

УДК 551.24.242.2

ПОЗДНЕМЕЛОВАЯ-ПАЛЕОГЕНОВАЯ ТРАНСФОРМНАЯ ЗОНА МЕЖДУ ЛИТОСФЕРНЫМИ ПЛИТАМИ ЕВРАЗИИ И СЕВЕРНОЙ АМЕРИКИ

© 2015 г. В. Д. Чехович¹, Л. И. Лобковский², М. В. Кононов², О. Г. Шерemet¹

¹Геологический институт РАН, 119017, Москва, Пыжевский пер., д. 7
e-mail: vadim@ilran.ru

²Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, 117997, Нахимовский пр., д. 36
Поступила в редакцию 10.03.2015 г.

В пределах акваторий Чукотского моря и Амеразийского бассейна Арктического океана проведены исследования, основанные на вычислении аномалий D -функции (метод совместного анализа гравитационных и магнитных данных). Результатом этих исследований стало выявление протяженных разрывных нарушений, затрагивающих по данным расчетов положения верхних и нижних кромок возмущающих масс, как земную кору, так и верхнюю мантию. Показано, что эти разломы являются правыми сдвигами, продолжающимися позднемеловые–палеогеновые структуры подобного же рода в земной коре Берингова моря, что дает основание рассматривать эшелонированную сдвиговую систему Берингова и Чукотского морей и Амеразийского бассейна в качестве реликта позднемеловой–палеогеновой трансформной зоны между литосферными плитами Евразии и Северной Америки.

Ключевые слова: Восточная Арктика, Амеразийский бассейн, Берингово море, расчет аномалий D -функции, тектоника, палеогеодинамические реконструкции

DOI: 10.7868/S0016853X15050033

ВВЕДЕНИЕ

Проблема географического положения границы между литосферными плитами Северной Америки и Евразии выявилась практически с первых лет развития парадигмы новой глобальной тектоники. С самого начала она касалась современных границ плит, фиксируемых по проявлениям сейсмичности. Так, на одной из первых схем деления Земли на литосферные плиты область северо-востока Евразии и Аляски, где могла проходить эта граница, оставалась белым пятном [59]. Впервые эта граница была намечена в работе Дж. Дьюи и Дж. Бёрда [29] и трассировалась от сочленения Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг через Камчатский перешеек в сторону устья р. Лены. Последовательное наращивание материалов по сейсмичности (1971–1980 гг.) позволили определить положение зон рассеянной сейсмичности – Магаданскую (от Камчатского перешейка) и хребта Черского с выходом к шельфу в направлении юго-западного окончания хребта Гаккеля [7]. До формирования современной малой литосферной плиты Берингия [13] это и определяло положение позднемеловой–палеогеновой границы между плитами Евразии и Северной Америки, когда значительная северо-восточная часть Евразии входила в состав Северо-Американской плиты. Традиционно стало считаться, что эта граница возникла в конце

позднего мела после основных тектонических событий раннего и среднего мела, затронувших крайний северо-восток Азиатского континента и Аляску [17, 19, 28, 36, 51, 69].

В современной структуре континентальная кора северо-востока Евразийского и Северо-Американского (Аляска) континентов смыкаются как в области шельфа Берингова моря на юге, так и шельфа Чукотского моря на севере. При реконструкциях на поздний мел и палеоген для этих шельфовых областей вставал вопрос о существовании границы между Северной Америкой и Евразией [2, 34, 37, 40, 63, 66, 71, 76]. К такому выводу приводили, с одной стороны, геологические данные по Чукотскому морю, Берингову проливу и северной Аляске, а также данные расчетов векторов и скоростей перемещения Северной Америки и Евразии с конца позднего мела (рис. 1). Общая оценка геологической ситуации показывала, что возможное положение этой границы между названными плитами, скорее всего, следовало искать в земной коре Берингова и Чукотского морей. В акватории Берингова моря такая работа была проделана [22]. Было установлено, что в пределах как Алеутской океанической котловины, так и в шельфовой области Берингова моря существует несколько протяженных разрывных нарушений, затрагивающих не только земную кору, но и верхнюю мантию. Было показано, что ки-

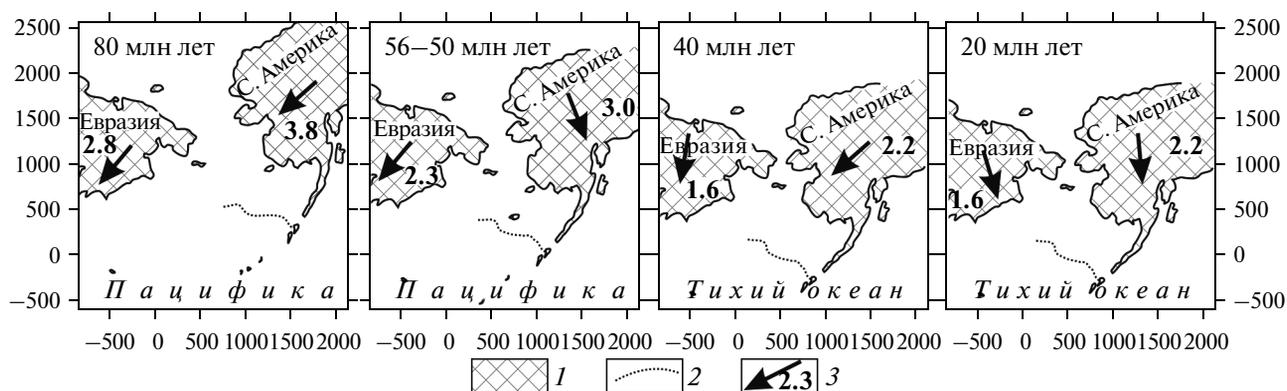


Рис. 1. Направления и скорости перемещения Евразии и Северной Америки на 80, 56–52, 40 и 20 млн лет, по [22, 23]
1 – континенты; 2 – акватории и граница шельфа; 3 – рассчитанные направления и скорости перемещения континентов в см/год

немастика этих разрывов соответствует правосторонним сдвигам. Рассчитанные палеогеодинамические реконструкции положения Северной Америки относительно “неподвижной” Евразии на 80, 52–50, 50–47 и 15–20 млн лет позволили показать, что выявленные эшелонированные разломы (сдвиги), вероятно, представляют собой реликты поздне меловой–палеогеновой трансформной зоны между плитами Евразии и Север-

ной Америки. Однако упомянутые сдвиги были прослежены лишь до Берингова пролива, севернее которого в области Чукотского моря наши исследования не проводились. Сходное направление со сдвиговой зоной в Беринговом море имеет “трансформная зона” [25], выделяемая в Чукотском море и Канадской океанической котловине, однако, она является более ранней по возрасту (рис. 2). Таким образом, возможное обнаружение сохранившихся следов сдвиговых зон поздне мелового–палеогенового возраста в Чукотском море и Американо-Канадском бассейне, которые можно было бы рассматривать, как продолжение сдвигов такого же возраста Берингова моря, полностью подтвердило бы существование в позднем мелу и палеогене трансформной зоны между плитами Евразии и Северной Америки.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Возможности метода совместного анализа гравитационных и магнитных данных – аномалий D -функции, вытекают из свойства трансформанты и аналитических, а также численных расчетов, выполненных на моделях реальных геологических сред [16, 24]. Принципиальные основы этой методики описаны в нашей работе [22], в которой показано, что линейное расположение аномалий D -функции отвечает разломам в земной коре. Следует отметить, что точность положения вычисленных аномалий на соответствующих профилях отвечает масштабу 1 : 300000 [64, 65]. Некоторые другие аспекты, относящиеся к методике исследований, как, например, однотипность реальных кривых гравитационных и магнитных аномалий, определяющих положение аномалий D -функции в пространстве, а также сходство вычисленных аномалий D -функции на ряде смежных профилей позволяют говорить о сходстве возмущающих масс и убеждают в правомерности

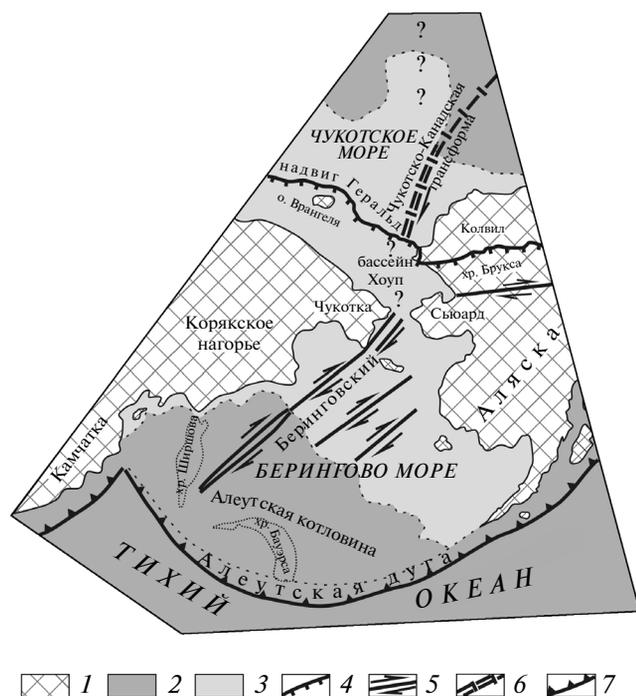


Рис. 2. Схема исходных данных по сдвиговым системам Берингова и Чукотского морей

1 – Азиатский и Северо-Американский (Аляска) континенты; 2 – Тихий океан и глубоководные котловины; 3 – шельфовые области; 4 – надвиги; 5 – сдвиги; 6 – Чукотско-Канадская трансформна по [25]; 7 – Алеутская и Курило-Камчатская трансформации

соединения точек, отмечающих положение аномалий.

Основные расчеты выполнены в пределах двух участков по субширотным профилям с шагом 50 км (положение профилей показано на рис. 7). Первый участок охватывает акваторию Чукотского моря с границами от 180° на западе до 155° з.д. на востоке. Профиль 2 пересекает северную часть Берингова пролива около 65° с.ш., а профиль 23 располагается вблизи 74° с.ш. Такое субширотное расположение профилей на первом участке, также как и на втором, обеспечило обнаружение аномалий *D*-функции, связанных с разломами субмеридионального направления. Вторым участком охватывается южную часть Американо-Чукотского бассейна и был выбран после получения результатов по первому участку [23]. Расчетные профили субширотного направления (24–37) пересекают морфологическую структуру, выступающую за пределы края шельфа Чукотского моря, известную как Чукотский выступ (“бордерленд”), природа которого многими исследователями трактуется как чужеродная, а также Чукотскую впадину и южную часть хребта Менделеева. Северной границей расчетных профилей является 81° с.ш., севернее которой магнитные данные не могут быть корректно использованы.

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ГЕОЛОГИИ ЧУКОТСКОГО МОРЯ, АМЕРИКАНО-ЧУКОТСКОГО БАСЕЙНА И КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ОКРАИН

При необходимой общей характеристике геологического строения области исследований необходимо упомянуть о соотношениях Чукотки и полуострова Сьюард, разделенных всего 50 километрами Берингова пролива. В работе [22] было показано, что структура полуострова Сьюард в конце позднего мела не принадлежала Аляске, а, более вероятно, вместе с восточной Чукоткой входила в систему фрагментов древнего континента Арктида, переработанных более поздними движениями и процессами. Полуостров Сьюард лишь в палеогене причленился к Аляске [12, 22]. Северо-восточная Чукотка и сам Чукотский полуостров еще недостаточно изучены, также как окаймляющий их шельф, в связи с чем, пока не вырисовывается никаких связей между структурами суши и шельфа западной части Чукотского моря, кроме той, что фундаментом этого шельфа являются структуры северной Чукотки. Структуры полуострова Сьюард и смежного с востока террейна Куйюк отделились от расположенного на севере орогенного сооружения хребта Брукса крупным сдвигом Кобук, который имеет длительную историю формирования. Непосредственно севернее Берингова пролива в акватории располагается ориентированный в широтном направ-

лении и выклинивающийся к западу бассейн Коцебу, выполненный палеогеновыми отложениями небольшой мощности (до 2000 м). Его северным ограничением является свод Коцебу также широтный, который по зоне разломов шириной 5–7 км граничит с кайнозойским бассейном Хоуп. Некоторые исследователи считают, что эта зона разломов связана со сдвиговыми движениями, которые могли быть обусловлены продолжавшейся в кайнозое активностью сдвига Кобук [44, 71]. Структуры бассейна Хоуп имеют северо-западную ориентировку, а в западных частях бассейна они становятся север–северо-западными [70]. Максимальные мощности осадков достигаются в отдельных грабенах, но не превышают 5800 м. Вероятно бассейн Хоуп наследует какую-то более древнюю структуру, поскольку акустический фундамент располагается на глубине порядка 12 км [50]. Северной границей бассейна является сложная структура поднятия (свода) Геральд. Северо-восточная часть поднятия Геральд ограничена надвигом с амплитудой порядка 15 км, которому нижнепалеозойские (?) осадочные породы вместе с нижнемеловыми отложениями надвинуты на верхнемеловые толщи [42, 43]. По данным сейсмопрофилирования считается, что главный срыв надвига (detachment) располагается южнее в фундаменте упомянутого бассейна Хоуп на глубине 60 км [59].

Главными структурами Арктической Аляски являются юрско-среднемеловой ороген хребта Брукса и верхнемеловой бассейн Колвилл, заполненный терригенными отложениями [18, 20, 30]. Поверхностным продолжением структур хребта Брукса на западе является ориентированная почти под прямым углом к нему надвиговая зона холмов Лисберн [36, 59]. Исследование глубинного строения Аляски по проекту Транс-Аляскинского пересечения (Trans-Alaska Crustal Transect (ТАСТ)), начавшееся в 1995 году, завершилось в 2007 году [36]. Важные результаты получены при морских сейсмических исследованиях по профилю через шельф Берингова и Чукотского морей [50]. Наземные сейсмические исследования показали, что супракрустальные срывы (detachment) во фронтальной зоне складчато-надвигового пояса хребта Брукса сопровождаются внутрикоровыми и нижнекоровыми срывами во внутренней зоне со срывом основания (basal detachment), располагающимся несколько выше поверхности Мохо. Согласно интерпретации сейсмических данных, Северо-Аляскинская плита расщепляется в области нижней коры и мантии относительно более жестким индентором плиты Северного Склона. Сейсмические отражения в нижней коре и мантии показывают, что две мантии с различными сейсмическими скоростями перекрывают друг друга, формируя образ континентальной субдукции, сходный с установлен-

ным в Альпах [62, 67, 75]. В связи с этим мощность земной коры хребта Брукса составляет 50 км, тогда как в более южных районах континентальной Аляски она не превышает 35 км [57]. Однако по направлению на запад высоты хребта Брукса снижаются и уменьшаются мощности земной коры [59]. Холмы Лисберн одноименного полуострова северной Аляски также сложены пакетом тектонических пластин с типичными дуплекс-структурами. Однако этот ансамбль характеризуется восточной вергентностью структур. К западу, на шельфе Чукотского моря сейсмическими исследованиями установлено существование поднятия Геральда [56, 67, 73]. Поднятие Геральда, также как сопровождающий его на севере одноименный надвиг, сформированы в позднемеловое—палеоценовое время [68, 73]. Мощность земной коры поднятия Геральда (32 км) и ее строение не позволяют проводить четких аналогий со строением коры хребта Брукса. Однако существование глубинного (60 км) срыва, о котором говорилось выше, может свидетельствовать о принципиально сходном процессе формирования этих структур, хотя и разделенных во времени. Поскольку в районе Берингова пролива отмечены многочисленные свидетельства разновозрастных этапов растяжения земной коры [34, 63, 71] возможность проявления аналогичного процесса в районе поднятия Геральда, результатом которого было уменьшение мощности коры, кажется вероятной. Это объяснение, вполне вероятно, может быть применено также и к изменению простирания надвига поднятия Геральда на шельфе и тем более к еще более резкому развороту надвиговых структур полуострова Лисберн относительно надвига хребта Брукса. Расстояние между входящим на юг в акваторию Чукотского моря надвигом Лисберн и также скрывающимся под морскими водами надвигом хребта Брукса составляет менее 50 км. Это сочетание формирует резкий поворот складчатого сооружения — так называемый Чукотский синтаксис [59]. Поскольку время непосредственного образования надвигов полуострова Лисберн совпадает с формированием надвига хребта Брукса (поздний неоком—ранний апт), разворот структур полуострова неизбежно произошел позже — в позднемеловую—палеогеновую эпоху. Вполне резонно связывать как процессы растяжения, так и поворот структур, со сдвигами, существование которых, как будет показано ниже, подтверждается линейным расположением аномалий *D*-функции.

На шельфе Чукотского моря в районе непосредственной близости восточного отрезка поднятия Геральда к полуострову Лисберн и западнее девонско-верхнеюрского прогиба Ханна, располагается область субмеридиональных разрывов шириной порядка 100 км [67]. Эта сеть разрывов отвечает южной части Чукотско-Канадской

трансформы [25]. Кроме этого, в этой же зоне, захватывая северную часть поднятия Геральд, установлена протяженная (250 км), меридионально ориентированная полоса интенсивной положительной магнитной аномалии шириной 35—40 км, которая интерпретируется как присутствие в акустическом фундаменте магматических пород [67].

Примерно в 100 км севернее западной части надвига Геральд располагается Северо-Чукотский осадочный бассейн [4, 68, 73]. Северо-Чукотский осадочный бассейн протягивается в субширотном направлении на 600 км при средней ширине порядка 150 км. На сейсмических профилях акустический фундамент уверенно устанавливается на глубине 18 км и предположительно до 20 км [56]. Прогиб асимметричен в поперечном сечении: его южное крыло более крутое по сравнению с северным крылом. Осевая зона и северное крыло прогиба осложнены поперечным поднятием вдоль меридиана 170° з.д. Поднятие устанавливается по подошве баррем-альбских и более древних отложений. По подошве верхнемеловых отложений оно почти не проявляется. По данным [56] перегиб на южном борту прогиба выражен слабо, что не соответствует данным по сейсмическому профилю [73]. Для уточнения этого вопроса нами просчитан ряд профилей с определением аномалий *D*-функции в крест основного простирания бассейна и сделаны такие же расчеты по опубликованному сейсмическому профилю [73]. Было установлено, что аномалии *D*-функции, фиксирующие две зоны сближенных разломов, четко прослеживаются вдоль всего южного борта Северо-Чукотского бассейна (рис. 3). По направлению опубликованного сейсмического профиля [73] нами был сделан расчет аномалий *D*-функции, который показал, что рассчитанные аномалии располагаются над проекциями разломов, отмечающих резкий перегиб на южном борту бассейна (рис. 4). Восточное центриклинальное замыкание этого бассейна, характеризуется не только существенно меньшей мощностью слагающих его отложений, но и отгорожено от основного бассейна перемычкой [56]. К южному борту центральной части Северо-Чукотского бассейна по данным [4, 56] подходит субмеридиональный трог шириной до 100 км. Он выполнен отложениями нижнего карбона и более молодыми, аналогичными заполнению трога Ханна. Оба трога разделяются поднятием, расположенным непосредственно севернее надвига Геральда. Ширина этого поднятия порядка 200 км. В его пределах отсутствуют отложения, начиная от нижнего карбона вплоть до верхнего мела.

Северным ограничением Северо-Чукотского прогиба является валообразное Северо-Чукотское поднятие протяженностью в запад—северо-западном направлении более 500 км при ширине 50—75 км. В Северо-Чукотском поднятии мощ-

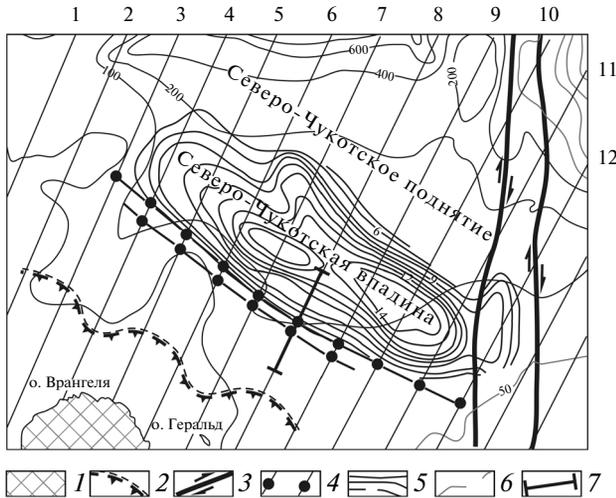


Рис. 3. Схема положения аномалий *D*-функции по рассчитанным профилям, пересекающим Северо-Чукотский бассейн
 1 – остров Врангеля; 2 – надвиг Врангеля–Геральда; 3 – транслитосферные сдвиги по анализу положения аномалий *D*-функции; 4 – рассчитанные профили и положение на них аномалий *D*-функции; 5 – изопахиты в пределах Северо-Чукотского бассейна; 6 – батиметрия; 7 – положение участка сейсмического профиля по [73], показанного на рис. 4

ность осадочного чехла может достигать 6–7 км. К юго-востоку, в пределах Аляскинской части шельфа Чукотского моря, установлено еще одно поднятие – свод Барроу, в котором доаптские отложения отсутствуют, а более молодые отложения несогласно перекрывают ордовикско-силурийский складчатый комплекс. В северо-западной краевой части свода Барроу на поверхность дна непосредственно выходят образования ордовикско-силурийского комплекса [43, 44].

Чукотский “бордерленд” или Чукотский выступ непосредственно примыкает к шельфу Чукотского моря. В тексте сохранен термин “бордерленд”, т.е. выступ континентального шельфа, хотя, как будет показано ниже, он таковым не считается [41, 45, 49] и, по сути дела, не является. Его морфологическое строение определяется двумя меридионально ориентированными положительными структурами – хребтом Нордвинд на востоке и собственно Чукотскими поднятием и плато на западе. Протяженность этих структур порядка 600 км и они разделены достаточно сложно построенным бассейном Нордвинд такой же протяженности. Хребет Нордвинд на востоке круто обрывается в сторону Канадской океанической котловины, а Чукотское поднятие на западе переходит в неширокую Чукотскую впадину, от-

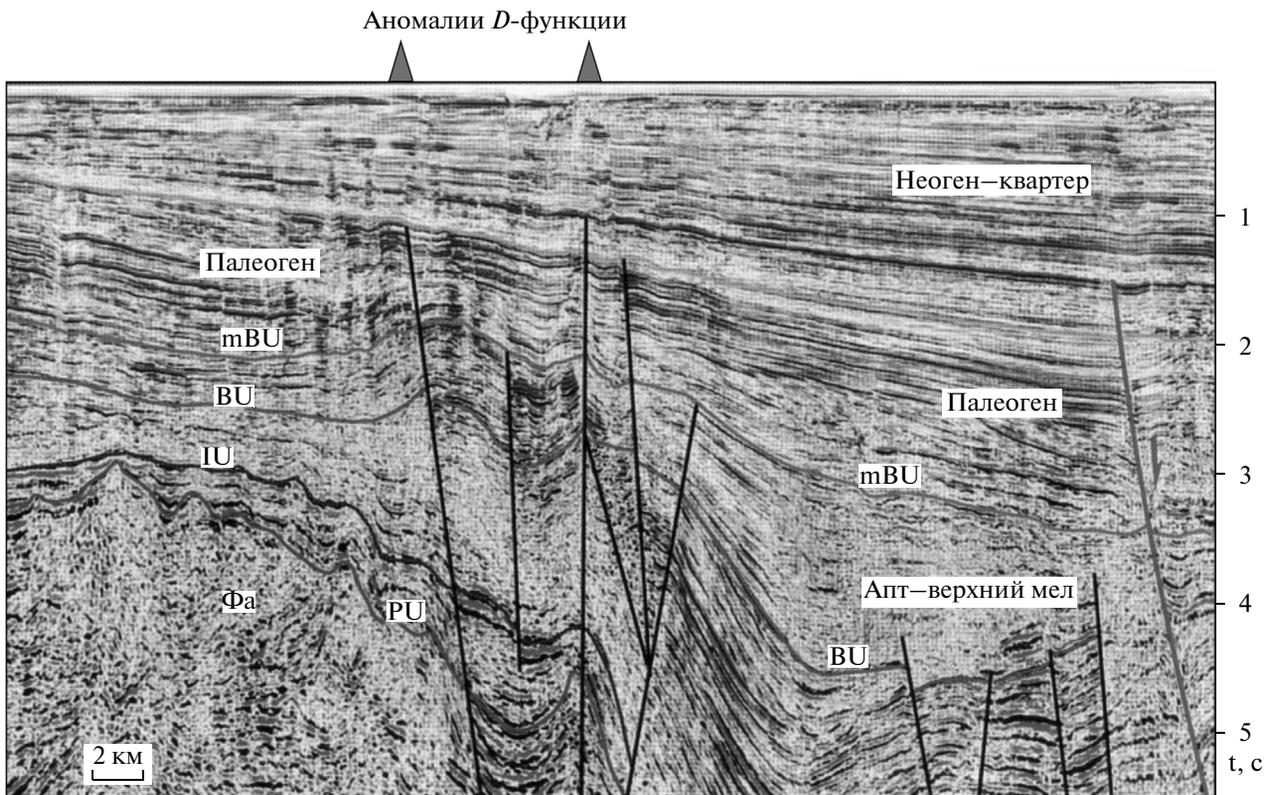


Рис. 4. Сегмент сейсмического профиля через южный склон Северо-Чукотского бассейна с элементами интерпретации по [73]. Треугольниками показано положение аномалий *D*-функции

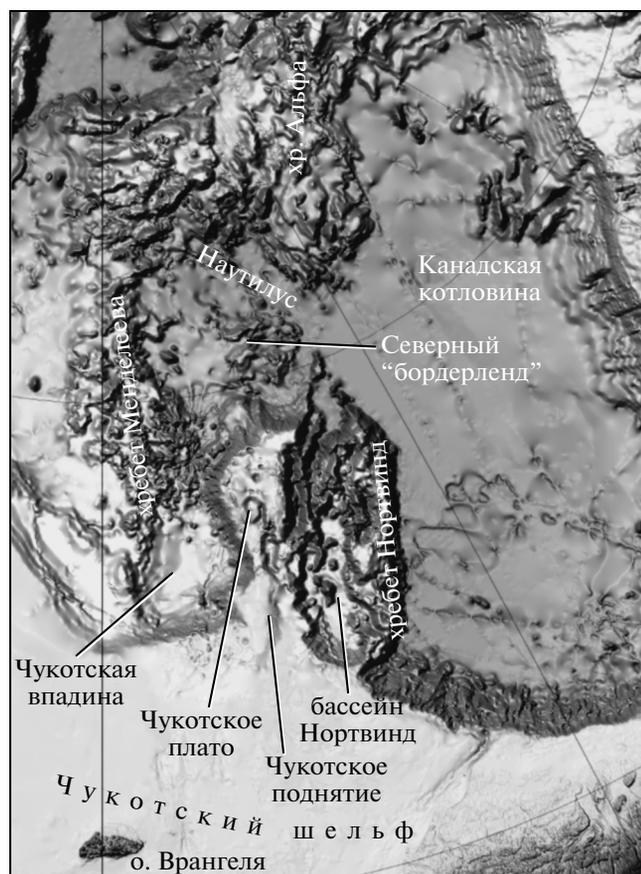


Рис. 5. Рельеф дна Амеразийского бассейна (выполнено А.В. Ландером на основе файла Google Earth). Масштаб 1 : 10000000

деляющую Чукотское поднятие от хребта Менделеева (рис. 5). Континентальная природа хребта Нордвинд достаточно определена [41], что хорошо согласуется с данными гравиметрической карты и расчетами [46]. Однако в некоторых грабенах в бассейне Нордвинд утонение коры, вероятно, было существенным. Восточный фланг хребта Нордвинд возвышается над ложем смежной с востока Канадской котловины на 3500 м, а вершинная его поверхность находится под морскими водами на глубинах 500–1200 м. Пробы, поднятые с юго-восточной части хр. Нордвинд [41], обнаружили кембро-ордовикские и верхнемиссисипские–пермские мелководные карбонаты. Подчеркивается литологическое сходство палеозойских пород хр. Нордвинд и одновозрастных отложений Канадского Арктического архипелага. Триасовые алевролиты, песчаники и аркозовые турбидиты содержат фауну раннего–позднего триаса и по литологии также сходны с триасовыми отложениями Канадского Арктического архипелага. Юрские породы в хр. Нордвинд представлены пелитами и рассматриваются как грабеновые фации начала рифтогенного этапа образования Канадского бассейна. В хр. Норд-

винд установлены также апт-альбские и сеноман-туронские породы [41]. На уровне раннего эоцена регистрируется пик подъема горста Нордвинд. Более молодые кайнозойские отложения представлены турбидитами и алевролитами миоцена–раннего плиоцена, образующими своеобразный осадочный чехол, мощность которого колеблется от 0.25 до 2.5 км. Считается, что строение Чукотского поднятия и плато полностью аналогично строению хребта Нордвинд, который по своему строению интерпретируется как внешняя часть шельфа, отколотого от Канадского Арктического архипелага. В этом случае при ширине Чукотского поднятия порядка 200 км необходимо предположить существенное наращивание этой части шельфа. Отметим также, что мощность земной коры Чукотского поднятия и плато по данным спутниковой гравиметрической съемки, по меньшей мере, на 5–7 км превышает мощность земной коры хребта Нордвинд [64].

Последние сейсмические работы в пределах западной части Чукотского плато и Чукотской впадины показали идентичность выявленных отражающих сейсмических границ. Нижняя граница, интерпретируемая как поверхность нижнелового несогласия, устанавливается только в осадочном чехле Чукотской впадины, где подстилающая ее толща залегает на размытой поверхности акустического фундамента. Эта толща выклинивается на склонах Чукотского бордерленда на востоке и склонах хребта Менделеева на западе [47]. В пределах Чукотского поднятия и Чукотского плато на всей площади выявлены только отражающие границы верхнего олигоцена и верхнего миоцена, а палеоценовая граница прослеживается лишь во впадинах акустического фундамента. Чукотское поднятие сочленяется с областью шельфа Чукотского моря по субвертикальным разломам, которые рассекают только границу акустического фундамента и не затрагивают располагающиеся выше границы. Влияние выноса осадочного материала с шельфа отчетливо заметно только для плиоцен-четвертичных отложений. Сравнение сейсмических разрезов Чукотской впадины и Чукотского плато показывает, что на последнем либо отсутствовали меловые отложения, либо они были размыты в конце мела–начале палеоцена. Сопоставляя морфологическое строение шельфа Чукотского моря и Чукотского “бордерленда” отчетливо видно, что выраженные морфологические структуры “бордерленда” не имеют никаких продолжений на шельфе. Строго меридиональные структуры “бордерленда” – хребет Нордвинд, бассейн Нордвинд с серией меридиональных грабенов, Чукотский грабен вдоль восточного края Чукотского плато и “рифтовая” структура, рассекающая Чукотское поднятие и Чукотское плато не имеют ничего общего с широтно-северо-запад-

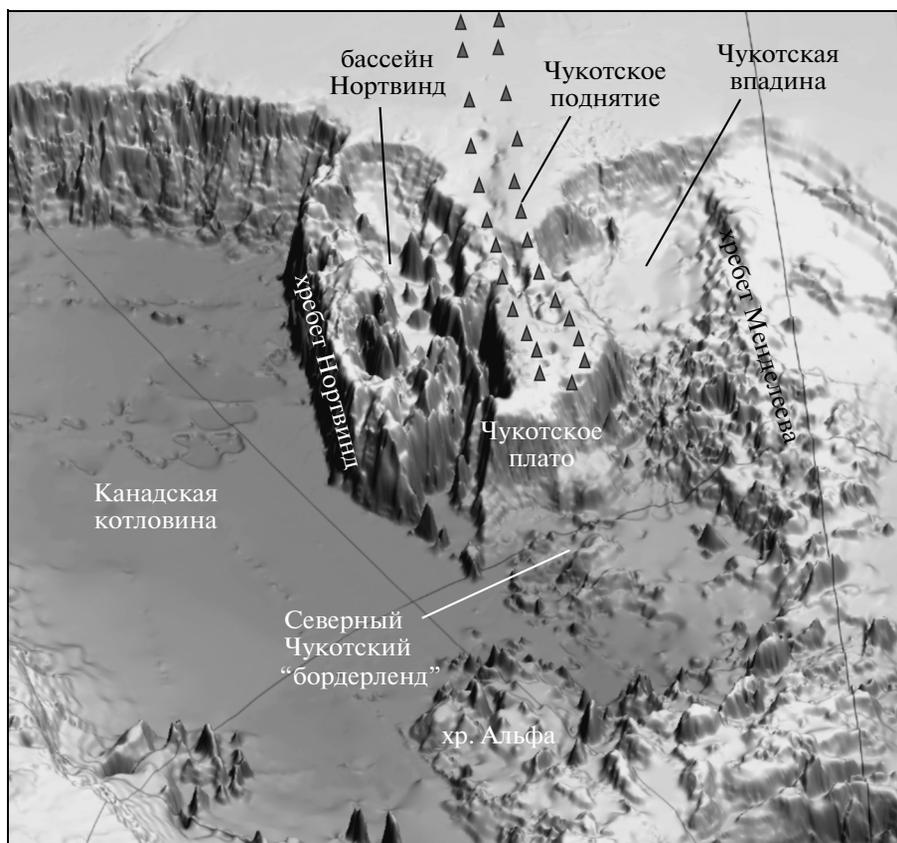


Рис. 6. Перспективный вид с севера на топографию дна Амеразийского бассейна (подготовлено А.В. Ландером на основе файла Google Earth). Приблизительный масштаб 1 : 10000000. Мелкими треугольниками показано приблизительное положение аномалий D -функции

ными главными структурами шельфа (Северо-Чукотский бассейн, надвиг Врангеля–Геральда, свод Барроу). Все это подчеркивает чужеродность Чукотского “бордерленда” по отношению к Чукотско-Аляскинскому шельфу.

Чукотский “бордерленд” на севере постепенно снижается к бассейну Наутилус (или впадине Менделеева). Эта область именуется Северным бордерлендом [50] и весьма важна для интерпретации геодинамического развития Амеразийского бассейна (рис. 6). У восточной границы Северного бордерленда с бассейном Наутилус драгированы базальты несомненно континентального происхождения [57]. Дно бассейна Наутилус характеризуется заметным рельефом, как бы продолжающим по направлению морфологию Северного бордерленда в сторону южно-центральной части хребта Альфа. Результаты драгирования сбросового уступа в бассейне Наутилус на глубине 3622 м, вблизи склонов хребта Альфа выявило наличие туфогенных пород с градиентной слоистостью, исследование которых привело к заключению, что эти породы формировались на глубинах порядка 200 м в результате туфовых и пемзовых выбросов [27]. К. Брюмлей провел тщательный анализ всех структурных дан-

ных по морфологическим единицам Чукотского “бордерленда” и пришел к выводу, что все части этого сооружения формировались в результате меридионального растяжения, и любые варианты воздействия процессов сжатия исключены [49]. Кроме этого, доказывается, что все структуры Чукотского “бордерленда” отражают единый однонаправленный процесс растяжения, а не наложение нескольких различных этапов [49].

К западу от Чукотского выступа в Амеразийском бассейне располагается поднятие Менделеева, морфологическое продолжение которого к северу носит название хребта Альфа. В зарубежной литературе часто эти структуры называют хребтом Альфа-Менделеева. Относительно происхождения хребта существуют различные мнения. В работе Л.П. Зоненшайна и Л.М. Натапова поднятие Менделеева рассматривается как островодужная структура [6]. После комплексных работ по геотраверсу “Арктика-2000” его идентифицируют как фрагмент континентальной коры [54]. Установлено, что мощность коры этого поднятия достигает 32 км. Поднятые донные пробы осадочных пород принадлежат шельфовым комплексам палеозоя [1, 8]. Однако по данным сейсмопрофилирования в верхней части разреза вы-

ше акустического фундамента, отчетливо прослеживаются лишь три отражающих границы. Нижняя граница относится к основанию палеоцена и присутствует только во впадинах рельефа акустического фундамента, и только эта граница нарушается разломами. Располагающиеся выше границы фиксируют верхи олигоцена и верхи миоцена. Эти границы не затронуты разломами [27, 47]. Отсутствие на сейсмограммах хорошо различаемого в других районах отражающего горизонта нижнемелового несогласия, свидетельствует о существенно более позднем завершении развития хребта Менделеева, нежели раскрытие Канадской котловины [27].

Существуют различные мнения относительно единства или различий структур поднятия Менделеева и хребта Альфа, однако, батиметрические, сейсмические, гравиметрические, изостатические и структурные данные не дают оснований считать, что речь идет о совершенно различных структурах [44, 47]. Вероятность существования на хребте Альфа лавового плато внутриплитного типа предполагалось рядом исследователей [3, 6, 19]. В работе [4] считается, что весь хребет Альфа-Менделеева представляет собой внутриплитное океаническое плато, развивавшееся в период 127–89–75 млн лет. Действительно, из акустического фундамента хребта Альфа драгированы фреатические изверженные породы (глубины формирования до 200 м), которые по составу, вероятно, являются внутриплитными. При этом эти породы должны быть древнее кампана, поскольку отложения такого возраста их перекрывают [57, 74]. Данные о мелководности формирования изверженных пород дают основание полагать, что в докампанское время Амеразийский бассейн еще не был сформирован на всей площади его современного распространения. Рельеф хребта Альфа-Менделеева не имеет ничего общего ни с рельефом подводных хребтов, сформированных за счет горячей точки, ни с ровными поверхностями океанических вулканических плато (Манихики, Онтонг-Джава, Кергелен), что можно без труда проверить на файле Google Earth. Как указывается в работе [49] наибольшее сходство по общему виду и особенностям рельефа хребет Альфа-Менделеева имеет с сильно утоненной и интродуцированной корой континентальных рифтов, часто отмечаемой вдоль краев окраинных бассейнов типа Южно-Китайского моря. Следует упомянуть также, что с возвышенности Остензо хребта Альфа донными трубками подняты пестроокрашенные породы, которые, возможно, аналогичны породам коры выветривания на кристаллических породах фундамента, отмеченные в основании шельфового осадочного чехла на хребте Менделеева [8]. Учитывая убедительные свидетельства континентальной природы хребта Менделеева [54], при рассмотрении хребтов Альфа и

Менделеева как единой структуры, существование континентальной коры, подвергнутой воздействию Арктического плюма в хребте Альфа, представляется вполне вероятным [74].

ПОЛОЖЕНИЕ АНОМАЛИЙ *D*-ФУНКЦИИ НА ЧУКОТСКО-АЛЯСКИНСКОМ ШЕЛЬФЕ И ЧУКОТСКОМ ВЫСТУПЕ АМЕРАЗИЙСКОГО БАССЕЙНА

От северной части Берингова пролива через акваторию Чукотского моря был проведен расчет аномалий *D*-функции по двадцати трем профилям ЗСЗ направления с шагом 50 км. Такое положение сетки профилей имело наибольшую вероятность пересечь и зафиксировать аномалии *D*-функции, связанные с предполагаемыми разломами в земной коре и верхней мантии, которые имеют меридиональную ориентировку (рис. 7). На первом участке на всех профилях (№ 3–23), отмечены аномалии *D*-функции. Корреляция полученных данных по профилям показывает, что на каждом из них имеются аномалии. Часть выявленных аномалий по всем профилям располагается по четырем линиям субмеридионального направления протяженностью от 240 км (западная линия) до 700–850 километров (восточные линии). Максимальные значения аномалий *D*-функции, особенно линейно располагающиеся, обычно отражают существование разломов в коре и верхах мантии. Есть основание полагать, что аномалии на шельфе Чукотского моря, выстраивающиеся в столь протяженные линии, фиксируют тектонические нарушения в земной коре под осадочным чехлом, поскольку прежние сейсмические исследования не обнаруживают разломы подобного направления выше акустического фундамента. Сопоставление гравитационных и магнитных данных показывает, что эти нарушения имеют падение близкое к вертикальным. Глубина кромок возмущающих масс для данных аномалий в континентальной коре, определена на профилях (5–11), что соответствует аномалиям на рис. 7. Положения верхних кромок оценивается в интервале 10–17 км (нижняя часть осадочного чехла и верхняя кора), а интервалы нижних кромок на разных профилях показывают значения 22–34, 48–77, 93–103 км (нижняя кора и верхняя мантия). Таким образом, ясно, что эти нарушения не вызваны какими-либо феноменами в перекрывающих комплексах чехла выше сейсмически прослеживаемого горизонта нижнемелового несогласия. Рис. 7 демонстрирует также, что на рассчитанных профилях обнаруживаются единичные аномалии *D*-функции, которые не связаны с линейными системами аномалий. Вероятно, эти аномалии вызваны иными явлениями и в контексте данной работы мы оставляем их без интерпретации.

Восточная зона в единой линии аномалий начинается от западной оконечности полуострова Сьюард, продолжаясь через свод Коцебу в восточную часть бассейна Хоуп, в частности, совпадая с районом Чукотского синтаксиса. Далее к северу аномалии отмечаются на полуострове Лисберн вблизи основного меридионального надвига и в акватории, вблизи мыса Лисберн. Еще далее к северу положение аномалий совмещается с меридионально ориентированной зоной магнитных аномалий в акустическом фундаменте, фиксируемой вдоль западного борта трога Ханна [10] и еще далее на север вдоль 165° в.д. практически приближаясь к 75° с.ш. Вторая зона линейно ориентированных аномалий *D*-функции выявлена западнее первой почти параллельно ей, с расстояниями между ними в бассейне Хоуп 130–110 км, а севернее надвига Геральд – 80–60 км. Положение этой зоны аномалий севернее надвига Геральд практически совпадает с центральной частью области меридионально ориентированных разрывов, которая интерпретируется как Чукотско-Канадская трансформа [25]. Однако к северу эта зона продолжается почти строго на север, а не разворачивается к Канадской океанической котловине. Этот разлом отклоняет существенно менее погруженное восточное окончание Северо-Чукотского бассейна и продолжается далее к северу. Третья линия аномалий *D*-функции как бы ограничивает с запада зону выделенных ранее [67] тектонических нарушений меридионального направления. Предполагаемый разлом, который фиксируют эти аномалии, также пересекает бассейн Хоуп, поднятие Геральд и протягивается строго на север вдоль 165 меридиана до центральной части восточной ванны Северо-Чукотского бассейна, возможно продолжаясь и далее, о чем свидетельствуют аномалии *D*-функции на профилях 21 и 22. Последняя западная линия аномалий *D*-функции является наиболее короткой и пересекает бассейн Хоуп в ССЗ направлении от северного берега Чукотского полуострова до надвига Геральд. Не исключено, что тектоническое нарушение, трассируемое вдоль этой линии, может соединиться с разломом расположенным восточнее. Профильно-объемные изображения аномалий *D*-функции на профилях пересекающих бассейн Хоуп демонстрируют четыре группы аномалий, выстроенных в линии (рис. 8).

В пределах второго (северного) участка рассчитанных профилей аномалий *D*-функции (профили 24–37 севернее 75° с.ш.), линейное расположение аномалий отмечено вдоль 165° з.д., образуя две линии, отстоящие друг от друга на 25–35 км, которые протягиваются на север почти на 600 км. Эта область принадлежит уже структуре Чукотского выступа, общее строение которого было охарактеризовано выше. Казалось бы, что линейное положение аномалий *D*-функции

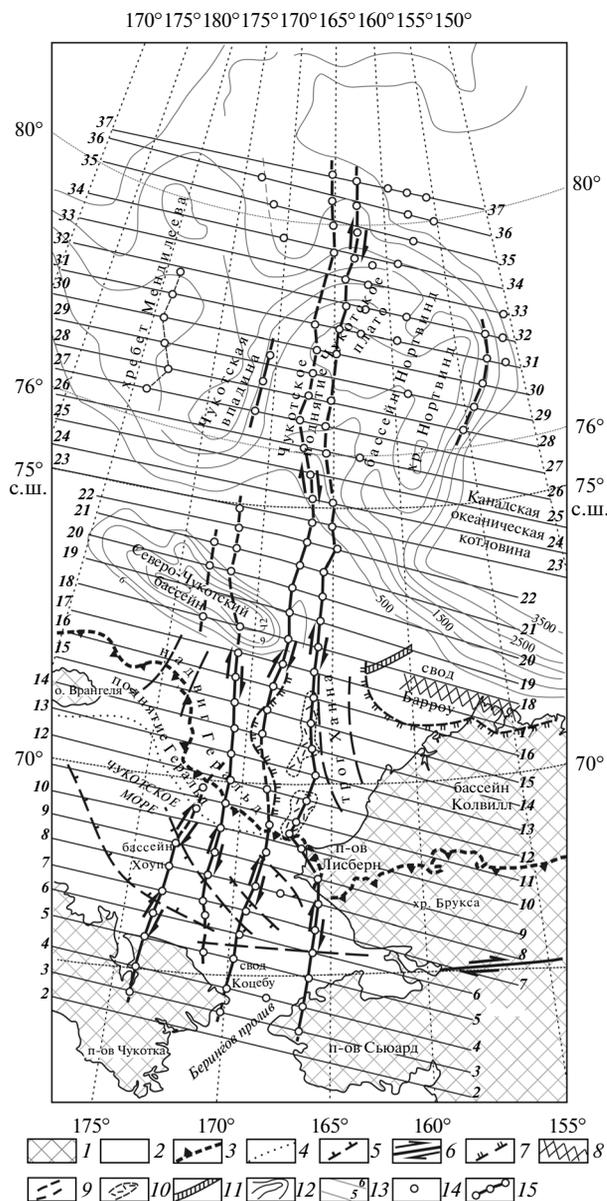


Рис. 7. Результаты расчета аномалий *D*-функции по профилям через Чукотское море (2–23) и Американо-Чукотский бассейн (24–37)

1 – суша; 2 – акватории; 3 – надвиг Врангеля–Геральда и хребта Брукса; 4 – южная граница поднятия Геральда; 5 – сбросы; 6 – сдвиги; 7 – границы поднятий, где отсутствуют доапские отложения; 8 – свод Барроу; 9 – ориентировочные границы палеозойско-раннемезозойских трогов; 10 – магматические породы в фундаменте по данным магнитных аномалий; 11 – непосредственный выход на поверхность дна палеозойского складчатого комплекса; 12 – изопакиты Северо-Чукотского бассейна; 13 – положение рассчитанных профилей с номерами; 14 – аномалии *D*-функции на профилях; 15 – разломы по данным анализа положения аномалий *D*-функции

должно совпадать с разделяющими хребет Нордвинд и Чукотское поднятие меридионально ориентированными грабенами бассейна Нордвинд.

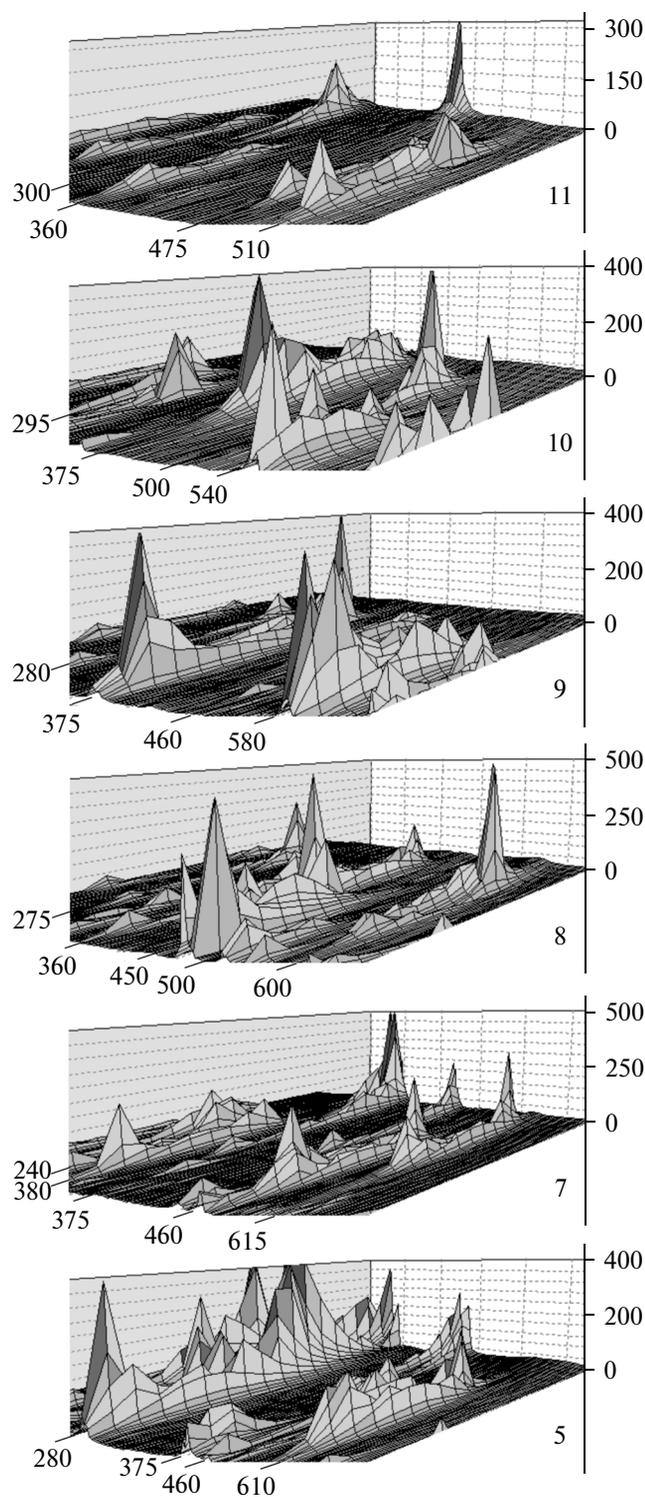


Рис. 8. Профильно-объемные изображения аномалий D -функции на уровнях верхнего полупространства по профилям через бассейн Хоуп, с юга на север профили 5, 7–11. Горизонтальная плоскость – расстояние от меридиана 180° в километрах, по вертикали – положение экстремумов D -функции в единицах СИ

Однако линии аномалий протягиваются через центральную часть Чукотского поднятия и плато, совпадая с краями так называемого Чукотского рифта. Обе линии аномалий прослеживаются до 79° с.ш., что совпадает с уступом, отделяющим Чукотское плато от Северного Чукотского бордерленда. В пределах Северного Чукотского бордерленда вплоть до 81° с.ш. эти линии аномалий почти сдваиваются, находясь друг от друга на расстоянии 15–20 км. Однако характерные черты как исходных гравитационного и магнитного полей, так и вычисленных аномалий D -функции полностью сохраняются. Вообще на последних профилях (35, 36, 37) в пределах Северного Чукотского бордерленда отмечается довольно большое количество аномалий D -функции, интерпретировать которые сложно. Однако если они отмечают южные отрезки меридионально ориентированных разрывов, что совпадает с ориентировкой грядового рельефа Северного Чукотского бордерленда, то создается впечатление расщепления концентрированной двухлинейной системы разломов, рассекающих Чукотское поднятие. По нескольким профилям через Чукотский “бордерленд” (25, 27–33 и 37) для аномалий, образующих систему разломов, определены верхние и нижние кромки возмущающих масс. Верхние кромки на этих профилях располагаются на глубинах 9–13 и 15–19 км, что соответствует как нижней, так и верхней коре, нижние кромки по тем же профилям в основном характеризуют глубины верхней мантии (28–40 и 49–56 км). Таким образом, можно считать, что разломы, рассекающие чужеродный по отношению к шельфу Чукотский “бордерленд”, также являются литосферными структурами, аналогично тем, продолжением которых они являются.

Кроме изолированных аномалий, встречающихся на профилях в пределах бассейна Нортвинд, интерпретация которых невозможна, в восточной краевой части Чукотского плато обнаружены аномалии, формирующие меридиональную линию протяженностью около 150 км, которая совпадает с положением Центрального Чукотского грабена. Расчетные профили второго участка пересекают всю площадь Чукотского “бордерленда” от Канадской океанической котловины на востоке, через Чукотскую впадину до западной границы хребта Менделеева. Границы с этими структурами, отраженные в резкой смене гравитационного и магнитного полей, естественно, отразились в положении аномалий D -функции на расчетных профилях. Относительно характера этих границ, особенно восточной, где континентальная структура хребта Нортвинд сменяется ложем Канадской океанической котловины, существует несколько мнений. Распространенным предположением является существование надвига хребта Нортвинд на ложе Канадской котлови-

ны [18, 19, 41]. Однако сейсмические данные показывают, что наиболее вероятен сбросовый характер границы между хребтом Нордвинд и Канадской океанической котловиной [50]. Аномалии *D*-функции, приуроченные к восточной границе хребта Нордвинд, обнаружены лишь на шести профилях, образуя меридиональную линию протяженностью около 250 км. На нескольких профилях был проведен расчет угла падения этой границы по магнитным аномалиям. Результаты этих расчетов показали либо вертикальное падение границы, либо незначительные колебания в обе стороны от вертикального. Такая ситуация дает основание для предположения о возможном сбросо-сдвиговом характере этой границы.

Вдоль западного склона Чукотского поднятия на границе с Чукотской впадиной также отмечен ряд аномалий, выстраивающихся в линию, так что тектоническая граница между впадиной и поднятием кажется вероятной. Это подтверждается данными сейсмического профиля, пересекающего Чукотскую впадину и западный склон Чукотского поднятия [48].

ОБСУЖДЕНИЕ

Общая кинематика перемещений северо-востока Евразии и Северной Америки в мезозое и кайнозое рассмотрена в работах [6, 7, 9–11, 33, 35, 39, 60, 61, 69]. Судя по глобальной кинематике плит малоскоростные континентальные Евразийская и Северо-Американская плиты все последние 79–74 млн лет движутся в направлении Тихого океана, навстречу “разбегающимся” с большими скоростями в стороны по направлению к континентам океаническим плитам северной Пацифики – Тихоокеанской, Кула и Фараллон (см. рис. 1). Кинематика взаимодействий плит Арктического региона в контексте распада и перемещения фрагментов древнего континента Арктида показана в [7, 12, 15, 55]. Судя по геологическим и кинематическим данным Арктическая Аляска была отделена от Чукотки и перемещалась независимо [22]. Реконструкции демонстрируют, что общее перемещение Аляски, как фрагмента Арктиды, со 120 млн лет сохраняло южное направление. Проведенные оценки относительных движений между Евразийской и Северо-Американской плитами начиная примерно с 84 млн лет (со времени начала раскрытия Северной Атлантики) показывают, что требуется не менее 800–900 км транспрессионных (сдвиг со сжатием) перемещений между Чукоткой и Аляской [22].

Следует отметить, что по ряду признаков: линейная зона современной сейсмичности, простирающаяся от п-ва Земля Пири (Гренландия)–о. Элсмир–о. Принс-Патрик–о. Банкс в направлении залива Аляска; характерные смещения

краевых частей хребта Ломоносова вблизи Гренландии и Евразии по морфологии и сейсмическим данным, происходит перемещение центральных блоков континентальной природы Арктики (хребты Ломоносова, Альфа-Менделеева, котловины Макарова и Подводников, Аляска и Канадская котловина), названных Амеразийской микроплитой, относительно окружающих их шельфов Канадского Арктического архипелага, с одной стороны, и Евразийского, с другой [12, 15]. Согласно новой геодинамической модели Арктики Амеразийская микроплита перемещалась подобным образом, начиная примерно с апта (~120 млн лет) до настоящего времени из-за тянущего эффекта возвратной верхнемантийной ячейки в направлении существовавшей все это время Тихоокеанской зоны субдукции [12, 15, 55]. Эта модель прекрасно объясняет формирование крупнейших структур растяжения Северного Ледовитого океана – котловин Макарова и Подводников, Евразийского бассейна. Можно весьма приблизительно оценить скорость движения Амеразийской микроплиты относительно Евразии и Северной Америки на порядок меньше, чем скорости расхождения этих плит в Евразийском бассейне. Поэтому для наших построений в первом приближении мы можем пренебречь величиной перемещений Амеразийской микроплиты и считать ее принадлежностью Северо-Американской плиты.

Проведенные расчеты скоростей и направлений перемещений Евразийской и Северо-Американской плит [22] для Чукотского и Берингово-морского регионов показывают, что в конце позднего мела обе континентальные плиты перемещались в одном направлении (к юго-западу), но скорость движения Северной Америки была на 1 см/год выше, чем скорость движения Евразии, что определяло их сближение (см. рис. 1). В конце палеоцена и в раннем эоцене (56–50 млн лет) сохранялось перемещение обоих континентов в южных румбах, однако Северная Америка двигалась на ЮЮВ и также с большей скоростью (на 0.7 см/год быстрее Евразии), т.е. как бы отдаляясь от Евразии, что приводило к растяжению. После изменения направления движения Тихоокеанской плиты и заложения Алеутской зоны субдукции (47 млн лет) Евразия и Северная Америка перемещаются к юго-западу почти параллельно с небольшим углом сходимости при несколько большей скорости Северной Америки (на 0.6 см/год быстрее Евразии). В конце палеогена Евразия и Северная Америка начинают перемещаться в южном направлении почти параллельно друг другу, но Северная Америка, как и раньше, превосходит в скорости Евразию. Таким образом, как следует из кинематического анализа, неизбежно в конце позднего мела и палеогене между Чукоткой и Аляской должны были суще-

ствовать структуры типа трансформных разломов, разделявшие перемещающиеся с разной скоростью литосферные плиты Евразии и Северной Америки. Причем предполагаемая граница должна быть системой правых сдвигов.

Рассмотрение полученных результатов расчета аномалий D -функции Чукотско-Берингоморского региона выявило существование системы транслитосферных разломов меридионального простирания, которые в соответствии с определением, можно называть транслитосферными [14]. Принципиальный характер кинематики транслитосферных разрывных нарушений, которыми являются разломы, трассируемые по линейному расположению аномалий D -функции на Чукотско-Аляскинском шельфе и в пределах Чукотского “бордерленда” (вычисленные глубины нижних кромок располагаются в верхней мантии) были выявлены при рассмотрении скоростей и направлений перемещения литосферных плит Евразии и Северной Америки (см. рис. 1).

В работе [22] нами было показано, что возраст трех крупных сдвигов в земной коре Берингова моря различен, и что они представляют собой эшелонированную в пространстве и различную по времени формирования систему сдвигов, определявших относительное перемещение литосферных плит Северной Америки и Евразии в конце позднего мела и в палеогене. Восточные сдвиги в пределах Беринговского шельфа были активны с конца позднего мела и в первой половине палеогена, а западный сдвиг, протягивающийся через западную часть шельфа и продолжающийся в океанической коре Алеутской котловины, существовал как в конце позднего мела, так и на протяжении всего палеогена. Движения по этому сдвигу продолжались вплоть до формирования малой литосферной плиты Берингия в позднем миоцене. Этот западный сдвиг в западной части Берингова пролива смыкается с одним из основных разломов, который пересекает весь шельф Чукотского моря и Чукотский “бордерленд”. Предположение относительно одновозрастности этих тектонических нарушений можно считать вполне обоснованным, поскольку сдвиг в Чукотском море пересекает западную часть полуострова Лисберн и с перемещением по нему можно связывать правый поворот надвигового сооружения мыса Лисберн относительно широтных надвиговых структур хребта Брукса, частью которых при своем формировании были и структуры мыса Лисберн [59].

В работе [25] предполагалось наличие на Чукотском шельфе, и вдоль восточного края хребта Нордвинд, а также далее на север, так называемой, Чукотско-Канадской трансформы, которая по своей природе и, соответственно, по времени, связывается с раскрытием Канадской океаниче-

ской котловины. Однако результаты расчета аномалий D -функции показывают, что только в своей южной части Чукотско-Канадская трансформа совпадает с положением выделяемого нами основного разлома Чукотского моря. Более северный отрезок разлома по краю хр. Нордвинд в аномалиях D -функции проявлен слабо. Наоборот, основной разлом прослеживается на Чукотское поднятие, и мы можем предполагать его дальнейшее продолжение на север в поднятие Альфа. Нет никаких данных, что Чукотско-Канадская трансформа рассекала надвиг Геральд или оставила следы в кайнозойских отложениях бассейна Хоуп. Скорее всего, этому способствовали правосторонние сдвиги, установленные по аномалиям D -функции, вероятно возникшие в фундаменте несколько позже и не проявившиеся в кайнозойском осадочном чехле. Медленные, эшелонированные правосторонние движения по ним с относительным перемещением менее 0.7 см/год, вызвали постепенное, не отразившееся в структурах чехла перемещение к югу как восточной части свода и надвига Геральд, так и восточных структур бассейна Хоуп. Представление о существовании в позднем мелу–палеогене дифференциальных движений между Евразией и Северной Америкой по косвенным геологическим соображениям, приведших к изменению направлений надвига Геральд и системы покровов на полуострове Лисберн, высказывалось и раньше [63].

Не слишком обширные данные по геологическому строению шельфа Чукотского моря позволяют, тем не менее, отметить те изменения в геологической ситуации, которые были связаны с различными этапами перемещения Евразийской и Северо-Американской литосферных плит [38]. В конце позднего мела и в начале палеогена при параллельном движении литосферных плит, но большей скорости Северной Америки, вероятно, началось формирование поднятия Геральда и, вслед за этим, одноименного надвига, восточная часть которого имела близкое к широтному и даже северо-восточное направление. Эта структурная пара (поднятие и надвиг) не могут сопоставляться со строением орогена хребта Брукса, возникшего после закрытия океана Ангайючам в неокоме–апте [59]. С растяжением и перемещением Северной Америки, которое, видимо, происходило по правым сдвигам, связано не только упоминавшееся перемещение надвига Геральд к югу, но и почти двойное сокращение ширины свода Геральд по сравнению с северным районом. Полуостров Сьюард в палеогене причленяется к Аляске, и основные движения переходят на западные сдвиги, что способствует развороту бассейна Хоуп.

Геологическая эволюция Арктики и Берингоморского региона показана нами в палеогеодинамических реконструкциях в абсолютной систе-

ме координат на 80, 50 и 40 млн лет. Методика построения абсолютных реконструкций и конкретные расчеты отражены в работах [21, 22]. При подготовке реконструкций мы использовали Эйлеров полюс вращения для восстановления положения главных стабильных континентальных платформ и, таким образом, получали несущий каркас реконструкции. Это же касается вращения Тихоокеанской плиты. Более мелкие континентальные блоки, такие как хребет Ломоносова, котловины Подводников и Макарова, поднятие Альфа-Менделеева, Чукотка, Арктическая Аляска, блоки Новосибирских островов, хребта Ширшова, хребта Бауэrsa перемещались нами внутри этого каркаса в соответствии с принятой нами геодинамической модели и в соответствии с региональными геологическими материалами. При этом предполагалась возможность растяжения Арктических блоков на 100–150% следуя оценкам [12, 15, 55], чтобы избежать возможных перекрытий и зияний.

Для времени до начала раскрытия Северной Атлантики (84 млн лет) при разработке реконструкций наиболее существенные вопросы касались характера и времени раскрытия Канадского океанического бассейна [5, 31, 32, 52, 53, 72]. Время образования этой котловины дискуссионно. Однако наиболее предпочтительным считается, что в ранней–средней юре происходил первичный рифтинг, к поздней юре относится начало спрединга, а завершилось раскрытие Канадской котловины в конце раннего мела (апт–альб) Чукотско-Аляскинской (Бруксовской) коллизией. Одновременно с формированием Канадской котловины связано закрытие океанических пространств южнее северной Чукотки (Южно-Аньюский океан) и Арктической Аляски (океан Ангайючам) [17, 36, 38, 66, 68].

Существует определенный консенсус относительно способа образования Канадской котловины: так называемое ротационное вращение Аляски против часовой стрелки вокруг полюса в дельте р. Макензи [12, 15, 46, 55]. Однако в наши построения для Арктической части мы внесли три следующие существенные изменения по сравнению с предыдущими реконструкциями.

1. Океаническая кора занимает по ширине примерно посередине одну третью часть пространства Канадской котловины согласно [46]. Две третьих части котловины образованы корой переходного типа (по нашему мнению утоненной континентальной). Таким образом, существенно уменьшается угол вращения Аляски относительно Северной Америки.

2. Мы ограничиваем область океанической коры континентальным склоном моря Бофорта на юге, а на севере примерно параллелью 80° с.ш. в соответствии с прекрасно видимым на гравимет-

рических картах палеоспрединговым хребтом (см. например [46]). Северная часть Канадской котловины к северу от 80° с.ш., по-видимому, сложена комплексами континентальной природы. На это указывает то, что в верхней части акустического фундамента хребта Менделеева, северной части Канадской котловины, хребта Нордвинд, и восточных отрогах центральной части хребта Альфа драгированы местные базальты и мелководные вулканокластические породы с геохимическими метками континентального происхождения [50].

3. Ранее считалось, что начало формирования структуры современного хребта Нордвинд (и всего Чукотского “бордерленда” в целом) можно связывать с раннеюрским рифтогенезом. Однако современные данные говорят о том, что формирование и эволюция структур Американо-Евразийского бассейна (Чукотский “бордерленд”, хребты Альфа и Менделеева, бассейн Наутилус) продолжалось в позднем мелу и раннем палеогене [20, 50, 57]. Полученные нами данные по транслитосферным разломам, служащим границей между двумя частями Чукотского выступа (“Чукотским” и “Нордвинд”, принадлежащими соответственно Евразийской и Северо-Американской плитам) и их вероятной сдвиговой природе, позволяют сделать определенный вывод. Как мы упоминали выше, Аляска (Северо-Американская плита) относительно Чукотки (Северо-Американская плита) испытала правосторонний сдвиг примерно на 800–900 км. Теперь реконструируем положение блоков “Чукотский” и “Нордвинд” на временной срез примерно 120 млн лет, когда начался раскол Евразийской и Северо-Американской плит. Получается, что эти две части Чукотского выступа, являлись продолжением один другого и в поздней юре представляли собой шельфовый мелководный бордюр хребта Альфа-Менделеева. Впоследствии после примерно 120 млн лет в результате действия возвратного потока верхнемантийной ячейки [12, 15, 55], связанной с Тихоокеанской зоной субдукции, весь центральный Арктический регион стал испытывать растяжение. В результате рифтинга этот бордюр был отколот от восточного фланга хребта Альфа-Менделеева. С этого времени и до начала активного спрединга в Северной Атлантике идет формирование новых границ между Евразийской и Северо-Американской литосферными плитами и образуются сдвиги с большой компонентой растяжения, разделившие северную и южную части (блоков “Нордвинд” и “Чукотский”) бывшего бордюра хребта Альфа-Менделеева. Вначале (до 80 млн лет) сдвиговое смещение происходило с малой скоростью, а начиная примерно с 80 млн лет заметно ускоряется, особенно в промежутке 65–46 млн лет, после чего скорость падает примерно вдвое и затухает к миоцену. Таким образом, к концу олигоцена произо-

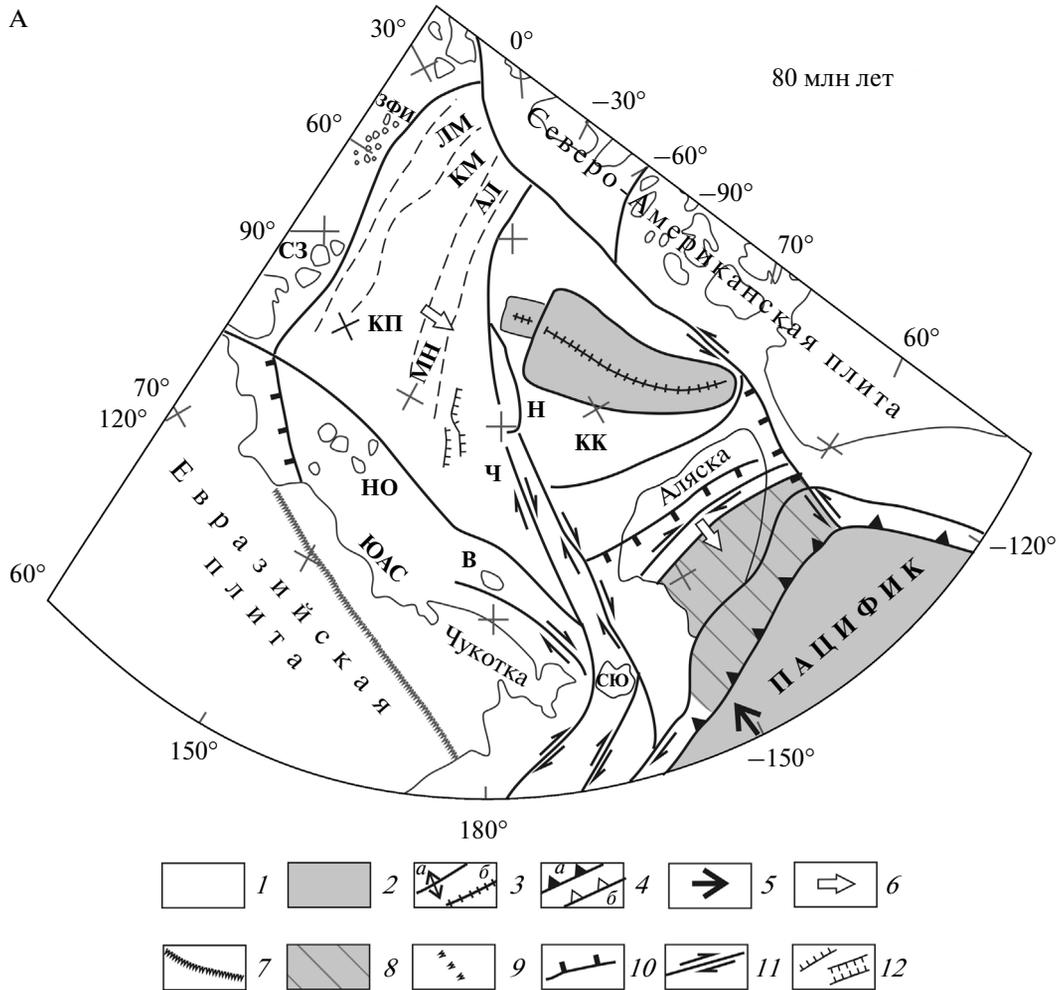


Рис. 9. Палеогеодинамические реконструкции Арктики и Берингоморского региона на А – 80 млн лет (поздний мел, кампан), Б – 50 млн лет (ранний эоцен, ипр), В – 40 млн лет (средний эоцен, бартон)

1 – области с континентальной корой; 2 – области с океанической корой; 3 – зоны спрединга: а – активные, б – отмершие; 4 – зоны субдукции: а – активные, б – отмершие; 5 – направление движения океанических плит; 6 – направление движения Аме́разийского блока Североамериканской плиты; 7 – коллизионные швы и сутуры; 8 – сложно построенные области активных окраин (краевые моря и островные дуги); 9 – зоны тектонического скупивания; 10 – надрывы; 11 – сдвиги; 12 – зоны растяжения, рифты, сбросы

Буквенные обозначения: АЛ – хребет Альфа, В – о. Врангеля, ЕБ – Евразийский бассейн, ЗФИ – Земля Франца Иосифа, КК – Канадская котловина, КМ – котловина Макарова, КП – котловина Подводников, ЛМ – хребет Ломоносова, МН – хребет Менделеева, Н – хребет Нортвинд, НО – Новосибирские о-ва, СЗ – Северная Земля, СЮ – полуостров Сьюард, Ч – Чукотское поднятие, ЮАС – Южно-Анюйская сutura

шло совмещение этих частей в виде современного Чукотского “бордерленда”.

Процесс перемещения по сдвигам, естественно, сопровождался растяжением коры. Восточный (“Нордвинд”) блок, перемещавшийся с большей скоростью с Северо-Американской плитой, испытал на себе это растяжение, что привело к формированию сложно построенного бассейна Нордвинд. В пользу указанного процесса свидетельствуют уступы и хребтики соответствующих сдвиговым движениям направлений и остатки пород континентального происхождения на востоке центральной части хребта Альфа. Об этом же свидетельствует уменьшенная мощность зем-

ной коры блока Нордвинд по данным космической гравиметрии [64]. Величина предположительного перемещения по сдвигам, совмещившим две части Чукотского “бордерленда” в целом соответствует рассчитанному трансгрессивному перемещению Евразийской и Северо-Американской литосферных плит, которая за 60 млн лет (с позднего кампана по миоцен) оценивается в 700–800 км [22].

На рис. 9, А показана палеогеодинамическая реконструкция на 80 млн лет (кампан). Это фаза неактивного растяжения в Центральной Арктике. Поле напряжения сменилось после 120 млн лет на ортогональное по отношению к полю, вызвавшему

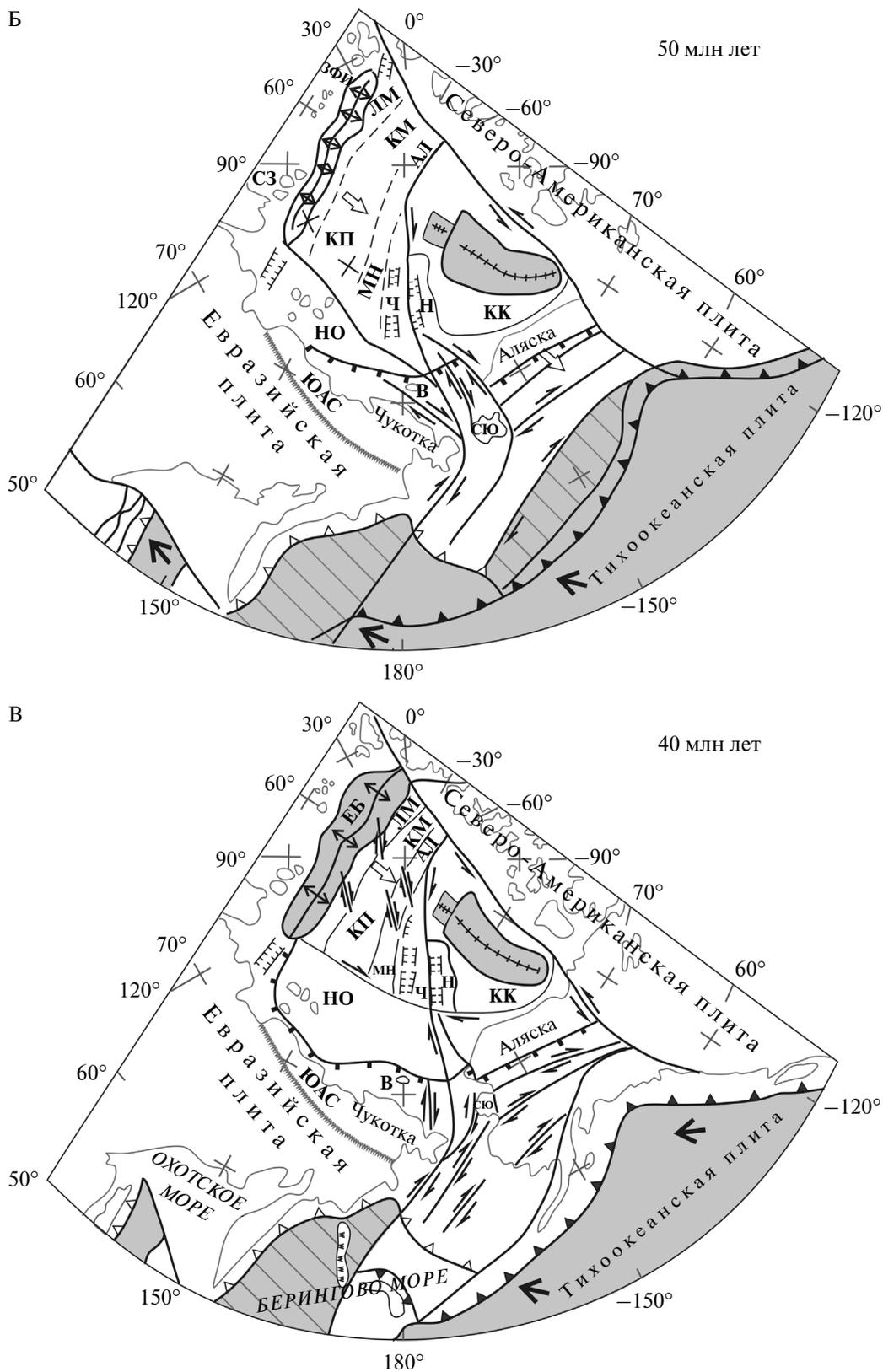


Рис. 9. Окончание.

формирование Канадской котловины. В этот период система центрально-арктических блоков, объединяющая системы хребтов и котловин Ломоносова—Макарова—Подводников—Альфа-Менделеева, Канадскую котловину и Аляску, смещалась по протяженным трансформным разломам вдоль Евразийской (Хатангско-Ломоносовская и сопряженные правосторонние трансформы) и Северо-Американской (Северо-Гренландско-Северо-Канадская левосторонняя трансформа) окраин, выдвигаясь в сторону Тихоокеанской зоны субдукции благодаря возвратному верхнемантийному потоку [15]. Все это время плиты Северной Пацифики погружались примерно в северном направлении, т.е. в направлении Арктики [10, 35]. В это время между Евразийской и Северо-Американской литосферными плитами уже сформирована новая граница трансформного типа (сдвиги) с большой компонентой растяжения, разделившие блоки “Нордвинд” и “Чукотский” бывшего бордюра хребта Альфа-Менделеева. В период 120—80 млн лет сдвиговое движение указанных блоков происходило с малой скоростью. Действовал Арктический верхнемантийный плюм, вызванный возвратным мантийным потоком, который формировал крупную провинцию внутриплитного траппового магматизма в пределах объединенной системы хребтов и котловин Ломоносова—Макарова—Подводников—Альфа-Менделеева, северной части Канадской котловины. Происходил активный рифтогенез и образование структуры котловины Макарова—Подводников и одновременно формирование структуры хребта Альфа-Менделеева [5]. Вскоре в интервале 75—61 млн лет начнется диффузный спрединг и формирование центральной части (предположительно спрединговой) котловины Макарова, а в период 69—57 млн лет — активный рифтогенез в пределах будущего Евразийского бассейна, и одновременно формирование структуры хребта Ломоносова [5, 49, 70].

Ко времени 50 млн лет (лютет, средний эоцен) (рис. 9, Б) относится активная фаза растяжения (61—46 млн лет) в Центральной Арктике. Система центрально-арктических блоков продолжает движение по гигантским трансформным разломам вдоль Евразийской и Северо-Американской окраин со значительной скоростью благодаря начавшемуся раскрытию Евразийского бассейна. Активный период работы сдвиговой трансформационной границы между Евразией и Северной Америкой. Компонента растягивающих усилий между Чукотским поднятием и Нордвиндом очень велика. Формируется в основном впадина Нордвинд. Это время глобальной перестройки кинематики литосферных плит Северо-Ледовитого, Тихого и Индийского океанов. Примерно в это время формируется Алеутская зона субдукции, а Тихоокеанская плита изменяет (50—47 млн лет) направление движения на северо-западное и начинает погру-

жаться в Алеутской зоне субдукции с большой компонентой сдвига. Ранее это была почти ортогональная субдукция. Из-за этого субдуцированный Тихоокеанский океанический литосферный материал перестал поступать в больших объемах в Арктическую провинцию. Вследствие этого скорость Арктической конвективной ячейки упала.

В бартонское время (40 млн лет назад, средний эоцен) (рис. 9, В) значительно уменьшилось растяжение в центральной Арктике вследствие того, что около 46 млн лет скорость спрединга на хребте Гаккеля уменьшилась в 1.5—2 раза из-за ослабления Арктической конвективной ячейки. Упала также скорость вдоль сдвиговой трансформной границы между Евразией и Северной Америкой. Это привело к тому, что центрально-арктические блоки стали испытывать трудности при перемещении по Евразийским трансформам. Хребты Ломоносова и Альфа-Менделеева стали испытывать поднятие и размыв (45—18 млн лет). К этому времени впадина Нордвинд в основном сформирована. И только в раннем миоцене около 20 млн лет назад началась активная фаза проградации в Азиатский континент спрединга из хребта Гаккеля в Лаптевоморскую систему рифтов и формирование Момского рифта. Вскоре после этого с 18 млн лет началось активное погружение хребтов Центральной Арктики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате многолетних геологических исследований на северо-востоке Азиатского континента и на Аляске, а также геофизических и буровых работ на шельфах Берингова и Чукотского морей был собран фактический материал, приводивший ученых к заключению, что в конце позднего мела и в палеогене между континентами Евразии и Северной Америки существовала граница, вдоль которой происходило независимое перемещение этих литосферных плит. Однако среди выявленных структур осадочного чехла не находилось каких-либо систем, которые могли бы соответствовать искомой границе. В нашей предыдущей работе [22] был сделан первый шаг по выявлению сохранившихся транслитосферных сдвигов в земной коре Берингова моря, которые могут рассматриваться как фрагменты существовавшей границы между плитами Евразии и Северной Америки в позднемеловое—палеогеновое время. В результате работ в акваториях Чукотского моря и Американо-Азиатского бассейна удалось обнаружить транслитосферные разломы, являющиеся непосредственным продолжением сдвигов Берингова моря и, соответственно, полностью проследить зону сдвигов, служивших границей между литосферными плитами Евразии и Северной Америки в позднем мелу и палеогене (рис. 10). В соответствии с этим построена новая

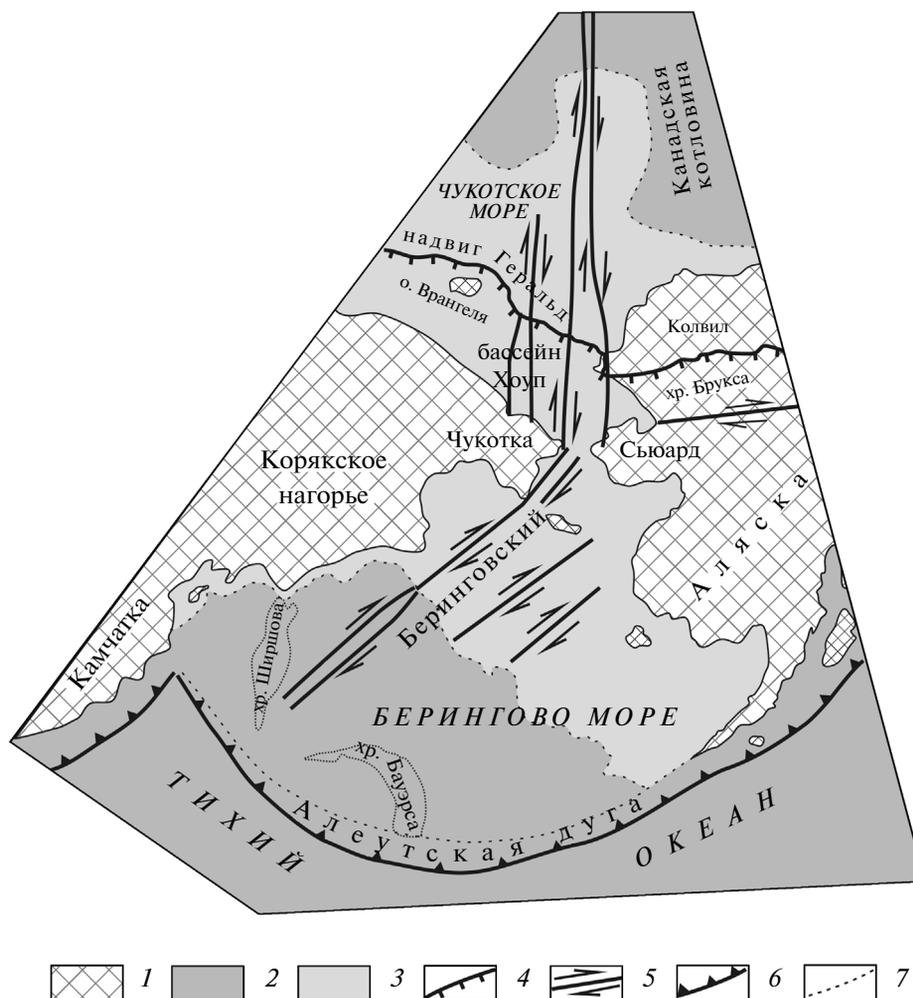


Рис. 10. Транслитосферные позднемеловые–палеогеновые сдвиги, определявшие трансформную зону между литосферными плитами Евразии и Северной Америки
 1 – суша; 2 – глубоководные котловины; 3 – шельф Чукотского и Берингова морей; 4 – надвиги; 5 – транслитосферные сдвиги; 6 – Алеутская зона субдукции; 7 – граница шельфовых областей

общая картина положения границ литосферных плит в циркумполярном регионе для конца позднего мела и палеогена. Кроме этого, полученные данные по Чукотскому “borderленду”, привели к необходимости создания новой интерпретации его развития и в более ранний период – во время и после раскрытия Канадского бассейна.

Геофизический метод совместного анализа гравитационных и магнитных данных (метод аномалий *D*-функций), позволил обнаружить в земной коре Берингова и Чукотского морей крупнейшие транслитосферные разломы, под перекрывающими фундамент осадочными толщами. Характер кинематики транслитосферных разрывных нарушений выявляется при рассмотрении скоростей и направлений перемещения литосферных плит Евразии и Северной Америки как правосдвиговой (трансформная граница). Эшелонированная система правых сдвигов между

континентальными плитами Евразии и Северной Америки, видимо, обеспечила возможность перемещения Северной Америки относительно Евразии. Как представляется, эшелонированная система транслитосферных сдвигов при средней скорости перемещения Северной Америки относительно Евразии порядка 0.7 см/год за 60 млн лет создала те условия, при которых не произошло нарушение сплошности одновременно накапливавшегося в различных структурах осадочного чехла, а также приводила к постепенному повороту существовавших структур. Подобная система долгоживущих эшелонированных сдвигов в земной коре и литосфере с медленным перемещением по ним, обеспечивает отсутствие их проявлений в структурах осадочного чехла. Вероятно, подобные разрывные системы могут рассматриваться как особый вид разломов в земной коре.

Статья выполнена при поддержке Программы Президиума РАН № 44П “Поисковые исследования в интересах развития Арктической зоны РФ” и гранта РФФИ 13-05-20015.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Беляцкий В.Б., Ларионов А.Н., Андреева И.А.* Оценка возраста и источников сноса кварцевых песчанников поднятия Менделеева (Северный Ледовитый океан): морфология и SHRIMP анализ цирконов // Матер. III Всерос. конф. по изотопной геохронологии “Изотопное датирование процессов”. М.: ГЕОС, 2006. Т. 1. С. 101–104.
2. *Богданов Н.А.* Проблема раздела Европейской и Северо-Американской литосферных плит в Восточной Арктике // Геотектоника. 1998. № 2. С. 4–15.
3. *Богданов Н.А.* Тектоника Арктического океана // Геотектоника. 2004. № 3. С. 13–30.
4. *Бурлин Ю.К., Шипелькевич Ю.В.* Основные черты тектонического развития осадочных бассейнов в западной части шельфа Чукотского моря и перспективы их нефтегазоносности // Геотектоника. 2006. № 2. С. 65–82.
5. *Вержбицкий Е.В., Лобковский Л.И., Кононов М.В., Бяков А.Ф.* Возраст и генезис структур Американо-Азиатского бассейна // Физика Земли. 2012. № 11–12. С. 3–15.
6. *Зоненшайн Л.П., Натанов Л.М.* Тектоническая история Арктики // Актуальные проблемы тектоники океанов и континентов. М.: Наука, 1987. С. 31–57.
7. *Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натанов Л.М.* Тектоника литосферных плит территории СССР. М.: Недра, 1990. Кн. 1. 328 с.
8. *Кабанов В.Я., Андреева И.А., Иванов В.Н., Петрова В.И.* О геотектонической природе Центрально-Арктических морфоструктур и геологическое значение донных осадков в ее определении // Геотектоника. 2004. № 6. С. 33–48.
9. *Казмин Ю.Б., Лобковский Л.И., Кононов М.В.* Геодинамическая модель развития Американо-Азиатского бассейна Арктики (к обоснованию принадлежности хребта Ломоносова, поднятия Менделеева и котловины Подводников к Российской материковой окраине) // Арктика: экология и экономика. 2014. № 4. С. 14–27.
10. *Кононов М.В.* Тектоника плит северо-запада Тихого океана. М.: Наука, 1989. 167 с.
11. *Кулаков И.Ю., Гайна К., Добрецов Н.Л., Василевский А.И., Бушенкова Н.А.* Реконструкция перемещения плит в Арктическом регионе на основе комплексного анализа гравитационных, магнитных и сейсмических аномалий // Геология и геофизика. 2013. № 8. С. 743–757.
12. *Лавров Н.П., Лобковский Л.И., Кононов М.В., Добрецов Н.Л., Верниковский В.А., Соколов С.Д., Шипилов Э.В.* Геодинамическая модель тектонического развития Арктики в мезозое и кайнозое и проблема внешней границы континентального шельфа России // Геотектоника. 2013. № 1. С. 3–35.
13. *Ландер А.В., Букчин Б.Г., Дроздин Д.В., Киришин А.В.* Тектоническая позиция и очаговые параметры Хайлинского (Корякского) землетрясения 8 марта 1991 года: существует ли плита Берингия? // Геодинамика и прогноз землетрясений. Вычислительная сейсмология. Вып. 26. М.: Наука, 1994. С. 103–122.
14. *Леонов Ю.Г., Волож Ю.А.* Осадочные бассейны: методы изучения, строение и эволюция М.: Научный мир, 2004. 526 с.
15. *Лобковский Л.И., Вержбицкий В.Е., Кононов М.В., Шрейдер А.А., Гарагаш И.А., Соколов С.Д., Тучкова М.И., Котелкин В.Д., Верниковский В.А.* Геодинамическая модель эволюции арктического региона в позднем мезозое–кайнозое и проблема внешней границы континентального шельфа России // Арктика. Экология и экономика. № 1. 2011. С. 104–115.
16. *Нападенский Г.Б., Шеремет О.Г.* Разработка алгоритмов совместного анализа гравитационного и магнитного полей в трехмерном случае // Разведочная геофизика. 1982. № 94. С. 134–146.
17. *Соколов С.Д.* Тектоника Восточной Арктики: проблемы и неопределенности // Матер. совещания “Геология полярных областей Земли”. М.: ГЕОС, 2006. Т. II. С. 54–61.
18. *Филатова Н.И., Хаин В.Е.* Тектоника Восточной Арктики // Геотектоника. 2007. № 3. С. 3–29.
19. *Хаин В.Е.* Тектоника континентов и океанов (год 2000). М.: Научный мир, 2001. 604 с.
20. *Хаин В.Е., Филатова Н.И., Полякова И.Д.* Тектоника, геодинамика и перспективы нефтегазоносности Восточно-Арктических морей и их континентального обрамления // Тр. ГИН РАН. Вып. 601. М.: Наука, 2009. 227 с.
21. *Чехович В.Д., Сухов А.Н., Шеремет О.Г., Кононов М.В.* Кайнозойская геодинамика Берингово-морского региона // Геотектоника. 2012. № 3. С. 47–69.
22. *Чехович В.Д., Шеремет О.Г., Кононов М.В.* Сдвиговая система в земной коре Берингова моря – реликт эшелонированной границы Евразийской и Северо-Американской литосферных плит // Геотектоника. 2014. № 4. С. 3–27.
23. *Чехович В.Д., Лобковский Л.И., Кононов М.В., Шеремет О.Г., Шипилов Э.В.* Позднемеловая–палеогеновая эшелонированная трансформная зона как фрагмент границы Евразийской и Северо-Американской литосферных плит в земной коре Чукотско-Аляскинского шельфа // Докл. РАН. 2014. Т. 459. № 6. С. 730–735.
24. *Шеремет О.Г.* Численное и аналитическое моделирование гравимагнитных полей для изучения глубинных структур коры и перспектив нефтегазоносности // Тектоника и геофизика литосферы. Матер. 35-го Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2002. С. 319–323.
25. *Шипилов Э.В., Лобковский Л.И.* О субмеридиональной зоне сдвига в структуре континентальной окраины Чукотского моря и механизм раскрытия Канадского океанического бассейна // Докл. РАН. 2014. Т. 455. С. 67–71.

26. *Alvey A., Gaina G., Kuszniir N.J., Torsvic T.H.* Integrated crustal thickness mapping and plate reconstruction for the High Arctic // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2008. Vol. 274. № 3–4. P. 310–321.
27. *Bruvol R., Kristoffersen Y., Coakley B.* Hemipelagic deposits on the Mendeleev and northwestern Alpha submarine ridges in the Arctic Ocean: acoustic stratigraphy, depositional environment and inter-ridge correlation by the ACEX results // *Marine Geophys. Res.* 2010. Vol. 31. P. 149–171.
28. *Cooper A.K., Marlow M.S., Scholl D.W., Stevenson A.J.* Evidence for Cenozoic crustal extension in the Bering Sea // *Tectonics.* 1992. Vol. 11. P. 719–731.
29. *Dewey J.F., Bird J.M.* Mountain belts and new global tectonics // *J. Geophys. Res.* 1970. Vol. 75. № 14. P. 2625–2647.
30. *Dinkelman M., Kumar N., Helwig J., Emmet P., Granath J.* Highlights of petroleum and crustal framework of the U.S. Chukchi Sea // *Recorder.* 2008. Vol. 33. № 9. P. 1–19.
31. *Dinkelman M., Kumar N., Helwig J.* Evaluating current plate tectonic model in the light of newly acquired geophysical data in the Amerasian basin // *GeoCanada.* 2010. Working with the Earth.
32. *Dossing A.H., Jakson H., Matzka J., Einarsson R., Rasmussen R., Olsen A., Brozene J.* On the origin of the Amerasia Basin and the High Arctic Igneous Province – results of new aeromagnetic data // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2013. Vol. 363. P. 219–230.
33. *Dossing A., Hopper J.R., Olesen A.V., Rasmussen T.M., Halpenny J.* New aero-gravity results from the Arctic: linking the latest Cretaceous–early Cenozoic plate kinematics of the North Atlantic and Arctic Ocean // *Geochemistry, Geophysics, Geosystems.* 2013. Vol. 14. № 10. P. 4044–4956.
34. *Dumitru T.A., Miller E.L., O’Sullivan P.B., Amato J.M., Hannula K.A.* Cretaceous to Recent extension in the Bering Strait region, Alaska // *Tectonics.* 1995. Vol. 14. № 3. P. 549–558.
35. *Engebretson D.C., Cox R.G., Gordon R.G.* Relative motions between oceanic and continental plates in the Pacific Basin // *Geol. Soc. Am. Sp. Paper.* 1985. Vol. 206. 59 p.
36. *Fuis G.S., Murphy J.M., Lutter W.J., Moore T.E., Bird K.J., Christensen N.I.* Deep seismic structure and tectonics of northern Alaska: crustal-scale duplexing with deformation extending into the upper mantle // *J. Geophys. Res.* 1997. Vol. 102. P. 20873–20896.
37. *Fujita K., Mackey K.J., McCaleb R.C., Gunbina I.V., Kovalev V.N., Imaev V.S., Smirnov V.N.* Seismicity of Chukotka, Northeastern Russia / *Miller E.L., Grantz A., Klempere S.L.* (eds.). Tectonic evolution of the Bering Shelf–Chukchi Sea–Arctic Margin and adjacent landmasses // *Geol. Soc. Am. Sp. Paper.* 2002. Vol. 360. P. 259–272.
38. *Fujita K., Kozmin B.M., Mackey K.G., Riegel S.A., McLean M.S., Imaev V.N.* Seismotectonics of Chersky seismic belt, northeastern Sakha Republic (Yakutia) and Magadan district, Russia / *Stone D.B., Fudjita K., Layer P., Miller E., Prokopiev A., Toro J.* (eds.). Geology, geophysics and tectonics of Northeastern Russia: a tribute to Leonid Parfenov // *European Geophysical Union. Stephan Mueller Series.* 2009. Vol. 4. P. 117–145.
39. *Gaina C., Medvedev S., Torsvik T.H., Koulakov I., Werner S.C.* 4D Arctic: a glimpse into the structure and evolution of the Arctic in the light of new geophysical maps, plate tectonics and tomographic models // *Surv. Geophys.* DOI 10. 10007/s10712-013-9254-y.
40. *Gaina C., Roest W.R., Muller R.D.* Late Cretaceous–Cenozoic deformation of northeast Asia // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2002. Vol. 197. P. 273–286.
41. *Grantz A., Clark D.I., Phillips R.I.* Phanerozoic stratigraphy of Northwind Ridge, magnetic anomalies in the Canada Basin and the geometry and timing of rifting in the Amerasia basin, Arctic Ocean // *Geol. Soc. Amer. Bull.* 1998. Vol. 110. № 6. P. 801–820.
42. *Grantz A., May D.S.* Rifting history and structural development of the continental margin north of Alaska / *Watkins J.S., Drake C.I.* (eds.). Study in continent margins geology // *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Mem.* 1983. Vol. 34. P. 77–100.
43. *Grantz A., May D.S., Hart P.E.* Geology of the continental margin of Alaska // *Geol. Soc. Amer.* 1990. P. 257–288.
44. *Grantz A., May D.S.* Regional geology and petroleum potential of the United States Chukchi shelf north of Point Hope / *Scholl D.W., Grantz A., Vedder J.G.* (eds.). Geology and resource potential of the continental margin of Western North America and adjacent ocean basins – Beaufort Sea to Baja California: Circum-Pacific council for energy and mineral resources // *Earth Science Series.* Houston, Texas, 1987. Vol. 6. P. 37–58.
45. *Grantz A., Hart P., Childers V.* Geology and tectonic development of the Amerasia and Canada Basins, Arctic Ocean // *Geol. Soc. London Mem.* 2011. Vol. 35. № 1. P. 771–799.
46. *Hall J.K.* Chukchi Borderland // *Grantz A., Johnson L., Sweeney J.F.* (eds.). GSA Geology of North America. V. L. Arctic Ocean Region. Boulder, 1990. P. 593–616.
47. *Hegewald A., Jokat W.* Tectonic and sedimentary structures in the Northern Chukchi region, Arctic Ocean // *J. Geophys. Res. Solid Earth.* 2013. Vol. 118. P. 3285–3296.
48. *Jokat W., Uenzelmannneben G., Kristoffersen Y., Rasmussen A.* Lomonosov Ridge – a double-sided continental margin // *Geology.* 1992. Vol. 20. P. 887–890.
49. *Kelly Brumley K.* Tectonic, geomorphology of the Chukchi Borderland: constraint for tectonic reconstruction models // Thesis presented to the Faculty of The University of Alaska. Fairbanks, 2009. 116 p.
50. *Klempere S.L., Miller E.L., Grantz A., Scholl D.W.* *the Bering-Chukchi Working Group.* Crustal structure of the Bering and Chukchi shelves: deep seismic reflection profiles across North American continent between

- Alaska and Russia / Miller E.L., Grantz A., Klemperer S.L. (eds.). Tectonic evolution of the Bering Shelf–Chukchi Sea–Arctic Margin and adjacent landmasses // Geol. Soc. Am. Sp. Paper. 2002. Vol. 360. P. 1–22.
51. *Kuzmichev A.B.* Where does the south Anyui suture go in the New Siberian Island and Laptev Sea? Implication for the Amerasia Basin origin // Tectonophysics. 2009. Vol. 463. № 1–4. P. 86–108.
 52. *Lane L.S.* Canada basin, Arctic Ocean: evidence against rotational origin // Tectonics. 1997. Vol. 16. № 3. P. 363–387.
 53. *Lawver L.A., Grantz A., Gahagan L.M.* Plate kinematic evolution of the present Arctic region since the Ordovician / Miller E.L., Grantz A., Klemperer S.L. (eds.). Tectonic evolution of the Bering Shelf–Chukchi Sea–Arctic Margin and adjacent landmasses // Geol. Soc. Amer. Sp. Paper. 2002. Vol. 360. P. 333–358.
 54. *Lebedeva-Ivanova N.N., Zamansky Yu.Yu., Langinen A.E., Sorokin M.Yu.* Seismic profiling across the Mendeleev Ridge at 82° N: evidence of continental crust // Geophys. J. Intern. 2006. Vol. 165. P. 527–544.
 55. *Lobkovsky L.I., Kononov M.V., Garagash I.A., Verzhbitsky V.E., Kotelkin V.D.* 3D geodynamics of Arctic region and model of Amerasian Basin formation // Proceedings ICAM VI, Fairbanks, Alaska, May 31–June 2, 2011. University of Alaska, Fairbanks. Stone D.B., Grikurov G.E., Clough J.G., Oakey G.N., Thurston D.K. (eds.). St. Petersburg: VSEGEI, 2014. P. 1–34.
 56. *Malyshev N.A., Ometko V.V., Borodulin A.A., Barinova E.M., Ikhsanov B.I.* Tectonics of the sedimentary basins in the Russian sector of the Chukchi Sea // Proceedings ICAM VI, Fairbanks, Alaska, May 31–June 2, 2011. University of Alaska, Fairbanks. Stone D.B., Grikurov G.E., Clough J.G., Oakey G.N., Thurston D.K. (eds.). St. Petersburg: VSEGEI, 2014. P. 203–209.
 57. *Mayer L.A., Armstrong A., Calder B., Gardner J.* Sea floor mapping the Arctic: support for potential US extended continental shelf // Intern. Hydrographyc Review. May 2010. P. 14–23.
 58. *Molnar P., Stock J.* Relative motions of hotspots in the Pacific, Atlantic and Indian Ocean since late Cretaceous time // Nature. 1987. Vol. 327. P. 587–591.
 59. *Moore T., Dumitru T.A., Adams K.E., Witebsky, Harris A.G.E.* Origin of Lisburn Hill – Herald Arch structural Belt: stratigraphy, structural and fission-track evidence from the Cape Lisburn Area, Northwestern Alaska / Miller E.L., Grantz A., Klemperer S.L. (eds.). Tectonic evolution of the Bering Shelf–Chukchi Sea–Arctic Margin and adjacent landmasses // Geol. Soc. Am. Sp. Paper. 2002. Vol. 360. P. 77–110.
 60. *Morgan W.J.* Rises, trenches, great faults and crustal blocs // J. Geophys. Res. 1968. Vol. 73. № 6. P. 1959–1982.
 61. *Muller R.D., Royer J.Y., Lawer L.A.* Revised plate motions relative to the hotspots from combined Atlantic and Indian Ocean hotspot tracks // Geology. 1993. Vol. 21. № 3. P. 275–278.
 62. *Oldow J.S., Bally A.W., Ave Lalleman H.G.* Transpression, orogenic float and lithospheric balance // Geology. 1990. Vol. 18. P. 991–994.
 63. *Patton W.W., Tailleur I.L.* Evidence in the Bering Strait region for differential movement between North America and Eurasia // Geol. Soc. Amer. Bull. 1977. Vol. 88. P. 1298–1304.
 64. *Reguzzione M., Sampietro D., Senso F.* Global Moho from the combination of the CRUST 2.0 and GOSE data // Geophys. J. Intern. 2013. Vol. 195. № 1. P. 222–237.
 65. *Sandwell D.T., Smith W.Y.R.* Global marine gravity from retracted Geosat and ERS-1 altimetry // J. Geophys. Res. 1997. Vol. 102. P. 10039–10054.
 66. *Scotese C.R.* Jurassic and Cretaceous plate tectonic reconstructions // Paleogeog. Paleocol. Paleoclim. 1992. Vol. 87. P. 493–501.
 67. *Sherwood K.W., Jonson P.P., Craig J.D., Zerwick S.A., Lothamer R.T., Thurston D.K., Hurbert S.B.* Structure and stratigraphy of the Hanna Trough, U.S. Chukchi Shelf, Alaska / Miller E.L., Grantz A., Klemperer S.L. (eds.). Tectonic evolution of the Bering Shelf–Chukchi Sea–Arctic Margin and adjacent landmasses // Geol. Soc. Am. Sp. Paper. 2002. Vol. 360. P. 39–66.
 68. *Shipilov E.V., Senin B.V., Yunov A.Yu.* Sedimentary cover and basement of Chukchi Sea from seismic data // Geotectonics. 1989. Vol. 23. № 5. P. 456–463.
 69. *Sokolov S.D., Bondarenko G.Ye., Layer P.W., Kravchenko-Berezhnoy I.R.* South Anyui suture: tectono-stratigraphy, deformations, and principal tectonic events / Stone D.B., Fujita K., Layer P.W., Miller E.L., Prokopiev A.V., Toro J. (eds.). Geology, geophysics and tectonics of Northeastern Russia: a tribute to Leonid Parfenov // European Geosciences Union. Stephan Mueller Publication Series. 2009. Vol. 4. P. 201–221.
 70. *Srivastava S.P.* Evolution of the Eurasian basin and its implication of Greenland along Nares Straite // Tectonophysics. 1985. Vol. 114. P. 29–53.
 71. *Tolson R.B.* Structure and stratigraphy of the Hope basin, Southern Chukchi Sea, Alaska / Scholl D.W., Grantz A., Vedder J.G. (eds.). Geology and resource potential of the continental margin of Western North America and adjacent ocean basins – Beaufort Sea to Baja California: Circum-Pacific council for energy and mineral resources // Earth Science Series. Houston. Texas. 1987. Vol. 6. P. 59–71.
 72. *Tozer R., Bevan T., Choi A., Hossack J., Matthews S., Phillips S., Pietras J., Tanasichuk D.* A unified model for the opening of the Canada Basin // AAPG Datapages/Search and Discovery Article № 9074. GeoConvention. 2012.
 73. *Verzhbitsky V., Frantzen E.M., Trommestad K., Savostina T., Little A., Sokolov S.D., Tuchkova M.I., Martynitsiva O., Uliass M.* New Seismic Data on The South and North Chukchi Sedimentary Basins and the Wrangel Arch and their Significance for the Geology of

- Chukchi Sea shelf // Saint Petersburg, Russia: 2008. 6 p.
74. *Van-Wagoner A., Williamson M., Robinson P., Gibson G.* First sample from acoustic basement recovered from the Alfa ridge, Arctic Ocean: new constraint for the origin of the ridge // *J. Geodynamics*. 1986. Vol. 6. P. 177–196.
75. *Wissinger E.S., Levander A.* Seismic images of crustal duplexing and continental subduction in the Brooks Range // *J. Geophys. Res.* 1997. Vol. 102. P. 20847–20871.
76. *Wolf L.W., McCaleb R.C., Stone D.B., Brocher T.M., Fujita K., Klempner S.L.* Crustal structure across Bering Strait, Alaska: Onshore recording of a marine seismic survey // *Geol. Soc. Am. Sp. Paper*. 2002. Vol. 360. P. 25–37.

Рецензенты: Н.А. Горячев, Б.Г. Голионко

Late Cretaceous–Paleogene Transform Zone between the Eurasian and North American Lithospheric Plates

V. D. Chekhovich^a, L. I. Lobkovskii^b, M. V. Kononov^b, and O. G. Sheremet^a

^a*Geological Institute of the Russian Academy of Sciences, Pyzhevskii per. 7, Moscow, 119017 Russia
e-mail: vadim@ilran.ru*

^b*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Nakhimovskii pr. 36, Moscow, 117997 Russia
Received March 10, 2015*

Abstract—Within the limits of the Chukchi Sea and the Amerasian Basin of the Arctic Ocean, study have been carried out to calculate *D* function anomalies. The result was the discovery of elongated faults that cut, according to the positions of the upper and lower extents of the disturbing masses, both the upper crust and the upper mantle. It is shown that these faults are right-lateral strike-slips continuing the Late Cretaceous–Paleogene structures of the same type in the Bering Sea. This suggests that the en echelon strike-slip system of the Bering Sea, Chukchi Sea, and Amerasian Basin is a relic of the Late Cretaceous–Paleogene transform fault between the Eurasian and North American lithospheric plates.

Keywords: East Arctic, Amerasian Basin, Bering Sea, calculation of *D* function anomalies, tectonics, paleogeodynamic reconstructions