

## ТЕКТОНИКА И МАГМАТИЗМ КАМЧАТКИ

© 2010 г. Д. В. Коваленко

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

Поступила в редакцию 22.03.2010 г.

Современная геологическая структура Камчатки сформировалась при последовательной аккреции экзотических островодужных сегментов. Островодужные магмы сегментов выплавлялись из деплетированных по изотопному составу источников мантии. В развитии магматизма активной континентальной окраины Камчатки выделяются два периода – позднемеловой-эоценовый и миоценовый. Для первого периода характерно широкое развитие процессов корового плавления. В миоценовый период масштабы корового плавления были значительно меньше.

Ключевые слова: *изотопный состав, палеоширота, склонение, аккреционная структура, террейны.*

Геологическое строение Камчатки характеризуется широким развитием покровно-складчатых структур и залегающих на них с несогласием неавтохтонных вулканогенных и осадочных толщ. В покровно-складчатой структуре Камчатки участвуют экзотические комплексы пород, сформированные в мезозое и кайнозое в различных геодинамических условиях. Выделяются разновозрастные комплексы пород, накопившиеся на материковом шельфе или у его подножья, в спрединговых бассейнах или в условиях островных дуг. По возрасту покровно-складчатых деформаций и особенностям геологической структуры в этих районах выделяются многочисленные структурные зоны [1, 2]. Наиболее ранний этап покровно-складчатых деформаций фиксируется на Западной Камчатке (**Западно-Камчатская структурная зона**) (рис. 1). Структура этого района была сформирована в маастрихте. Она характеризуется западной вергентностью, в некоторых районах фиксируются левосторонние сдвиги. Нижнее структурное положение занимают альб-кампанские, возможно, маастрихтские терригенные флишеидные кварц-полевошпатовые толщи. На терригенные толщи, по-видимому, с востока надвинуты пластины юрско-меловых кремнисто-яшмовых и кремнисто-базальтовых пород, вероятно, накопившиеся в условиях спредингового бассейна. Верхнее положение в структуре занимают сантон-маастрихтские кремнисто-вулканогенные толщи, сформировавшиеся в условиях островной дуги [5, 6, 12]. Позднемеловые комплексы с несогласием перекрыты относительно слабо деформированными кайнозойскими осадочными и вулканогенно-осадочными мелководными, в некоторых случаях континентальными толщами, сформированными в шельфовых и прибрежно-морских условиях кайнозойской материковой окраины [4].

На Центральной и Восточной Камчатке (**Центрально-Камчатская и Восточно-Камчатская структурные зоны**) деформации протекали в раннем эоцене. Структура Центрально-Камчатской зоны характеризуется западной вергентностью, в Восточно-Камчатской зоне – восточной вергентностью. Аллохтонные пакеты тектонических чешуй и пластин окраинноморских и островодужных толщ Центрально-Камчатской зоны с востока надвинуты в виде Андриановского и Ирунейского тектонических покровов (рис. 1) на флишевые отложения [1, 2, 6, 12]. Пластины альб-кампанских и кампан-маастрихтских кремнисто-яшмовых и вулканогенных окраинноморских пород занимают нижнее положение в структуре аллохтона. Сантон-кампанские и кампан-датские вулканогенно-осадочные островодужные породы занимают верхнее структурное положение в аллохтоне и надвинуты с востока на океанические толщи. Геологическое строение Восточно-Камчатской зоны (рис. 1) различно в ее восточной и западной частях. На западе зоны картируются пологопадающие на восток пластины, сложенные только кампан-палеоэоценовыми островодужными толщами. На востоке позднемеловые островодужные породы совместно с образованиями позднемелового-раннепалеогенового ветловского флишево-олистоостромового комплекса слагают систему чешуй юго-восточной вергентности, разделенных крутопадающими надвигами. Формирование пологопадающих структур на западе зоны, по-видимому, произошло раньше, чем формирование структур юго-восточной вергентности на востоке, так как в Валагинском хребте описаны надвиги юго-восточной вергентности, секущие пакет пологозалегающих пластин [1, 2].

Структуры Восточно-Камчатской зоны отделены от Центрально-Камчатской зоны кайнозойскими толщами **Центрально-Камчатской депрес-**

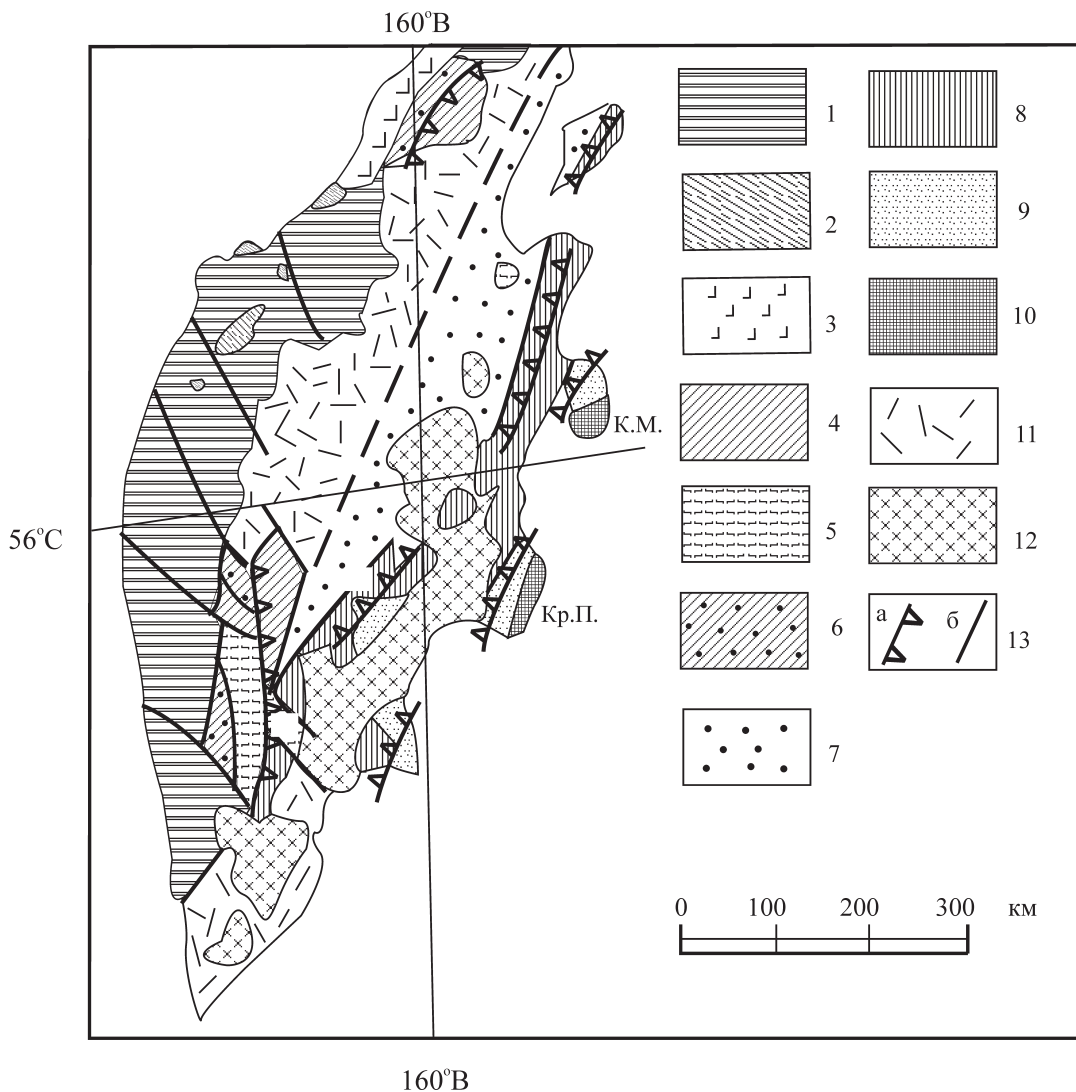


Рис. 1. Схема тектонического строения Камчатки по данным [1, 2] с дополнениями автора.

1–2 – Западно-Камчатская зона: 1 – кайнозойские осадочные толщи, 2 – выступы вулканогенно-осадочных и кремнисто-вулканогенных толщ островных дуг и окраинных морей ( $J_3$ – $K$ ); 3 – Западно-Камчатско-Корякский окраинно-континентальный вулканический пояс (кинкийский сегмент,  $P_2$ ); 4 – Центрально-Камчатская зона (вулканогенные, кремнисто-вулканогенные и вулканогенно-осадочные толщи островных дуг и окраинных морей ( $K_2$ – $P_1$ )); 5 – выступы метаморфических пород ( $PZ$ – $MZ$ ); 6 – лесновские и хозгонские флишевые толщи ( $K$ – $P_1$ ); 7 – Центрально-Камчатский прогиб (осадочные толщи ( $P$ – $N$ )); 8 – Восточно-Камчатская зона – офиолиты ( $K_2$ ), вулканогенно-осадочные толщи островных дуг ( $K_2$ – $P_1$ ) и флишеидные толщи (ветловский комплекс) ( $P$ ); 9 – Тюшевский прогиб (кайнозойские осадочные толщи); 10 – Зона террейнов восточных полуостровов Камчатки (вулканогенно-осадочные и кремнисто-вулканогенные толщи островных дуг ( $K_2$ – $P$ ) и блоки сложного строения ( $K$ – $N$ )); 11 – Центрально-Камчатский вулканический пояс ( $P_3$ – $Q$ ); 12 – Восточно-Камчатский вулканический пояс ( $Q$ ); 13 – Разрывные нарушения: а – надвиги, б – субвертикальные разломы; К.М. – полуостров Камчатский мыс, Кр.П. – Кроноцкий полуостров.

сии, продолжающимися на север в пролив Литке. На востоке структуры Восточно-Камчатской зоны надвинуты по надвигу Гречишкина на миоценовые осадочные толщи **Тюшевского прогиба** [1, 2].

**Зона восточных полуостровов Камчатки** включает поднятия Камчатского мыса и Кроноцкого полуострова (рис. 1) [1, 2]. В геологической структуре этих районов участвуют позднемиоценовые и палеогеновые вулканогенно-осадочные островодужные толщи и блоки сложного строения, включающие интенсивно дислоцированные острово-

дужные, олистоостровные и океанические толщи мелового и палеоцен-раннеэоценового возраста. На п-ове Камчатский мыс островодужные толщи слабо дислоцированы и залегают согласно. На Кроноцком поднятии меловые и палеогеновые островодужные образования характеризуются покровно-складчатым строением.

На северо-востоке России выделяются несколько протяженных окраинно-континентальных поясов, по-видимому, маркирующих зоны субдукции под континент в различные периоды времени:

плиоцен-четвертичный **Восточно-Камчатский**; позднеолигоцен-четвертичный **Центрально-Камчатский**, простирающиеся с юга на север вдоль Камчатского полуострова в южную Корякию; среднеэоцен-олигоценый **Западно-Камчатско-Корякский**, протягивающийся от западной Камчатки в центральную Корякию; Перечисленные пояса простираются на большие расстояния, с резкими угловыми несогласиями “запечатывают” более древние структуры, сложенные разновозрастными породами различных геологических формаций, а слагающие их толщи во многих районах слабо деформированы.

Учитывая время формирования покровно-складчатых деформаций в структурных зонах Камчатки, были выделены **Паланский** (Западно-Камчатская зона) позднемеловой островодужный сегмент (позднемеловые деформации), **Восточно-Камчатский** позднемеловой островодужный сегмент, в который включены островодужные комплексы Центрально-Камчатской и Восточно-Камчатской зон (раннеэоценовые деформации) и **Кроноцкий** мел-кайнозойский островодужный сегмент (миоценовое время деформаций). В Кроноцкий сегмент включены также некоторые вулканогенные породы Командорских о-вов (Беринга и Медного) [10].

#### ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Палеомагнитные исследования геологических толщ Камчатки [6, 10] показали экзотическую природу островодужных сегментов. Толщи Паланского островодужного сегмента накапливались на территории, относящейся к концу тридцатых-началу сороковых градусов северной широты. Позднемеловые породы Восточно-Камчатского и Кроноцкого островодужных сегментов формировались на сороковых широтах. Тектоническое совмещение Паланского и Восточно-Камчатского островодужных сегментов с материком, судя по времени покровно-складчатых деформаций, произошло в конце маастихта-начале палеоцена и раннем эоцене, соответственно. Палеомагнитные данные, полученные по верхнеэоценовым осадкам пролива Литке, которые были исследованы на юге острова Карагинского, подтверждают это заключение. Осадочные толщи накапливались на шестидесятих широтах и могли входить в структуру окраины Евразии или Северной Америки. Коллизия Кроноцкого сегмента, возможно, произошла в миоцене [10].

Склонения доскладчатой намагниченности толщ характеризуют величины и направления разворотов геологических блоков Камчатки и юга Корякии в горизонтальной плоскости [6]. Анализ их распределения показывает, что позднемеловые толщи Западно-Камчатской зоны сильно развернуты против часовой стрелки. По всей видимости, в данном случае вращения блоков связаны с колли-

зией Паланского островодужного сегмента с левосторонней сдвиговой составляющей, так как участие левых сдвигов в формировании покровно-складчатой структуры Западной Камчатки доказано структурными исследованиями этого района. Блоки Восточно-Камчатского островодужного сегмента в Восточно-Камчатской структурной зоне практически не развернуты в горизонтальной плоскости. Этот факт свидетельствует о том, что коллизия, по крайней мере Восточно-Камчатских толщ, была без большой сдвиговой компоненты, а сегмент был ориентирован приблизительно параллельно простираению окраины материка. Близкое время формирования структурных несогласий в толщах Восточной Камчатки (как на севере, так и на юге) подтверждает этот вывод. Как показывают единичные палеомагнитные определения для пород Центрально-Камчатской зоны (Восточно-Камчатский островодужный сегмент), геологические блоки в ней развернуты в горизонтальной плоскости против часовой стрелки значительно сильнее блоков Восточно-Камчатской зоны. Такая ситуация может быть объяснена двумя фазами коллизии Восточно-Камчатского островодужного сегмента. Более ранняя фаза, вероятно, на границе палеоцена и эоцена проходила с левой сдвиговой компонентой. В результате геологические толщи Центрально-Камчатской зоны были обдужированы в западном направлении на край материка и развернуты в горизонтальной плоскости против часовой стрелки. Структура восточной вергентности Восточно-Камчатской зоны была сформирована на завершающей фазе коллизии в раннем эоцене уже без сдвиговой компоненты, поэтому блоки не были сильно развернуты в горизонтальной плоскости. Толщи Кроноцкого островодужного сегмента развернуты в разных направлениях. Меловые и раннепалеогеновые толщи Кроноцкого полуострова одинаково сильно развернуты против часовой стрелки относительно меридиана, Евразии и Северной Америки. Раннепалеогеновые толщи п-ова Камчатский мыс слабо развернуты в том же направлении, а толщи о-ва Медный сильно развернуты по часовой стрелке.

Изотопно-геохимические исследования магматических пород Камчатки проводились во всех структурных зонах и перекрывающих их вулканических поясах.

#### ОСОБЕННОСТИ МАГМАТИЗМА ЭКЗОТИЧЕСКИХ НАДСУБДУКЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ КАМЧАТКИ

Магматические породы Восточно-Камчатского, Паланского и Кроноцкого островодужных сегментов по распределению петрогенных элементов и элементов-примесей являются надсубдукционными и выплавлялись в основном из гранатовых периоди-

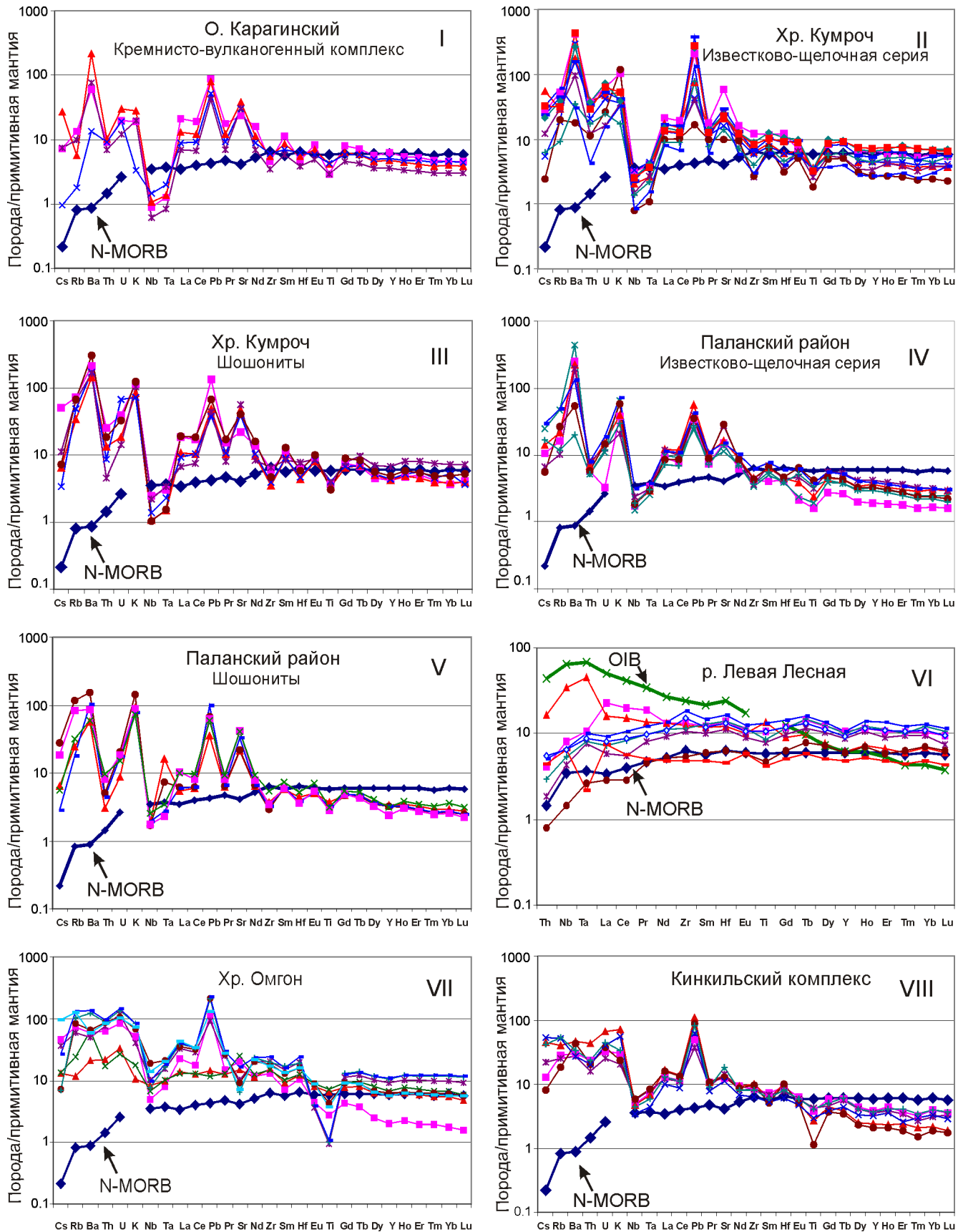
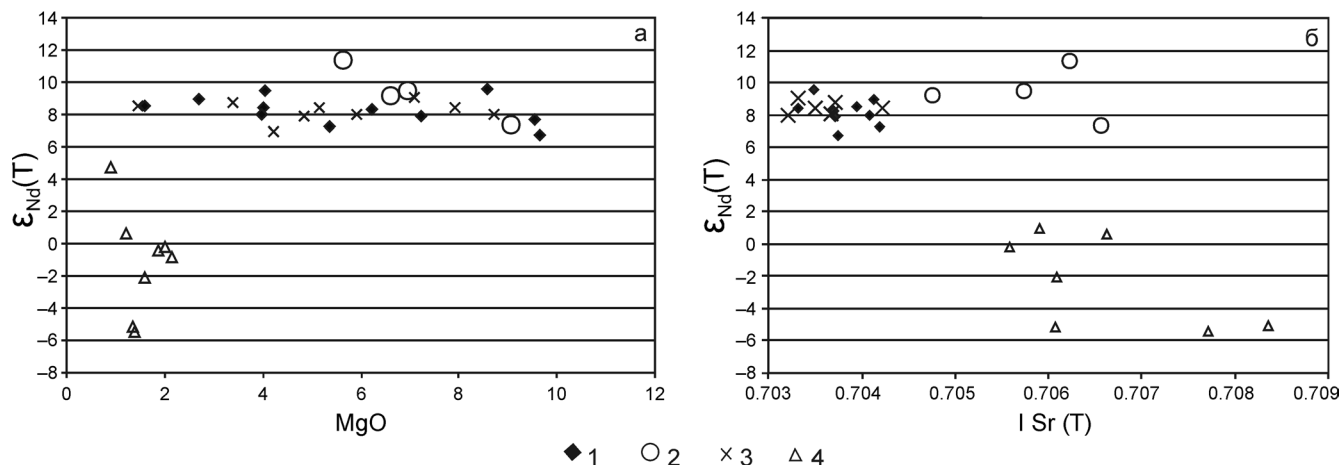


Рис. 2. Примеры спайдер-диаграмм пород различных районов Камчатки.



**Рис. 3.** Изотопные зависимости для пород экзотических позднемеловых надсубдукционных комплексов Камчатки.

Составы пород: 1 – Восточно-Камчатского островодужного сегмента, 2 – задуговых бассейнов, 3 – Паланского островодужного сегмента, 4 – кварц-полевошпатовые осадки.

титов мантийного клина при большом участии флюидов [7, 14, 15] (рис. 2). Магмы не несут признаков контаминации коровым материалом (рис. 3). Источники шошонитовых и известково-щелочных магм Паланского сегмента характеризуются деплетированным изотопным составом Nd и Sr (рис. 3) и слабыми вариациями величин соотношений Th/La, Th/Ta, Zr/Nb, Nb/U. Источники шошонитовых и известково-щелочных магм Восточно-Камчатского сегмента также деплетированы по изотопному составу Nd и Sr (рис. 3). По сравнению с источниками Паланского сегмента они отличаются значительно более деплетированными значениями соотношений Nb/U и Zr/Nb, а также большими значениями и большими вариациями соотношений Th/La и Th/Ta [7, 14].

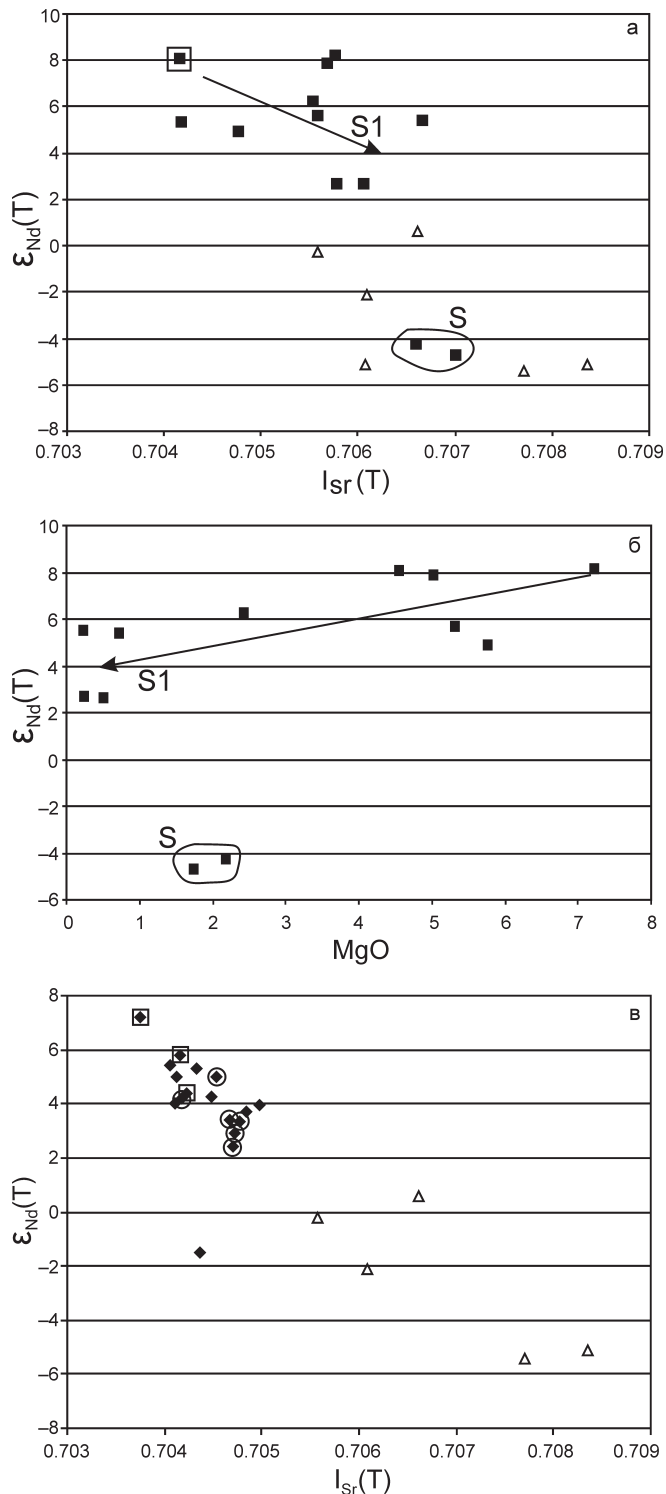
Позднемеловые окраинноморские вулканические породы Камчатского перешейка являются N- и E-MORB (рис. 2). Они выплавлялись из пинелевых лерцолитов. Источники магм деплетированы по изотопному составу Nd (рис. 3а). Величины  $1/Sr(t)$ , по-видимому, изменены в результате контаминации магм морской водой (рис. 3б). На диаграммах Th/La–Nb/U и Zr/Nb–Nb/U составы этих магм образуют непрерывный тренд от N-MORB до составов источников надсубдукционного Восточно-Камчатского островодужного сегмента. Наиболее сильные вариации характерны для соотношения Nb/U. Очевидно, такие зависимости связаны с тем, что N- и E-MORB магмы выплавлялись в задуговом бассейне из мантийных источников генетически связанных с надсубдукционными процессами [7].

#### ОКРАИННО-КОНТИНЕНТАЛЬНЫЕ МАГМАТИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ

**Позднемеловые** окраинно-континентальные вулканические породы известны только на Западной Камчатке на хребте Омгон (рис. 1). Для по-

род характерны надсубдукционные типы спайдер-диаграмм (рис. 2). Изотопные данные показывают, что магмы были выплавлены из деплетированного источника мантии (рис. 4а и 4б). Составы дацитов S попадают в поле составов кварц-полевошпатовых осадков Камчатки. Очевидно, что расплавы дацитов сильно контаминированы веществом этих осадков или являются продуктом их переплавления. Зависимости изотопного состава от концентрации MgO (тренд S1) других магматических пород хребта Омгон также свидетельствует о контаминации магм веществом древней сиалической коры (рис. 4б). Но на рисунке видно, что тренд S1 “проходит” мимо области составов известных на Камчатке осадков (рис. 4а).

Породы кинкильского сегмента *эоценового* Западно-Камчатско-Корякского окраинно-континентального вулканического комплекса имеют надсубдукционные геохимические черты (рис. 2). Они произошли из известково-щелочных и бонинитовых (Андреева, 2010, устное сообщение) расплавок метасоматически проработанных гранатосодержащих пород мантийного клина. Эоценовые магмы выплавлялись из деплетированных ( $\epsilon_{Nd}(T) = +7...+8$ ) или слегка обогащенных ( $\epsilon_{Nd}(T)$  варьируют от +3.3 до +5.4) по изотопному составу мантийных источников (рис. 4в) [13]. Деплетированные мантийные островодужные магмы были значительно контаминированы сиалическими породами, сильно обогащенными по радиогенному составу Nd. Так как изотопные тренды экстраполируются в область составов позднемеловых-раннекайнозойских кварц-полевошпатовых субаркозовых осадочных пород, служащих фундаментом для раннекайнозойских вулканических комплексов, можно предположить, что именно они являлись источником контаминации эоценовых надсубдукционных магм. Расчеты показывают, что для



**Рис. 4.** Изотопные зависимости для пород разновозрастных окраинно-континентальных магматических комплексов Камчатки

а–б – позднемиоценовые (хребет Омгон), в – эоценовые (Кинкильский сегмент Западно-Камчатско-Корякского вулканического пояса). Залитые символы – составы пород магматических комплексов, открытые треугольники – составы пород кварц-полевошпатовых осадков. На рис. 4в квадратами обведены высокомагнезиальные базальты, а кружками – высокомагнезиальные андезиты, производные бонинитовых магм.

образования расплава с  $\epsilon_{Nd}(T) = 2.4$  и  $I_{Sr}(T) = 0.7047$  необходимо 60% основной магмы с  $\epsilon_{Nd}(T) = 8$  и  $I_{Sr}(T) = 0.703$  и 40% продуктов плавления осадков с  $\epsilon_{Nd}(T) = -2.1$  и  $I_{Sr}(T) = 0.7059$  или 30% расплавов осадков с  $\epsilon_{Nd}(T) = -5$  и  $I_{Sr}(T) = 0.708$ .

Позднеолигоцен-миоценовые толщи Центрально-Камчатского окраинно-континентального вулканического пояса включают магматические породы с внутриплитными и надсубдукционными геохимическими характеристиками [3, 11, 17, 18 и др.]. Породы некоторых вулканических толщ образовались в результате смешения внутриплитных и надсубдукционных расплавов [3]. Изотопные определения Nd и Sr показывают, что магмы выплавлялись из деплетированных по изотопному составу мантийных источников и не несут признаков коровой контаминации.

В пределах миоцен-раннеплиоценового Восточно-Камчатского окраинно-континентального пояса на ранних фазах его развития были сформированы обогащенные HFSE расплавы типа OIB, изотопный состав которых варьирует от деплетированного до обогащенного, с  $\epsilon_{Nd}(T) = +2.8$  и  $^{87}Sr/^{86}Sr = 0.70442$  [18]. Более поздний позднеплиоцен-четвертичный и современный магматизм пояса характеризуется типично надсубдукционными чертами – магматические породы деплетированы HFSE относительно LILE и REE. Магмы выплавлялись из деплетированных по изотопному составу мантийных источников. Признаки контаминации магм коровым материалом, обогащенным радиогенными изотопами, не выявлены [9, 16, 18 и др.].

#### ИНТРУЗИВНЫЙ МАГМАТИЗМ КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ ОКРАИНЫ КАМЧАТКИ

На рис. 5а показано, что наблюдается четкая зависимость изотопного состава пород интрузивных массивов от их возраста. Все позднемиоценовые и эоценовые граниты выплавлялись из источников с  $\epsilon_{Nd}(T) = 0-3$ , а миоцен-четвертичные граниты – из источников с  $\epsilon_{Nd}(T) = 4-8$ . По этим признакам позднемиоценовые-эоценовые интрузивные массивы объединены в изотопную группу I, миоценовые – в изотопную группу II.

**Позднемиоценовые-эоценовые интрузивные массивы изотопной группы I** не типичны для надсубдукционных обстановок, так как они не образуют непрерывно-дифференцированных серий от основных до кислых составов, а все представлены гранитоидами. Изотопный состав гранитоидов первой группы свидетельствует о том, что массивы были выплавлены из обогащенных источников. Такими источниками могут быть обогащенные области мантии, если предположить, что граниты могли сформироваться за счет фракционирования мантийных магм, или коровые источники. Изучение позднемиоценовых и раннекайнозойских вулканиче-

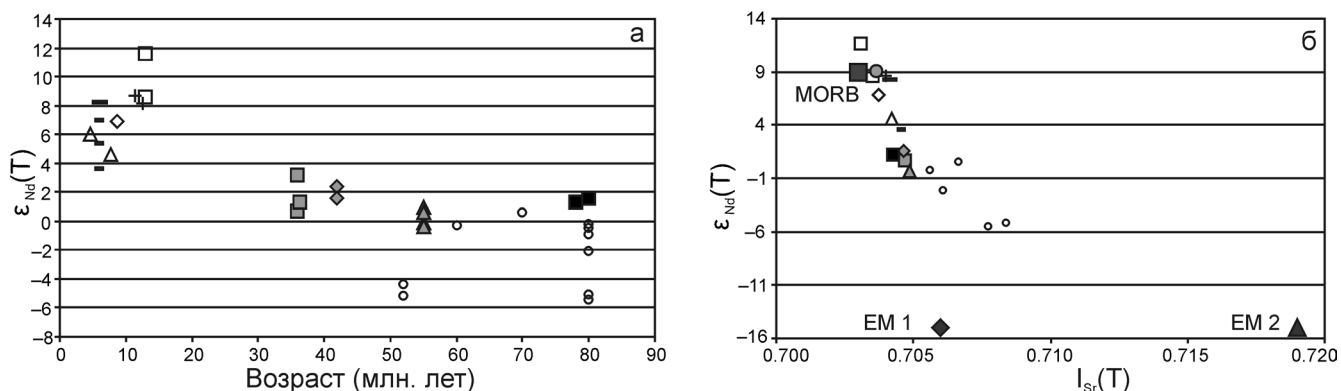


Рис. 5. Изотопные зависимости для интрузивных пород Камчатки.

Открытые кружки – составы кварц-полевошпатовых осадков, остальные символы – составы пород различных интрузивных массивов.

ских ареалов Камчатки [7, 13] показали, что в исследованный временной интервал мантийные магмы в районе Камчатки выплавлялись из деплетированных источников мантии, обогащенные мантийные источники не известны. В то же время изотопные составы гранитоидов первой группы ложатся на кривые смещения продуктов плавления позднемеловых-раннекайнозойских терригенных кварц-полевошпатовых осадков и деплетированных по изотопному составу расплавов (рис. 5б). Расчеты показывают, что интрузивные массивы могли образоваться, например, при смешении 40–50% осадков лесновской серии и 50–60% деплетированных основных расплавов. Возможно, расплавы образовались при плавлении деплетированных по изотопному составу островодужных комплексов пород [7] и обогащенных терригенных кварц-полевошпатовых осадков, находящихся в аккреционной структуре Камчатки [8]. Такой вариант хорошо объясняет исключительно гранитоидный состав массивов, без участия в них основных пород, отсутствие в массивах признаков смешения основных и кислых расплавов (минглинг и прочие).

**Миоценовые массивы изотопной группы II** пространственно ассоциируют и приблизительно совпадают по возрасту с Центрально-Камчатским вулканическим поясом, который пересекает все более древние структуры Камчатки и юга Корякии. Его окраинно-континентальное положение очевидно. Породы массивов характеризуются широким спектром концентраций  $\text{SiO}_2$  (46–72 мас. %) и образуют непрерывно дифференцированные ряды, характерные для надсубдукционных обстановок. Изотопный состав пород массивов показывает, что магмы, из которых произошли породы массивов, незначительно контаминированы коровым материалом. Например, самый обогащенный состав пород Барабского массива мог образоваться при смешении 20–25% расплавов кварц-полевошпатовых осадков ( $\epsilon_{\text{Nd}}(\text{T}) = -5 \dots -2$ ) и 75–80% расплавов из деплетированных источников ( $\epsilon_{\text{Nd}}(\text{T}) = 7-8$ ).

### ПАЛЕОТЕКТОНИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ

В позднем мелу в сантоне-кампане на северо-западе Тихого океана существовала система островодужных сегментов, толщи которых в настоящее время находятся в аккреционных структурах Камчатки. Островодужная система, протягивающаяся вдоль окраины Евразии, на территории расположенной от конца тридцатых до пятидесятих градусов северной широты, отсекала бассейны от материка. Современная геологическая структура Камчатки и юга Корякии сформировалась при последовательном закрытии этих бассейнов в различное время. Набсубдукционные и задуговые магмы выплавлялись из деплетированных по изотопному составу источников мантии – гранатовых перидотитов мантийного надсубдукционного клина и шпинелевых перидотитов в задуговых бассейнах. Паланский островодужный сегмент столкнулся с материком на границе мела и палеогена и был вовлечен в покровно-складчатые деформации в условиях транспрессии с левосторонней сдвиговой компонентой. На границе палеоцена и эоцена Восточно-Камчатский островодужный сегмент тоже достигает материка. Возможно, начальная фаза коллизии проходила с левосторонней сдвиговой компонентой. В результате фронтальные части островодужного сегмента, обдуцированные на край материка (Центрально-Камчатская зона), были развернуты против часовой стрелки. Удаленные от фронта коллизии части островодужного сегмента еще не были вовлечены в надвигообразование и по левым сдвигам начали перемещаться на северо-восток вдоль окраины материка (Восточно-Камчатская зона). В начале эоцена, вероятно, изменилось направление движения плиты Кула, на которой перемещались островодужные террейны, с северного на северо-западное, и завершение коллизии Восточно-Камчатского островодужного сегмента проходило без сдвиговой компоненты. Об этом свидетельствует незначительная степень вращений блоков Вос-

точной Камчатки против часовой стрелки и отсутствие сдвиговых структур в этом районе. В конце олигоцена-начале миоцена началась коллизия Кроноцкого сегмента – сначала с Алеутской плитой вдоль Командорского сдвига, затем с Камчатской окраиной. Блоки на востоке сегмента, участвующие в левостороннем перемещении вдоль Командорского сдвига, развернулись в горизонтальной плоскости по часовой стрелке. Блоки на западе сегмента косо столкнулись с Камчатской окраиной и развернулись против часовой стрелки (Кроноцкий п-ов). Блоки, располагающиеся близко к стыку Командорских и Камчатских структур, не претерпели сильных вращений.

В развитии магматизма активной континентальной окраины Камчатки можно выделить два периода – позднемиоценовый-эоценовый и миоценовый. Для позднемиоценового-эоценового периода, по-видимому, характерно широкое развитие процессов корового плавления, возможно, из-за аномально высокого теплового потока в это время. В результате были сформированы позднемиоценовые и эоценовые гранитоидные интрузивные массивы Камчатки, а при образовании мелового вулканического ареала хребта Омгон и эоценового Кинкильского сегмента Западно-Камчатско-Корякского окраинно-континентального вулканического пояса были широко проявлены процессы смешения мантийных деплетированных и коровых обогащенных по изотопному составу расплавов. В это время, по-видимому, приблизительно в равных масштабах происходила переработка древней континентальной коры (кварц-полевошпатовые терригенные породы) и формировалась новая ювенильная континентальная кора. В миоценовый этап масштабы корового плавления были значительно меньше. Мантийные магмы Центрально-Камчатского и Восточно-Камчатского окраинно-континентальных вулканических поясов, также как и расплавы, из которых формировались породы миоценовых интрузивных массивов, выплавлялись из деплетированных источников мантии и практически не были контаминированы веществом древней континентальной коры. В это время в основном формировалась ювенильная верхняя континентальная кора.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аккреционная тектоника восточной Камчатки. М.: Наука, 1993. 272 с.
2. Богданов Н.А., Хаин В.Е. Объяснительная записка к тектонической карте Охотоморского региона. М.: Ин-т литосферы окраинных и внутренних морей РАН, 2000. 193 с.
3. Вольнец А.О. Плейстоцен-голоценовый вулканизм Срединного хребта Камчатки: вещественный состав и геодинамическая модель. Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. Москва. 2006. 23 с.
4. Гладенков Ю.Б., Шанцер А.Е., Челебаева А.И. и др. Нижний палеоген западной Камчатки (стратиграфия, палеогеография, геологические события). М.: ГЕОС, 1997. 366 с.
5. Западная Камчатка: геологическое развитие в мезозое. М.: Научный мир, 2005. 320 с.
6. Коваленко Д.В. Палеомагнетизм геологических комплексов Камчатки и юга Корякии. М.: Научный мир, 2003. 255 с.
7. Коваленко Д.В., Колосков В.А., Цуканов Н.В., Федоров П.И. Геодинамические условия формирования и магматические источники позднемиоценово-раннепалеоценовых магматических комплексов северной части Камчатки // Геохимия. 2009. № 4. С. 23–46.
8. Коваленко Д.В., Ставрова О.О., Цуканов Н.В. Изотопный и геохимический состав позднемиоценовых и кайнозойских флишевых пород Камчатки и юга Корякии. Тихоокеанская геология. 2010. Т. 29, № 1. С. 3–14
9. Колосков А.В. Изотопно-геохимическая неоднородность плиоцен-четвертичных вулканитов Камчатки, геометрия субдукционной зоны, модель флюидно-магматической системы // Вулканология и сейсмология. 2001. № 6. С. 16–42.
10. Левашиова Н.М. Кинематика позднемиоценовых и мелпалеоценовых энсиматических островных дуг Камчатки. Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. М.: ГИН РАН, 1999. 22 с.
11. Перелов А.Б. Неоген-четвертичный шошонит-латитовый магматизм Срединного хребта Камчатки: вулкан Теклетунуп (геохимия, петрология, геодинамическая позиция) // Вулканология и сейсмология. 2005. № 1. С. 22–36.
12. Соловьев А.В. Изучение тектонических процессов в областях конвергенции литосферных плит (методы трекового и структурного анализа). М.: Наука, 2008. 314 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 позднемиоценовых-палеоценовых калиевых пород ранней стадии развития Камчатской островной дуги // Петрология. 2001. Т. 9, № 2. С. 189–208.
15. Цуканов Н.В., Сколотнев С.Г., Палечек Т.Н. Новые данные о составе и строении аккреционной призмы п-ова Камчатский мыс (Восточная Камчатка) // Вестник КРАУНЦ. 2008. № 2. Вып. 12. С. 48–56.
16. Churikova T., Dorendorf F., Wörner G. Sources and fluids in the mantle wedge below Kamchatka, evidence from across-arc geochemical variation // J. Petrol. 2001. V. 42, № 8. P. 1567–1593.
17. Kepezhinskas P., McDermott F., Defant M.J. et al. Trace element and Sr-Nd-Pb isotopic constraints on a three-component model of Kamchatka arc petrogenesis // Geochim. Cosmochim. Acta. 1997. V. 61. P. 577–600.
18. Volynets O.N. Geological types, petrology and genesis of Late Cenozoic volcanic rocks from the Kurile-Kamchatka island arc system // Int. Geol. Rev. 1999. V. 36, № 4. P. 373–405.

Рецензент В.Н. Пучков



## **Tectonics and magmatism of Kamchatka**

**D. V. Kovalenko**

*Institute of Ore Deposits Geology, Petrography, Mineralogy and Geochemistry of RAS (IGEM RAS)*

The new isotopic and geochemical data in the Cretaceous and Cenozoic magmatic complexes of Kamchatka are outlined in the article. The paleomagnetic, structural and tectonic data are discussed. The modern geological structure of Kamchatka was formed as a result of accretion of the exotic island-arc terrains. The island-arc melts was originates from depletic sources. Two periods of the continental margin magmatism of Kamchatka are proposed.

Key words: *isotopic composition, paleolatitude, declination, accretional structure, terraines.*