

ИЗОТОПНЫЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЗДНЕМЕЛОВЫХ И КАЙНОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ФЛИША КАМЧАТКИ И ЮГА КОРЯКИИ

Д.В. Коваленко¹, О.О. Ставрова¹, Н.В. Цуканов²

¹*Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Старомонетный пер., 35, г. Москва, 119017, e-mail: Dmitry@igem.ru*

²*Институт океанологии РАН, им. П.П.Ширшова, Нахимовский пр., 36, г. Москва, 117997, e-mail: mail@ocean.ru*

Поступила в редакцию 13 октября 2008 г.

Изотопные и геохимические исследования позднемеловых–кайнозойских флишевых толщ Камчатки и Корякии показали, что толщи были сформированы как минимум из двух источников – деплетированного (с низкими значениями $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ и высокими положительными величинами $\epsilon_{\text{Nd}}(\text{T})$) и обогащенного (с высокими значениями $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ и отрицательными величинами $\epsilon_{\text{Nd}}(\text{T})$). Обогащенным источником, по-видимому, являются комплексы древней верхней континентальной коры. Ювенильным источником большинства отложений флиша могли являться надсубдукционные породы и в меньшей степени базальты СОХ или базальты задуговых бассейнов. Составы исследованных позднемеловых и кайнозойских отложений флиша различаются. В позднемеловых породах преобладает обогащенный верхнекорковый материал. В кайнозойских толщах Укелятского прогиба и палеоцен-эоценовых толщах хр. Кумроч присутствует большая доля островодужной вулканокластике, флиш о. Карагинский близок по составу к позднемеловым флишевым толщам.

Ключевые слова: изотопный состав, древняя континентальная кора, деплетированный источник, кварц-полевошпатовый флиш, Камчатка, юг Корякии.

ВВЕДЕНИЕ

Меловые и кайнозойские флишевые толщи широко распространены на Камчатке и юге Корякии (рис. 1). В геологической структуре этих районов обнажения флиша образуют две зоны, протягивающиеся с юго-запада на северо-восток параллельно простиранию главных геологических структур. Первая из них (назовем ее “западная”) простирается от Малкинского хребта Камчатки на юге до Олюторского хребта на севере и включает флишевые толщи Западной и Центральной Камчатки, Ветвейского, Укелятского и Олюторского хребтов Корякии (рис. 1). Вторая (“восточная”) протягивается от Валагинского хребта Камчатки на юге до хребта Малиновского в Корякии на севере (рис. 1). Возраст толщ западной полосы флишевых пород варьирует от позднего мела до эоцена [11, 16, 19 и др.]. Эти толщи накапливались до тектонической аккреции к окраине Евразии Ачайва-ям-Валагинской островной дуги в эоцене [1, 3, 6, 17, 20 и др.]. Флишевые толщи восточной зоны по возрасту охватывают интервал от палеоцена до олигоцена и накапливались как до, так и после аккреции Ачайва-ям-Валагинской островной дуги. Задачей данной ра-

боты являлось выяснение изотопно-геохимических типов источников обломочного материала флиша, сформированных до и после аккреционных событий.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ И ЛИТОЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ФЛИШЕВЫХ ТОЛЩ КАМЧАТКИ И ЮГА КОРЯКИИ Западная зона

На Камчатке флишевые толщи западной зоны распространены на хр. Омгон, в бассейне р. Рассошина, на Малкинском хребте (хозгонская свита) и на Камчатском перешейке (лесновская серия). Во всех районах толщ занимают нижнее структурное положение [1, 3, 4, 17 и др.]. На них с востока надвинуты пакеты тектонических пластин и чешуй, сложенных позднемеловыми–раннекайнозойскими кремнисто-вулканогенными и вулканогенно-осадочными комплексами пород, сформированных в надсубдукционных условиях. Флишевые толщи интенсивно деформированы. Вся аккреционная структура с резким угловым несогласием перекрыта толщами раннеэоценового кинкильского вулканогенного комплекса и осадками снатольской свиты.

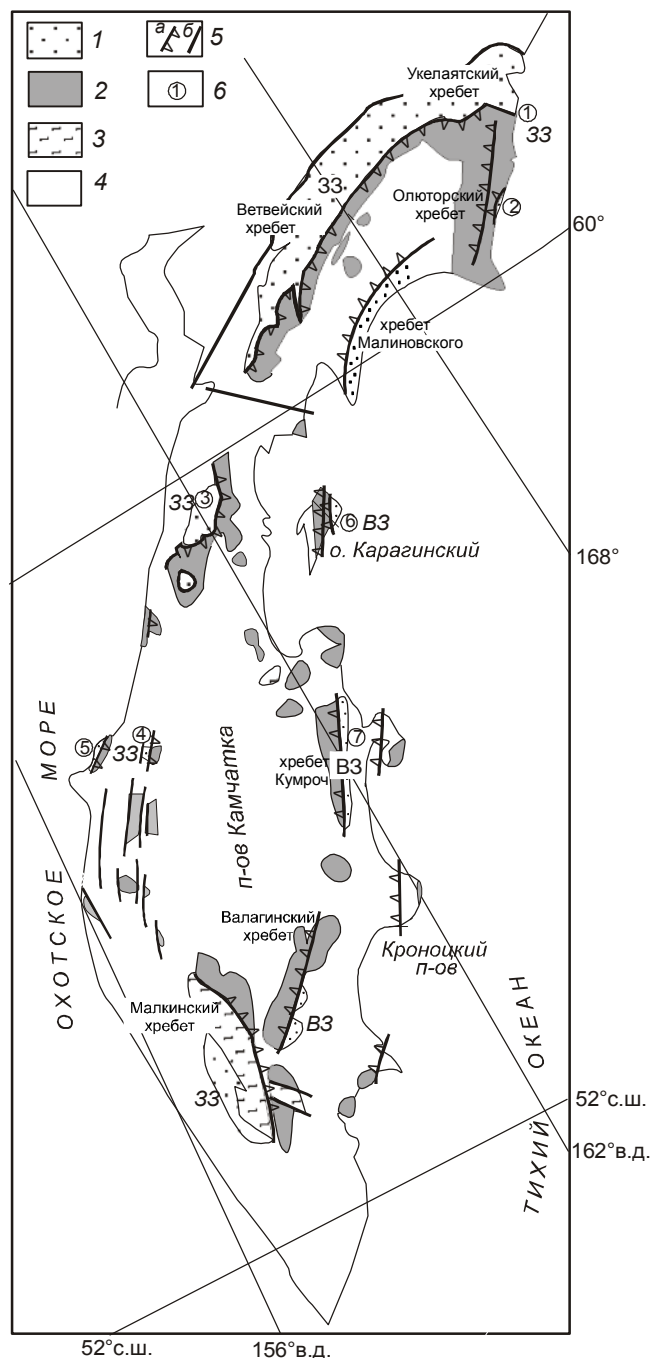


Рис. 1. Схема расположения изученных флишевых толщ п-ова Камчатка и юга Корякии. Условные обозначения.

1 – позднемеловые–раннекайнозойские флишевые толщи, 2 – позднемеловые–раннепалеоценовые кремнистые, кремнисто-вулканогенные и вулканогенно-осадочные комплексы пород, 3 – комплекс метаморфических пород домелового фундамента, 4 – кайнозойские толщи, 5 – надвиги (а) и субвертикальные разломы (б); 6 – районы исследований: 1 – бух. Анастасии, 2 – мыс Витгенштейна, 3 – Камчатский перешеек, 4 – бассейн р. Рассошина, 5 – хр. Омгон, 6 – о. Карагинский, 7 – хр. Кумроч. 33 – западная зона, ВЗ – восточная зона.

Литологические исследования флишевых толщ западной зоны Камчатки [19] показали, что песчаники этих толщ относятся к кварц-полевошпатовым и полевошпат-кварцевым грауваккам, в которых неокатанные обломки пород и минералов сцементированы тонкозернистым матриксом. Породы преобразованы в хлорит-серицитовые агрегаты, характерные для нижней части зеленосланцевой фации метаморфизма. Содержание кварца в породах – 20–35 %, плагиоклазов – 20–35 %, обломков пород – 35–50 %. Обломки пород представлены эффузивами среднего состава и тонкозернистыми кремнистыми, глинисто-кремнистыми и кремнисто-туфогенными осадочными породами. Часто встречаются базальты, иногда – метаморфические породы. Такой состав характерен для флишевых толщ всей западной зоны. Возраст флишевых толщ определялся по радиоляриям как кампан-маастрихтский, по иноцерамам – сенонский [19], методом трекового датирования – 114–44 млн лет [11].

Толщи формировались видимо в глубоководной обстановке [19]. Об этом свидетельствуют отсутствие макрофауны и обилие аутигенного пирита. Состав песчаников отражает наиболее общие черты области размыва, где преобладали дислоцированные вулканогенно-осадочные толщи с широким диапазоном эффузивов и неглубоким эрозионным срезом, вскрывающим незначительное количество интрузий и метаморфических пород (магматические дуги). Предполагается, что толщи накапливались на пассивном континентальном подножии или в тылу островной дуги [19].

На юге Корякии флишевые толщи западной зоны распространены на Ветвейском и Укеляйтском хребтах и на побережье Берингова моря вдоль восточного склона Олюторского хребта (рис. 1). Вместе с аналогичными толщами Аляски они объединены в единый Укеляйтско-Шумагинский прогиб [9]. Породы интенсивно деформированы и залегают в основании Ватынского тектонического покрова, надвинутого на них с юго-востока. На терригенные образования с резким угловым несогласием налегают вулканогенные образования велнолыкской свиты (эоцен–олигоцен).

Терригенные толщи Корякии близки по строению к двухкомпонентному флишу [5, 9]. В нижней части преобладают аргиллиты, в верхней – песчаники. Это отложения грауваккового состава. Их кластическая часть состоит на 20–30 % из обломков яшм, яшмоидов, спилитов и туфов. В ряде районов описаны олистостромовые образования, которые фациально замещают отложения нижней толщи и частично – верхней. Олистолиды представлены алевролитами, песчаниками, блоками флишоидных пород, глыбами яшм, спилитов, туфов и туфо-кремнистых пород. Из

терригенной матрицы олистостромы собраны иноцерамы и фораминиферы, характерные для маастрихта. В нижней части обнаружены маастрихтские и раннепалеогеновые (даний–палеоцен) фораминиферы [9]. На восточном склоне Олюторского хребта из флишевых толщ с олистолитами и без них был выделен комплекс нанопланктона, типичный для кампана–маастрихта [22]. Трековое датирование цирконов из флишевых толщ показывает диапазоны возрастов от 87 до 44 млн лет [11].

Восточная зона

На Камчатке флишевые толщи восточной зоны обнажаются на Валагинском хребте, хр. Кумроч и участвуют в структуре о. Карагинский (рис.1). Их возраст охватывает интервал от палеоцена до олигоцена [11]. Толщи интенсивно деформированы и залегают в покровно-складчатой структуре восточной вергентности.

Песчаники вулканогенных толщ (пачки и слои среди вулканитов) близки по составу к преобладающим в этих районах туфам. В них резко преобладают обломки базальтов, андезитов и дацитов, стекла, плагиоклазов и пироксенов. В подчиненном количестве присутствуют обломки тонкозернистых туфогенно-осадочных пород, аргиллитов, кремней, диабазов. Кварца – менее 20 %. Лишь в средней части валагинской свиты концентрация кварца достигает 40 % и состав песчаников близок к составу песчаников западной зоны.

Флиш, перекрывающий вулканогенный разрез, в нижней части представлен вулканомиктовыми разновидностями с турбидитовыми текстурами, с составом, в целом соответствующим составу подстилающих вулканитов. В верхней части (тальниковская свита Валагинского хребта и дроздовская свита хр. - Кумроч) они сложены двухкомпонентным песчано-аргиллитовым флишем грауваккового состава. Граувакки близки по составу грауваккам флишевых толщ западной зоны и содержат наряду с кластикой основных и средних вулканитов продукты разрушения кислых и метаморфических образований, образуя мощные (200–250 м) пачки и прослои субаркозового и смешанного составов [10, 18]. Во флише о. Карагинского присутствуют многочисленные гальки гранитоидов [23]. В работе [19] восточная зона рассматривается как ареал островных вулканов, в пределах которого вулканомиктовый материал смешивался с продуктами размыва континентальной коры.

На юге Корякии флишевые толщи восточной зоны обнажаются на юго-восточных склонах хр. Машиновского. Возраст пород, определенный по комплексу нанопланктона, охватывает интервал от па-

леоцена до раннего олигоцена [16]. Толщи деформированы в сложную изоклинально-складчатую структуру юго-восточной вергентности. Они сложены вулканомиктовыми граувакками, состоящими из обломков эффузивных пород (60–90 %) – андезитов и андезибазальтов, вулканического стекла и плагиоклаза, источником которых могли быть слабоэродированные интраокеанические островные дуги и активные континентальные окраины [16].

По мнению авторов работ [16, 17], флишевые толщи восточной зоны участвуют в структуре аккреционной призмы над кайнозойской зоной субдукции под окраину Евразии. Судя по возрасту пород, палеоценовые флишевые толщи хр. Кумроч могли формироваться до аккреции Ачайваям-Валагинской островной дуги, а толщи о. Карагинского – после нее.

ОБЪЕКТЫ ГЕОХИМИЧЕСКИХ И ИЗОТОПНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Образцы тонкообломочных песчаников и алевритов для изотопных и геохимических исследований были отобраны из флишевых толщ восточной и западной зон Камчатки и юга Корякии. Из обнажений западной зоны Камчатки образцы отбирались с хр. Омгон, из бассейна р. Рассошина, из толщ лесновской серии в районе р. Левая Лесная на Камчатском перешейке. На юге Корякии опробовались флишевые толщи Укелятского прогиба в районе бухты Анастасии и мыса Витгенштейна. Из восточной зоны были исследованы образцы терригенных пород с хр. Кумроч и о. Карагинский (рис. 1).

Возраст опробованных пород западной полосы устанавливается: на хр. Омгон по данным трекового анализа – 114, 102, 100, 85, 80 млн лет, из бассейна р. - Рассошина – 78, 80 млн лет [11]. Из исследованных нами образцов лесновской серии были выделены формы нанопланктона: *Cyclagelosphaera margerelii* Noel, *Watznaueria fossacincta* (Black), *Watznaueria barnesae* (Black) и *Arkhangelskiella* sp., характерные для коньяка–маастрихта (Устинова М.Н., устное сообщение). Возраст пород в районе бухты Анастасии определен методом трекового датирования – 48 млн лет [11], в районе м. Витгенштейна для терригенных пород с олистолитами базальтов – 66 млн лет [11] и по комплексу нанопланктона – маастрихт [22] и сантон–маастрихт – для терригенных пород без олистолитов [22].

Возраст опробованных пород восточной зоны на хр. Кумроч (бассейн р. Второй – ветловская серия, притоки р. Камчатки в районе Больших Щек – дроздовская толща) определяется по комплексу радиоларий и планктонным фораминиферам как палеоцен-среднеэоценовый. По данным трекового датирования для пород дроздовской толщи получены оценки

возраста – 67, 58, 56, 68 млн лет. На о. Карагинском образцы были отобраны в бассейне р. Корохринваям. Судя по датировкам [23], возраст опробованных толщ соответствует позднему эоцену.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Определение порообразующих оксидов выполнено рентгенофлуоресцентным методом (RFA) в Институте геохимии СО РАН. Концентрации элементов-примесей в образцах определяли методом ICP-MS в Институте аналитического приборостроения РАН с относительной погрешностью 5–10 %.

Измерения изотопного состава пород проводили в Геологическом институте КНЦ РАН (Апатиты). Изотопный состав Nd определялся на семиканальном масс-спектрометре Finnigan MAT-262 (RPQ) по методике, детально описанной в [2]. Погрешность воспроизводимости изотопного состава Nd стандарта La Jolla $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.511833 \pm 6$ (2σ , $N=11$) не превысила 0.0024 % (2σ). Такая же погрешность получена при измерениях параллельных анализов нового японского стандарта JNd₁ $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.512072 \pm 2$ (2σ , $N=44$). Погрешность отношения $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$, рассчитанная из семи измерений концентраций Sm и Nd в стандарте BCR-1, составляет 0.2 % (2σ). Холостое внутрилабораторное загрязнение по Nd равно 0.3 нг, по Sm – 0.06 нг. Измеренные изотопные отношения Nd были нормализованы по отношению $^{148}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.241570$, а затем пересчитаны на отношение $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.511860$ в стандарте LaJolla.

Измерения изотопного состава Sr проводились на масс-спектрометре МИ 1201-Т в двухленточном режиме на рениевых лентах. Изотопный состав Sr во всех образцах был нормализован к величине, рекомендованной NBS SRM-987, равной 0.710235. Погрешности анализа не превышают 0.04 %, определения Rb-Sr отношений – 1.5 %. Холостое внутрилабораторное загрязнение по Rb равно 2.5 нг, по Sr – 1.2 нг.

ГЕОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ФЛИШЕВЫХ ПОРОД

Все меловые терригенные породы характеризуются содержанием SiO_2 от 63 до 77 вес. %, что свидетельствует о значительном участии в осадконакоплении сиалического материала. Вариации концентраций кремнезема в более молодых палеоцен-олигоценых породах более широкие – от 47 до 76 вес. %.

На диаграммах $\text{K}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3$ и $\text{Th}-\text{Al}_2\text{O}_3$ составы флишевых пород смещены от среднего состава верхней континентальной коры в область обогащения вулканокластическим детритом [24] (рис. 2). На диаграмме $\text{K}_2\text{O}-\text{Rb}$ составы всех терригенных пород характеризуются постоянным отношением $\text{K}_2\text{O}/\text{Rb}$, близким к таковому для усредненной верхней континентальной коры [24] (рис. 2). Такие соотношения характерны для недостаточно выветрелых “незрелых” терригенных пород [24]. В породах палеоцен-эоценовых толщ наблюдаются более низкие концентрации K_2O и Rb.

Как видно на спайдерграммах (рис. 3) [25], составы исследованных позднемеловых флишевых пород характеризуются высокими концентрациями легких литофильных элементов (LILE) и легких редких земель (LREE) и низкими содержаниями высокозарядных элементов (HFSE) и тяжелых редких земель (HREE). Такие составы характерны для надсубдукционных пород и комплексов верхней континентальной коры [12, 25, 26]. Концентрации элементов во флишевых породах в основном ниже средних концентраций этих элементов в верхней континентальной коре. Особенно резкие отличия наблюдаются для концентраций HFSE, в частности для Ta и Nb. По-видимому, это связано с присутствием во флише как продуктов размыва континентальной коры, так и вулканокластического детрита, образованного в надсубдукционных условиях, для которого типичны глубокие Ta-Nb минимумы.

Составы более молодых палеоцен-олигоценых толщ более разнообразны. Исследованные эоценовые флишевые толщи бухты Анастасии и два образца палеоцен-эоценовых пород хр. Кумроч в целом характеризуются теми же особенностями, что и меловые толщи, но сильнее деплетированы Ta. Один образец с хр. Кумроч (9615/12) по распределению REE близок к базальтам COX (рис. 3). Исследованные нами [23] составы эоцен-олигоценых флишевых толщ о. Карагинского практически не отличаются от составов позднемеловых флишевых пород (рис. 3). Флишевые толщи, отнесенные в работе [23] к олистолитам, сильно обогащены Ba.

Изотопные составы Nd и Sr для флишевых пород приведены на рис. 4. Видно, что величины $\epsilon_{\text{Nd}}(T)$ для позднемеловых флишевых пород меняются от +1 до -5, значения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ для этих пород варьируют от 0.706 до 0.710 и отрицательно коррелируют с $\epsilon_{\text{Nd}}(T)$. Величины $\epsilon_{\text{Nd}}(T)$ для палеоцен-эоценовых толщ меняются от +9 до +1. Значения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ для двух образцов эоценовых пород бух. Анастасии соответствуют 0.706 и 0.707. Величины $\epsilon_{\text{Nd}}(T)$ коррелируют с концентрациями SiO_2 и MgO.

ИЗТЕРПРЕТАЦИЯ ГЕОХИМИЧЕСКИХ И ИЗОТОПНЫХ ДАННЫХ

ИЗТЕРПРЕТАЦИЯ ГЕОХИМИЧЕСКИХ И ИЗОТОПНЫХ ДАННЫХ

Корреляции изотопных и геохимических составов флишевых пород (рис. 4) показали, что они были сформированы из двух источников – деплетированного (с низкими значениями $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ и высокими по-

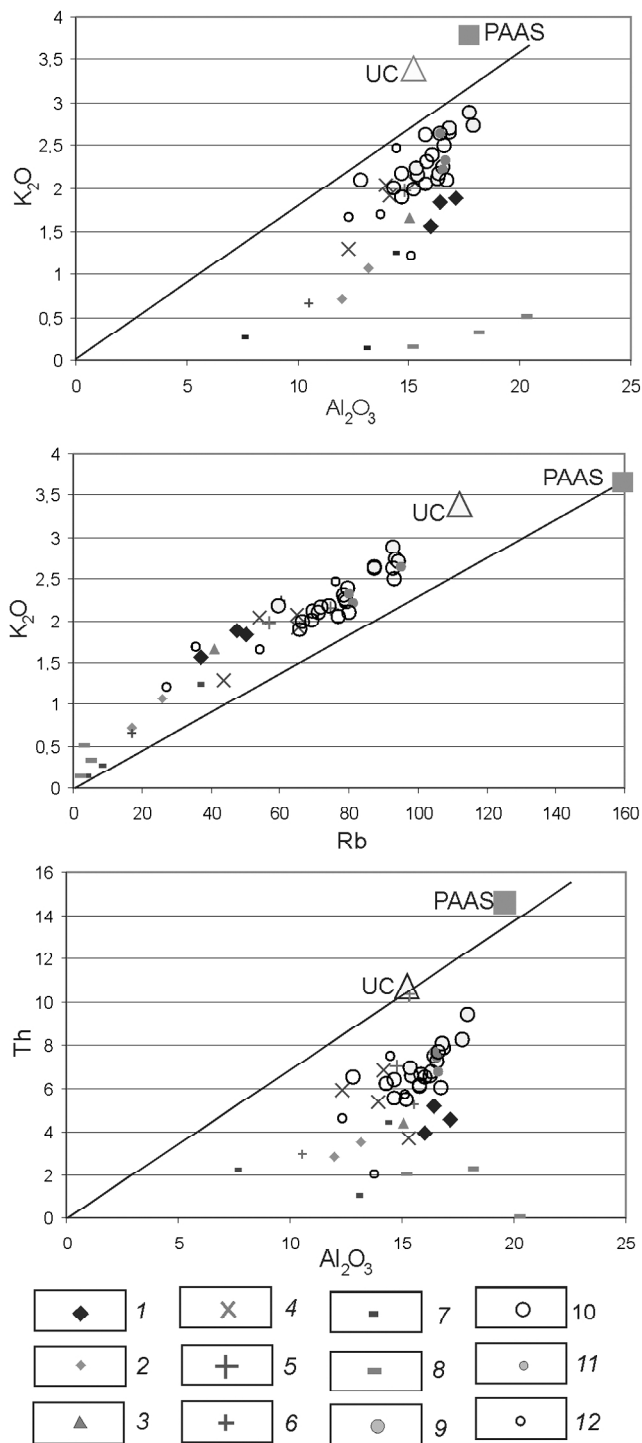


Рис. 2. Диаграммы $K_2O-Al_2O_3$, K_2O-Rb , $Th-Al_2O_3$. 1–12 – составы терригенных пород: 1 – хр. Омгон (поздний мел), 2 – бассейн р. Рассошина (поздний мел), 3 – п-ов Утхолок (палеоцен), 4 – Камчатский перешеек (лесновская серия, поздний мел), 5 – м. Витгенштейна (терригенные толщи с олистолитами базальтов и кремнистых пород, палеоцен), 6 – м. Витгенштейна (терригенные толщи без олистолитов, палеоцен), 7 – бух. Анастасии (терригенные толщи Укелятского прогиба, эоцен), 8 – хр. Кумроч (дроздовская свита, палеоцен), 9–12 – о. Ка-

рагинский (терригенные толщи [23]): 9 – с возрастом 50 млн лет, 10 – с возрастом 30 млн лет, 11 – матрица олистостромы, 12 – олистолиты терригенных пород. Диагональная линия – линия регрессии, рассчитанная для кайнозойских карбонатных турбидитов скв. ODP 765 [24]. Она демонстрирует, что соотношения $K_2O-Al_2O_3$, K_2O-Rb , $Th-Al_2O_3$ постоянны в этих породах и близки к таковым для состава усредненной верхней континентальной коры и PAAS, а концентрации элементов в породах меняются из-за разных пропорций биогенных карбонатных и терригенных фаз в них. UC – состав усредненной верхней континентальной коры [12]. PAAS – Post-Archean Average Shale – средний состав постархейских сланцев [12]. Величины соотношений элементов могут меняться в зависимости от состава терригенной фазы. Например, присутствие кластики вулканических пород нормальной щелочности будет уменьшать соотношения K_2O/Al_2O_3 и Th/Al_2O_3 .

ложительными величинами $\epsilon_{Nd}(T)$ и обогащенного (с высокими значениями $^{87}Sr/^{86}Sr$ и отрицательными величинами $\epsilon_{Nd}(T)$). В разной степени проявленные корреляции изотопного состава Nd с концентрациями MgO и SiO₂ показывают, что ювенильный источник характеризовался низким содержанием SiO₂ и высоким – MgO (вероятно, основные породы), а обогащенный – высоким содержанием SiO₂ и низким – MgO (кислые породы). По-видимому, обогащенным источником являются комплексы древней верхней континентальной коры, которые всегда характеризуются низкими отрицательными величинами $\epsilon_{Nd}(T)$ и высокими значениями $^{87}Sr/^{86}Sr$. Рассчитанный при $\epsilon_{Nd}(T) = -5$ ($^{147}Sm/^{144}Nd = 0.135471$) модельный возраст этих пород соответствует 1.5 млрд лет. Ювенильным источником большинства флишевых пород, вероятно, являются надсубдукционные породы. Об этом свидетельствуют особенности их геохимического состава – обогащение LILE и LREE и деплетирование HFSE и HREE. Некоторые породы флишевых толщ ветловской серии хр. Кумроч, судя по распределению REE, были образованы при размыве базальтов COX или базальтов задуговых бассейнов.

На диаграммах Th/La – Nb/U и Zr/Nb – Th/La (рис. 5) составы меловых флишевых пород также образуют тренд от области, близкой к среднему составу верхней континентальной коры, в область наиболее распространенных составов надсубдукционных меловых пород Камчатки и юга Корякии [8, 14]. Составы кайнозойских флишевых пород на диаграмме Th/La – Nb/U образуют тренд от области, близкой к среднему составу верхней континентальной коры, в область составов меловых надсубдукционных пород Камчатки и юга Корякии, но полностью перекрываются с полями наиболее распространенных составов эоценовых надсубдукционных пород Камчатки и юга Ко-

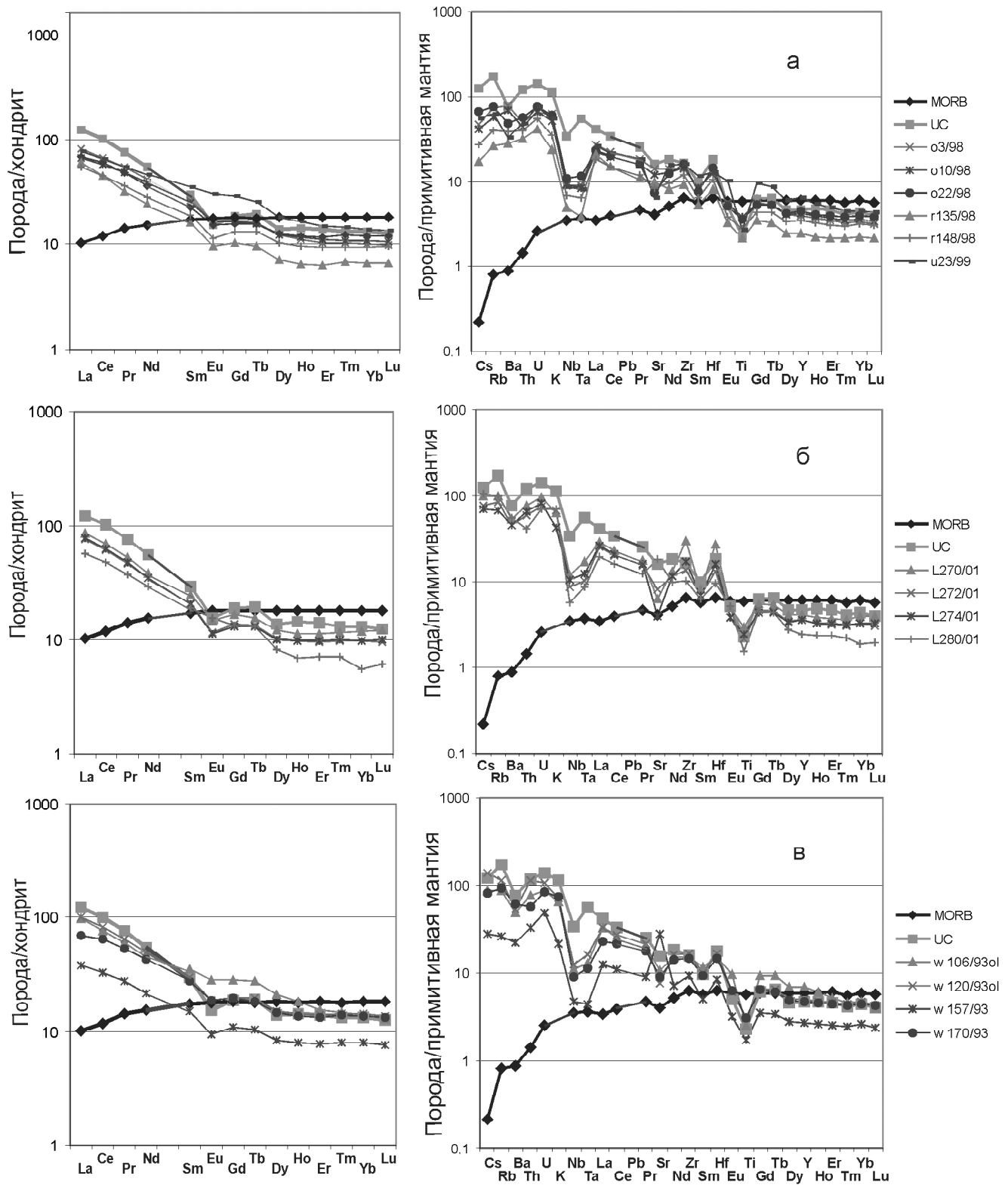


Рис. 3. Спайдерграммы для терригенных пород.

MORB – базальты срединно-океанических хребтов, UC – верхняя континентальная кора [26]. Районы: а – хр. Омгон (o3/98, o10/98, o22/98), поздний мел; бассейн р. Рассошина (r135/98, r148/98), поздний мел; пов. Утхолок (u23/99), палеоцен; б – Камчатский перешеек, лесновская серия, поздний мел; в – м. Витгенштейна (w106/93ol, w120/93ol – толща с олистолитами, w157/93, w170/93 – толща без олистолитов), палеоцен;

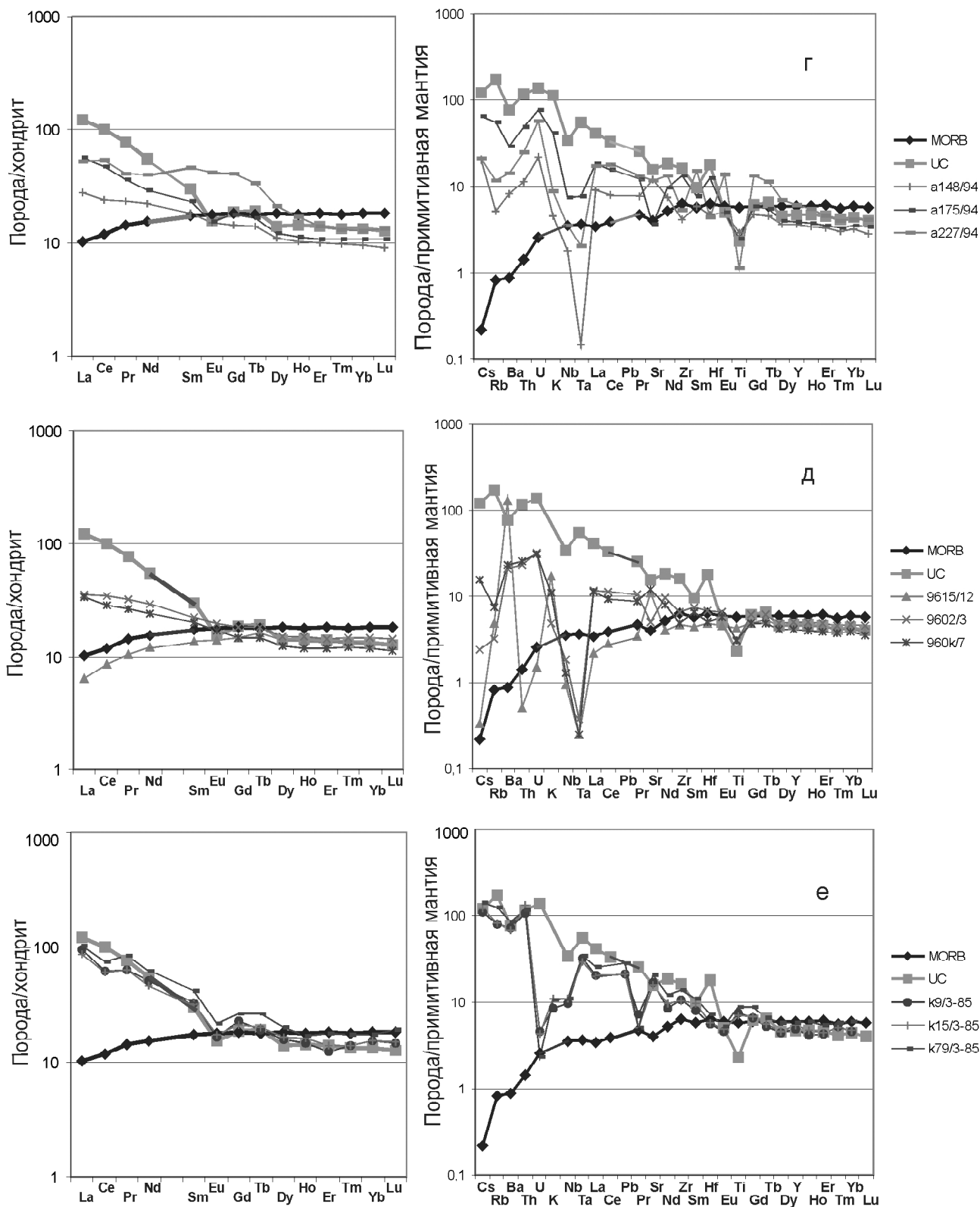


Рис. 3. Спайдерграммы для терригенных пород. (Продолжение).

Районы: г – бухта Анастасии, эоцен; д – хр. Кумроч, палеоцен; е – о. Карагинский (данные из [23]).

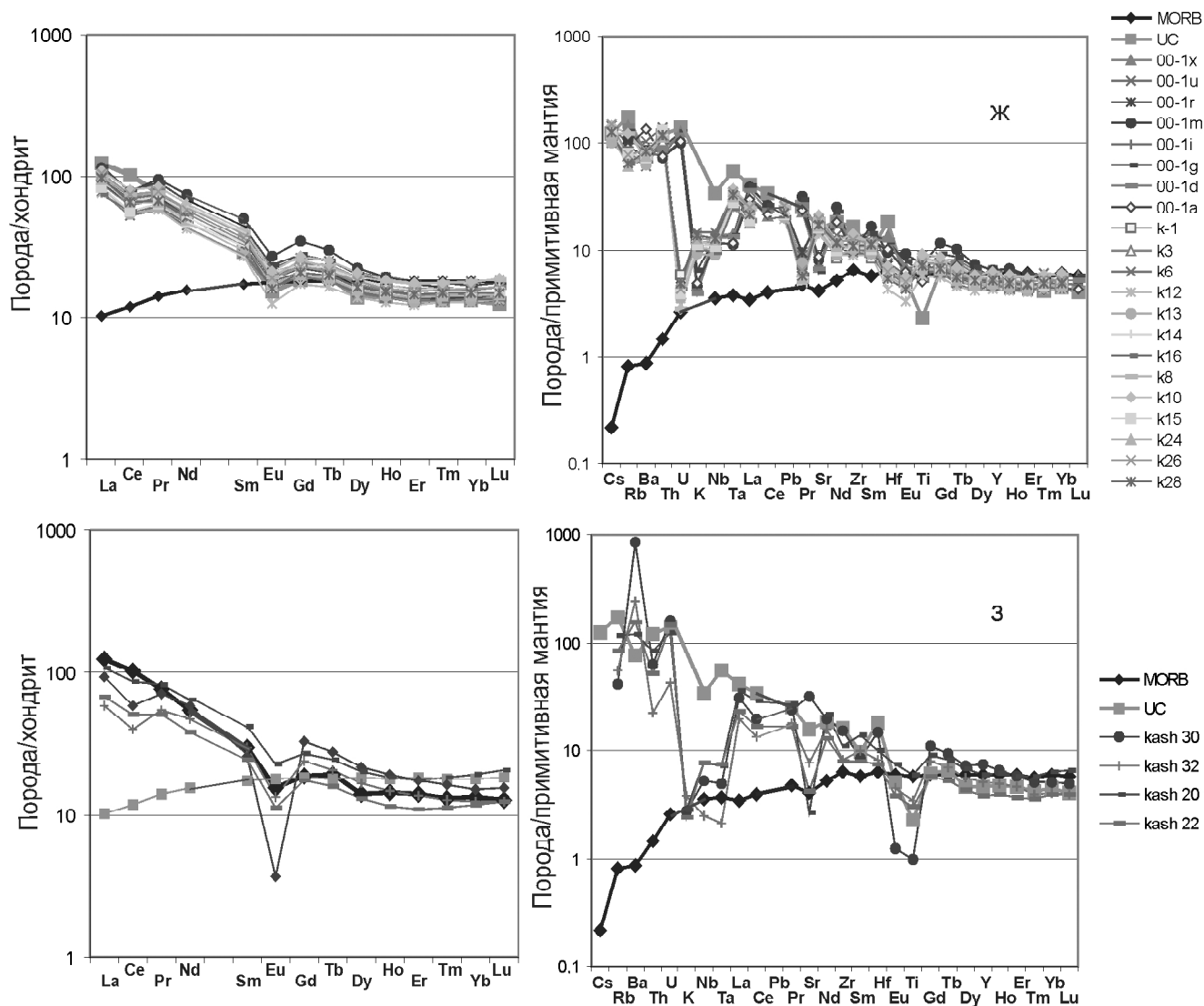


Рис. 3. Спайдерграммы для терригенных пород. (Окончание).

ж – о. Карагинский (данные из [23]); з – о. Карагинский (олистолиды по [23]).

рякии [7, 13]. Состав одного образца ветловской серии хр. Кумроч попадает в область задуговых пород (рис. 5б). На диаграмме $Zr/Nb - Th/La$ поле составов терригенных пород хр. Кумроч, Укелятского прогиба и олистолидов о. Карагинского вытягивается от области средних составов верхней континентальной коры до области составов меловых надсубдукционных пород Камчатки и юга Корякии, пересекая области составов эоценовых надсубдукционных пород. Поле составов терригенных толщ о. Карагинского (за исключением олистолидов) вытягивается от состава усредненной верхней континентальной коры в сторону области меловых надсубдукционных пород с низкими величинами отношений Zr/Nb , практически не перекрываясь с областями составов эоценовых надсубдукционных пород (рис. 5г). По-видимому, главными источниками сноса являлись древняя верхняя

континентальная кора и меловые надсубдукционные толщи Камчатки и юга Корякии, вклад эоценовых надсубдукционных пород был незначителен.

Как было указано выше, составы исследованных поздне меловых и кайнозойских флишевых пород различаются. Как видно почти на всех изотопных диаграммах (рис. 4), в поздне меловых породах присутствует значительно большее количество обогащенного верхнекорового материала, чем в кайнозойских: величины $\epsilon_{Nd}(T)$ для поздне меловых флишевых пород меняются от +1 до -5, а для палеоцен-эоценовых толщ – от +9 до +1. На рис. 6 приведены кривые смещения [15], рассчитанные для двух источников: деплетированного надсубдукционного источника ($Sm = 4.02$ ppm; $Nd = 15.07$ ppm; $^{147}Sm/^{144}Nd = 0.161240$; $^{143}Nd/^{144}Nd = 0.513107$; $Sr = 666.2$ ppm; $Rb = 18.4$ ppm; $^{87}Sr/^{86}Sr = 0.70348$; $Th/La = 0.13$;

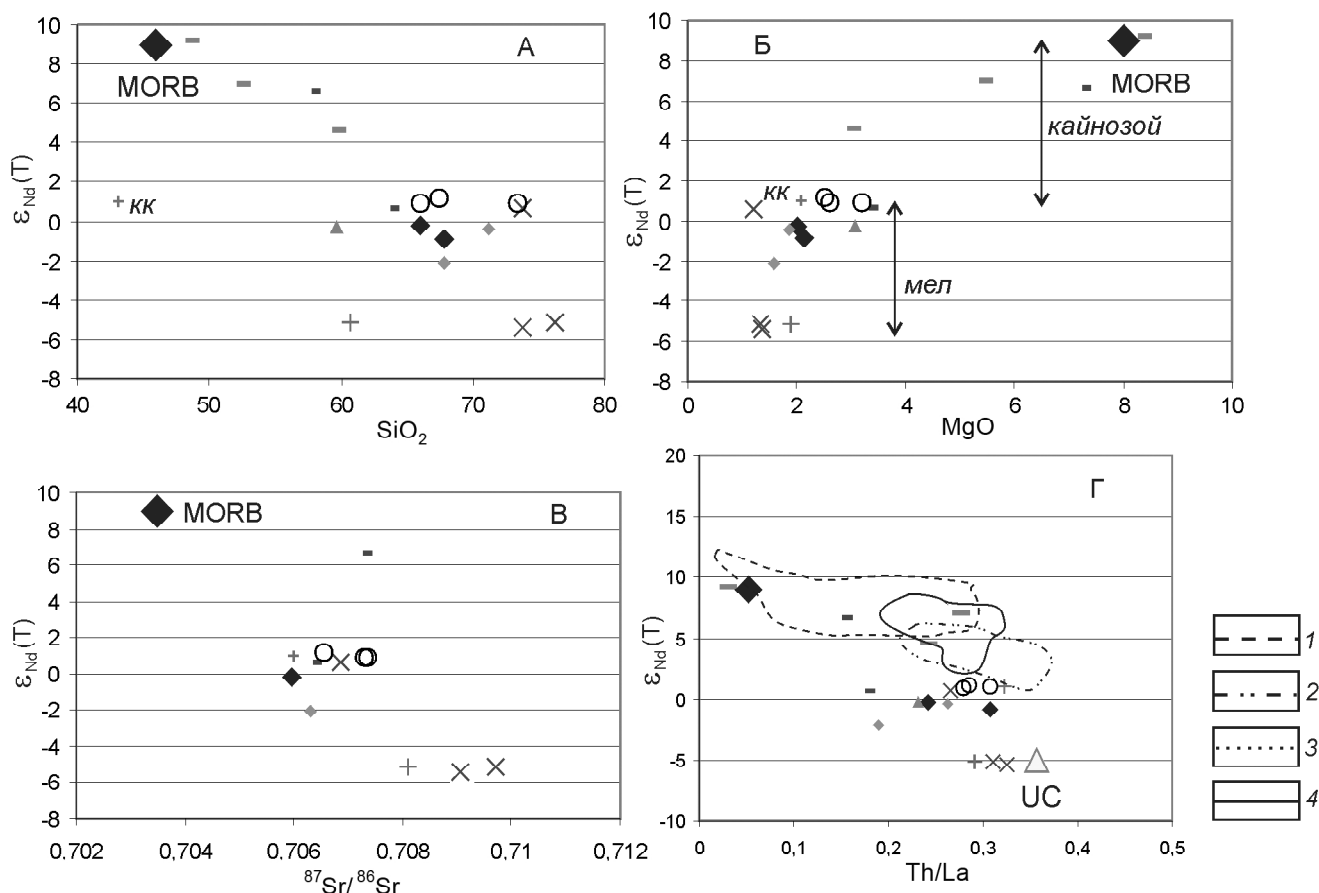


Рис. 4. Изотопный состав терригенных пород Камчатки и юга Корякии.

1–4 – составы магматических пород [7, 8, 13, 14]: 1 – меловых надсубдукционных, 2 – эоценовых надсубдукционных (кинкийский комплекс, Камчатка), 3 – меловых задуговых, 4 – эоценовых надсубдукционных (хр. Малиновского, юг Корякии). *КК* – карбонатная конкреция. Остальные обозначения см. рис. 2.

Th=0.83 ppm; La=6.36 ppm) и обогащенного верхнекоревым материалом источника, за который принят наиболее обогащенный состав лесновской серии (Sm = 3.138 ppm; Nd = 14.97 ppm; $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} = 0.126721$; $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.512328$; Sr = 122.5 ppm; Rb = 57.5 ppm; $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.70906$; Th/La = 0.325; Th = 6.81 ppm; La = 20.96 ppm). Некоторые составы исследованных флишевых пород лежат близко к линиям смешения, другие не совпадают с ней. Вероятно, в процессе осадконакопления участвовало большее количество источников. Возможно, еще размывались породы океанической коры с низкими концентрациями Th и обогащенные по изотопному составу Sr. Тем не менее, грубо оценить пропорции двух упомянутых выше источников представляется возможным. В соответствии с линией смешения $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} - ^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (рис. 6), позднемиловые толщи могут являться смесью деплетированного надсубдукционного (0–30 %) и обогащенного верхнекоревых источников (70–100 %). По кривой смешения $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} - \text{Th}/\text{La}$

вклад деплетированного источника составляет 0–40 %, а обогащенного верхнекоревых – 60–100 %.

Состав кайнозойских толщ значительно более неоднороден. В кайнозойе накапливаются эоценовые толщи Укелятского прогиба (бухта Анастасии), палеоцен-эоценовые толщи хр. Кумроч с большой долей островодужной вулканокластике (40–100 %) и флиш о. Карагинского, состав которого близок к составу позднемиловых флишевых толщ (55–60 % древнего верхнекоревых материала и 40–45 % деплетированного надсубдукционного).

Установленные особенности флишевых пород Камчатки и юга Корякии можно увязать с этапами тектонического развития этих районов. Позднемиловые флишевые толщи западной полосы накапливались у подножия Азиатской континентальной окраины. Восточнее и юго-восточнее в Тихом океане существовала система островных дуг, которые, по палеомагнитным данным, были значительно удалены от окраины материка (рис. 7А) [6]. Снос терригенного

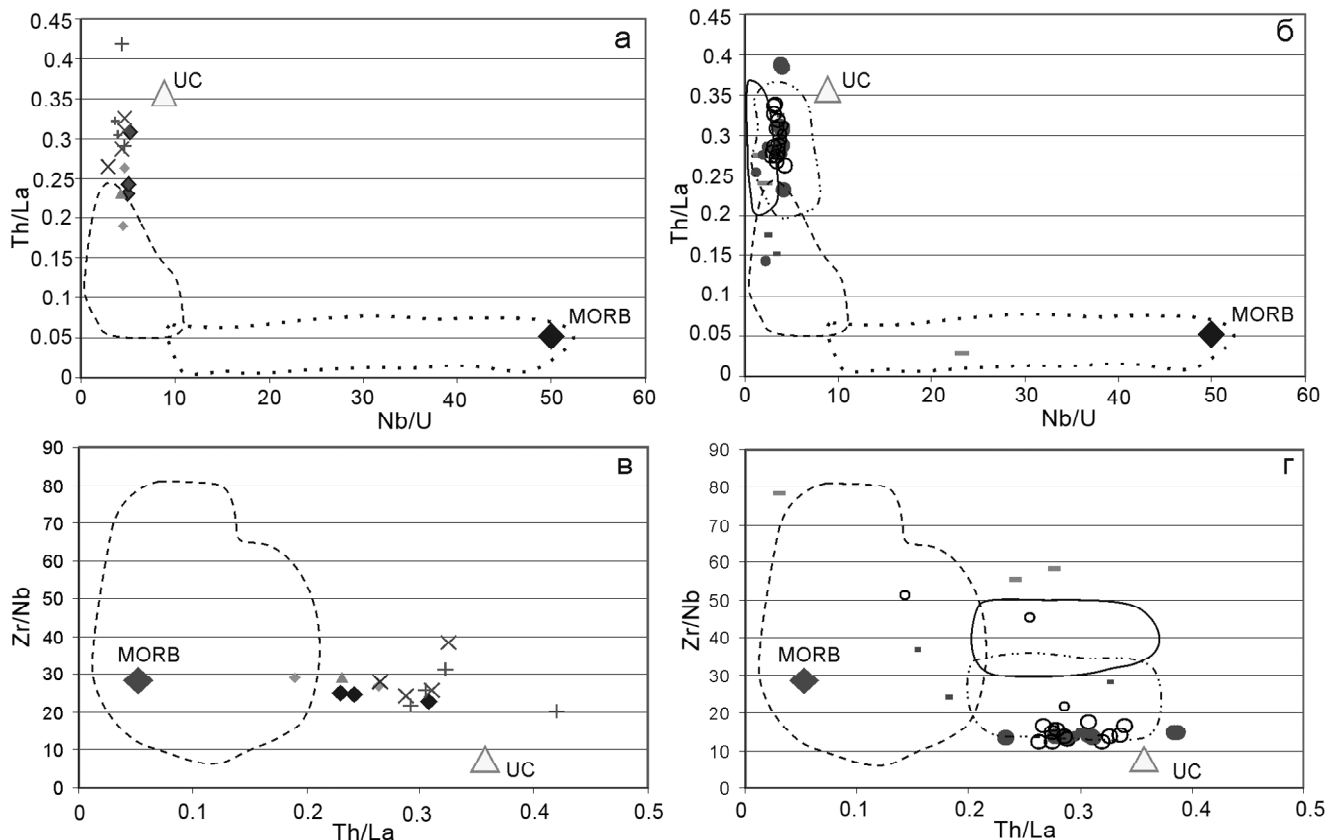


Рис. 5. Составы терригенных пород Камчатки и юга Корякии на диаграммах Th/La, Nb/U, Zr/Nb для меловых (а, в) и кайнозойских (б, г) пород.

Обозначения см. рис. 2 и 4.

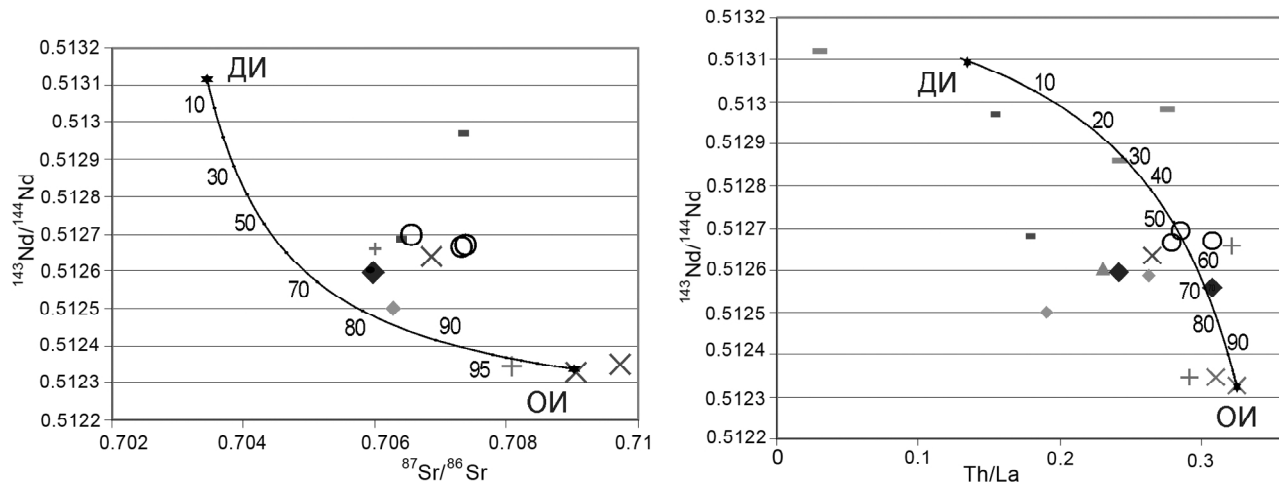


Рис. 6. Расчетные линии смешения для деплетированных (ДИ) и обогащенных (ОИ) источников терригенных пород.

Цифры вдоль кривых – процентное соотношение источников. Остальные обозначения см. рис. 2 и 4.

материала происходил в основном с материка, размывались комплексы древней верхней континентальной коры с отрицательными величинами $\epsilon_{Nd}(T)$ и высокими отношениями $^{87}Sr/^{86}Sr$ и в значительно

меньшей степени – толщи основного состава с высокими положительными значениями $\epsilon_{Nd}(T)$ и низкими отношениями $^{87}Sr/^{86}Sr$. В конце палеоцена–начале эоцена произошло тектоническое совмещение ост-

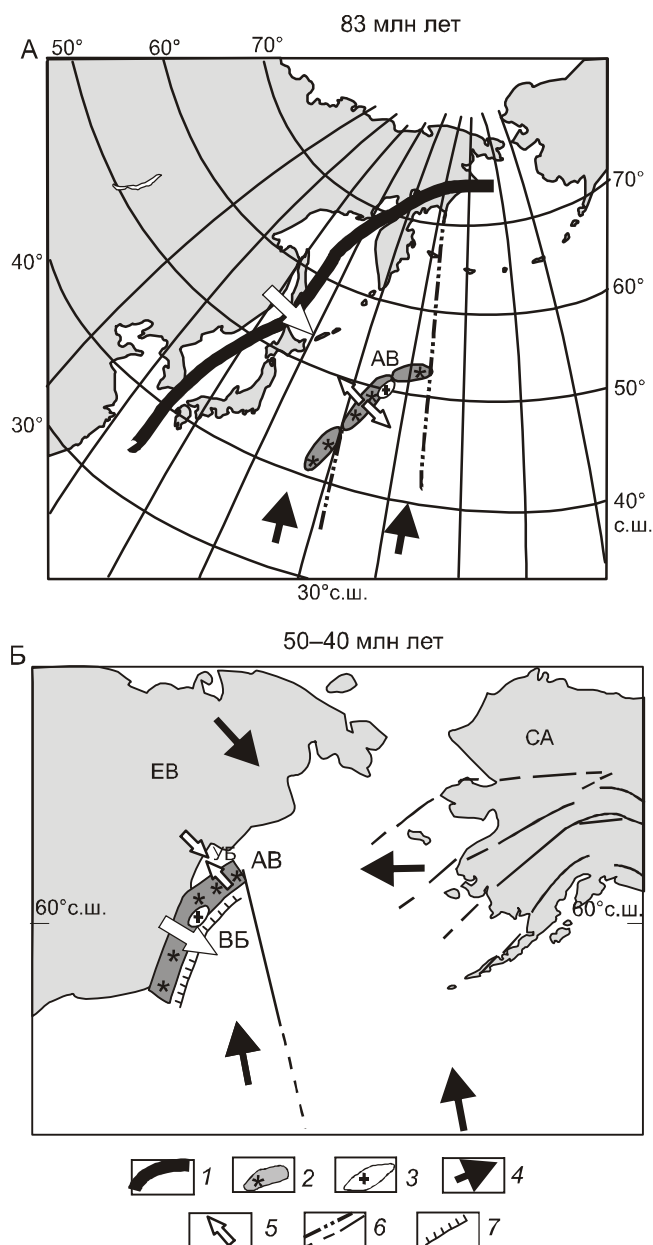


Рис. 7. Реконструкции для позднего мела (а) и эоцена (б).

1 – границы материка, 2 – островодужные сегменты, 3 – блоки континентальной коры, 4 – направления движения литосферных плит, 5 – направление сноса терригенного материала, 6 – разломы, 7 – аккреционная призма. ЕВ – Евразийская плита, СА – Северо-Американская плита, АВ – Ачайваям-Валагинская островная дуга, УБ – Укеляятский бассейн, ВБ – Ветловский бассейн.

ровных дуг с материком и начался рост орогенного сооружения. В раннем эоцене заложились новые надсубдукционные пояса – Кинкильский на Камчатке и хр. Малиновского на юге Корякии (рис. 7Б) и началось формирование аккреционных призм. Терри-

генные толщи ветловского бассейна восточнее орогенного сооружения формировались в области аккреционных призм при размыве комплексов древней верхней континентальной коры и аккрецированных меловых надсубдукционных толщ. В еще не закрывшийся Укеляятский бассейн терригенный материал поступал при разрушении комплексов древней верхней континентальной коры и меловых надсубдукционных толщ из-за деформаций при веерообразном закрытии бассейна [6]. Вклад вулканического материала эоценовых Кинкильского вулканического пояса и пояса хр. Малиновского незначителен. Формирование терригенных толщ о. Карагинского, вероятно, протекало в специфических условиях при близких источниках сноса большого объема древнего корового материала. Возможно, с этим источником связаны многочисленные гальки гранитоидов, обнаруженные в терригенных толщах острова [21, 23].

ВЫВОДЫ

1. Изотопные и геохимические исследования поздне меловых–кайнозойских флишевых толщ Камчатки и Корякии показали, что толщи были сформированы как минимум из двух источников – деплетированного (с низкими значениями $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ и высокими положительными величинами $\epsilon_{\text{Nd}}(\text{T})$) и обогащенного (с высокими значениями $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ и отрицательными величинами $\epsilon_{\text{Nd}}(\text{T})$). Обогащенным источником, по-видимому, являются комплексы древней верхней континентальной коры. Деплетированным источником большинства флишевых пород могли являться надсубдукционные породы и в меньшей степени базальты СОХ или базальты задуговых бассейнов.

2. Составы исследованных отложений поздне мелового и кайнозойского флиша различаются. В поздне меловых породах преобладает обогащенный верхнекоровый материал. В кайнозойских толщах Укеляятского прогиба и палеоцен-эоценовых толщах хр. Кумроч присутствует большая доля островодужной вулканокластики, флиш о. Карагинского близок по составу к поздне меловым флишевым толщам.

3. Формирование терригенных толщ о. Карагинского, вероятно, протекало в специфических условиях сноса большого объема древнего корового материала.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проекты N06-05-64195, N06-05-64193, программы ОНЗ N6 и фонда содействия отечественной науки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аккреционная тектоника восточной Камчатки. М.: Наука, 1993. 272 с.
2. Баянова Т.Б. Возраст реперных геологических комплексов

- Кольского региона и длительность процессов магматизма. СПб: Наука, 2004. 174 с.
3. Богданов Н.А., Хаин В.Е. Объяснительная записка к тектонической карте Охотоморского региона. М.: Ин-т литосферы окраинных и внутренних морей РАН, 2000. 156 с.
 4. Геология западной части Берингоморья. М.: Наука, 1990. 157 с.
 5. Ермаков Б.В. Укэляятско-Шумагинский флишевый прогиб Корякии и южной Аляски // Геология и геофизика. 1975. № 6. С. 42–46.
 6. Коваленко Д.В. Палеомагнетизм геологических комплексов Камчатки и юга Корякии. М.: Науч. мир, 2003. 255 с.
 7. Коваленко Д.В., Баянова Т.Б. Источники и эволюция кайнозойского надсубдукционного магматизма Олюторского тектонического блока (юг Корякского нагорья) // Петрология. 2007. Т. 15, № 6. С. 645–670.
 8. Коваленко Д.В., Колосков В.А., Цуканов Н.В., Федоров П.И. Геодинамические условия формирования и магматические источники позднемеловых-раннепалеоценовых магматических комплексов северной части Камчатки // Геохимия. 2009. (В печати).
 9. Митрофанов Н.П., Шелудченко С.Д. О возрасте терригенных отложений на юго-западе Центрально-Корякской складчатой зоны // Геология и геофизика. 1981. № 4. С. 128–131.
 10. Морозов О.А., Ростовцева Ю.В. Минералогия и геохимия песчаников Восточной Камчатки и Командорских островов // Литология и полез. ископаемые. 1996. № 1. С. 44–55.
 11. Соловьев А.В. Изучение тектонических процессов в областях конвергенции литосферных плит методами трекового датирования и структурного анализа: Автореф. дис... д-ра геол.-минер. наук. М.: ГИН, 2005. 49 с.
 12. Тейлор С.Р., Мак-Леннан С.М. Континентальная кора: ее состав и эволюция. М.: Мир, 1988. 384 с.
 13. Федоров П.И., Коваленко Д.В., Баянова Т.Б., Серов П.А. Раннекайнозойский магматизм континентальной окраины Камчатки // Петрология. 2008. Т. 16, № 3. С. 277–295.
 14. Флеров Г.Б., Федоров П.И., Чурикова Т.Г. Геохимия поздне-меловых–палеогеновых калиевых пород ранней стадии развития Камчатской островной дуги // Петрология. 2001. Т. 9, № 2. С. 189–208.
 15. Фор Г. Основы изотопной геологии. М.: Мир, 1989. 590 с.
 16. Чамов Н.П. Вещественный состав меловых-палеогеновых вулканогенно-осадочных пород Говено-Карагинского блока (юг Корякского Нагорья) // Литология и полез. ископаемые. 1996. № 4. С. 393–405.
 17. Чехович В.Д. Тектоника и геодинамика складчатого обрамления малых океанических бассейнов. М.: Наука, 1993. 272 с.
 18. Шапиро М.Н., Хотин М.Ю. Верхнемеловые кварц-полевошпатовые песчаники Восточной Камчатки // Литология и полез. ископаемые. 1973. № 5. С. 67–74.
 19. Шапиро М.Н., Маркевич П.В., Гречин В.И., Константиновская Е.А. Верхнемеловые и нижнепалеоценовые песчаники Камчатки: состав и проблемы источников // Литология и полез. ископаемые. 1992. № 6. С. 94–106.
 20. Шапиро М.Н. Позднемеловая ачайваям-валагинская вулканическая дуга (Камчатка) и кинематика плит северной пафифики // Геотектоника. 1995. № 1. С. 58–70.
 21. Шапиро М.Н., Ландер А.В., Чамов Н.П. Происхождение сиалического обломочного материала в эоцен-олигоценых толщах северо-востока Камчатки и геодинамика Командорской котловины // Тихоокеан. геология. 2000. Т. 19, № 4. С. 66–82.
 22. Щербинина Е.А., Коваленко Д.В. О возрасте кайнозойских флишево-олистоостромовых толщ Олюторского хребта (юг Корякского нагорья) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 1996. Т. 4, № 2. С. 110–112.
 23. Ledneva G.V., Garver J.I., Shapiro M.N. et al. Provenance and tectonic setting of accretionary wedge sediments on northeastern Karaginski island (Kamchatka, Russian Far East) // Russian Journal of Earth Sciences. 2004. V. 6, N 2. P. 1–28.
 24. Plank T., Langmuir C.H. The chemical composition of subducting sediment and its consequences for the crust and mantle // Chemical Geology. 1998. V. 145. P. 325–394.
 25. Sun S.S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts // Magmatism in ocean basin / Eds. A.D. Saunders, M.J. Norry. Geol. Soc. Spec. Publ. London. 1989. V. 42. P. 313–345.
 26. Treatise on Geochemistry. Amsterdam: Elsevier/ 2003. V. 3. 639 p.

Рекомендована к печати А.В. Колосковым

D.V. Kovalenko, O.O. Stavrova, N.V. Tsukanov

Isotopic and geochemical features of the Late Cretaceous and Cenozoic flysch complexes of Kamchatka and southern Koryakia

Isotopic and geochemical investigations of Late Cretaceous - Cenozoic flysch thicknesses of Kamchatka and Koryakia show that the thicknesses resulted from at least two sources – depleted and enriched. The enriched source is, evidently, the ancient upper continental crust. The suprasubduction and oceanic complexes can be the depleted source. The enriched rocks predominate in pre-collision flysch thicknesses; and the depleted rocks, in post-collision flysch thicknesses.

***Key words:* isotopic composition, ancient continental crust, depleted source, quartz-feldspar flysch, Kamchatka, southern Koryakia.**