

УДК 551.242.11.31

ДВУХЪЯРУСНАЯ СУБДУКЦИЯ В ВЕРХНЕЙ МАНТИИ КАК МЕХАНИЗМ ЭВОЛЮЦИИ ЛИТОСФЕРЫ ВОСТОЧНОЙ АРКТИКИ В ПОЗДНЕЙ ЮРЕ-РАННЕМ МЕЛУ

© 2021 г. Академик РАН Л. И. Лобковский^{1, 2, *}, член-корреспондент РАН С. Д. Соколов^{3, **}, Н. О. Сорохтин¹, М. В. Кононов¹

Поступило 26.04.2021 г.

После доработки 15.06.2021 г.

Принято к публикации 20.06.2021 г.

В работе обсуждается популярная ротационная гипотеза образования и эволюции основных структур литосферы Восточной Арктики в период поздней юры-раннего мела, в частности, возникновение Канадского бассейна, закрытие палеоокеанов Ангаючам и Южно-Анюйского, формирование коллизионных структур при движении блоков Аляски и Чукотки. Указываются трудности этой гипотезы, а также других кинематических схем эволюции литосферы Арктики и делается вывод о невозможности адекватного выбора в пользу какой-либо модели эволюции в рамках чисто кинематического подхода. Предлагается обобщение разработанной ранее базовой геодинамической модели эволюции Арктики для позднего мела и кайнозоя на более ранний период эволюции Амеразийского бассейна в поздней юре-раннем мелу. Главным элементом обобщения является рассмотрение двухъярусной модели субдукции в верхней мантии, позволяющей объяснить основные структуры и черты эволюции Амеразийского бассейна Арктики в поздней юре-раннем мелу.

Ключевые слова: тектоника, геодинамика, субдукция, Восточная Арктика, Чукотка, Аляска, палеоокеаны Ангаючам, Южно-Анюйский

DOI: 10.31857/S2686739721100108

ВВЕДЕНИЕ

Амеразийский бассейн занимает значительную часть Восточной Арктики и его происхождение является одной из главных проблем тектоники Арктики. Среди разнообразных представлений о формировании структур литосферы и в первую очередь Канадской котловины с океанической корой наиболее популярной остается ротационная гипотеза, предложенная в 1958 г. С.У. Кэри, детальное описание современных моделей которой содержится в ([1–4] и мн. др.). В общем виде эта гипотеза представляется следующим образом: крупный континентальный блок – Арктическая Аляска – Чукотка – был оторван от Арктической Канады и с вращением против часовой стрелки причленился к Северной Америке и

Евразии. Полюс вращения располагался в дельте р. Маккензи. В результате были закрыты океанические бассейны Южно-Анюйский, Ангаючам и образовалась Канадская котловина с океанической корой. Формирование Канадского бассейна начиналось с рифтогенеза в ранней юре ([3, 4] и др.) или в позднем триасе [2]. В тектонической истории бассейна выделяются два этапа [4]: 1) вращение микроплиты Арктическая Аляска–Чукотка против часовой стрелки и формирование утоненной коры переходного типа (195–131 млн лет); 2) продолжающееся вращение сопровождалось спредингом океанической коры (131–127.5 млн лет), что соответствует аномалиям M04–M01 [4].

Основной проблемой ротационной гипотезы, как и других кинематических моделей происхождения тектонических структур Амеразийского бассейна, является отсутствие ответа на вопрос о физическом механизме, обеспечивающем реализацию предлагаемой кинематики движения блоков коры, например, отрыв и последующее отодвигание континентальных блоков Арктической Аляски и Чукотки от Канадской арктической окраины. Ниже рассматривается обобщение предложенной ранее геодинамической модели эволюции Арктики для позднего мела и кайно-

¹ Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук, Москва, Россия

² Московский физико-технический институт, Долгопрудный, Россия

³ Геологический институт Российской академии наук, Москва, Россия

*E-mail: llobkovsky@ocean.ru

**E-mail: ssokolov43@mail.ru

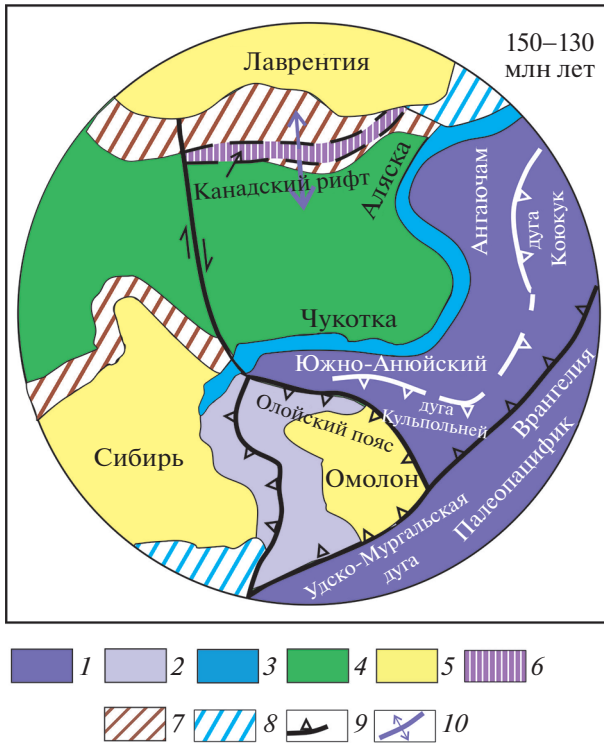


Рис. 1. Палеотектоническая реконструкция для периода 150–130 млн лет. 1 – океанические бассейны; 2 – зоны перехода континент–океан, включая островные дуги и задуговые бассейны; 3 – пассивные окраины; 4 – эпиконтинентальные моря; 5 – кратоны и микроконтиненты; 6 – рифт; 7 – палеозойские складчатые области; 8 – мезозойские складчатые области; 9 – зоны субдукции (белым цветом для интраокеанических дуг; 10 – направление спрединга).

зоя, которое позволяет объяснить особенности более ранней стадии эволюции литосферы Восточной Арктики для поздней юры–раннего мела.

ТЕКТОНИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

Для общего понимания тектонической эволюции Арктики, начиная с поздней юры, необходимо отталкиваться от соответствующих палеотектонических реконструкций глобального характера, изображающих движение и взаимодействие основных литосферных плит, окружающих Арктический регион. На рис. 1 представлена палеотектоническая реконструкция для периода 150–130 млн лет, на которой показана часть глобальной внутриокеанской зоны субдукции литосферы Палеопацифики с ее западным сегментом в виде Удско-Мургальской островной дуги, огибающий Омолонский блок, и восточным сегментом в виде системы островных дуг, выделенной под условным названием “Врангелия”. Эта Тихоокеанская зона субдукции отделяла Палеопацифик от палеоокеанов Ангаючам и Южно-Аньюйский, внутри которых расположены региональные зоны субдукции

с вергентностью, противоположной “внешней” тихоокеанской зоне субдукции Палеопацифики. На реконструкции также показана зона рифтогенеза, по которой осуществлялся откол от арктической окраины Канады Аляскинского и Чукотского блоков коры и формирование в их тылу Канадской котловины.

Возвращаясь к ротационной гипотезе, отметим, что она была разработана в основном на материалах геологии Северной Аляски (рис. 2) и Арктической Канады. Тектоническая история формирования структур Северной Аляски (рис. 3) действительно хорошо согласуется с основными положениями ротационной гипотезы. Об этом свидетельствуют одновременность процессов растяжения в Канадской котловине и сокращения с формированием покровно-складчатых структур на Северной Аляске.

Террейн Арктической Аляски представляет собой блок континентальной коры, который в позднем девоне–юре представлял собой пассивную окраину океана Ангаючам и Арктической платформы [1, 4]. Конвергенция энсиматической дуги Коюкук с пассивной окраиной океана Ангаючам происходила в поздней юре–раннем мелу (рис. 3).

В результате образовались коллизионная сутура Кобук (рис. 2) с метаморфическими сланцами высоких давлений и низких температур и офиолитовые аллохтоны.

Мезозойские структуры арктической окраины Чукотки (рис. 2) были сформированы в результате коллизии Чукотского и Колымо-Омолонского микроконтинентов ([6, 7] и мн. др.) (рис. 4). В процессе коллизии закрылся Южно-Аньюйский океанический бассейн, в тектонической истории которого выделяются два этапа [7]. В позднем палеозое–раннем мезозое это был обширный Прото-Арктический океан, который включал две ветви: Южно-Аньюйскую и Ангаючам. Южная, Сибирская окраина была активной, а северная, Чукотская – пассивной (рис. 1, 4).

В поздней юре–раннем мелу прекратился спрединг, и Южно-Аньюйский бассейн стал заполняться турбидитами. Вдоль южной, конвергентной границы на амальгамированных террейнах Колымо-Омолонского супертеррейна образовался Олойский или Аньюско-Святоносский вулканический пояс [6, 8]. Относительно северной границы существуют разные точки зрения. В работах [8, 9] развиваются представления о Нутесынской островной дуге (поздняя юра–ранний мел), формировавшейся на краю Чукотского микроконтинента. Однако при геолого-съемочных работах [10] было установлено, что вулканогенная кораньвеемская толща, относимая предшественниками к Нутесынской островной дуге, имеет оксфорд–кимериджский возраст и является

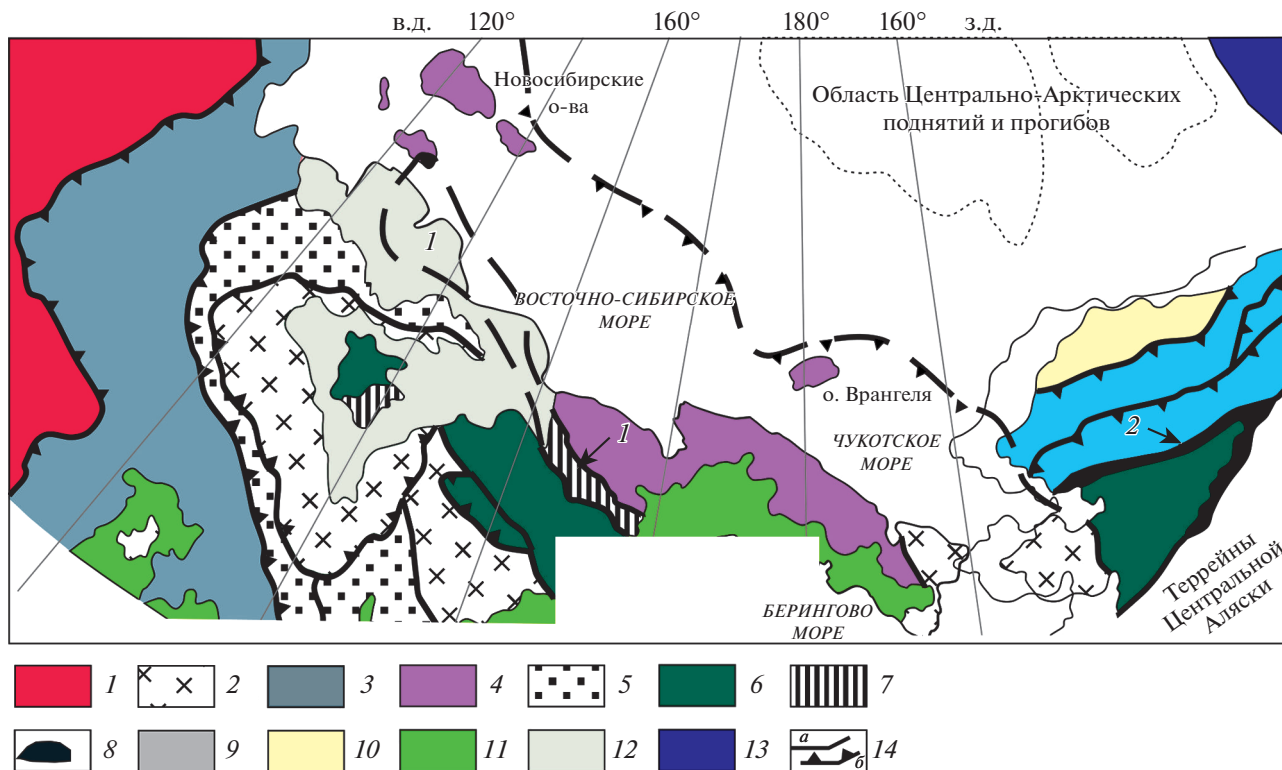


Рис. 2. Тектоническая схема Северо-Востока Азии и Северной Аляски. 1 – Сибирский кратон; 2–9 – террейны: 2 – кратонные, 3 – пассивной окраины Сибири, 4 – пассивной окраины Чукотского микроконтинента; 5 – существенно турбидитовые, 6 – островных дуг, 7 – аккреционных призм, 8 – офиолитовые и океанические; 9 – Арктической Аляски; 10 – бассейн Колвилл; 11 – Охотско-Чукотский вулканогенный пояс, 12 – кайнозойские отложения; 13 – Канадский бассейн; 14 – разрывные нарушения: а – разломы, б – надвиги. Цифрами обозначены: 1 – Южно-Ануйская су- тура; 2 – сутура Кобук.

энсиматической Кульпольнейской дугой Южно-Ануйского океанического бассейна [7, 10]. Детальное геохимическое изучение вулканитов подтвердило энсиматическую природу Кульпольнейской дуги [11].

Поглощение океанической коры Южно-Ануйского бассейна как в позднем палеозое-раннем мезозое, так и в поздней юре-раннем мелу происходило вдоль конвергентной границы Сибири [5–8, 10]. На рис. 4 показаны геодинамические обстановки волжско-раннемелового времени. Энсиматическая Кульпольнейская дуга к этому времени стала уже ремнантной дугой с отмершей зоной субдукции.

Очевидно общее сходство тектонических моделей Чукотки и Северной Аляски. Следует подчеркнуть, что южная вергентность зон субдукции, в которых поглощалась океаническая литосфера Южно-Ануйской и Ангаючам ветвей Прото-Арктического океана [7], тектонически согласовывается с обстановкой растяжения на краю Северо-Американского континента.

В целом корреляция тектонических событий на арктических окраинах Чукотки и Аляски хоро-

шо согласуется с ротационной гипотезой. Достаточно отметить, что время сокращения и закрытия Прото-Арктического океана и коллизионных событий происходило одновременно с раскрытием Амеразийского бассейна, формированием складчато-надвиговых структур Чукотки и Аляски и прекращением спрединга в Канадском бассейне.

Однако простое вращение протяженной микроплиты Арктическая Аляска–Чукотка сталкивается с проблемой пространства. В связи с чем опубликованные ротационные модели по-разному объясняют положение западной границы микроплиты. Одни исследователи считают, что перемещение происходило вдоль восточного борта хр. Ломоносова, другие – вдоль Чукотского плато, а третьи – в пространстве между поднятием Менделеева и Чукотским плато. Не разбирая трудности каждой из этих моделей, остановимся только на наиболее популярной и представительной ротационной модели А. Грантца, которая разрабатывалась и уточнялась им в течение многих лет, начиная с 1977 г. Последняя версия была опубликована в 2011 г. [4].

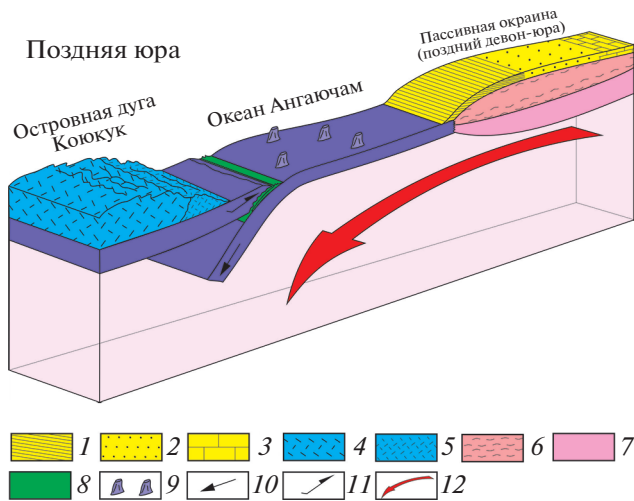


Рис. 3. Тектоническая модель формирования структур Северной Аляски, составлена по материалам [1, 3]. 1 – субтеррейн Лонг Маунтинс, дистальные отложения; 2 – Эндикот Маунтинс субтеррейн, проксимальные отложения; 3 – субтеррейн Хаммонд карбоний мел; 4–5 – террейн Койюк; 4 – энсиматическая дуга; 5 – преддуговая часть; 6 – додевонские отложения; 7 – континентальная кора; 8 – амфиболиты и глаукофановые сланцы; 9 – симаунты и океаническое плато; 10 – направление субдукции; 11 – тектонические нарушения; 12 – направление мантийного потока.

Для того чтобы закрыть Южно-Аннуйский океанический бассейн вращением микроплиты, в ее тылу должна была образоваться протяженная

котловина с океанической литосферой от бассейна Макарова до Канадского бассейна. Линейные магнитные аномалии, указывающие на спрединг, ограничены только южной частью Канадского бассейна. Кроме того, в настоящее время поднятие Альфа-Менделеева, разделяющее бассейны Канадский и Менделеева, большинством исследователей рассматриваются как структура с континентальной корой. Наличие “континентального моста” между Арктической Канадой и Евразией плохо согласуется ротационной гипотезой.

ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Нам представляется, что очевидный кризис в вопросах понимания процессов эволюции литосферы Американо-Азиатского бассейна в мезозое, характеризующийся продолжающимся до настоящего времени производством различных “авторских” моделей, не может быть разрешен в рамках чисто кинематического подхода, который применяется в этих исследованиях. При таком подходе каждый автор пытается путем кинематических схем перемещения блоков коры, сопровождаемых областями расширения или сжатия литосферы, нарисовать свою картину тектонической эволюции региона, практически отвлекаясь от анализа причин рассматриваемых движений и в лучшем случае ограничиваясь упоминанием таких расхожих геодинамических понятий, как мантийный плюм, задуговое растяжение и т.д. Поэтому выбрать из множества предложенных кинематических схем физически наиболее приемлемую не

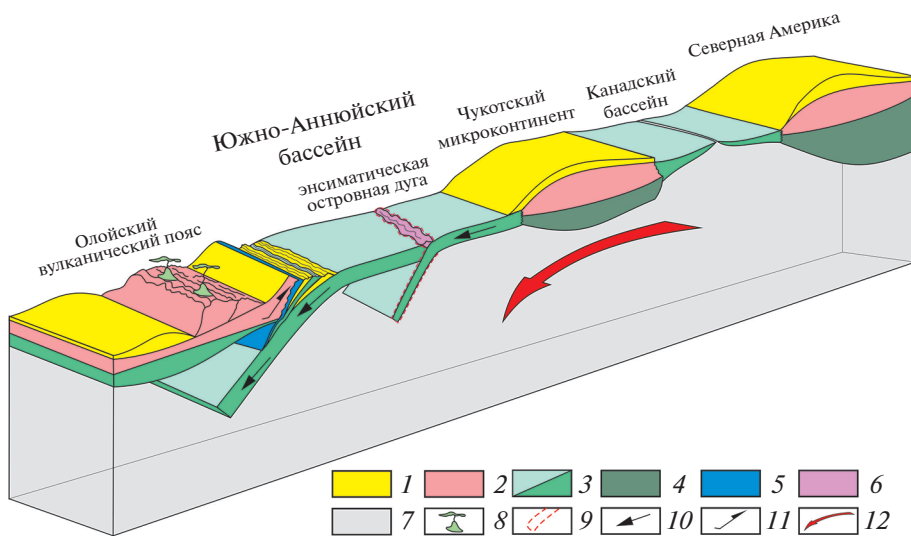


Рис. 4. Тектоническая модель арктической окраины Чукотки. 1 – осадочные и осадочно-вулканогенные комплексы аккреционного и чехольного типов; 2 – континентальная кора; 3 – океаническая литосфера; 4 – подкоровая литосфера континента; 5 – метаморфические, в том числе глаукофановые сланцы; 6 – энсиматическая Кильпольнейская ремнантная дуга; 7 – верхняя мантия; 8 – вулканы; 9 – отмершая зона субдукции Кильпольнейской дуги; 10 – направление дрейфа океанической литосферы; 11 – вектор тектонических деформаций; 12 – направление мантийной конвекции.

представляется возможным. В частности, упомянутая выше ротационная модель Кэри-Грантца не отвечает на простой вопрос о силах, ответственных за вращение и отрыв митрополиты Арктическая Аляска—Чукотка от окраины Северной Америки.

Преодоление данного кризиса, на наш взгляд, возможно только на пути построения количественной геодинамической модели эволюции литосферы Арктики, включающей течения вещества в верхней мантии, которые должны объяснять кинематические перемещения блоков коры и деформации литосферы. Такая геодинамическая модель эволюции для позднего мела и кайнозоя была предложена российскими учеными в последние годы в связи с необходимостью научного обоснования заявки РФ в ООН на расширение континентального шельфа в Арктике [12, 13].

Модель основана на представлении о существовании в верхней мантии под Арктикой и Северо-Восточной Азией циркуляции вещества в горизонтально вытянутой конвективной ячейке протяженностью в несколько тысяч км. В эту циркуляцию вовлечена субдуцируемая литосфера, вещество которой движется вдоль подошвы верхней мантии в сторону континента от зоны субдукции, формируя нижнюю ветвь ячейки, а замыкающая верхняя ветвь ячейки образует обратное течение вещества под литосферой в сторону зоны субдукции, что, собственно, и является движущей силой, определяющей поверхностную кинематику блоков коры и деформации литосферы. Модель основана на данных сейсмической томографии верхней мантии в области перехода от Тихого океана к Восточной Азии и Арктике [14]. Предложенная модель недавно получила очень важное подтверждение по результатам детальных геохимических исследований состава образцов пород из хребта Гаккеля, которые, как оказалось, несут отчетливые следы и метки пород коры, погружаемой в зоне субдукции, находящейся на расстоянии в несколько тысяч км, что хорошо вписывается в нашу модель циркуляции вещества в верхней мантии [15]. Необходимо отметить, что в недавней работе [16] рассматриваемая геодинамическая модель получила строгое количественное обоснование на основе решения уравнений гидродинамики вязкой жидкости для соответствующей постановки математической задачи с соответствующими граничными условиями. Поскольку новая геодинамическая модель имеет универсальный характер, ее можно применить при анализе более ранних юрско-меловых этапов эволюции Восточной Арктики, когда образовывалась Канадская котловина и закрывались Южно-Аньюский и Ангаючам палеоокеаны.

Исходя из базовой геодинамической модели [12, 13], механизм отрыва системы блоков Аляски

и Чукотки от Канадской арктической окраины обусловлен действием горизонтально вытянутой конвективной ячейки в верхней мантии, которая связывает нисходящий поток вещества в крупномасштабной внутриокеанической (Врангелевской) зоне субдукции северо-западной части Тихоокеанской литосферы (рис. 1) с восходящим потоком под Канадской окраиной, объединяя в единую динамическую систему верхний и нижний горизонтальные потоки течения вещества, движущиеся в противоположных направлениях: нижний поток, включающий субдуцируемую литосферу, горизонтально течет вдоль границы верхней и нижней мантии от Врангелевской зоны субдукции к Канадской окраине, а верхний поток, расположенный под литосферой, течет от края континента в сторону Тихого океана, вызывая за счет вязкого сцепления с подошвой литосферы развитие деформаций и смещения последней, что приводит к отрыву блоков коры от окраины континента (рис. 5, 6).

В силу “выпуклой” геометрии Тихоокеанской зоны субдукции (рис. 1) возвратное течение под литосферой от Канадской окраины в сторону Тихого океана имеет двумерную расходящуюся структуру, в которой линии тока вблизи восточной Аляскинской части отрываемой полосы блоков направлены на юго-восток, а линии тока в центральной Чукотской части отрываемого сегмента окраины идут на юг, что приводит к расхождению “веером” Аляски и Чукотки в процессе движения, сопровождаемого образованием в их тылу Канадского бассейна и закрытием смежных палеоокеанов Ангаючам и Южно-Аньюского (рис. 5, 6).

Следует подчеркнуть, что рассматриваемая здесь модель отрыва блоков коры от континентальной окраины и образование Канадского бассейна принципиально отличаются от известного задугового механизма раскрытия окраинных бассейнов, поскольку субдукция Тихоокеанской литосферы, вовлеченная в верхнемантийную циркуляцию вещества, особенно ее южная часть, расположена напротив Чукотского блока, находится на расстоянии нескольких тысяч километров от края континента.

Предлагаемый механизм отрыва коры можно назвать *субдукционно-конвективным*, делая акцент на развитии конвекции в верхней мантии, сопряженной с процессом субдукции.

Перейдем теперь к вопросам, связанным с закрытием океанов Ангаючам и Южно-Аньюского и процессами коллизии континентальных блоков Аляски и Чукотки с энзиматическими дугами, микроконтинентами (террейны Юкон-Танана, Руби) и Сибирской окраиной (Колымо-Омолонский супертеррейн). Как было отмечено выше, в ходе закрытия океана Ангаючам произошла кон-

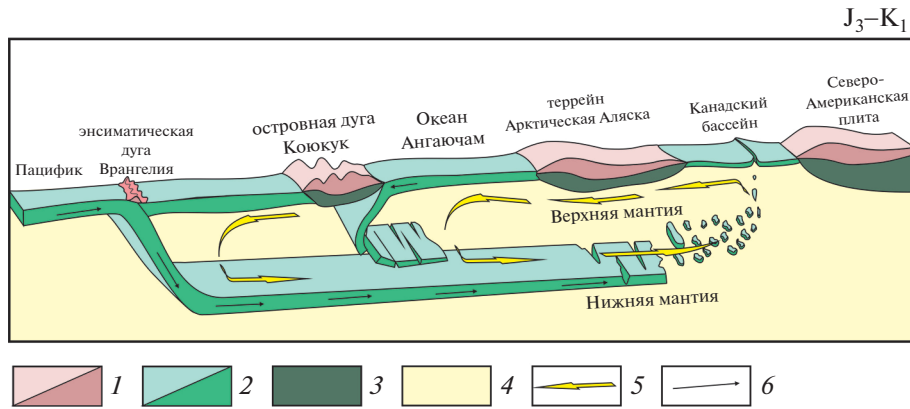


Рис. 5. Геодинамическая модель закрытия палеоокеана Ангаючам. 1 – континентальная кора; 2 – океаническая литосфера; 3 – подкоровая литосфера континента; 4 – мантия; 5 – направление конвективных течений мантии; 6 – направление движения океанической литосферы.

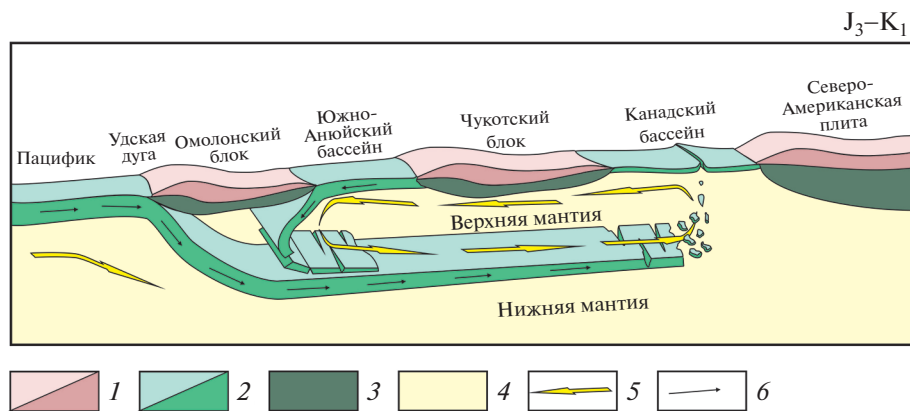


Рис. 6. Геодинамическая модель формирования структур арктической Чукотки. 1 – континентальная кора; 2 – океаническая литосфера; 3 – подкоровая литосфера континента; 4 – мантия; 5 – направление конвективных течений мантии; 6 – направление движения океанической литосферы.

вергенция пассивной окраины блока Аляска с энсиматической дугой Коюкук в раннем мелу (рис. 2, 3, 5). При этом субдукция, обеспечивающая закрытие океана Ангаючам, имела падение на юго-восток. В рамках рассматриваемой нами общей геодинамической модели крупномасштабная субдукция Тихоокеанской литосферы с падением на север, достигая низов верхней мантии, переходит в горизонтальный слой, текущий в сторону Канадской окраины, образуя устойчивый нижний ярус субдукционно-конвективной системы. Процесс закрытия палеоокеана Ангаючам (рис. 5), сопровождаемый коллизией блока Аляска с дугой Коюкук, развивается благодаря встречной субдукции литосферы с падением на юго-восток, происходящей на верхнем ярусе системы под действием возвратного течения верхнемантийного вещества.

Субдуцируемая плита верхнего яруса, достигая глубины, где доминирует устойчивое нижнее течение, поворачивает и вливается в этот поток. Таким образом, возникает двухъярусная система субдукции (рис. 5), которая разрешает основные вопросы и кажущиеся противоречия, связанные, в частности, со встречными направлениями вергентности внешней Тихоокеанской зоны субдукции, и зоны субдукции, расположенной внутри океана Ангаючам, при закрытии этого палеоокеана и коллизионными процессами. Аналогичным образом функционирует двухъярусная система субдукции при закрытии Южно-Анчовского океана и коллизии Чукотского блока с Сибирской окраиной (рис. 6), представленной Колымо-Омолонским блоком коры, для периода поздней юры-раннего мела.

В заключение хотелось бы отметить, что рассматриваемая базовая геодинамическая модель

имеет универсальный характер. Вначале она была использована для объяснения процессов растяжения, происшедших в Евразийском и Американо-Азиатском бассейнах Арктики в позднем мелу-кайнозое [12, 13], а в настоящей статье обобщенный вариант этой модели использовался для анализа более ранней стадии эволюции Американо-Азиатского бассейна для поздней юры-раннего мела.

По мнению авторов, эта модель может быть применима как для других субдукционно-коллизийных структур с учетом региональных особенностей, так и для иных временных интервалов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают искреннюю благодарность В.А. Верниковскому за ценные конструктивные замечания, которые позволили существенно улучшить содержание статьи и прояснить ряд положений, используемых в настоящей работе.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследования выполнены по грантам РФФИ № 20-17-00197 (тектонические модели Аляски и Чукотки), РФФИ № 18-05-70061, № 18-06-70012 и темам Государственного задания № 0128-2021-0004 и № 0135-2019-0078.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. The Geology of Alaska. Plafker G., Berg H.C. (eds). The Geology of North America, G-1. Geological Society of America, Boulder, CO. 1994. 1055 p.
2. Embry A.F. Geological and Geophysical Evidence in Support of the Hypothesis of Anticlockwise Rotation of Northern Alaska Marine // *Geology*. 1990. 93. С. 317–329.
3. Lawver L.A., Grantz A., Gahagan L. M. Plate Kinematic Evolution of the Present Arctic Region Since the Ordovician. In: Miller E.L., Grantz A., Klemperer S.L. (eds). Tectonic Evolution of the Bering Shelf-Chukchi Sea-Arctic Margin and Adjacent Landmasses. Geological Society of America, Boulder, CO, Special Papers, 2002. 360. P. 333–358.
4. Grantz A., Hart P.E., Childers V.A. Geology and Tectonic Development of the Amerasia and Canada Basins, Arctic Ocean. In: Spencer A.M., Embry A.F., Gautier D.L., Stoupakova A.V., Sørensen K. (eds). Arctic Petroleum Geology. Geological Society. London, Memoirs. 2011. V. 35. P. 771–799.
5. Nokleberg W.J., Parfenov L.M., Monger J.W.H., Norton I.O., Khanchuk A.I., Stone D.B., Scholl D.W., Fujita K. Phanerozoic Tectonic Evolution the Circum-North Pacific, U.S. Geological Survey, Open-File Report 98–754. 1998. 397 p.
6. Парфенов Л.М., Натанов Л.М., Соколов С.Д., Цуканов Н.В. Террейны и аккреционная тектоника Северо-Востока Азии // *Геотектоника*. 1993. № 1. С. 68–78.
7. Соколов С.Д., Тучкова М.И., Ганелин А.В., Бондаренко Г.Е., Лейер П. Тектоника Южно-Анхойской сuture (Северо-Восток Азии) // *Геотектоника*. 2015. № 1. С. 5–30. <https://doi.org/10.7868/S0016853X15010051>
8. Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натанов Л.М. Тектоника литосферных плит территории СССР, М.: Недра, 1990. Кн. 2. 334 с.
9. Натальин Б.А. Раннемезозойские эвгеосинклинальные системы в северной части Циркум-Пацифики. М.: Наука. 1984. 136 с
10. Шеховцов В.А., Готов С.П. Государственная геологическая карта РФ масштаба 1:200000. Серия Олойская. Лист Q-58-XI, XII. Объяснительная записка. Ред. С.Д. Соколов. Москва (Санкт-Петербург). 2001. 163 с.
11. Моисеев А.В., Маскаев М.В., Ульянов Д.К., Соколов С.Д., Беляцкий Б.В. Тектоническое положение и обстановки формирования вулканических пород Кульпольнейского комплекса и до аптских даек Южно-Анхойской сuture (Западная Чукотка) // Доклады РАН. 2021 (в печати).
12. Лаверов Н.П., Лобковский Л.И., Кононов М.В., Добрецов Н.Л., Верниковский В.А., Соколов С.Д., Шупилов Э.В. Геодинамическая модель тектонического развития Арктики в мезозое и кайнозое и проблема внешней границы континентального шельфа России // *Геотектоника*. 2013. № 1. С. 3–35. <https://doi.org/10.1134/S0016852113010044>
13. Лобковский Л.И., Шупилов Э.В., Кононов М.В. Геодинамическая модель верхнемантийной конвекции и преобразования литосферы Арктики в мезозое и кайнозое // *Физика Земли*. 2013. № 6. С. 20–38.
14. Zhao D. Global Tomographic Images of Mantle Plumes and Subducting Slabs: Insight into Deep Earth Dynamics // *Phys. Earth Planet. Int.* 2004. V. 146. № 1. P. 3–34. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pepi.2003.07.032>
15. Richter M., Nebel O., Maas R., Mather B., Nebel-Jacobsen Y., Capitano F., Dich H., Cawood P. An Early Cretaceous Subduction-modified Mantle Underneath the Ultraslow Spreading Gakkel Ridge, Arctic Ocean // *Science Advances*. 2020. 6: eabb4340 <https://doi.org/10.1126/sciadv.abb4340>
16. Лобковский Л.И., Рамазанов М.М. Исследование конвекции в верхней мантии, термомеханические приложения для Арктики и Северо-Восточной Азии. Известия РАН. Механика жидкости и газа. 2021. № 3. С. 139–150.

TWO-LEVEL SUBDUCTION IN THE UPPER MANTLE AS A MECHANISM FOR THE EVOLUTION OF THE EASTERN ARCTIC LITHOSPHERE FOR THE LATE JURASSIC-EARLY CRETACEOUS

Academician of the RAS **L. I. Lobkovskiy^{a, b, #}**, Corresponding Member of the RAS **S. D. Sokolov^{c, ##}**,
N. O. Sorokhtin^a, and **M. V. Kononov^a**

^a *Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*

^b *Moscow Physico-Technical Institute, Dolgoprudny, Russian Federation*

^c *Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*

[#] *E-mail llobkovsky@ocean.ru*

^{##} *E-mail ssokolov43@mail.ru*

The paper discusses the popular rotational hypothesis of the formation and evolution of the main structures of the Eastern Arctic lithosphere during the Late Jurassic-Early Cretaceous period, in particular, the emergence of the Canadian Basin, the closure of the Angayucham and South Anyu paleoceans, and the formation of collision structures during the movement of the Alaska and Chukotka blocks. The difficulties of this hypothesis, as well as other kinematic schemes of the evolution of the Arctic lithosphere, are pointed out, and it is concluded that it is impossible to make an adequate choice in favor of any model of evolution within the framework of a purely kinematic approach. A generalization of the previously developed basic geodynamic model of Arctic evolution for the Late Cretaceous and Cenozoic to the earlier period of evolution of the Amerasian basin in the Late Jurassic - Early Cretaceous is proposed. The main element of the generalization is the consideration of a two-level model of subduction in the upper mantle, which allows us to explain the main structures and features of the evolution of the Amerasian basin of the Arctic in the Late Jurassic-Early Cretaceous.

Keywords: tectonics, geodynamics, subduction, Eastern Arctic, Chukotka, Alaska