КМ-67	74.57	0.32	8.15	1.05	1.39	0.20	3.12	3.57	1.39	1.62	0.05	4.07	0.28	99.78
КМ-69	77.75	0.33	11.14	0.93	0.40	0.03	1.00	1.22	1.46	2.61	0.16	2.52	0.37	99.92
КМ-76	71.80	0.39	11.26	1.04	2.62	0.12	1.24	2.04	1.26	2.67	0.09	4.72	0.31	99.56
КМ-79	72.32	0.38	11.46	1.81	3.08	0.04	2.40	0.56	2.47	2.16	0.13	2.35	0.45	99.61
КМ-213	72.82	0.58	14.21	1.28	1.21	0.02	1.00	0.28	1.68	2.90	0.24	3.05	0.16	99.43
КМ-223	80.19	0.22	8.52	1.97	1.79	0.03	1.40	0.14	1.99	1.23	0.10	1.75	0.25	99.58
КМ-321	74.92	0.43	11.14	0.40	2.43	0.04	1.31	2.24	2.06	2.12	0.08	2.48	0.32	99.97
КМ-322	74.11	0.41	11.18	0.80	2.34	0.04	2.80	0.69	1.83	2.54	0.12	2.81	0.09	99.76
КМ-725	79.35	0.30	9.15	0.30	2.25	0.06	1.08	0.65	2.39	1.68	0.11	2.05	0.24	99.61
КМ-730	74.90	0.29	10.28	2.39	1.23	0.04	1.18	1.23	2.64	2.54	0.16	2.66	0.31	99.85
КМ-739	82.80	0.17	7.56	0.42	1.85	0.03	0.83	0.56	2.91	1.85	0.07	0.27	0.28	99.60

Таблица 2. Продолжение

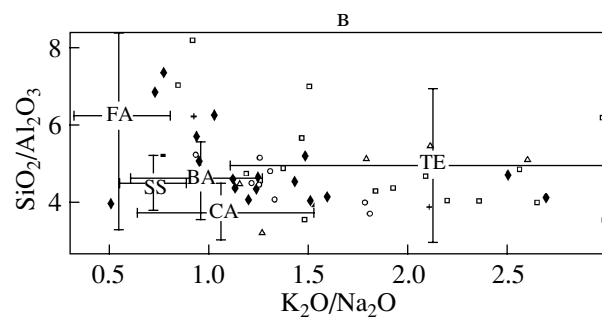
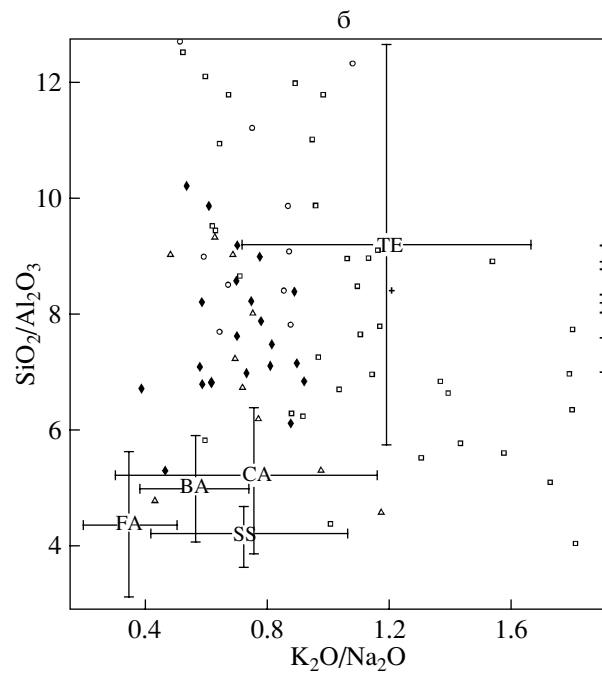
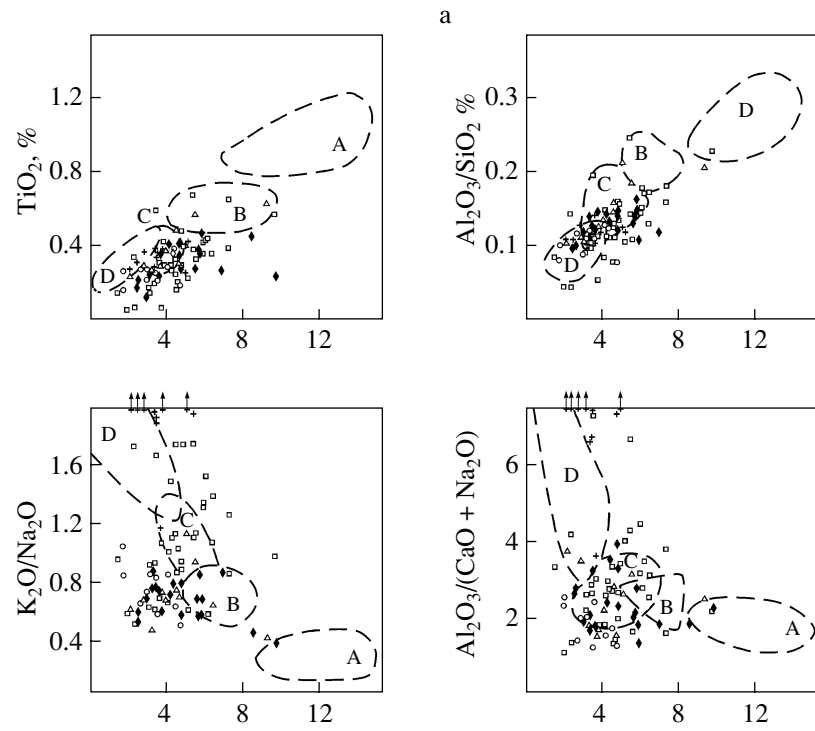
Номер пробы	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	п.п.п.	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	Сумма
КМ-741	62.20	0.56	14.11	1.88	4.72	0.09	3.09	3.56	2.96	2.97	0.17	2.40	0.84	99.55
КМ-742	63.70	0.64	11.49	1.17	4.10	0.08	2.03	4.76	2.36	3.07	0.16	6.01	0.33	99.90
КМ-743	75.70	0.24	9.68	1.86	1.48	0.05	1.15	1.03	2.55	2.97	0.12	2.48	0.30	99.61
КМ-744	69.60	0.35	12.01	2.58	2.05	0.07	1.80	1.77	2.10	3.00	0.14	3.86	0.36	99.66
КМ-801	72.72	0.35	10.61	2.24	1.93	0.08	1.76	0.96	2.41	3.29	0.12	2.48	0.55	99.50
КМ-804	80.40	0.19	8.47	1.56	0.97	0.06	0.87	0.13	3.07	1.89	0.06	1.40	0.44	99.52
КМ-809	74.59	0.35	9.73	2.26	2.12	0.06	2.02	1.43	2.39	2.63	0.12	2.23	0.26	100.19
КМ-816	85.60	0.14	7.27	0.68	0.30	0.02	0.50	0.41	1.78	1.74	0.09	1.23	0.17	99.93
КМ-900Б	88.71	0.06	3.94	1.92	0.11	0.03	0.33	1.32	1.57	0.81	0.05	0.93	0.15	99.99
КМ-900Б	88.71	0.06	3.94	1.92	0.11	0.03	0.33	1.32	1.57	0.81	0.05	0.93	0.15	99.99
КМ-901	86.99	0.05	3.93	1.49	0.08	0.04	0.40	1.98	1.58	0.93	0.06	2.28	0.90	99.90
КМ-902	85.11	0.06	4.60	3.50	0.15	0.09	0.11	1.35	1.21	1.32	0.10	2.64	0.15	100.39
<i>Средняя подсвита</i>														
КМ-97	80.59	0.29	8.85	1.18	0.57	0.03	1.10	0.63	1.89	1.29	1.10	2.16	0.09	99.77
КМ-108	65.09	0.40	13.92	2.55	1.30	0.08	1.20	2.98	2.26	2.64	0.15	6.48	0.57	99.62
КМ-109	74.39	0.37	10.19	2.69	0.67	0.12	0.67	2.59	1.98	1.36	0.23	4.38	0.37	100.01
КМ-571	82.24	0.23	8.74	0.99	0.44	0.02	0.70	0.42	1.90	1.18	0.07	2.52	0.18	99.63
КМ-570	66.14	0.62	13.60	1.90	3.62	0.06	3.79	1.88	3.52	1.49	0.14	2.05	0.65	99.46
КМ-705	69.72	0.30	10.23	1.76	1.60	0.12	1.32	4.61	2.23	1.59	0.63	5.64	0.37	100.12
КМ-716	68.62	0.56	12.73	3.14	1.19	0.10	1.17	1.77	2.25	2.18	0.30	5.39	0.07	100.11
КМ-717	78.66	0.27	8.63	1.77	0.70	0.04	0.79	2.48	2.25	1.07	0.09	3.51	0.42	100.08
КМ-718	72.16	0.48	11.48	1.02	2.20	0.07	1.35	1.75	2.31	1.76	0.17	4.62	0.56	99.93
КМ-719	75.00	0.29	9.27	1.34	1.17	0.07	1.21	3.30	1.88	1.40	0.20	4.70	0.42	100.25
<i>Верхняя подсвита</i>														
КМ-132	72.66	0.38	9.43	1.21	1.95	0.06	1.30	3.34	2.09	1.33	0.16	5.12	0.38	99.41
КМ-135	72.59	0.29	9.28	1.19	1.09	0.08	1.86	3.90	2.12	1.85	0.09	4.74	0.49	99.57
КМ-143	85.01	0.16	6.92	1.03	0.20	0.05	0.51	1.07	1.65	1.77	0.03	1.52	0.19	100.11
КМ-153	80.75	0.21	7.19	1.09	0.63	0.02	1.25	1.17	2.59	1.93	0.03	2.23	0.62	99.71
КМ-176	79.09	0.21	8.78	1.60	1.16	0.03	0.80	0.83	2.81	1.64	0.08	1.83	0.57	99.43
КМ-187	77.45	0.18	6.10	1.05	1.43	0.04	2.25	3.10	1.70	0.86	0.03	5.26	0.41	99.86
КМ-304	81.33	0.26	8.23	1.39	0.19	0.03	0.20	1.95	1.60	1.38	0.07	2.54	0.36	99.53
КМ-306	77.51	0.27	8.52	0.93	1.16	0.09	1.09	2.29	1.87	1.62	0.10	4.30	0.30	100.05
КМ-314	71.97	0.25	8.55	1.22	1.24	0.08	1.01	5.19	1.71	1.45	0.10	6.54	0.36	99.67
КМ-316	74.65	0.27	8.77	1.36	0.70	0.07	0.60	4.19	2.05	1.36	0.09	5.30	0.30	99.71
<i>Лужкинская свита</i>														
КМ-846	82.58	0.27	8.82	1.04	0.52	0.03	0.56	0.23	0.15	2.61	0.12	2.38	0.49	99.80
КМ-847	81.48	0.38	8.49	0.94	1.15	0.05	1.49	0.14	1.26	2.49	0.05	1.88	0.40	100.00
КМ-849	81.73	0.30	8.84	0.56	1.22	0.03	0.72	0.22	0.16	3.57	0.08	1.93	0.23	99.59
КМ-851	79.57	0.36	10.16	1.52	0.50	0.03	0.81	0.18	0.19	3.55	0.10	2.28	0.33	99.58
КМ-852	78.15	0.41	9.33	2.72	0.68	0.07	1.77	0.19	1.00	2.62	0.10	2.45	0.32	99.81
КМ-854	76.61	0.25	9.63	0.81	1.41	0.11	2.81	0.68	0.27	3.75	0.05	2.69	0.42	99.49
КМ-855	77.40	0.36	11.03	1.30	1.52	0.04	0.82	0.39	1.28	2.97	0.10	2.15	0.21	99.57
КМ-856	81.50	0.28	8.55	1.59	0.75	0.04	0.99	0.30	0.15	3.44	0.10	1.77	0.41	99.87
КМ-859	79.23	0.36	9.45	1.52	1.12	0.02	1.17	0.52	2.08	2.58	0.09	1.59	0.20	99.93
<b>Глинистые породы</b>														
<i>Меандровская свита</i>														
КМ-907	68.42	0.48	14.68	1.64	2.51	0.06	0.72	1.52	2.33	2.94	0.24	3.73	0.24	99.51
КМ-917	65.71	0.47	15.79	1.98	2.82	0.06	1.14	2.10	1.04	2.80	0.27	5.42	0.41	100.01
КМ-918	71.29	0.30	9.68	1.53	4.01	0.12	1.54	2.84	1.76	1.37	0.11	4.72	0.23	99.50
КМ-920	68.74	0.48	13.19	0.87	3.98	0.04	0.48	1.99	2.01	2.99	0.12	4.33	0.28	99.50

Таблица 2. Окончание

Номер пробы	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	п.п.п.	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	Сумма
КМ-929	66.91	0.48	14.13	1.53	3.09	0.07	1.59	1.76	0.78	2.76	0.20	6.51	0.39	100.15
КМ-937	64.41	0.69	15.76	3.94	1.97	0.04	1.18	0.80	1.84	2.78	0.37	4.99	0.83	99.63
КМ-944	63.78	0.66	15.64	4.54	1.53	0.04	1.09	1.23	2.30	2.77	0.30	4.98	0.70	99.54
КМ-947	67.30	0.62	14.58	2.25	2.78	0.04	0.76	0.94	2.22	2.50	0.24	4.84	0.68	99.75
КМ-949	64.36	0.60	14.13	1.36	3.51	0.04	1.30	1.77	1.80	2.58	0.28	7.12	0.77	99.62
КМ-758	65.40	0.70	15.66	2.90	1.64	0.04	1.61	0.65	2.27	3.64	0.16	4.48	0.62	99.77
КМ-759	61.02	0.63	15.31	2.17	5.10	0.08	3.10	1.99	3.54	1.82	0.20	3.94	0.54	99.44
КМ-763	71.42	0.33	10.41	4.19	0.80	0.06	1.48	2.16	2.32	1.71	0.16	4.52	0.34	99.90
КМ-769	66.64	0.73	15.11	2.06	2.91	0.04	1.30	0.79	2.21	2.51	0.26	4.74	0.53	99.83
КМ-774	65.60	0.73	15.01	2.07	2.72	0.04	1.49	1.18	2.15	2.69	0.22	5.22	0.63	99.75
КМ-778	71.00	0.47	12.42	1.41	2.74	0.05	1.31	1.50	2.29	2.16	0.18	4.40	0.40	100.33
КМ-779	70.90	0.35	11.27	1.27	3.33	0.13	2.21	1.61	1.90	1.96	0.14	4.04	0.37	99.48
КМ-784	67.46	0.49	13.28	1.83	2.48	0.04	1.35	2.42	2.39	2.29	0.24	5.14	0.55	99.96
Кемская свита														
<i>Нижняя подсвита</i>														
КМ-1	64.11	0.54	13.64	1.57	3.27	0.06	4.34	1.30	1.66	3.47	0.19	5.23	0.12	99.50
КМ-2	76.02	0.27	9.25	1.55	2.53	0.06	1.70	1.67	1.29	1.19	0.07	3.29	0.51	99.40
КМ-9	64.69	0.69	14.95	1.54	3.74	0.05	1.80	1.63	1.55	2.85	0.19	4.85	0.85	99.38
КМ-11	74.22	0.40	10.54	1.26	2.93	0.08	1.32	1.85	1.69	1.44	0.15	3.51	0.44	99.83
КМ-12	64.20	0.71	15.91	1.91	3.56	0.03	2.02	0.56	1.22	3.23	0.15	5.07	0.73	99.30
КМ-50	71.50	0.39	10.17	1.27	2.77	0.07	1.70	3.20	1.56	2.35	0.14	3.89	0.41	99.42
КМ-71	72.98	0.48	11.86	0.81	2.61	0.04	1.30	0.42	1.03	3.13	0.11	4.21	0.59	99.57
КМ-77	69.60	0.61	14.21	1.97	2.22	0.03	1.49	0.27	1.34	3.43	0.12	3.45	0.75	99.49
КМ-210	69.29	0.54	14.00	0.70	3.68	0.07	1.47	1.69	2.22	3.05	0.11	2.81	0.12	99.75
КМ-724	62.03	0.80	17.32	1.82	3.74	0.09	2.29	0.60	2.19	3.25	0.29	4.72	0.54	99.68
КМ-726	63.68	0.84	17.72	2.20	2.19	0.03	1.30	0.15	1.35	4.05	0.29	5.00	0.83	99.62
КМ-747	63.80	0.70	15.66	2.14	2.56	0.07	1.63	1.57	0.67	4.86	0.19	5.16	0.58	99.60
КМ-750	63.90	0.70	14.52	0.82	3.90	0.04	1.74	2.00	2.00	3.85	0.17	5.27	0.78	99.69
КМ-755	68.80	0.58	12.10	0.65	3.28	0.05	1.55	2.00	2.09	3.07	0.17	4.86	0.59	99.79
КМ-805	67.53	0.57	14.25	4.32	1.10	0.04	1.13	0.86	2.37	2.82	0.21	3.93	0.62	99.75
КМ-807	64.70	0.63	15.97	3.18	2.15	0.03	1.73	1.12	1.50	3.54	0.15	4.14	0.71	99.55
<i>Средняя подсвита</i>														
КМ-121	56.54	0.60	17.26	2.26	3.67	0.06	3.83	3.58	2.63	3.35	0.17	4.92	0.71	99.58
КМ-128	66.55	0.64	12.94	4.65	1.81	0.13	0.91	1.02	1.41	2.53	0.10	6.46	0.36	99.51
КМ-706	67.51	0.58	14.96	3.56	0.90	0.06	1.32	0.25	2.02	2.31	0.26	4.96	1.13	99.82
КМ-707	67.50	0.45	12.19	3.63	0.50	0.06	0.90	3.76	0.90	1.90	0.15	6.97	0.74	99.67
КМ-712	67.41	0.60	13.22	3.19	0.89	0.12	1.24	2.18	0.77	2.20	0.37	6.80	0.97	99.96
<i>Верхняя подсвита</i>														
КМ-131	65.59	0.52	12.51	2.76	1.78	0.05	3.40	1.65	2.67	2.52	0.14	6.14	0.38	100.11
КМ-133	66.74	0.59	13.88	1.42	3.24	0.03	1.41	1.68	2.05	2.69	0.13	4.80	0.80	99.46
КМ-139	67.20	0.51	15.06	0.27	3.39	0.14	0.34	2.49	1.93	2.43	0.11	5.34	0.38	99.59
КМ-146	67.99	0.58	13.17	1.80	2.24	0.03	2.20	0.84	2.10	2.65	0.12	4.82	0.88	99.42
КМ-149	65.89	0.63	14.56	1.31	2.09	0.04	2.53	1.53	1.87	2.28	0.10	6.24	0.49	99.56
КМ-189	62.47	0.72	15.39	3.39	1.67	0.04	2.26	1.42	2.20	2.95	0.22	6.69	0.35	99.77
КМ-194	61.76	0.69	15.41	1.52	3.10	0.04	2.01	1.51	1.73	3.09	0.20	7.72	0.84	99.62
КМ-196	60.34	0.70	16.14	1.34	3.52	0.04	2.03	1.53	1.95	3.53	0.12	7.31	1.07	99.62
Лужкинская свита														
КМ-857	72.52	0.37	11.62	1.51	1.35	0.05	1.20	3.93	2.37	2.20	0.12	2.10	0.19	99.53
КМ-858	64.13	0.68	16.39	3.59	1.35	0.03	1.52	0.82	1.74	3.67	0.26	5.35	0.61	100.14

Примечание. Анализы выполнены в ДВГИ ДВО РАН В.Н. Каминской, Л.А. Вржосек и Г.И. Макаровой.





риалом варьирует от 5 до 70–80% объема. Породы, как правило, хорошо сортированы, хотя иногда встречаются разности и с несколько худшей сортировкой, в которых алевритовый материал распределен неравномерно, образуя микрооплечения. Окатанные и угловато-окатанные алевритовые зерна обычно представлены кварцем, полевыми шпатами, реже кремнями, эффузивами, тонкообломочными породами, биотитом, вулканическим стеклом и рудными минералами. Довольно много тонкого растительного детрита и линзочек углистого вещества.

Химический состав глинистых пород близок составу песчаников, отличаясь от них меньшими содержаниями  $\text{SiO}_2$  (от 56.54 до 72.23%) и  $\text{CaO}$  (0.15–3.76%), но большими –  $\text{TiO}_2$  (0.27–0.84%),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (9.25–17.72%),  $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$  (3.4–7.27%),  $\text{MgO}$  (0.48–4.43%),  $\text{Na}_2\text{O}$  (0.78–3.56%) и  $\text{K}_2\text{O}$  (1.19–4.86%). Палеотектоническая интерпретация химического состава, приведенная на диаграмме Ж. Мейнарда [Maunard et al., 1982] (см. рис. 9в), не противоречит сделанной по составу песчаников, отличаясь даже несколько большей определенностью. Большинство точек глинистых пород группируются в полях бассейнов активных континентальных окраин и островных дуг, развитых на континентальной коре.

#### Грубообломочные породы

Грубообломочные породы (конгломераты и гравелиты) могут нести достаточно богатую информацию о составе и тектонической природе источников питания, позволяя в некоторых случаях достоверно установить весь спектр слагающих эти источники пород, а иногда и их возраст. Они встречаются на разных уровнях изученного разреза, но больше всего их (50–60% объема) среди отложений нижекемской подсвиты.

Конгломераты мелко-среднегалечные (1–5 см), реже крупногалечные (до 10–15 см), и лишь единичные валуны достигают 20–40 см. Обломочный составляющая в них составляет 70–85% объема породы и обычно имеет изометричную либо вытянутую форму, средне либо хорошо сортирован и окатан. Гравелиты преимущественно средне-крупногравийные с размером обломков от 3 до 10 мм, реже мелкогравийные (до 3 мм), но иногда в них встречаются редкие хорошо окатанные

гальки и валуны вулканитов (до 10–40 см), а также неориентированные обрывки алевролитов (до 30 см). Обломочная составляющая занимает 60–80% объема породы. Гравелиты обычно средне либо хорошо сортированы, а гравийные зерна имеют окатанную и угловато-окатанную форму.

Среди обломков конгломератов и гравелитов больше всего вулканитов (30–60%), которые преобладают в крупных гальках, а также кремневых (30–70%), чаще всего слагающих мелкие гальки. Намного меньше осадочных пород (10–30%), метаморфизованных кремней, а в наполнителе иногда встречаются крупные зерна и обломки кварца и плагиоклаза. Петрографически гальки вулканитов идентичны островодужным базальтам кемской свиты. Гальки кремневых пород иногда содержат значительное количество скелетов радиолярий. Для выяснения возраста пород источников питания, поставивших обломочный материал в Кемский седиментационный палеобассейн, из галек были выделены радиолярии, определенные И.В. Кемкиным: *Archaeospongo-prunum sp.*, *Archaeodictyomitra minoensis (Mizutani)*, *Archycapsa pachyderma Tan Sin Hok*, *Pseudodictyomitra carpatica (Lozyniak)*, *Pseudodictyomitra primitiva Matsuoka et Yao*, *Parvicingula boesii gr. (Parona)*, *Plafkerium sp.*, *Stylosphaera sp.*, *Sethocapsa funatoensis Aita*, *Sethocapsa sp.*, *Capnodocera sp.*, *Capnucosphaera sp.*, *Obesacapsula cetia (Foreman)*, *Tricolocapsa sp.*, *Tritrabs sp.*, характеризующие возраст материнских пород в интервале времени от триаса до поздней юры включительно.

Таким образом, среди обломков гравелитов и конгломератов преобладают островодужные вулканиты и кремни с триасовыми и юрскими радиоляриями, что предполагает возможный размер двух основных источников обломочного материала: островной вулканической дуги и слагающей ее основание юрско-раннемеловой аккреционной призмы, аналогичной призмам Самаркинского и Таухинского террейнов Сихотэ-Алиня [Ханчук и др., 1995; Малиновский и др., 2002].

Таким образом, состав терригенных пород и его генетическая интерпретация показывают, что в раннем мелу осадки накапливались на активной континентальной окраине, наиболее вероятно, в бассейне, сопряженном с континентальной (энсиалической) островной дугой.

**Рис. 9.** Диаграммы химического состава песчаных и глинистых 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, D – с пассивными континентальными окраинами.  $\text{Fe}_2\text{O}_3^*$  – общее железо. б и в – бассейновые обстановки (б – для песчаников, в – для глинистых 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. 3.

## ОБСТАНОВКИ И УСЛОВИЯ НАКОПЛЕНИЯ ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОД

Нижнемеловым отложениям бассейна р. Кемы, свойственно преобладание в разрезе пачек ритмичного переслаивания песчаников и алевролитов. Для ритмов, слагающих эти пачки, характерны: градационная слоистость, резкие границы в основании со следами размыва подстилающего осадка, набор текстур последовательности А. Бума: abcde, abde, ade, bde, bcde и cde. Все это типичные признаки турбидитов. Турбидиты обычно ассоциируются с подводнооползневыми образованиями, микститами, а также песчаниками, гравелитами и мелкогалечными конгломератами, обычно связанными постепенными взаимными переходами. Градационная нормальная и инверсионная слоистость грубообломочных пород, часто содержащих фрагменты алевролитов и растительный детрит, скопления которого иногда локализуются в виде прослоев мощностью до 30 см, указывают на их отложение высокоплотными (зерновыми) и дебризными потоками. Последние, очевидно, сформировали и горизонты микститов, которым свойственно хаотическое строение, обилие матрикса и отсутствие сортировки. Кроме того, встречаются маломощные пласты алевролитов с тонкими прослоями песчаников, образованными донными течениями. Такой генетический набор отложений предполагает их накопление в нижней части и у подножья подводного склона, а также на прилегающих к нему участках бассейновой равнины. Основными агентами транспортировки и отложения обломочного материала в Кемском седиментационном бассейне были гравитационные потоки различной плотности, состава и происхождения. Выяснить направление движения этих потоков позволяют особенности оползневых дислокаций, встречающиеся среди турбидитов на различных уровнях разреза. Их анализ свидетельствует о северо-восточном простирании подводного склона, на котором происходило осадконакопление, а обломочный материал транспортировался с юго-востока на северо-запад [Малиновский и др., 2002].

Генетическая интерпретация состава терригенных пород свидетельствует, что основным источником обломочного материала была островная вулканическая дуга, фундамент которой был образован выдвинутым в сторону океана, вдоль одного из крупных разломов, фрагментом континентальной коры, включающим юрско-раннемеловую аккреционную призму. Этот фрагмент должен был быть достаточно крупным, чтобы служить поставщиком большого количества обломочного материала, а его поверхность, по крайней мере частично, располагаться выше уровня моря, о чем свидетельствует наличие в терригенных породах значительного количества

остатков наземной растительности. Кемские базальты, находящиеся в ассоциации с терригенными и пирокластическими породами, по химическому составу принадлежат к островодужному типу высококальциевой известково-щелочной и шoshонитовой серий, формирование которых происходило в тыловой части островной дуги на заключительном этапе ее формирования [Малиновский и др., 2003].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, состав, строение и некоторые структурные особенности терригенных пород, а также ассоциирующихся с ними вулканитов, дают основание предполагать, что в баррем(?)–альбское время вдоль восточной окраины Азии существовала зрелая Монероно-Самаргинская вулканическая островная дуга, в тыловой части которой накапливались мощные толщи гравитационных образований. В апте–раннем альбе их накопление сопровождалось активным задуговым базальтовым вулканизмом. Фронтальная часть островной дуги располагается восточнее, в пределах террейна Ребун-Кабато (о-ва Хоккайдо, Ребун, Монерон), где известен мощный комплекс известково-щелочных лав и пирокластов [Симаненко, 1991].

Северо-западнее Кемского террейна раннемеловая терригенная седиментация происходила на фоне крупномасштабных перемещений вдоль разграничивающих континентальную и океаническую плиты левых сдвигов (турбидиты Журавлевского террейна). Сочетание в пределах одной окраины участков с различными типами взаимодействия континентальной и океанической плит (субдукционного и трансформного скольжения) является, по-видимому, характерной особенностью, по крайней мере раннемелового этапа развития, восточной окраины Азии.

Авторы признательны профессору П.В. Маркевичу за консультации, конструктивные замечания и предложения при работе над рукописью.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты №№ 01-05-64602 и 02-05-65326).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Коваленко С.В.* Нижнемеловые вулканогенно-осадочные формации среднего Сихотэ-Алиня // Вулканогенные и вулканогенно-осадочные породы Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1985. С. 100–115.
- Малиновский А.И., Филиппов А.Н., Голозубов В.В. и др.* Нижнемеловые отложения бассейна р. Кема (Восточный Сихотэ-Алинь): осадочное выполнение задугового бассейна. // Тихоокеанская геология. 2002. Т. 21. № 1. С. 52–66.
- Малиновский А.И., Голозубов В.В., Симаненко В.П.* Кемский террейн (Восточный Сихотэ-Алинь) – фраг-

- мент задугового бассейна раннемеловой Монероно-Самаргинской островодужной системы // Геодинамика, магматизм и минерагения континентальных окраин Севера Пацифики. Материалы Всероссийского совещания, посвященного 90-летию академика Н.А. Шило. Т. 1. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2003. С. 196–199.
- 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., Малиновский А.И., Голозубов В.В. и др. Палеогеография юга Дальнего Востока в раннемеловую эпоху // Геодинамика и металлогения. Владивосток: Дальнаука, 1999. С. 49–63.
- Маркевич П.В., Коновалов В.П., Малиновский А.И., Филиппов А.Н. Нижнемеловые отложения Сихотэ-Алиня. Владивосток: Дальнаука, 2000. 300 с.
- Руженцев С.В., Хворова И.В. Среднепалеозойские олистостромы в Сакмарской зоне Южного Урала // Литология и полез. ископаемые. 1973. № 6. С. 21–32.
- Симаненко В.П. Позднемезозойские вулканические дуги Восточного Сихотэ-Алиня и Сахалина // Тихоокеанская геология. 1986. № 1. С. 7–13.
- Симаненко В.П. Базальт-андезитовые ассоциации островных дуг палеозоя и мезозоя // Тихоокеанская окраина Азии. Магматизм. М.: Недра, 1991. С. 58–72.
- Соколов С.Д. Олистостромовые толщи и офиолитовые покровы Малого Кавказа. (Тр. ГИН АН СССР. Вып. 296). М.: Наука, 1977. 96 с.
- Ханчук А.И., Раткин В.В., Рязанцева М.Д. и др. Геология и полезные ископаемые Приморского края: очерк. Владивосток: Дальнаука, 1995. 68 с.
- Шутов В.Д. Классификация песчаников // Литология и полез. ископаемые. 1967. № 5. С. 86–102.
- Arai S. Chemistry of chromian spinel in volcanic rocks as a potential guide to magma chemistry // Mineralogical Magazine. 1992. V. 56. P. 173–184.
- 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.
- Kumon F., Kiminami K. Modal and chemical compositions of the representative sandstones from Japanese Islands and their tectonic implications // Proceedings of 29<sup>th</sup> International Geological Congress. Part A. 1994. P. 135–131.
- Leterrier J., Maury R.C., Thonon P. Clinopyroxene composition as a method of identification of the magmatic affinities of paleo-volcanic series // Earth and Planetary Science Letters. 1982. V. 59. P. 139–154.
- 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. Oxford, London, Edinburgh, Melbourne: Blackwell Scientific Publications. 1982. P. 551–561.
- Nechaev V.P. Evolution of the Philippine and Japan Seas from the clastic sediment record // Marine Geology. 1990. № 97. P. 167–190.
- 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 Sedimentol. Soc. of Japan. 1996. № 43. P. 69–81.
- Nechaev V.P., Isphording W.C. Heavy-mineral assemblages of continental margins as indicators of plate-tectonic environments // Journ. of Sediment. Petrol. 1993. V. 63. № 6. P. 1110–1117.
- Nisbet E.G., Pearce J.A. Clinopyroxene composition in mafic lavas from different tectonic settings // Contributions to Mineralogy and Petrology. 1977. № 63. P. 149–160.