

УДК 550.43:551.242.22/(235.47;571.66)

ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ОСТРОВОДУЖНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ

© 2010 г. А. И. Малиновский

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

E-mail: malinovsky@fegi.ru

Поступила в редакцию 29.04.2008 г.

Обобщены результаты изучения геохимии терригенных пород из структурно контрастных мел-палеогеновых комплексов Сихотэ-Алиня и Камчатки. Полученные данные интерпретировались на основе сравнения с химическим составом современных осадков и древних отложений, накопившихся в известных геодинамических обстановках. Показано, что химический состав терригенных пород, а также некоторые петрохимические соотношения могут служить достоверными индикаторами различных островодужных обстановок и позволяют достаточно надежно различать эти обстановки в палеобассейнах орогенных областей.

Изучение вещественного состава терригенных пород имеет большое значение для установления источников обломочного материала, определения состава областей питания и, в конечном счете, для выяснения палеогеологических условий их формирования.

Химический состав терригенных пород и в особенности песчаников, как установлено исследованиями современных и древних отложений, в значительной степени определяется вещественным составом материнских пород и их расположением в определенных тектонических обстановках. При этом, если минеральный состав осадков в процессе их постседиментационных превращений в породу меняется в сторону образования ассоциаций, наиболее устойчивых в зоне гипергенеза, то химический состав пород практически неизменен.

Автором в течение продолжительного периода времени изучался химический состав терригенных пород из различных по происхождению, в том числе островодужных, комплексов российской части Дальнего Востока, а также осадков из окраинных морей Тихого океана [Геолого-геофизические..., 1990; Малиновский, 1993; Малиновский и др., 2005а; Маркевич и др., 1987, 1996, 1997 и др.].

Островодужные обстановки обычно распознаются по ряду признаков: палеогеологическому положению, строению и составу слагающих их толщ, петрохимическим характеристикам вулканитов. Цель данной публикации — продемонстрировать особенности литологического и химического состава терригенных пород из различных по возрасту

и происхождению островодужных комплексов Российской части Дальнего Востока, а также показать возможность его использования для распознавания этих обстановок в древних бассейнах. Особую роль метод палеотектонических реконструкций по составу терригенных пород должен сыграть при изучении фанерозойских вулканогенно-осадочных образований, входящих в состав террейнов, происхождение которых в достаточной мере не определено.

Наиболее благоприятными объектами для таких реконструкций являются ряд известных на Дальнем Востоке террейнов, островодужная природа которых установлена, главным образом, на основании исследований вулканитов. Несомненно, одних только данных по химическому составу пород недостаточно для всеобъемлющей идентификации островодужных обстановок, но в будущем, наряду с другими сведениями, они могут быть использованы как достаточно надежный критерий.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Настоящее исследование основано на оригинальном материале, полученном в результате изучения химического состава терригенных пород из разновозрастных островодужных комплексов Российского Дальнего Востока. Объектами изучения были песчаные и глинистые породы из раннемеловых и раннемеловых—кайнозойских отложений Олюторского террейна Восточной Камчатки, а также Кемского и Киселевско-Маноминского террейнов (Удыльского фрагмента) Сихотэ-Алиня (рис. 1). Основное внимание уде-

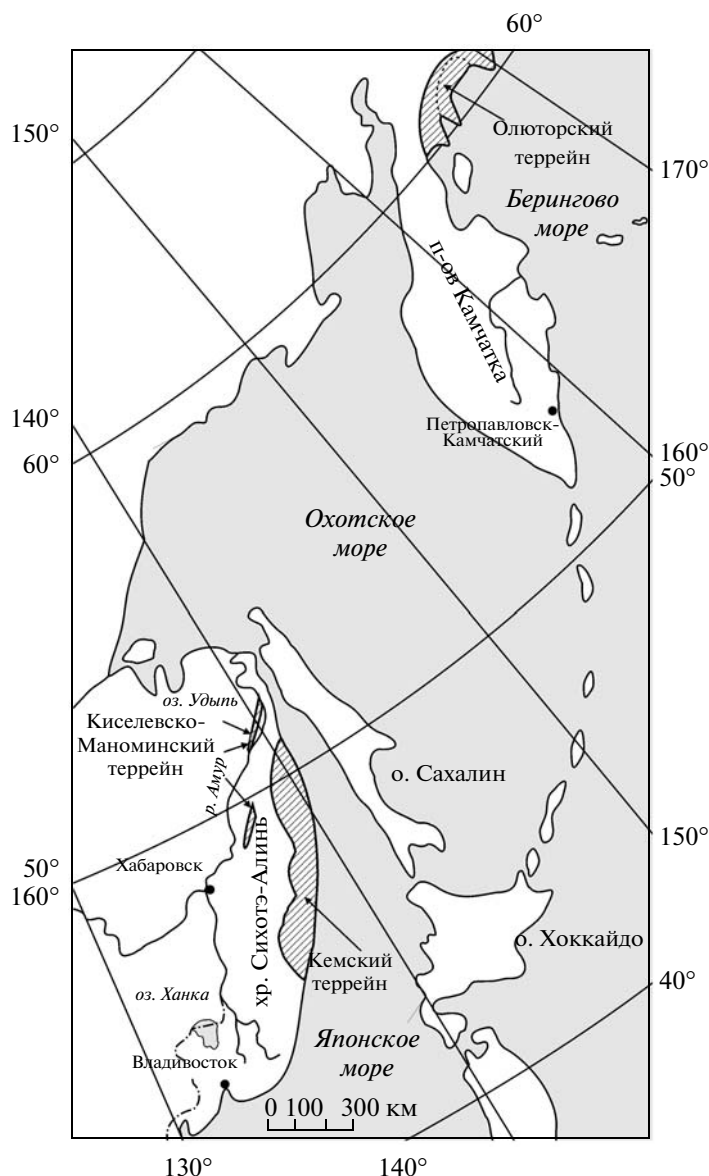


Рис. 1. Схема расположения изученных объектов. Минералого-геохимические провинции Олюторского террейна: I – Северная, II – Южная.

лялось песчаным породам и меньше алеврито-глинистым – от крупнозернистых алевролитов до аргиллитов. Такое внимание к песчаникам объясняется тем, что они несут наиболее богатую информацию о типе и составе питающих провинций, а также о геодинамических обстановках областей питания и осадконакопления.

Каменный материал, использованный в работе, был собран из естественных обнажений и горных выработок в ходе полевых исследований в 1978–2005 гг.

Петрографический состав пород исследовался с помощью поляризационного микроскопа. Содержания порообразующих оксидов в породах

определялись традиционным весовым химическим методом. Всего было проанализировано 1077 образцов песчаных и алеврито-глинистых пород. Анализы выполнены в лабораториях физико-химических методов исследования ДВГИ ДВО РАН (г. Владивосток).

При интерпретации химического состава терригенных пород применялись широко известные, достаточно апробированные методики, описанные в работах [Bhatia, 1983; Maynard et al., 1982; Roser, Korsch, 1986], позволяющие распознавать в геологическом прошлом аналоги современных геодинамических обстановок.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ И ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ РЕГИОНА

Олюторский террейн расположен в южной части Корякского нагорья, протягиваясь на восток-северо-восток вдоль побережья Берингова моря на 500 км. Террейн входит в состав мезозойско-кайнозойского Сахалино-Камчатского орогенного пояса и с севера отделен от Корякского орогенного пояса Ватынским надвигом [Геология..., 1987]. В геологическом разрезе террейна совмещены крупные аллохтонные пластины [Чехович, 1993], сложенные раннемеловыми—неогеновыми комплексами, формировавшимися в различных фациальных обстановках и, вероятно, на значительном удалении от современной позиции. Выделяются следующие структурно—вещественные комплексы [Геология..., 1987; Коваленко, 2003; Малиновский, 1993; Маркевич и др., 1987; Соловьев и др., 1998, 2000] (рис. 2).

Вулканогенно-кремнистый комплекс состоит из базальтов, гиалокластитов, лавобрекчий, яшм, кремней и их глинистых разностей. Более редки глинистые породы, песчаники и известняки. Вулканогенно-осадочный комплекс сложен базальтами, лавобрекчиями, туфами, вулканомиктовыми песчаниками, алевролитами, кремнями, глинистыми и кремнисто-глинистыми породами. Турбидитовый комплекс представлен мощными пачками турбидитов, прерывающимися горизонтами алевролитов, песчаников, гравелитов, туфов и микститов. Молассовый комплекс состоит из песчаников, алевролитов, гравелитов, конгломератов, туфов и углей.

Киселевско-Маноминский террейн альб-сенноманской аккреционной призмы расположен в Нижнем Приамурье, протягиваясь прерывистой полосой шириной 20—40 км в северо-восточном направлении вдоль обоих берегов р. Амура на 700 км. Террейн образован пакетами тектонических пластин, сложенными юрскими и раннемеловыми кремнистыми и кремнисто-глинистыми породами с телами базальтов и известняков, а также раннемеловыми алевролитами и турбидитами [Зябрев и др., 2005; Маркевич и др., 1996, 1997] (см. рис. 2). Готерив-сенноманские вулканогенно-осадочные островодужные образования установлены на северо-восточном фланге террейна в районе оз. Удыль (Удыльский фрагмент). Здесь тектонически совмещены структурно-вещественные комплексы островных дуг, океана и окраины континента. Это позволяет рассматривать террейн как сложную аккреционную призму с чешуйчато-надвиговой структурой. Все отложения разделены на следующие комплексы [Маркевич и др., 1996, 1997].

Кремнистый комплекс представляет собой фрагмент океанического основания дуги. Он сло-

жен пелагическими радиоляриевыми яшмами и кремнями, их глинистыми разностями, реже щелочными базальтами и известняками. Обломочные породы в комплексе практически не встречаются. Вулканогенно-осадочный комплекс состоит из переслаивающихся туфов, тефроидов, вулканомиктовых песчаников, алевролитов, турбидитов, микститов, туфосилицитов, глинистых и кремнисто-глинистых пород, редко базальтов. Отложениям грауваккового комплекса свойственна заметная фациальная изменчивость. Среди них распознаются четыре толщи, различающиеся составом и строением: 1) аргиллитов (аргиллиты и кремнистые аргиллиты), 2) микститов (микститы, глинистые породы, песчаники, туфы, редкие пачки турбидитов и подводнооползневых образований), 3) песчаников (песчаники, глинистые породы, турбидиты, редко микститы, подводнооползневые образования, туфы), 4) алевролитов (алевролиты и аргиллиты с тонкими прослоями песчаников, редко микститы).

Кемский террейн расположен в восточной части хребта Сихотэ-Алинь, протягиваясь полосой шириной до 80 км вдоль побережья Японского моря на 850 км. Доступные для наблюдения участки Кемского террейна обнажаются в эрозионных окнах среди вулканитов позднемелового Восточно-Сихотэалинского пояса. В строении террейна принимают участие баррем(?)—альбские образования, среди которых широко развиты турбидиты, горизонты алевролитов и микститов, а также пласты основных вулканитов и их пирокластов (см. рис. 2). Эти образования рассматриваются как отложения задугового бассейна раннемеловой Монероно-Самаргинской островодужной системы [Малиновский и др., 2002, 2005а, б]. Отложения террейна подразделяются на следующие структурно-вещественные комплексы.

Нижнетурбидитовый комплекс сложен пачками турбидитов, разделяющимися горизонтами алевролитов, песчаников, гравелитов и подводнооползневых образований. Грубообломочный комплекс состоит из мелкогалечных конгломератов, гравелитов, песчаников, микститов, редких пачек турбидитов, горизонтов подводнооползневых образований и туфов, единичных потоков базальтов. Вулканогенный комплекс представлен, в основном, базальтами, их туфами и тефроидами. Редко встречаются вулканомиктовые песчаники, пачки турбидитов, горизонты подводнооползневых образований и микститов. Верхнетурбидитовый комплекс состоит из мощных пачек турбидитов, редких горизонтов песчаников, алевролитов, микститов и подводнооползневых образований.

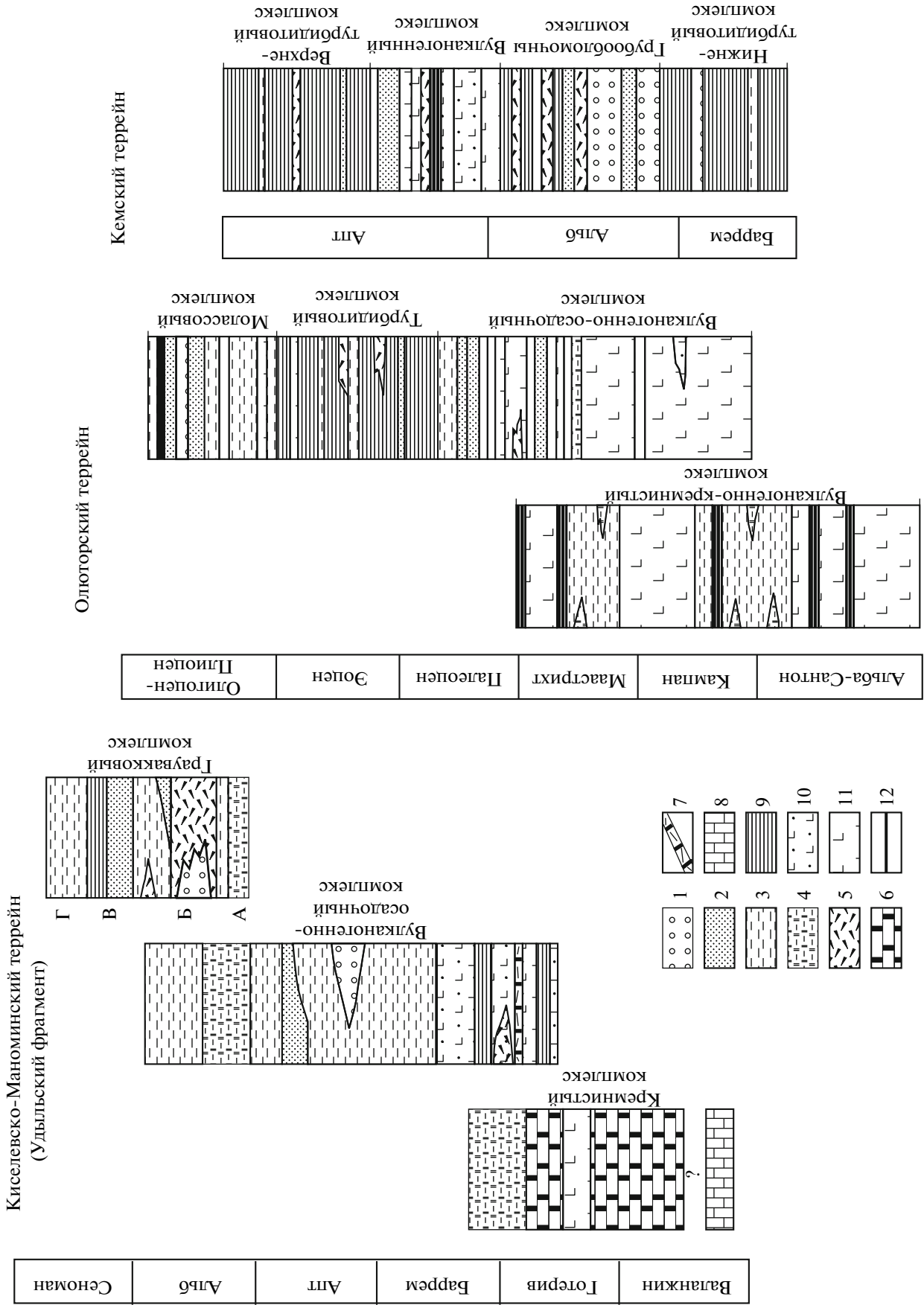


Рис. 2. Сводные литолого-стратиграфические колонки островодужных образований изученных объектов.

1 — конгломераты и гравелиты; 2 — песчаники; 3 — алевролиты и аргиллиты; 4 — кремнисто-глинистые породы; 5 — микститы; 6 — кремни; 7 — туфосилициты; 8 — известняки; 9 — турбидиты; 10 — туфы и тефроиды; 11 — базальты и андезито-базальты; 12 — уголь.

Для Удыльского фрагмента Киселевско-Маноминского террейна, толщи: А — аргиллитов, Б — микситов, В — песчанников, Г — алевролитов.

СОСТАВ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОД

Для каждого изученного объекта дается краткое описание петрографического состава терригенных пород, поскольку именно он во многом определяет их геохимические особенности.

Для геохимической характеристики песчаных и алеврито-глинистых пород используются средние содержания главнейших породообразующих оксидов и некоторые петрохимические коэффициенты (модули), приведенные в таблице. Все данные по изученным объектам сгруппированы в соответствии с выделенными структурно-вещественными комплексами.

В Олюторском террейне по вещественному составу терригенных пород выделяются две минералого-геохимические провинции: Северная и Южная [Маркевич и др., 1987; Малиновский, 1993] (см. рис. 1).

По породообразующим компонентам песчаники террейна относятся к типичным грауваккам. Обломочная часть, занимающая 60–90% их объема, состоит из обломков терригенных, кремнистых и эффузивных пород, полевых шпатов, кварца, хлорита, пироксенов и рудных минералов. По классификации В.Д. Шутова [1967], они относятся к собственно грауваккам, а также к их кварц-полевошпатовым и полевошпатовым разновидностям. Различия между провинциями террейна выражаются в большем содержании в породах Южной провинции кварца (до 23%), обломков кремнистых и терригенных пород (до 65%), кислых плагиоклазов (до 50%) и калишпатов (до 20%), а в породах Северной — эффузивов (до 60%), основных и средних плагиоклазов (до 60%). Меньше всего кварца в вулканомиктовых песчаниках вулканогенно-кремнистого и вулканогенно-осадочного комплексов — до 8%, но больше плагиоклазов — до 60% и обломков эффузивов — до 60%. Среди обломков преобладают основные и средние эффузивы, несколько меньше пирокластических, терригенных и кремнистых пород. Интрузивные и метаморфические породы редки и встречаются лишь в Южной провинции.

Обломочная часть алевритово-глинистых пород, занимающая до 70% их объема, в целом близка к составу песчаников. Песчаники обличаются лишь большим количеством обломков пород и несколько меньшим полевых шпатов и кварца. Главной составляющей глинистой части пород

Северной провинции являются агрегаты тонкочешуйчатых глинистых минералов, главным образом смектита, хлорита, смешанослойного смектит-хлорита. В Южной провинции преобладает гидрослюда.

Наибольшие различия в химическом составе пород разных провинций наблюдаются в песчаниках. Больше всего они отличаются по содержанию кремнезема: в породах различных комплексов Северной провинции его среднее содержание варьирует от 55.12 до 61.53%, а в Южной провинции — от 58.56 до 65.11%. Также заметны различия по количеству Fe_2O_3 (2.88–4.06% и 1.63–3.22% соответственно), MgO (2.57–4.16% и 2.08–2.40%), CaO (2.67–5.23% и 1.23–1.75%). Все это свидетельствует о большей фемичности отложенной Северной провинции по сравнению с Южной. В целом, по химическому составу песчаники обеих провинций относятся к типичным грауваккам, близким к “средним” грауваккам по Ф. Петтиджону [1981], грауваккам и туфопесчаникам францисканской формации Калифорнии, а также юрским грауваккам Большого Кавказа [Шутов, 1975], от которых они отличаются пониженными содержаниями SiO_2 , FeO и K_2O и повышенными Al_2O_3 , Fe_2O_3 и MgO .

Алеврито-глинистые породы по химическому составу в целом близки песчаникам (см. таблицу), но в связи с тем, что в них, по сравнению с песчаниками, больше глинистых минералов и меньше обломочных компонентов, они содержат больше Al_2O_3 (14.85–16.76%), TiO_2 (0.65–0.78%) и K_2O (1.13–2.33%), но меньше SiO_2 (56.16–63.12%) и Na_2O (2.03–4.04%). По составу алеврито-глинистые породы обеих провинций заметно различаются. Для пород Северной провинции, по сравнению с Южной, характерны более низкие содержания SiO_2 и K_2O , но более высокие Al_2O_3 , MgO , CaO и суммарного железа.

В Удыльском фрагменте Киселевско-Маноминского террейна песчаники встречаются только в вулканогенно-осадочном и граувакковом комплексах. Они представляют собой полимиктовые, часто вулканокластические образования, относящиеся, по классификации В.Д. Шутова [1967], к полевошпатово-кварцевым, кварцево-полевошпатовым и собственно грауваккам. Особое положение занимают полевошпатовые граувакки вулканогенно-осадочного комплекса, состоящие преимущественно из пирокластических продуктов извержений и вулканомиктового мате-

Средний химический состав (% массы) терригенных пород островодужных комплексов Дальнего Востока России

Комплекс	n	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
Песчаные породы																			
Олюторский террейн																			
<i>Северная провинция</i>																			
Вулканогенно-кремнистый	11	55.12	0.76	16.37	3.94	4.56	0.35	4.67	5.11	3.06	1.28	н.а.	4.92	н.а.	100.14	0.47	0.046	0.25	0.27
Вулканогенно-осадочный	21	57.49	0.56	15.36	4.11	3.78	0.22	3.57	4.87	3.83	0.79	н.а.	5.48	н.а.	100.06	0.41	0.036	0.20	0.30
Турбидитовый	28	58.67	0.69	14.96	3.19	4.00	0.12	3.71	4.38	3.62	1.44	н.а.	5.16	н.а.	99.94	0.39	0.046	0.19	0.34
Молассовый	310	61.53	0.68	14.51	3.89	2.22	0.09	2.88	3.19	2.53	1.48	н.а.	6.89	н.а.	99.89	0.35	0.047	0.15	0.28
<i>Южная провинция</i>																			
Вулканогенно-осадочный	19	58.56	0.76	17.19	2.60	4.53	0.21	3.30	2.87	3.27	1.14	н.а.	5.05	н.а.	99.48	0.43	0.044	0.18	0.26
Турбидитовый	29	65.02	0.59	14.64	2.16	3.77	0.09	1.90	2.47	3.72	1.56	н.а.	4.05	н.а.	99.97	0.33	0.040	0.12	0.36
Молассовый	82	65.11	0.64	13.69	2.58	3.16	0.08	2.44	2.12	2.66	1.54	н.а.	5.88	н.а.	99.90	0.31	0.047	0.13	0.31
Киселево-Маноминский террейн (Удильский фрагмент)																			
Вулканогенно-осадочный	8	58.14	0.65	19.16	4.32	1.56	0.33	2.71	2.41	6.87	0.96	0.30	2.04	0.31	99.77	0.45	0.034	0.15	0.41
Граувакковый, толщи:																			
микститов	20	67.05	0.67	13.26	3.04	2.40	0.15	2.29	1.56	3.15	1.93	0.22	3.46	0.39	99.56	0.29	0.051	0.12	0.38
песчаников	20	66.90	0.67	12.99	2.82	2.87	0.09	2.55	1.92	2.61	2.00	0.29	3.80	0.20	99.73	0.29	0.051	0.13	0.36
Кемский террейн																			
Нижний турбидитовый	21	74.34	0.30	9.82	1.91	1.78	0.07	1.19	2.12	2.34	1.60	0.13	3.89	0.30	99.79	0.19	0.031	0.07	0.40
Грубообломочный	30	74.62	0.35	10.24	1.33	2.03	0.06	1.65	1.79	2.12	1.93	0.12	3.11	0.33	99.67	0.19	0.034	0.07	0.40
Вулканогенный	10	73.26	0.38	10.76	1.83	1.35	0.07	1.33	2.24	2.25	1.60	0.31	4.15	0.37	99.89	0.20	0.035	0.06	0.36
Верхний турбидитовый	20	77.30	0.25	8.18	1.21	0.98	0.06	1.09	2.70	2.02	1.52	0.08	3.94	0.40	99.73	0.14	0.031	0.04	0.43

Таблица. Окончание

Комплекс	n	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
Глинистые породы																			
Олоторский террейн																			
<i>Северная провинция</i>																			
Вулканогенно-кремнистый	6	56.16	0.71	16.76	2.88	4.75	0.20	4.16	5.23	3.64	2.02	н.а.	3.23	н.а.	99.74	0.45	0.042	0.21	0.34
Вулканогенно-осадочный	10	59.58	0.71	15.60	3.44	3.99	0.25	2.83	3.94	2.83	1.13	н.а.	5.62	н.а.	99.92	0.40	0.046	0.18	0.25
Турбидитовый	94	60.26	0.72	15.22	2.96	4.05	0.11	3.17	2.76	2.39	2.08	н.а.	6.08	н.а.	99.80	0.38	0.047	0.17	0.29
Молаассовый	110	60.34	0.76	15.23	4.06	2.38	0.09	2.57	2.67	2.03	1.76	н.а.	7.75	н.а.	99.64	0.37	0.050	0.15	0.25
<i>Южная провинция</i>																			
Вулканогенно-осадочный	8	63.12	0.65	15.47	1.63	4.32	0.17	2.08	1.23	4.04	2.01	н.а.	5.13	н.а.	99.85	0.35	0.042	0.13	0.39
Турбидитовый	32	62.23	0.78	16.14	2.96	4.13	0.08	2.15	1.56	2.80	2.33	н.а.	4.86	н.а.	100.02	0.39	0.048	0.15	0.32
Молаассовый	55	62.45	0.76	14.85	3.22	2.90	0.07	2.40	1.75	2.16	1.73	н.а.	7.73	н.а.	100.02	0.35	0.051	0.14	0.26
Киселевско-Маноминский террейн (Удильский фрагмент)																			
Вулканогенно-осадочный	16	62.54	0.61	14.27	4.56	2.34	0.27	3.41	1.66	3.00	1.74	0.22	3.84	1.13	99.57	0.35	0.043	0.17	0.33
Граувакковый, толщи:																			
аргиллитов	5	66.50	0.76	14.49	2.46	2.59	0.12	2.13	1.45	2.88	2.21	0.22	3.35	0.51	99.67	0.31	0.052	0.11	0.35
микститов	31	66.26	0.64	14.25	2.92	2.43	0.13	2.08	1.16	2.59	2.45	0.20	4.02	0.58	99.69	0.31	0.045	0.11	0.35
песчаников	12	66.41	0.60	13.55	3.35	1.93	0.09	2.00	2.10	2.42	2.25	0.43	4.26	0.39	99.77	0.29	0.044	0.11	0.35
алевролитов	11	65.42	0.62	15.24	3.73	1.88	0.08	1.76	0.80	2.35	2.47	0.21	4.65	0.47	99.69	0.33	0.041	0.11	0.32
Кемский террейн																			
Нижний турбидитовый	17	67.08	0.54	13.89	2.21	2.82	0.06	1.39	1.60	2.07	2.49	0.22	4.89	0.50	99.75	0.29	0.039	0.10	0.33
Грубообломочный	14	67.23	0.61	14.08	1.72	2.94	0.05	1.80	1.26	1.70	3.11	0.17	4.35	0.58	99.60	0.29	0.043	0.10	0.34
Вулканогенный	11	65.10	0.57	14.11	3.46	1.55	0.09	1.64	2.16	1.55	2.46	0.21	6.02	0.78	99.70	0.30	0.040	0.10	0.28
Верхний турбидитовый	18	64.75	0.62	14.52	1.73	2.63	0.05	2.02	1.58	2.06	2.77	0.14	6.13	0.65	99.65	0.30	0.043	0.10	0.33

Примечание. п – количество анализов, н.а. – не анализировалось. Анализы выполнены в ДВГИ ДВО РАН В.Н. Каминской, Г.И. Макаровой, Л.А. Авдвинной и Л.А. Вржосек.

риала. Различия между комплексами видны в содержаниях породообразующих компонентов. Наибольшие они по содержанию кварца: в вулканогенно-осадочном его не более 7%, а в граувакковом от 10 до 40%. Содержание полевых шпатов — 60–80% и 10–50% соответственно, среди них преобладают (до 95%) альбит и олигоклаз, калиевых полевых шпатов не более 5%, это в основном ортоклаз. Среди обломков пород, составляющих в вулканогенно-осадочном комплексе 15–30%, преобладают основные и средние вулканиды (до 70%), значительно меньше осадочных пород (до 30%) и измененного вулканического стекла (до 15%). В граувакковом комплексе среди обломков (в сумме 40–55%) преобладают тонкозернистые осадочные (30–50%) и кремнистые породы (20–40%), значительно меньше эффузивов (5–15%), иногда встречаются кислые интрузивные и метаморфические породы.

Обломочная часть алеврито-глинистых пород, составляющая 5–80% их объема, состоит из алевритовых и редко псаммитовых зерен плагиоклаза, кварца, основных вулканидов и стекла. Иногда встречаются обломки кремней, вулканидов, пироксенов и рудных минералов. Глинистые минералы всех комплексов очень однообразны и представлены практически двумя минералами — гидрослюдой и хлоритом. Лишь иногда в вулканогенно-осадочном комплексе присутствует смектит и смектит-хлорит.

Содержания главных породообразующих оксидов в различных комплексах террейна существенно различаются [Маркевич и др., 1997]. Песчаники вулканогенно-осадочного комплекса отличаются, прежде всего, значительно более низким, чем в песчаниках грауваккового комплекса, содержанием кремнекислоты (58.56% и 66.90–67.05% соответственно). Кроме того, в них меньше FeO (1.56% и 2.40–2.87%) и K₂O (0.96% и 1.93–2.00%), но значительно больше Al₂O₃ (19.16% и 12.99–13.26%) и Na₂O (6.87% и 2.61–3.15%), а также Fe₂O₃ (4.32% и 2.82–3.04%), MgO (2.71% и 2.29–2.55%) и CaO (2.41% и 1.56–1.92%). Такие различия объясняется значительно большим содержанием в песчаниках вулканогенно-осадочного комплекса обломков основных вулканидов и полевых шпатов. Следует отметить, что состав песчаников грауваккового комплекса хорошо сопоставляется со “средними” граувакками, по Ф. Петтиджону [1981], а также граувакками и туфопесчаниками францисканской формации.

Различия состава алеврито-глинистых пород разных комплексов также довольно значительны. Наибольшие они по кремнезему (в среднем 62.54% для вулканогенно-обломочного и 65.42–66.50% для грауваккового) и несколько меньшие по Fe₂O₃ (4.56% и 2.46–3.73%), MnO (0.27% и

0.08–0.13%), MgO (3.41% и 1.76%–2.13%) и K₂O (1.74% и 2.21–2.47%).

Песчаники Кемского террейна по составу породообразующих компонентов довольно однообразны и в целом относятся к полимиктовым. Обломочная часть составляет 60–80% их объема и представлена кварцем, полевыми шпатами, обломками терригенных, кремнистых и эффузивных пород, вулканическим стеклом и рудными минералами. По классификации В.Д. Шутова [1967], песчаники относятся, главным образом, к полевошпатово-кварцевым и кварцево-полевошпатовым грауваккам и, меньше, — к полевошпатовым аркозам. Кварц — наиболее часто встречающийся компонент песчаников, его содержание колеблется от 30 до 52%. Больше всего кварца в нижнетурбидитовом комплексе (35–52%), а меньше — в вулканогенном (31–42%). Содержание полевых шпатов в песчаниках — 22–41%. Это преимущественно плагиоклазы (60–95%), среди которых преобладают альбит и олигоклаз. Количество калиевых полевых шпатов — до 20%, это в основном ортоклаз, редко микроклин. Обломки пород, составляющие 17–42% объема песчаников, представлены кремнистыми (в среднем 30–45%) и осадочными породами (25–35%), в меньшей мере основными эффузивами (15–30%). Наибольшее количество обломков эффузивов отмечено в песчаниках вулканогенного комплекса (до 70%). Обломки интрузивных и метаморфических пород редки.

В зависимости от гранулометрического состава алеврито-глинистых пород (алевролиты, аргиллиты, алевроаргиллиты) содержание в них обломочных частиц варьирует от 5 до 70–80%. Алевритовые зерна обычно представлены кварцем, полевыми шпатами, реже кремнями, эффузивами, тонкообломочными породами, биотитом, вулканическим стеклом и рудными минералами. Глинистая составляющая пород представлена, главным образом, гидрослюдой и, в меньшей мере, смектитом и хлоритом. Исключение составляет вулканогенный комплекс, где преобладают смектит и хлорит.

По химическому составу песчаники довольно однородны [Малиновский и др., 2005а, б]. Заметны лишь некоторые отличия в составе пород вулканогенного комплекса, выражающиеся в меньшем, по сравнению с другими комплексами, содержании SiO₂ (73.26% и 74.34–77.30% соответственно), большем TiO₂ (0.38% и 0.25–0.35%) и Al₂O₃ (10.76% и 8.18–10.24%). В целом, по составу основных породообразующих оксидов кемские песчаники занимают промежуточное положение между аркозами и граувакками. От “среднего” состава аркозов они отличаются несколько более низким содержанием SiO₂, повышенным Al₂O₃, MgO и суммарного железа, а также преобладанием Na₂O над K₂O, что характерно

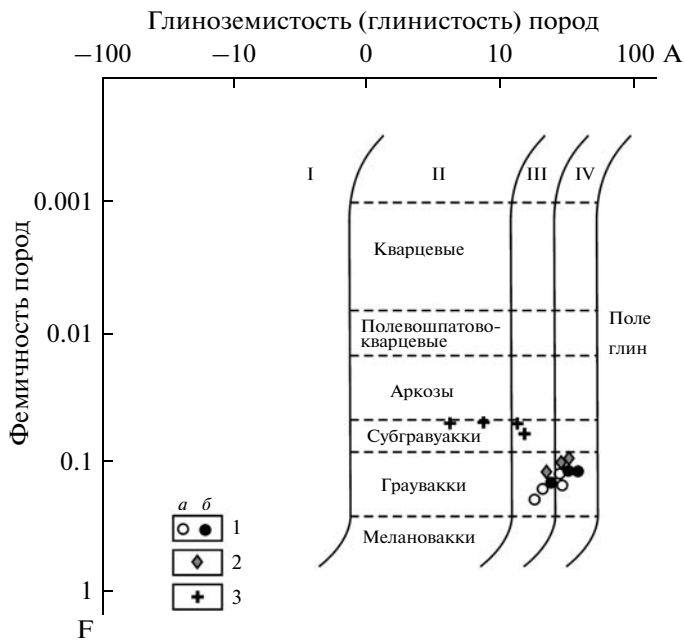


Рис. 3. Диаграмма А–F для песчаных пород изученных объектов [Предовский, 1980].

$A = Al_2O_3 - (K_2O + Na_2O + CaO)$; $F = (Fe_2O_3 + FeO + MgO) / SiO_2$ (молекулярные веса).

I–IV – породы: I – переходные к туффитам и туффиты, II – малоглинистые, III – глинистые, IV – высокоглинистые.

1–3 – террейны: 1 – Олюторский, провинции: а – Северная, б – Южная; 2 – Киселевско-Маноминский, Удыльский фрагмент; 3 – Кемский.

для граувакк [Петтиджон, 1981]. Химический состав алеврито-глинистых пород в целом близок во всех комплексах и отличается от состава песчаников меньшими содержаниями SiO_2 (от 64.75 до 67.23%) и CaO (1.26–2.16%), но большими – TiO_2 (0.54–0.62%), Al_2O_3 (13.89–14.52%) и $FeO + Fe_2O_3$ (4.36–5.03%), а также преобладанием K_2O над Na_2O .

На диаграмме, предложенной А.А. Предовским [1980], (рис. 3) алюмосиликатные кластические осадочные образования подразделяются по глиноземистости (А) и фемичности (F). Изученные нами песчаники островодужных комплексов Дальнего Востока по этим показателям имеют определенные сходства и различия. Все песчаники Олюторского и Киселевско-Маноминского террейнов по глиноземистости расположены в полях глинистых и высокоглинистых пород, а по показателю фемичности – в граувакковой их части. При этом песчаники Южной провинции Олюторского террейна по фемичности располагаются несколько ближе к полю субграувакк, чем породы Северной. Еще ближе к этому полю расположены песчаники Удыльского фрагмента Киселевско-Маноминского террейна. Значительно больше по предложенным показателям отличаются породы Кемского террейна. По фемичности они попадают в поле субграувакк и даже приближаются к полю аркозов, а по глиноземистости – в поля глинистых и малоглинистых пород. В целом, разброс средних точек песчаников изученных террейнов по глиноземистости объясняется раз-

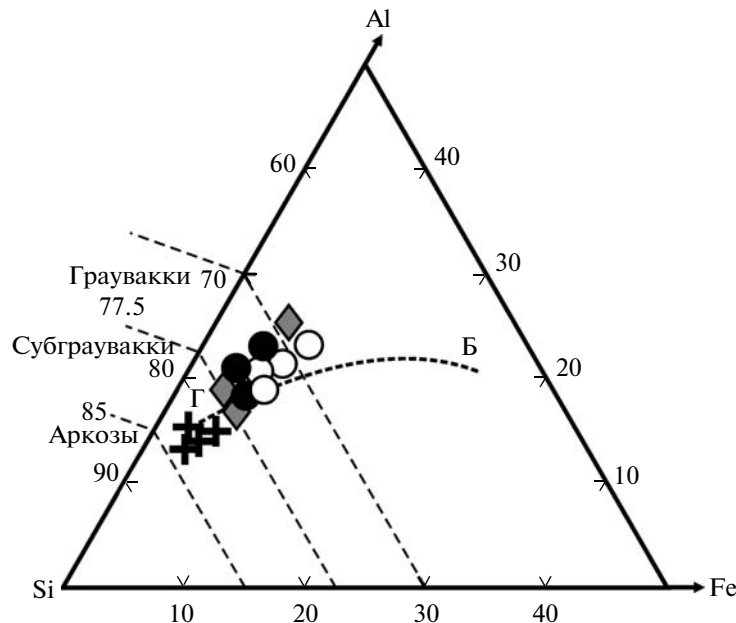


Рис. 4. Диаграмма Si–Al–Fe для песчаных пород изученных объектов [Moog, Dennen, 1970] (атомные веса).

Линия Г–Б – гранит-базальтовый тренд.

Условные обозначения см. рис. 3.

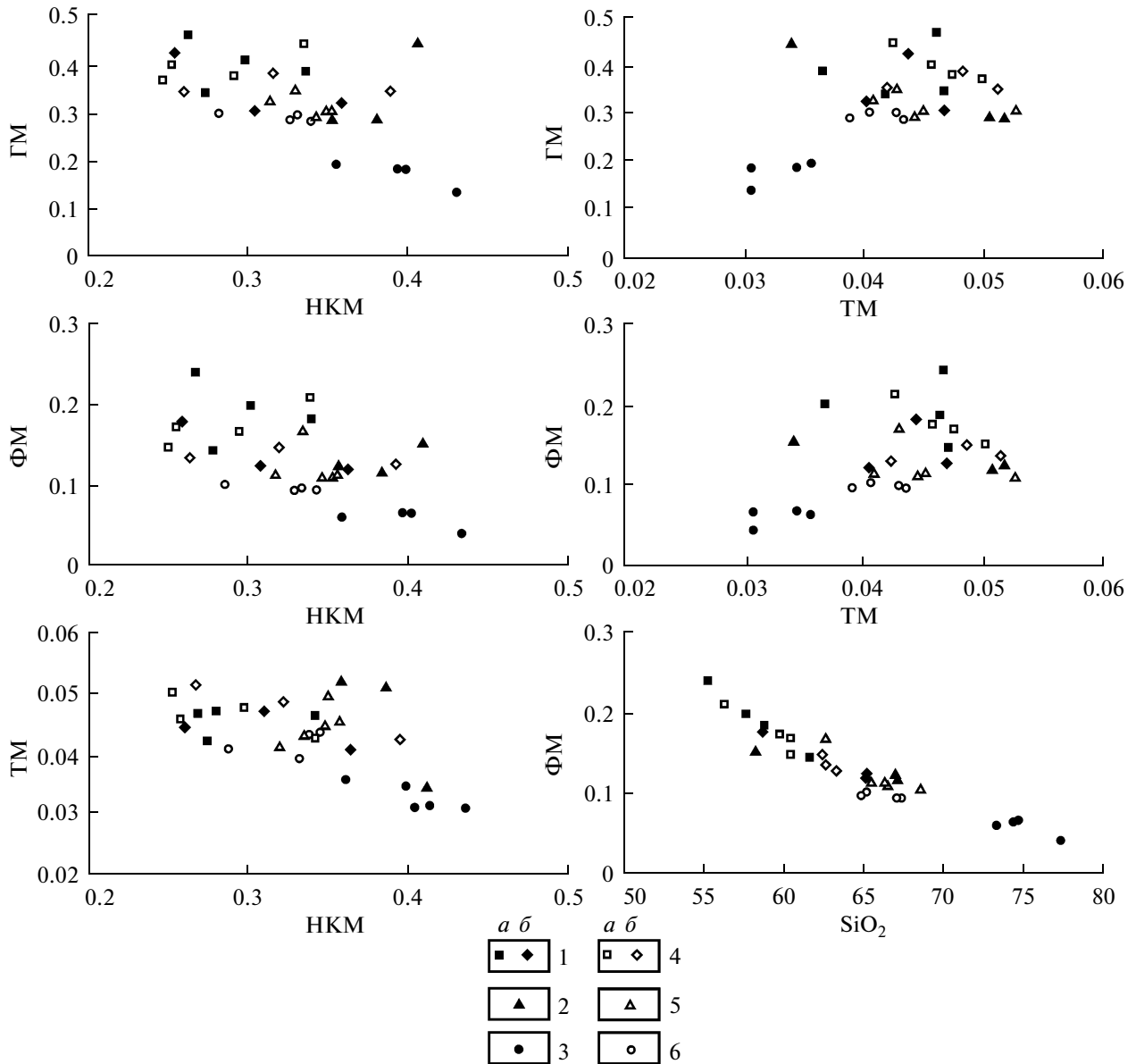


Рис. 5. Модульные диаграммы для песчаных и алеврито-глинистых пород изученных объектов [Юдович, Кетрис, 2000].

1–3 – песчаные породы; 4–6 – алеврито-глинистые породы.

Террейны: 1, 4 – Олюторский, провинции: а – Северная, б – Южная; 2, 5 – Киселевско-Маноминский, Удыльский фрагмент; 3, 6 – Кемский.

личной долей участия в их составе глинистого матрикса или же примесью пирокластического материала.

На диаграмме Si–Al–Fe Б. Мура и В. Деннена [Moog, Dennen, 1970] (рис. 4) фигуративные точки песчаников изученных объектов совпадают с линией гранит–базальт либо выстраиваются примерно параллельно ей. По этой классификации песчаники Олюторского и Киселевско-Маноминского террейнов относятся к грауваккам. При этом песчаники двух провинций Олюторского террейна хорошо обособляются друг от друга, а в

Киселевско-Маноминском выделяются породы вулканогенно-осадочного комплекса. Значительно резче выделяются песчаники Кемского террейна: они попадают в поле субграувакк и близки по составу граниту.

Поскольку абсолютные содержания породообразующих оксидов отражают состав не только обломочной части терригенных пород, но и их цемента, более объективные выводы о сходстве и различии между отложениями изученных объектов можно сделать, рассматривая ряд наиболее информативных отношений оксидов и их сумм

(петрохимических модулей) (см. таблицу), а также модульные диаграммы (рис. 5), предложенные Я.Э. Юдовичем и М.П. Кетрис [Юдович, 1981; Юдович, Кетрис, 2000].

Гидролизатный модуль (ГМ) ($\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO}/\text{SiO}_2$) используется для количественной оценки химического выветривания пород, т.е. их “зрелости”. Его значение зависит, с одной стороны, от количества в них обломочного кварца или богатых кремнеземом обломков пород, а с другой — от доли и состава полевых шпатов, а также глинистых компонентов, входящих в состав цемента.

По этому показателю песчаники всех изученных объектов характеризуются невысоким уровнем зрелости, что свидетельствует об их образовании за счет преимущественно механического разрушения материнских пород при подчиненной роли химического выветривания. Значения модуля ГМ изменяются от 0.47–0.35 для наименее зрелых пород Северной провинции Олюторского террейна до 0.14–0.19 для наиболее зрелых пород Кемского террейна. Относительно высокая зрелость кемских песчаников обусловлена, вероятно, повышенным содержанием в них обломочного кварца и кремнистых пород и пониженным — полевых шпатов и глинистого цемента. В глинистых породах, как правило, значения модуля ГМ выше, чем в песчаниках, что связано с меньшим содержанием в них кварца и полевых шпатов и большим — глинистого вещества. Исключение составляют породы вулканогенно-кремнистого и вулканогенно-осадочного комплексов Олюторского и Киселевско-Маноминского террейнов, поскольку в песчаниках этих комплексов очень мало кварца, но много обломков основных эффузивов, а также обильно глинистое вещество цемента и матрикса.

Фемический модуль (ФМ) ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO} + \text{MgO}/\text{SiO}_2$) весьма удобен для идентификации граувакк и аркозов [Петтиджон, 1981]. Наиболее высокие его значения свойственны вулканокластическим грауваккам [Юдович, Кетрис, 2000], что обычно связано с содержанием в них большого количества обогащенных железом и магнием обломков вулканических пород и стекол, а также глинистого цемента и матрикса. В целом же, фемический модуль отражает интенсивность и скорость выветривания и захоронения вещества: чем больше фемических элементов в результате выветривания переходит в раствор, тем меньше значение модуля, а, следовательно, больше отличие песчаников от типичных граувакк.

По фемическому модулю к типичным грауваккам относятся песчаники Киселевско-Маноминского (0.12–0.15) и Олюторского (0.12–0.25) террейнов. При этом отчетливо заметны различия между породами Северной (0.12–0.18) и Окраин-

ной (0.15–0.25) провинций последнего. Кроме того, обращают на себя внимание высокие значения модуля ФМ в песчаниках вулканогенно-кремнистого и вулканогенно-осадочного комплексов, что позволяет относить их к разряду вулканокластических граувакк. Значительно менее фемичны песчаники Кемского террейна (0.04–0.07), что хорошо согласуется с меньшим содержанием в них обломков основных вулканитов и большим — кварца, кремнистых пород, гранитоидов. По этому показателю они занимают промежуточное положение между граувакками и аркозами. По данным Я.Э. Юдовича и М.П. Кетрис [2000], глинистым породам, по сравнению с песчаными, присущи, как правило, более высокие значения фемического модуля. В нашем случае это правило хорошо подтверждается для отложений Кемского террейна. В алеврито-глинистых породах Олюторского и Киселевско-Маноминского террейнов значения этого модуля ниже чем у песчаников либо они равны. Сходные результаты были получены П.В. Маркевичем [1985] для флишевых отложений Ильпинского полуострова Восточной Камчатки.

Модуль нормированной щелочности (НКМ) ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$), введенный еще Г. Миддлтоном [Middleton, 1960], позволяет распознавать примесь вулканического материала в осадочных породах [Юдович, Кетрис, 2000]. Как правило, значения этого модуля выше в аркозах за счет широкого развития в них слюд и полевых шпатов, в том числе калиевых, и ниже в граувакках в результате обилия глинистого вещества, обломков основных эффузивов и глинисто-алевритового матрикса.

По значениям этого модуля ближе всего к аркозам песчаники Кемского террейна (0.36–0.43), в которых вулканомиктовый материал, вероятно, смешивался с некоторым количеством сиалической кластики. Несколько ниже значения модуля в песчаниках Киселевско-Маноминского террейна (0.35–0.41) и наименьшие значения характерны для типичных граувакк Олюторского террейна (0.26–0.36), в которых главной обломочной составляющей являются основные высокоглиноземистые вулканиты и обилие глинистый материал, представленный в основном хлоритом и смектитом. В алеврито-глинистых породах изученных объектов значение НКМ, как правило, ниже, чем в песчаниках, что, очевидно, связано с меньшим содержанием в них полевых шпатов и большим количеством глинистого вещества. Исключение составляют вулканогенно-кремнистый и вулканогенно-осадочный комплексы Олюторского террейна, поскольку глинистые породы этих комплексов часто практически нацело (до 90%) сложены смектитом [Малиновский, 1993].

Титановый модуль (ТМ) ($\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$), введенный А.А. Мигдисовым [1960], прежде всего поз-

воляет судить о составе пород (в частности, об их титанистости) в областях сноса и о динамике среды седиментации, приводящей к сортировке титаносодержащих минералов и глинистого вещества [Юдович, Кетрис, 2000].

Как правило, высокие значения титанового модуля в песчаниках обусловлены примесью основной вулканокластики. Для песчаников всех изученных объектов, несмотря на значительную долю среди обломочной составляющей вулканомиктового и пирокластического материала, значения модуля относительно невелики. Объяснением этому служит образование материала за счет разрушения островодужных вулканитов низкотитанистых (но высокоглиноземистых) серий. Значения модуля колеблются в песчаниках Олюторского террейна от 0.036 до 0.047, а в Киселевско-Маноминского — от 0.034 до 0.052. Видно, что в обоих террейнах они наименьшие в породах вулканогенно-осадочных комплексов, наиболее обогащенных вулканокластикой. Еще более низкие значения модуля отмечены в приближающихся к аркозам кемских песчаниках (0.031–0.035), что связано с примесью обломков кислых изверженных пород, в свою очередь, отличающихся низкими значениями ТМ. Характерной особенностью всех изученных отложений является повышенная титанистость алеврито-глинистых пород по сравнению с песчаниками, что в целом свойственно вулканомиктовым породам, при образовании которых не происходит существенной механической дифференциации пелитовой и псаммитовой фракций [Юдович, Кетрис, 2000].

Закономерности изменения среднего химического состава песчаных и алеврито-глинистых пород всех изученных объектов, а также существующие черты их сходства и различия отчетливо видны при нанесении фигуративных точек на модульные диаграммы Я.Э. Юдовича и М.П. Кетрис [2000]: ГМ–НКМ, ФМ–НКМ, ТМ–НКМ, ГМ–ТМ, ФМ–ТМ и ФМ–SiO₂ (см. рис. 5). На всех приведенных диаграммах рассматриваемые отложения выстраиваются в следующую последовательность: Кемский террейн — Киселевско-Маноминский террейн — Южная и Северная провинции Олюторского террейна. Наблюдающаяся при этом положительная корреляция между парами ФМ–ТМ, ГМ–ТМ и отрицательная между

ГМ–НКМ, ФМ–НКМ, ТМ–НКМ и ФМ–SiO₂ свидетельствуют о петрогенной (вулканомиктовой) природе пород и, соответственно, о их принадлежности к грауваккам.

Вместе с тем, на всех диаграммах фигуративные точки изученных отложений образуют два самостоятельных, хорошо разделяющихся поля. Первое — это приближающиеся к аркозам песчаники Кемского террейна, характеризующиеся повышенными содержаниями кремнезема и наибольшими значениями НКМ, но более низкими ГМ, ФМ, ТМ. Такое своеобразие кемских песчаников объясняется, вероятно, их образованием как за счет островодужной вулканокластики, так и продуктов разрушения сиалических блоков континентальной коры, слагавший фундамент дуги. Второе, большее, поле объединяет породы всех остальных объектов, хотя и здесь заметны определенные различия. Общим же для них является принадлежность к типичным грауваккам и тесная генетическая связь с островодужными вулканитами, а также возможное поступление незначительного количества сиалического материала.

Таким образом, геохимический состав терригенных пород изученных объектов указывает на их низкую химическую зрелость, слабую литодинамическую переработку, а также высокую склонность механического выветривания и захоронения вещества. Основными источниками обломочного материала во всех случаях была островодужная вулканокластика, к которой иногда примешивалось то или иное количество сиалического материала с поднятых блоков континентальной коры.

ПАЛЕОГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

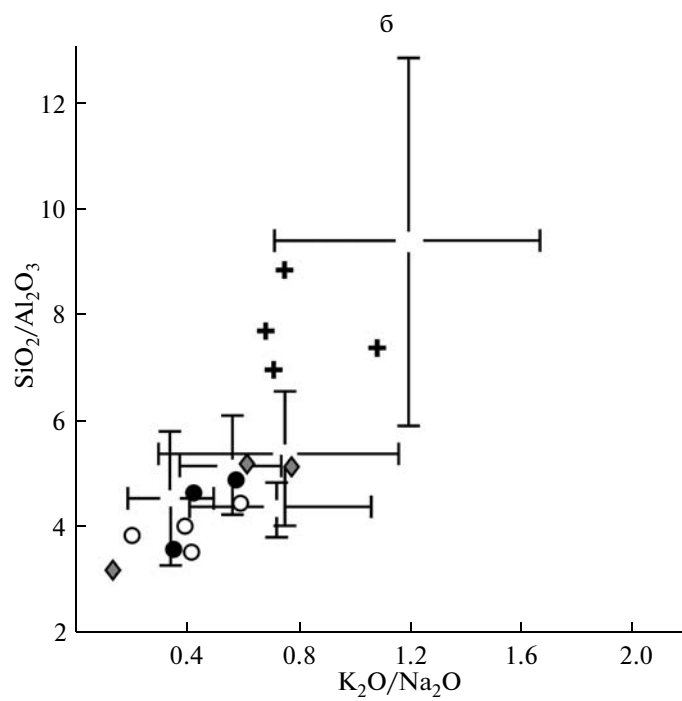
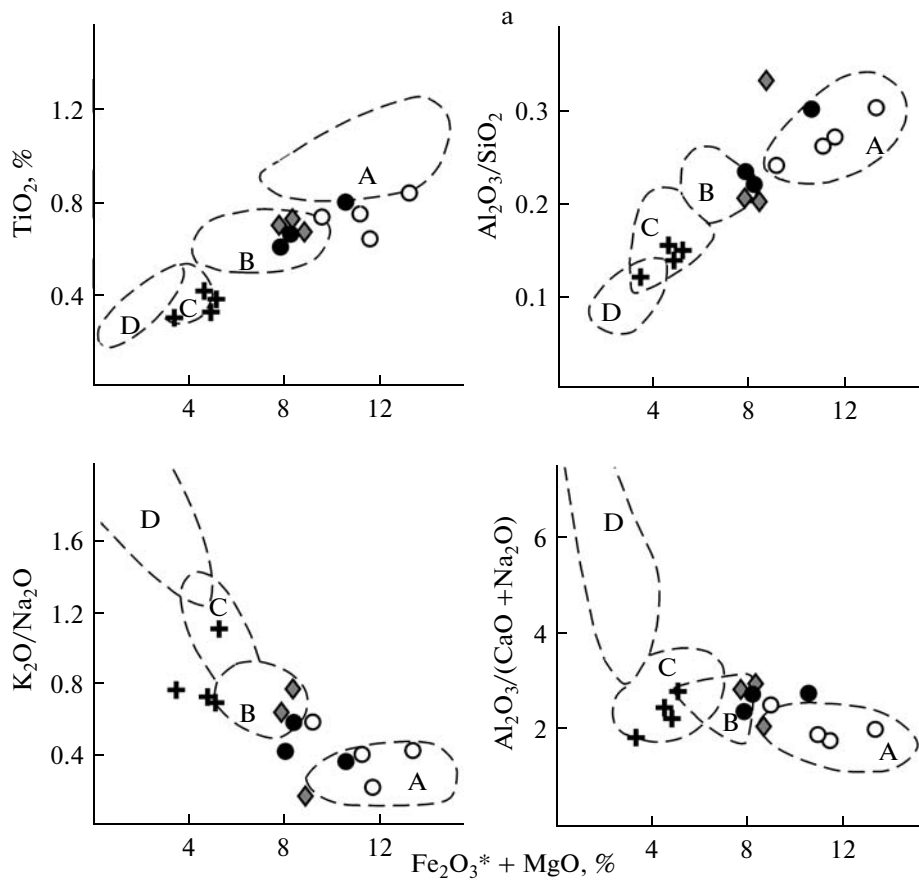
Полученные геохимические данные интерпретировались на основе актуалистического подхода, т.е. сравнения результатов изучения современных глубоководных осадков с древними терригенными породами. Этими исследованиями установлена тесная связь между химическим составом пород и геодинамическими обстановками областей питания и бассейнов седиментации [Bhatia, 1983; Maynard et al., 1982; Roser, Korsch, 1986 и др.].

Рис. 6. Диаграммы химического состава песчаных 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. Fe₂O₃* — общее железо.

б — бассейновые обстановки [Maynard et al., 1982]. Пересекающиеся линии — стандартные отклонения от среднего состава современных глубоководных песков из бассейнов пассивных континентальных окраин (TE); активных континентальных окраин, сопряженных: со сдвиговыми дислокациями (SS); с окраинно-континентальными магматическими дугами (CA); с океаническими вулканическими дугами (FA — преддуговые и BA — задуговые бассейны).

Условные обозначения см. рис. 3.



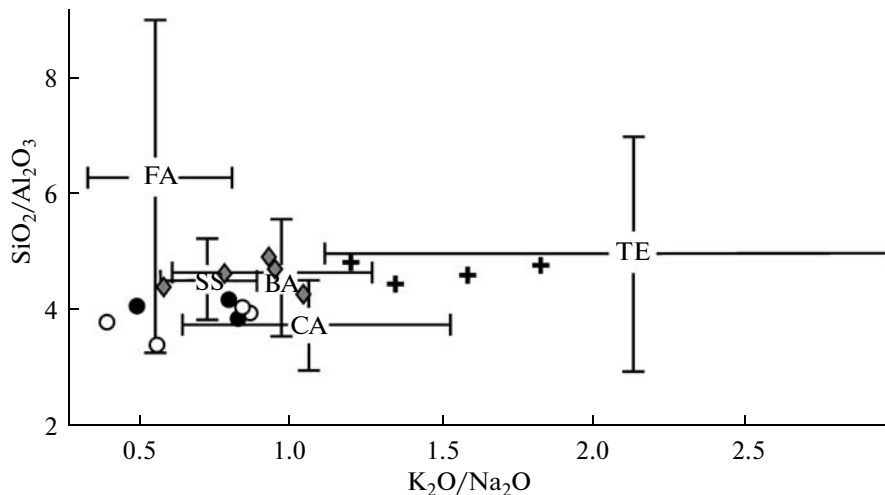


Рис. 7. Диаграмма химического состава алеврито-глинистых пород из различных бассейновых обстановок [Maunard et al., 1982].

Условные обозначения и аббревиатуры см. рис. 3 и 6.

На рис. 6а показаны диаграммы генетической интерпретации химического состава песчаников [Bhatia, 1983], применяющиеся для разделения песчаников из бассейнов различных тектонических обстановок. Используемые на них показательные, по мнению авторов, параметры Al_2O_3/SiO_2 , K_2O/Na_2O , $Al_2O_3/(CaO + Na_2O)$, TiO_2 и $Fe_2O_3(общее)+MgO$ отражают минеральный состав пород питающей провинции и геохимическое поведение ряда элементов в морской воде. По этим показателям песчаники Олюторского террейна соответствуют либо приближаются к песчаникам океанических островных дуг типа Марианской и, в меньшей мере, континентальных островных дуг. Геотектонические обстановки самих бассейнов седиментации реконструируются при помощи диаграммы Дж. Мейнарда и его соавторов [Maunard, et al., 1982] (см. рис. 6б), на которой глубоководные пески разделены по значениям SiO_2/Al_2O_3 и K_2O/Na_2O . Олюторские песчаники на этой диаграмме группируются в обстановках преддуговых (FA) и задуговых (BA) бассейнов внутриокеанических островных дуг. Вероятно, основным источником обломочного вещества для них была островодужная вулканокластическая. Вместе с тем, на диаграммах видны определенные различия в составе песчаников двух провинций террейна, что позволяет предполагать существование дополнительного сиалического (континентального) источника обломочного материала, оказывавшего постоянное влияние на седиментацию Центральной провинции. Этим источником могли быть блоки зрелой континентальной земной коры, в строении которых участвовали метаморфизованные породы и гранитоиды [Малиновский, 1993].

Палеотектоническая интерпретация химического состава алеврито-глинистых пород, приведенная на диаграмме $SiO_2/Al_2O_3-K_2O/Na_2O$ [Maunard et al., 1982] (рис. 7), не противоречит интерпретации, сделанной по составу песчаников. Все точки алеврито-глинистых пород располагаются в полях островодужных обстановок, больше тяготея к обстановкам задуговых (BA) и преддуговых (FA) бассейнов внутриокеанических островных дуг.

Несколько иную тектоническую интерпретацию химического состава глинистых пород предложили Б. Роузер и Р. Корш [Roser, Korsch, 1986]. На их диаграмме K_2O/Na_2O-SiO_2 (рис. 8) выделены бассейны океанических островных дуг (ARC), а также пассивных (PM) и активных (ACM) континентальных окраин. Песчано-глинистые породы Олюторского террейна группируются в поле бассейнов, связанных с океаническими островными дугами, что хорошо согласуется с приведенными ранее данными.

Интерпретация химического состава терригенных пород Удыльского фрагмента Киселевско-Маноминского террейна, основанная на выше описанных принципах, позволяет предполагать существование нескольких источников питания и обстановок седиментации. В кремнистом комплексе террейна, как уже упоминалось, обломочные породы практически не встречаются, поэтому о его геодинамической природе можно судить лишь по косвенным признакам, в частности, по набору тяжелых минералов, выделенных из алеврито-глинистых пород. Преобладание в комплексе фемической ассоциации минералов, среди которых главенствует клинопироксен, характерно для глубоководных впадин окраинных морей Тихого океана, где основным источником

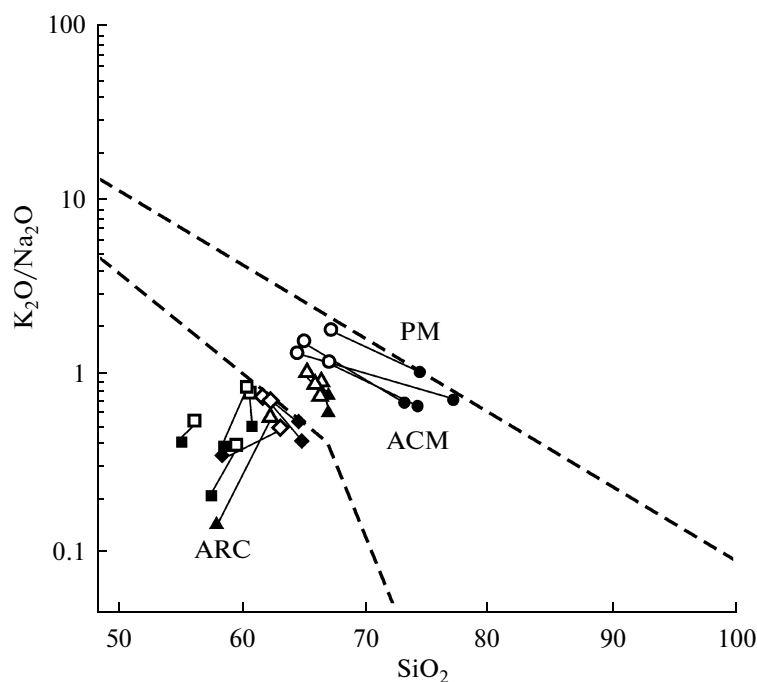


Рис. 8. Диаграмма K_2O/Na_2O-SiO_2 для песчаных и алеврито-глинистых пород изученных объектов [Roser, Korsch, 1986].

Бассейны тектонических обстановок: PM — пассивных континентальных окраин, ACM — активных континентальных окраин, ARC — океанических островных дуг.

Линии соединяют песчаные и алеврито-глинистые породы из одного комплекса.

Условные обозначения см. рис. 5.

обломочного вещества была островодужная вулканокластита, поставляемая с океанической дуги типа Идзу-Бонинской [Малиновский, Маркевич, 2007]. Фигуративные точки вулканогенно-осадочного комплекса на всех приведенных диаграммах (см. рис. 6, 7, 8) также соответствуют океанической островной дуге, попадая в поле преддуговых бассейнов (FA). Точки песчаников грауваккового комплекса на диаграммах М. Бхатия и М. Мейнарда с соавторами (см. рис. 6, рис. 7) смещены в сторону полей бассейнов окраинно-континентальных вулканических островных дуг, а на диаграмме Б. Роузера и Р. Корша (см. рис. 8) — в сторону активных континентальных окраин (АСМ), в состав которых эти дуги входят. Такое отклонение обусловлено пониженной фемичностью и повышенной зрелостью пород комплекса из-за присутствия в них продуктов размыва сиалических (континентальных) пород.

Генетическая интерпретация химического состава песчаников Кемского террейна не всегда однозначна. На диаграммах М. Бхатия [Bhatia, 1983] (см. рис. 6а), где разделены песчаники из бассейнов различных тектонических обстановок, кемские песчаники попадают в поля бассейнов активных континентальных окраин (либо приближаются к ним), а также бассейнов, сопряженных с островными дугами, развитыми на зрелой

континентальной коре (например, Японские острова). Не совсем точное попадание точек в поле континентальных островных дуг объясняется низким содержанием в песчаниках суммарного железа и магния (низкой фемичностью), а также относительно высокой зрелостью пород, связанной с обогащением их кварцем и обломками кремнистых пород. На диаграмме Ж. Мейнарда с соавторами [Maunard et al., 1982] (см. рис. 6б) песчаники занимают промежуточное положение между песками из бассейнов, связанных с пассивными континентальными окраинами (TE), и окраинно-континентальными дугами (CA). Отклонение положения фигуративных точек песчаников от полей бассейнов активных континентальных окраин и окраинно-континентальных дуг объясняется в целом нехарактерным для данного типа песчаников преобладанием К над Na, что обусловлено содержанием в них обломков базальтов (шошонитов), относящихся к высококальциевой известково-щелочной серии, характерной для тыловых частей островных дуг [Симаненко и др., 2004]. Палеотектоническая интерпретация химического состава алеврито-глинистых пород (см. рис. 7, рис. 8), не противоречит интерпретации, сделанной по составу песчаников, отличаясь даже несколько большей определенностью. Фигуративные точки алеврито-глинистых пород тя-

готеют, главным образом, к полям бассейнов активных континентальных окраин и островных дуг, развитых на континентальной коре.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрен вещественный состав песчаных и глинистых пород из различных мел-палеогеновых терригенных комплексов Сихотэ-Алиня и Камчатки. Обобщение полученных результатов позволило показать островодужную природу этих объектов и установить следующие их особенности.

В Олюторском террейне по вещественному составу терригенных отложений выделяются две минералого-геохимические провинции, формирование которых происходило при поступлении материала из различных по составу областей сноса. Осадочный материал поступал в бассейн обеих провинций в основном с разрушавшейся мел-палеогеновой Ачайваямской океанической островной дуги [Шапино, 1995], а также за счет синседиментационных вулканических процессов. Одновременно существовал и другой, внебассейновый источник, оказывавший заметное влияние на седиментацию в Южной провинции. Этим источником, вероятно, были блоки континентальной коры, располагавшиеся к югу от Олюторского террейна на месте современного Берингова моря [Малиновский, 1993].

Область питания седиментационных бассейнов Удыльского фрагмента Киселевско-Маноминского террейна была неоднородной. Основным источником обломочного вещества была вулканокластика, поступающая с меловой Удыльской океанической островной дуги [Маркевич и др., 1997], к которой примешивался материал с размывавшейся континентальной окраины.

В отложениях Кемского террейна, наряду с типичной островодужной вулканокластикой, большую роль играет и сиалический материал континентального происхождения. Вероятно, область питания объединяла окраинно-континентальную вулканическую дугу и поднятые блоки континентальной коры, служившие ее основанием. Источником обломочного материала была раннемеловая Монероно-Самаргинская островная дуга [Малиновский и др., 2005а, б], поставлявшая в ее тыловодужный бассейн вулканокластику и продукты разрушения метаморфических и кислых интрузивных пород, слагавших фундамент дуги, образованный выдвинутым в сторону океана фрагментом континентальной коры.

Таким образом, валовый химический состав терригенных пород, а также некоторые геохимические модули позволяют достаточно надежно различать островодужные обстановки в палеобассейнах орогенных областей.

В заключение следует отметить, что Западная Палеоокеаника в мел-палеогеновое время изобиловала, возможно, даже в большей степени, чем сейчас, сложными построенными внутриокеаническими и окраинно-континентальными дугами, микроконтинентами и выдвинутыми в сторону океана блоками континентальной земной коры, что указывает на сложный характер конвергентной границы литосферных плит, существовавшей на восточной окраине Азии.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 06-05-964081) и ДВО РАН (проект № 06-III-A-08-317).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Геология юга Корякского нагорья. М.: Наука, 1987. 167 с.
- Геолого-геофизические исследования в Новогегрибском регионе. Владивосток: Изд-во ДВО АН СССР, 1990. 267 с.
- Зябрев С.В., Мартынюк М.В., Шевелев Е.К.* Юго-западный фрагмент Киселевско-Маноминского аккреционного комплекса, Сихотэ-Алинь: стратиграфия, субдукционная аккреция и постаккреционные смещения // Тихоокеанская геология. 2005. Т. 24. № 1. С. 45–58.
- Коваленко Д.В.* Палеомагнетизм геологических комплексов Камчатки и южной Корьякии. Тектоническая и геофизическая интерпретация. М.: Научный мир, 2003. 256 с.
- Малиновский А.И.* Кайнозойская моласса юга Корякского нагорья. Владивосток: Дальнаука, 1993. 228 с.
- Малиновский А.И., Филиппов А.Н., Голозубов В.В., Симаненко В.П., Маркевич В.С.* 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.* Состав и обстановки накопления нижнемеловых терригенных пород бассейна р. Кемы (Восточный Сихотэ-Алинь) // Литология и полез. ископаемые. 2005а. № 5. С. 495–514.
- Малиновский А.И., Голозубов В.В., Симаненко В.П., Митрохин А.Н.* Кемский террейн (Восточный Сихотэ-Алинь) – фрагмент раннемеловой островодужной системы восточной окраины Азии // Тихоокеанская геология. 2005б. Т. 24. № 6. С. 38–59.
- 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.* Геосинклинальное терригенное осадконакопление на Востоке Азии в фанерозое. На примере Сихотэ-Алиня и Камчатки. М.: Наука, 1985. 118 с.
- Маркевич П.В., Филиппов А.Н., Малиновский А.И. и др.* Геосинклинальный литогенез на границе континент–океан. М.: Наука, 1987. 177 с.
- Маркевич П.В., Зябрев С.В., Филиппов А.Н., Малиновский А.И.* Восточный фланг Киселевско-Маноминского террейна: фрагмент островной дуги в аккреци-

- онной призме (Северный Сихотэ-Алинь) // Тихоокеанская геология. 1996. Т. 15. № 2. С. 70–98.
- Маркевич П.В., Филиппов А.Н., Малиновский А.И. и др.* Меловые вулканогенно-осадочные образования Нижнего Приамурья. Владивосток: Дальнаука, 1997. 300 с.
- Мигдисов А.А.* О соотношении титана и алюминия в осадочных породах // Геохимия. 1960. № 2. С. 149–163.
- Петтиджон Ф.Дж.* Осадочные породы. М.: Недра, 1981. 752 с.
- Предовский А.А.* Реконструкция условий седиментогенеза и вулканизма раннего девона. Л.: Наука, 1980. 152 с.
- Симаненко В.П., Малиновский А.И., Голозубов В.В.* Раннемеловые базальты Кемского террейна – фрагмента Монероно-Самаргинской островодужной системы // Тихоокеанская геология. 2004. Т. 2. № 2. С. 30–51.
- Соловьев А.В., Палечек Т.Н., Палечек Р.М.* Тектоностратиграфия северной части Олюторской зоны (Корякское нагорье, район бухты Анастасии) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1998. Т. 6. № 4. С. 92–105.
- Соловьев А.В., Палечек Т.Н., Леднева Г.В.* Кампан-мастрихтские отложения фронтальной части Олюторской зоны (юг Корякского нагорья) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2000. Т. 8. № 2. С. 88–96.
- Чехович В.Д.* Тектоника и геодинамика складчатого обрамления малых океанических бассейнов. М.: Наука, 1993. 272 с.
- Шаниро М.Н.* Верхнемеловая Ачайваям-Валагинская вулканическая дуга и кинематика плит в Северной части Тихого океана // Геотектоника. 1995. № 1. С. 52–64.
- Шутов В.Д.* Минеральные парагенезисы граувакковых комплексов. М.: Наука, 1975. 112 с.
- 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.
- 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.
- Middleton G.V.* Chemical composition of sandstones // Geological Society of America Bulletin. 1960. V. 71. P. 1011–1026.
- Moor B.R., Dennen W.H.* A geochemical trend in silicon-aluminum-iron ratios and the classification of clastic sediments // Journ. of Sediment. Petrol. 1970. V. 40. № 4. P. 1147–1152.
- 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.