ЭВОЛЮЦИЯ КРОНОЦКОЙ ДУГИ В ПОЗДНЕМ МЕЛУ - ЭОЦЕНЕ

М.Н.Шапиро[1] и М.Ю.Хотин[2]

[1]Институт физики Земли, Москва; [2]Геологический институт, Москва

Рассматривается история формирования Африканского блока полуострова Камчатский Мыс (Восточная Камчатка). Предполагается, что меловые породы этого блока слагают фрагмент аккреционной призмы Кроноцкой дуги (Рис 1-3). Опубликованные палеомагнитные данные по вулканогенно-осадочным комплексам этой дуги (Рис. 8), в сочетании с данными о строении, составе и возрасте основных геологических комплексов Африканского блока (Рис. 4-7) позволяют реконструировать некоторые важные тектонические события в Северной Пацифике (Рис. 9-10).

Восточные полуострова Камчатки и, вероятно, Командорские острова образуют Кроноцкую палеодугу (Рис. 1). Главные элементы, объединяющие эти блоки в отдельную структуру - это палеоцен-эоценовые надсубдукционные вулканиты. Самая нижняя часть этой формации на Кроноцком полуострове относится к позднему сенону [Levashova et al., 2000]. Самый северный из восточных полуостровов Камчатки - Камчатский Мыс состоит из двух частей. Северная сложена палеоцен-эоценовыми туфами и туффитами столбовской серии, в то время как на юге (Африканский блок) преобладают меловые породы (Рис.2). Их можно разделить на пять главных комплексов, чьи соотношения лучше всего видны на юго-западных склонах полуострова (Рис. 3). Здесь эти комплексы образуют структурную моноклиналь, круто наклоненную на северо-запад.

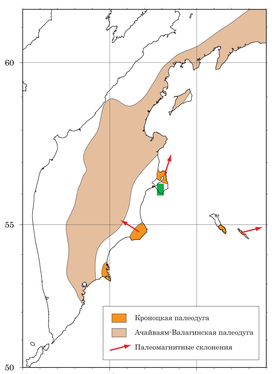


Рис. 1. Островодужные комплекс верхнего мела - эоцена Камчатки и Командорских островов. Закрашены Ачайваям-Валагинский террейн (альб - нижний палеоцен), в значительной степени перекрытый молодыми осадками и вулканитами, и Кроноцкий террейн (кампан - средний эоцен). Зеленый прямоугольник - район, показанный на Рис. 2. Красные стрелки - склонения в палеоценовых и эоценовыхкомплексах Кроноцкой дуги.

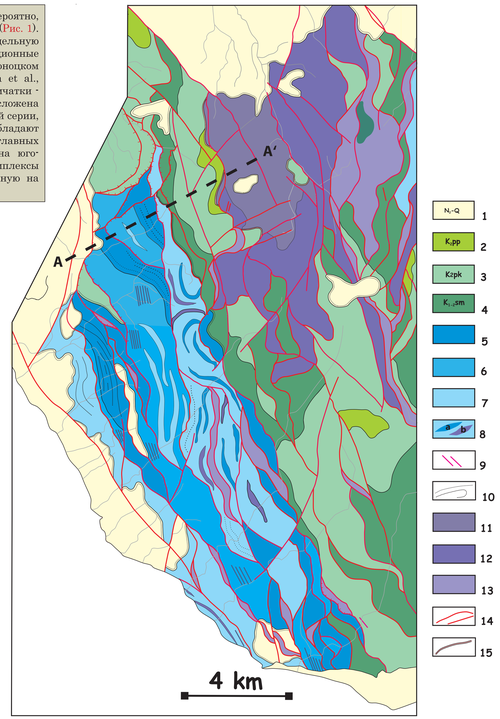


Рис. 2. Геологическая карта юго-западной части полуострова Камчатский Мыс. 1 - плиоцен-четвертичные осадки; 2 - пикежские песчаники; 3 - туфы, туффиты и кремни пикежской свиты; 4 - мнеститы с преобладанием красных яшм, розовых известняков и подушечны базальтов смагинской свиты; 5-10 - Оленегорский массив: 5 - подушечные базальты и диабазы, 6 - мелко- и среднезернистые изотропные габбро, насыщенные дайками полосчатые габбро, 7 - крупнозернистые кумулятивные габбро, 8а - силлы базальтов в габбро, 8б - линзы троктолитов и ультраосновных пород, 9 - рои даек, 10 - линии проступания в полосчатых габбро и диабазах; 11-12 - Солдатский массив: 11 - кумулятивная серия (дуниты, гарцбургиты, вебстериты, пироксениты) 12 - реститогенная серия: серпентинизированные гарцбургиты и дуниты; 13 - зоны серпентинитового меланжа 14 - крупные разрывы 15 - зоны родингитов вдоль контактов кумулятивных гипербазитов.

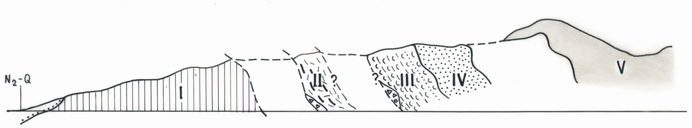
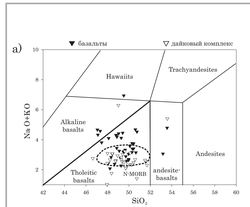


Рис. 3. Схема соотношений основных комплексов Африканского блока вдоль профиля A-A1 на Рис. 2. I - Оленегорский массив: габбро, диабазы, базальты (J3-K1?); II - смагинская свита: пелагические осадки и внутриплитные базальты (K1-2) - основные компоненты меланжей и олистостром в глинисто-туфогенном матриксе; иногда в основании пластины конгломераты с обломками габбро и диабазов; III - пикежская свита: туфы, туффиты и кремни (K2 - P1?), иногда в основании пластины конгломераты с обломками габбро и диабазов; IV - пикежские песчаники (K2 - P1?) V - гипербазиты Солдатского массива.

Пять основных комплексов, слагающих Африканский блок, формировались в разное время и в различных геодинамических условиях. Наиболее вероятная тектоническая обстановка, где могли соединиться фрагменты океанических комплексов различной природы - это надсубдукционная аккреционная призма в нижней части островодужного склона желоба. Наша главная гипотеза в том, что это была аккреционная призма Кроноцкой дуги. Судя по палеомагнитным данным по эоцену Камчатского Мыса (см. Рис. 1) эта призма располагалась к югу от вулканической дуги, имевшей в конце мела и палеоцене субширотное простирание и южную полярность (наклон зоны субдукции на север).



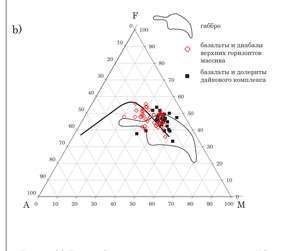


Рис. 4. (a) Породы Оленегорского массива на диаграмме SiO2 - (Na2O+K2O) [Cox et al., 1979]. Большая часть базальтов и даек относится к толеитам и группируются в поле N-MORB (b) Породы Оленегорского массива на диаграмме AFM.

Нижнее положение в структуре Африканского блока занимает расслоенный Оленегорский массив с гипербазитами в основании и подушечными базальтами в кровле.. По своему составу большая часть этих пород отвечает породам срединно-океанических хребтов (Рис. 4).. Возраст массива считается юрско-меловым на основании нескольких валовых K/Ar определений [Федорчук и др., 1991].

Лежащие структурно выше породы смагинской свиты: розовые пелитоморфные известняки и яшмы с линзами подушечных базальтов и красных глин содержит обильную микрофауну альба-сеномана. Эти породы, как правило, сохраняются лишь в виде более или менее крупных блоков в туффитах пикежской свиты, вместе с которой они образуют мощные тела тектонического меланжа. Смагинские базальты по своему составу напоминают базальты океанических плато, связанных с горячими точками. (Рис. 5).

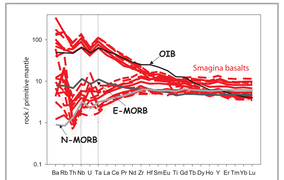


Рис. 5. Нормализованные к примитивной мантии спайдер-диаграммы смагинских базальтов по Савельеву [2003, 2004].

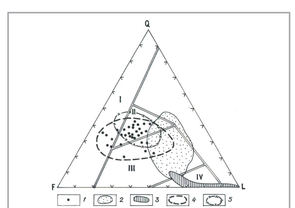


Рис. 6. Диаграмма QFL, отражающая соотношения основных компонентов в песчаниках (Q - кварц, F - полевые шпаты, L - обломки пород): 1 - пикежские песчаники [Шапиро, 1973; Морозов и др., 1996]; 2 - поле субарказовых песчаников Западной Камчатки с Азиатской питающей провинцией [Шапиро и др., 1992]; 3 - вулканомиктовые песчаники Восточной Камчатки [Шапиро и др., 1992]; 4 - песчаники серии Торлесс (Новая Зеландия) [McKinnon, 1983]; 5 - эоценовые пески Алеутской абиссальной равнины [Steward, 1976]. Типы питающих провинций [Dickinson et al., 1976] : I - континентальные блоки; II - глубоко расчлененные магматические дуги; III - умеренно расчлененные магматические дуги; IV - нерасчлененные магматические дуги.

Тефроиды, пепловые туфы, туффиты и туфосилициты пикежской тефроидной ассоциации - наиболее распространенные породы Африканского блока в большинстве относящиеся к верхней части верхнего мела (кампан-маастрихт). Однако в туффитах пикежской свиты известны также находки палеоценовых радиолярий [Высоцкий, 1986; Федорчук и др. 1989]. Обилие туфов и светлого вулканического стекла предполагает островодужный источник пирокластики.

Пикежские песчаники, как правило, залегают структурно выше тефроидов и вероятно связаны с ними постепенными переходами. Это массивная неслоистая толща полевошпат-кварцевых граувакк, где главными компонентами (Рис. 6) являются кварц, полевые шпаты (в том числе КПШ) аргиллиты и кремни, разнообразные измененные вулканиты, метаморфические породы разного состава и степени метаморфизма, темная и белая слюды. Породы богаты цирконом и другими акцессориями и отличаются высокой естественной радиоактивностью. Континентальный источник этих пород не вызывает сомнений.

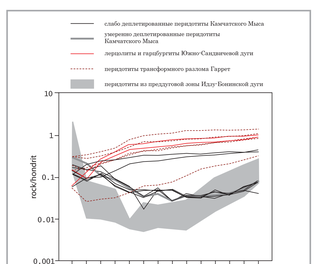
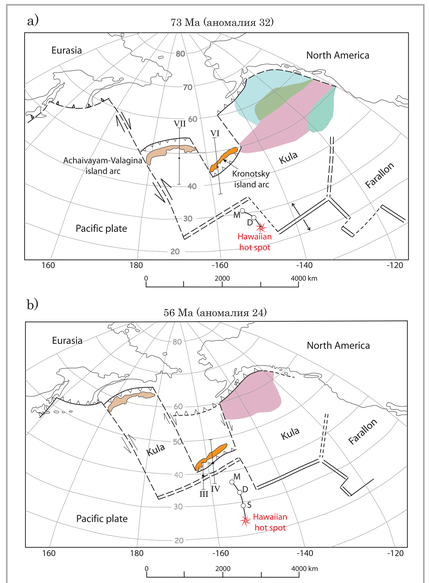


Рис. 7. Нормализованные к хондриту содержания редкоземельных элементов в гипербазитах Солдатского массива [Крамер и др., 2001; Осипенко, Крылов, 2001] в сравнении с данными по гипербазитам трансформного разлома Гаррет [Niu&Hekinian, 1997], Южно-Сандвичевой дуги [Pearce et al., 2000] и преддуговой области Идзу-Бонинской дуги [Parkinson&Pearce, 1998].

Структурно выше песчаников залегают гипербазиты Солдатского массива. Большая их часть сопоставима с мантийными реститами, формирующимися в океанических хребтах при выплавлении базальтов. Но в северо-западной части массива широко развиты породы петрографически близкие к кумулятам крупных расслоенных интрузий. По сравнению с реститами они обогащены редкими элементами (Рис. 7). Геологические и пространственные соотношения этих двух типов пород в Солдатском массиве остаются дискуссионными. Еще более дискуссионны геодинамические условия их формирования. Пересчет данных, приведенных в [Ланда и др., 2002] позволяет оценить Sm/Nd возраст кумулятивных гипербазитов в ~90 Ма - что близко к датировкам смагинских базальтов. Нужно подчеркнуть что в современной структуре гипербазиты образуют крупную и сложную протрузию, продолжающую свое внедрение до настоящего времени. Области их формирования находятся значительно глубже той структуры, которую мы наблюдаем на поверхности.



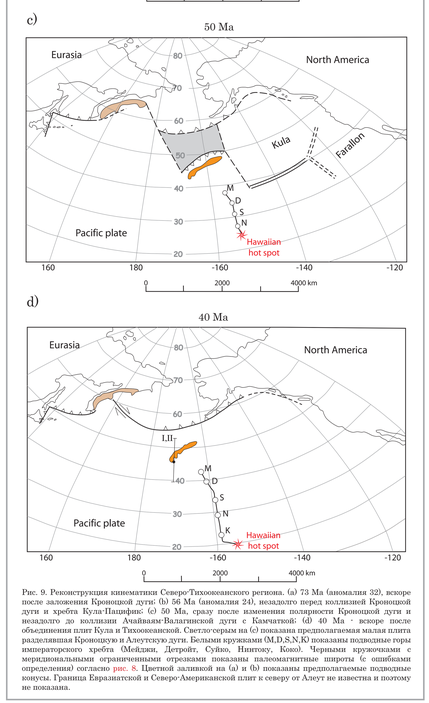


Рис. 9. Реконструкция кинематики Северо-Тихоокеанского региона. (a) 73 Ма (аномалия 32), вскоре после заложения Кроноцкой дуги; (b) 56 Ма (аномалия 24), незадолго перед коллизией Кроноцкой дуги и хребта Кула-Пацифик; (c) 50 Ма, сразу после изменения полярности Кроноцкой дуги и незадолго до коллизии Ачайваям-Валагинской дуги с Камчаткой; (d) 40 Ма - вскоре после объединения плит Кула и Тихоокеанской. Светло-серым на (c) показана предполагаемая малая плита разделявшая Кроноцкую и Алеутскую дуги. Большими кружками (M,D,S,N,K) показаны подводные горы императорского хребта (Мейджи, Детройт, Суйко, Нинтоку, Коко). Черными кружочками с меридиональными ограниченными отрезками показаны палеомагнитные широты (с ошибками определенными согласно рис. 8. Цветной заливной на (a) и (b) показаны предполагаемые подводные конусы. Граница Евразиатской и Северо-Американской плит к северу от Алеут не известна и поэтому не показана.

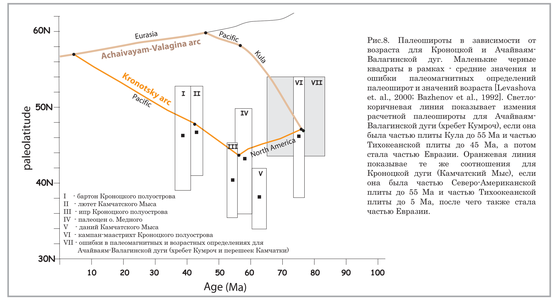


Рис.8. Палеошироты в зависимости от возраста для Кроноцкой и Ачайваям-Валагинской дуг. Маленькие черные квадраты в рамках - средние значения и ошибки палеомагнитных определений палеоширот и значений возраста [Levashova et. al., 2000; Bazhenov et al., 1992]. Светло-коричневая линия показывает изменения расчетной палеошироты для Ачайваям-Валагинской дуги (хребет Кумроч), если она была частью плиты Кула до 55 Ма и частью Тихоокеанской плиты до 45 Ма, а потом стала частью Евразии. Оранжевая линия показывае те же соотношения для Кроноцкой дуги (Камчатский Мыс), если она была частью Северо-Американской плиты до 55 Ма и частью Тихоокеанской плиты до 5 Ма, после чего также стала частью Евразии.

Кинематика Кроноцкой дуги в конце мела, палеоцене и эоцене не определяется однозначно. Главная сложность в низких средних палеошироках дуги в палеоцене (38°с.ш.) и нижнем эоцене (40°с.ш.) с одной стороны, и относительно высоких средних оценках палеошироты дуги в начале маастрихта и в середине эоцена 46-48°с.ш.(Рис. 8). Согласно этим оценкам, дуга какое-то время в конце мела и начале палеогена должна была двигаться на юг, а потом, сменив направление, переместиться на север . Кроме того, движение Кроноцкой дуги должно быть согласовано с движением Ачайваям-Валагинской дуги (АВД), которая зародилась в конце мела одновременно с Кроноцкой примерно на тех на тех же широтах, но уже 45 Ма присоединилась к СВ Азии [Shapiro et al., 2002].

Вдобавок существует неоднозначность досредне-эоценовой кинематики двух основных плит севера Тихого океана: Пацифика и Кулы из-за подвижности Гавайской горячей точки до 43 Ма. Поэтому мы используем кинематические модели, основанные на замыкании движений крупных плит относительно африканской системы горячих точек [Engebretson et al., 1984; Petronotis & Jurdy, 1990; Norton, 1995].

Выбирая модель мы опираемся на высокую среднюю скорость северного дрейфа АВД, которая достигается только на плите Кула.. Мы считаем, что движение Кроноцкой дуги на юг было возможно только на Северо-Американской плите (или на малой плите с кинематикой, близкой к северо-американской). Отсюда предположение, что в северной части Тихого океана в конце мела существовал выступ Северо-Американской плиты, к югу и востоку от которого располагалась плита Кула, а к западу Пацифик. Вдоль южной границы С.-Американской плиты и плиты Кула формировались АВД с северной полярностью и Кроноцкая дуга с южной полярностью. Такая сложная конфигурация была возможна если АВД располагалась западнее Кроноцкой дуги. Этому условию отвечает только кинематика [Petronotis & Jurdy, 1990]. Поэтому вся реконструкция (Рис. 9) строилась с использованием кинематики [Petronotis & Jurdy, 1990] до 43 Ма и кинематики [Engebretson et al., 1984] после 43 Ма. Кинематика Евразиатской и Северо-Американской плит взята из [Kraus & Scotese, 1994] На реконструкцию помимо Кроноцкой дуги и АВД вынесены Императорский хребет, включая возвышенность Обручева, и восточная часть хребта Кула-Пацифик.

При заложении в конце мела Кроноцкая дуга находилась много севернее хребта Кула-Пацифик. Поднятие Обручева находилось по южную сторону хребта Кула-Пацифик. В конце мела и начале палеогена рифовый хребет медленно смещался к северу отодвигаясь от поднятия Обручева и приближаясь к движущейся на юг Кроноцкой дуге. Поэтому часть плиты Кула к югу от Кроноцкой дуги постоянно сужалась.

В результате 55-56 Ма хребет заблокировал Кроноцкую зону субдукции, а западная часть плиты Кула присоединилась к Тихоокеанской плите. Вероятно именно поэтому в период 55-45 Ма существенно замедлился северный дрейф АВД.

В раннем и среднем эоцене продолжавшийся в Кроноцкой дуге надсубдукционный вулканизм сочетался с быстрым движением дуги на север. Это означает изменение полярности дуги и заложение нового желоба к северу от нее.

Интерпретация кинематики Кроноцкой дуги после 43 Ма практически однозначна: почти все это время она была частью Тихоокеанской плиты, утратила активность около 35 Ма и столкнулась с СВ Азией 5 Ма. Палеомагнитные данные по бартону Кроноцкого п-ва и лютету Камчатского мыса хорошо согласуются с такой кинематикой.

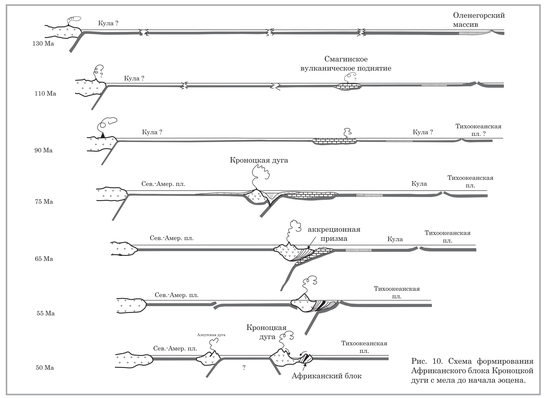


Рис. 10. Схема формирования Африканского блока Кроноцкой дуги с мела до начала эоцена.

На основе принятой кинематической схемы дается приблизительная последовательность геодинамических событий, приведшая к формированию Кроноцкой аккреционной призмы, фрагментом которой является Африканский блок (Рис. 10).

Согласно этой реконструкции в самом начале мела (130 Ма) литосфера тихоокеанских плит, смещавшаяся на С3, поглощалась в зонах субдукции, ограничивающих Евразию и С-Америку (Удско-Мургальская дуга и ее аналоги). Вероятнее всего уже в это время северная часть океана относилась к плите Кула, отделенной от Тихоокеанской плиты активным хребтом, где в частности формировалась кора, ныне слагающая Оленегорский массив.

События середины мела (110 Ма) такие как смена Удско-Мургальской дуги Охотским поясом мало отразились на истории наших объектов. Но примерно в это время, та часть плиты Кула, которая впоследствии погрузится под Кроноцкую дугу прошла над горячей точкой формирующей Смагинское океаническое плато. Формирование кумулятивных гипербазитов Солдатского массива, вероятно связано с этим моментом.

Главным событием конца мела (75 Ма) для рассматриваемого района является заложение Кроноцкой дуги на широте примерно 45о и западной долготе 150-160°. Это несколько ближе к Америке, чем к Евразии. Первоначально основным материалом для построения аккреционной призмы Кроноцкой дуги была ее собственная пирокластика (пикежские туффиты). Часть этой тефры достигала расположенного южнее желоба и, возможно, локально перекрывала часть океанического ложа плиты Кула Эти внутриокеанические события совпадают с максимумом Ларамийского орогенеза на ближайшем Северо-Американском континенте. Вдоль западного края Кордильер формировалась мощная серия турбидитовых конусов. Песчаники верхней части пикежской свиты вероятно являются частью одного из таких конусов, включенной в Кроноцкую аккреционную призму. Одновременно с этим или немного позднее Смагинское плато начинает погружение в Кроноцкий желоб, где его верхняя часть срывается с основания и входит в состав аккреционной призмы, главным образом, в виде осадочных меланжей и олистостром.

На границе мела и палеогена (~65 Ма) часть нижней океанической коры плиты Кула также присоединилась к Кроноцкой аккреционной призме, образовав Оленегорский массив.

В конце палеоцена (~55 Ма) происходит коллизия Кроноцкой дуги с хребтом Кула-Пацифик. Это - наиболее вероятная причина деформации Африканской аккреционной призмы и временного образования некулланического поднятия, поставлявшего обломки пирокластику в южные разрезы столбовской серии [Шапиро и др., 1997]. Появление офиолитокластики - свидетельство первого выведения на поверхность Солдатских ультрамафитов. Свое окончательное место в структуре они займут в результате более позднего диапиризма.

Продолжение кроноцкого вулканизма во второй половине эоцена (55-40 Ма) после коллизии дуги с хребтом Кула-Пацифик, вероятно связано уже с новой зоной субдукции, расположенной к северу от Кроноцкой дуги. Отмирание этой второй зоны субдукции в конце эоцена также, вероятно сопровождалось сжатием дуги и выдавливанием гипербазитов.