

ОКЕАНИЧЕСКАЯ КОРА, ТРАНСРЕГИОНАЛЬНЫЕ ЗОНЫ СДВИГА И АМЕРАЗИЙСКАЯ МИКРОПЛИТА В МЕЛ-КАЙНОЗОЙСКОЙ ГЕОДИНАМИКЕ ФОРМИРОВАНИЯ ОКЕАНА В АРКТИКЕ

Э. В. Шипилов

Полярный геофизический институт Кольского научного центра РАН (Мурманск, Российская Федерация)

Статья поступила в редакцию 23 августа 2022 г.

Реконструирована структурно-тектоническая обстановка позднемелового-раннекайнозойского этапа геодинамической эволюции Арктического океана. Продemonстрировано, что океаническая кора в Евразийском и Канадском бассейнах занимает значительно меньшую площадь, чем это считалось ранее, и формировалась в обоих на сильно растянутых меловым рифтингом блоках континентального фундамента. При этих процессах были приведены в действие крупные и протяженные трансрегиональные зоны сдвига: Чукотско-Канадская при открытии Канадского бассейна в раннемеловое время и окраинно-континентальные Хатангско-Ломоносовская и Северогренландско-Канадская, активизация сдвиговых движений по которым связывается с позднемеловым-палеоценовым временем, когда происходило последовательное становление бассейнов Макарова и Евразийского. Как следствие в результате была обособлена и приведена в движение образовавшаяся новая композитная Амеразийская микроплита, которая объединила в себе блоки Арктической Аляски, Канадской котловины, Чукотского поднятия, поднятия Альфа-Менделеева, котловин Подводников и Макарова и хребта Ломоносова. Перемещение микроплиты по зонам сдвигов было направлено в сторону Тихоокеанской зоны субдукции.

Ключевые слова: Арктический океан, океаническая кора, геодинамика, рифтогенез, спрединг, трансрегиональные зоны сдвигов, Амеразийская микроплита.

Введение

Проблемы формирования глубоководных бассейнов и развития в них океанической коры, а следовательно, и общей структуры Арктического региона, до сих пор остаются остродискуссионными. И в этом отношении на первый план выступают вопросы разработки мезозойско-кайнозойских палеотектонических реконструкций и геодинамических моделей, направленных на восстановление геологической истории преобразования литосферы Арктики.

Нерешенные вопросы главным образом сводятся к тому, что существующее множество предложенных тектонических реконструкций не в состоянии преодолеть проблемы перекрытия плит или, наоборот, зияний между ними, а также объяснить отсутствие или присутствие деформаций литосферы, обусловленных кинематикой перемещения плит (микроплит), нередко с сопутствующим проворотом, и их взаимодействием. Вместе с тем меняются и представления о распространении спрединговой коры в глубоководных бассейнах.

При этом ситуация осложняется тем, что интерпретация одних и тех же геолого-геофизических исходных данных у различных авторов приводит зачастую к совершенно разноплановым и взаимопротиворечащим выводам. По нашему мнению, это свидетельствует об отсутствии глубинной базовой геодинамической модели, согласованной с имеющимися сегодня данными геологических наблюдений и геофизических исследований.

В представленной работе по результатам интерпретационного анализа комплекса геолого-геофизических данных обосновывается ряд новых выводов и положений:

- продемонстрировано, что океаническая кора в Евразийском бассейне занимает значительно меньшую площадь, чем считалось ранее;
- реконструировано и обосновано существование новой Амеразийской микроплиты на позднемезозойско-раннекайнозойском этапе преобразований литосферы Арктики;
- ограничение и соответствующее обособление микроплиты обусловлено ее перемещениями по

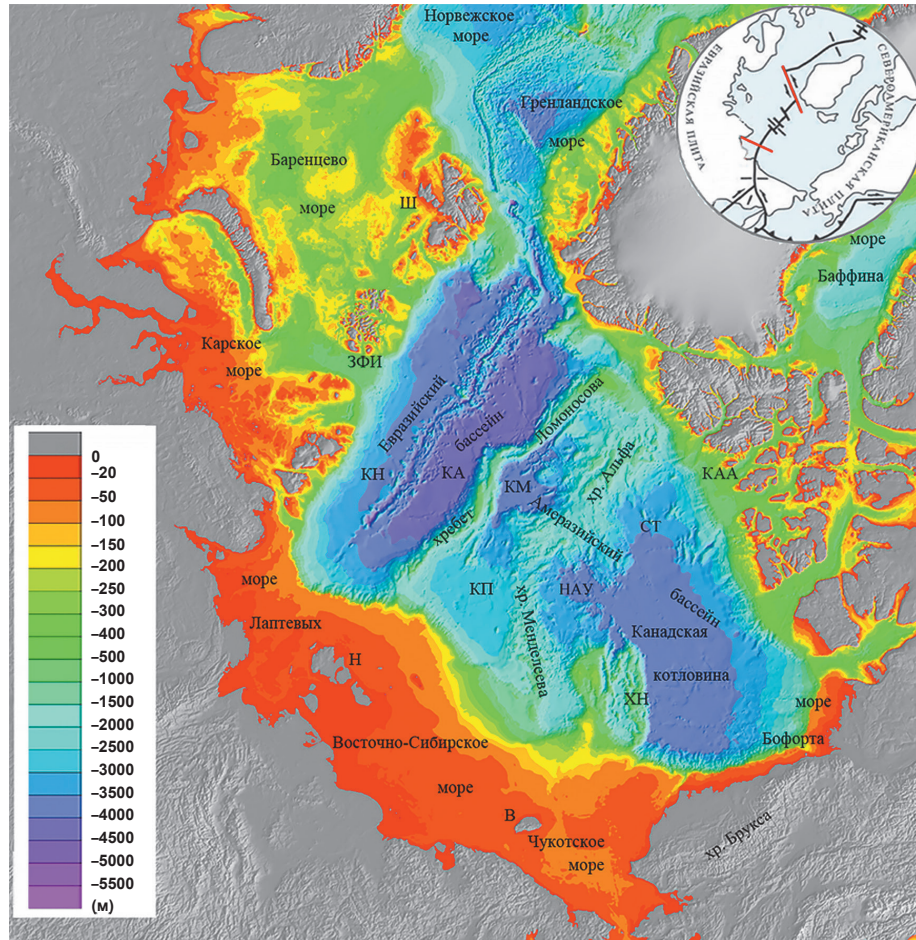


Рис. 1. Батиметрическая схема (IBCAO) и физико-географические элементы Арктического океана, упоминаемые в тексте. На врезке: положение Арктической геодепрессии в системе взаимодействия Евразийской и Североамериканской литосферных плит: В – остров Врангеля, ЗФИ – архипелаг Земля Франца-Иосифа, КА – котловина Амундсена, КАА – Канадский Арктический архипелаг, КН – котловина Нансена, КМ – котловина Макарова, НАУ – котловина Наутилус, СТ – котловина Стефенсона, КП – котловина Подводников, Н – Новосибирский архипелаг, ХН – хребт Нортвинд, Ш – архипелаг Шпицберген

Fig. 1. Bathymetric chart (IBCAO) and physiographic elements of the Arctic Ocean mentioned in the text. Inset: position of the Arctic geodepression in the system of interaction between the Eurasian and North American lithospheric plates: В – Wrangel, ЗФИ – Archipelago Franz Josef Land, КА – Amundsen Basin, КАА – Canadian Arctic Archipelago, КН – Nansen Basin, НАУ – Nautilus Basin, СТ – Stephenson Basin, КП – Podvodnikov Basin, Н – Novosibirsk Archipelago, ХН – Northwind, Ш – Archipelago Svalbard

выявленным крупным и протяженным трансрегиональным сдвиговым зонам разломов.

Амеразийская микроплита в совокупности с ограничивающими ее системами сдвигов в контексте разрабатываемой модели эволюции [1; 2] являются основными элементами проявления глубинных геодинамических процессов, связанных с перемещениями литосферы под воздействием движения потока мантийных масс в подлитосферной конвективной ячейке в сторону Тихоокеанской зоны субдукции.

Фактический материал и методы

Представленные в статье результаты, освещающие элементы позднемезозойско-раннекайнозойской структуры и геодинамические обстановки на этом этапе в Арктическом регионе, основаны на интерпретационном анализе комплекса геолого-геофизических данных [3; 4]. Они включают полученные

в последние годы профильные разрезы региональных и рекогносцировочных исследований методом отраженных волн общей глубинной точки (Морская арктическая геолого-разведочная экспедиция — МАГЭ), которые интерпретировались с опорой на магнитометрические и гравиметрические материалы. Вместе с тем использовались оригинальные данные определения абсолютного возраста пород платобазальтового магматизма рассматриваемого периода активизации геодинамических процессов, позволившие оконтурить области его распространения [5—8].

Основные элементы тектоники Арктического океана

Согласно существующим представлениям, геодепрессия Арктического океана в тектоно-геодинамическом отношении занимает позицию в области взаимодействия Евразийской и Североамерикан-

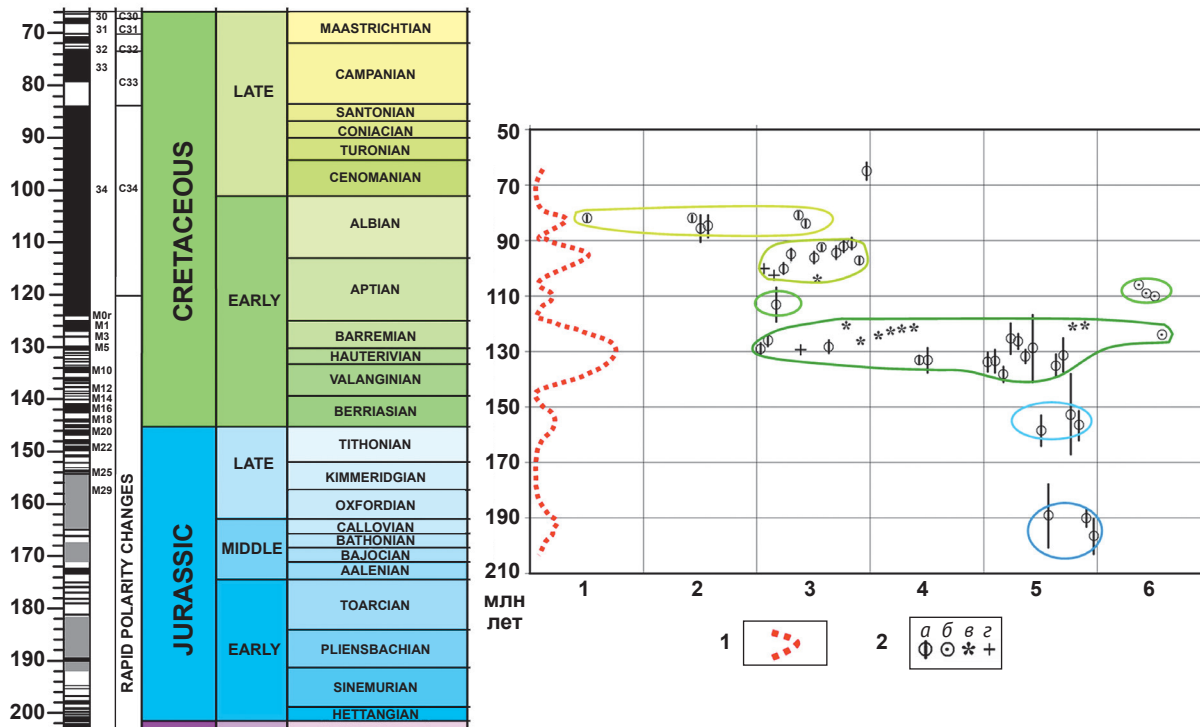


Рис. 2. Пространственно-временная характеристика и цикличность проявлений позднемезозойского плюмового магматизма Арктики: 1 — обобщенная кривая, иллюстрирующая пики активизации магматизма, 2 — значения возраста ($a - {}^{40}\text{Ar}/{}^{39}\text{Ar}$, $b - \text{K}/\text{Ar}$, $v - \text{U}/\text{Pb}$, $z -$ по стратиграфическим привязкам). Ось ординат — возраст (млн лет), ось абсцисс — области и районы проявления магматизма с возрастными датировками магматизма по столбцам: 1 — хребет Альфа, 2 — Северная Гренландия, 3 — Канадский Арктический архипелаг, 4 — архипелаг Шпицберген, 5 — архипелаг Земля Франца-Иосифа, 6 — архипелаг Де-Лонга. Оконтурированные цветными линиями группы значений возрастов — фазы магматизма

Fig. 2. Spatial-temporal characteristics and cyclical manifestations of Late Mesozoic plume magmatism in the Arctic: 1 — generalized curve illustrating peaks of magmatism activation; 2 — age values ($a - {}^{40}\text{Ar}/{}^{39}\text{Ar}$, $b - \text{K}/\text{Ar}$, $v - \text{U}/\text{Pb}$, $z -$ according to stratigraphic references). The ordinate axis is age (Ma), the abscissa axis is the areas and regions of magmatism manifestation with age dating of magmatism in columns: 1 — ridge Alpha, 2 — Northern Greenland, 3 — Canadian Arctic Archipelago, 4 — Archipelago Svalbard, 5 — Archipelago Franz Josef Land, 6 — Archipelago De-Long. Groups of age values outlined by colored lines are phases of magmatism

ской литосферных плит (рис. 1). Современный морфоструктурный облик этого океана был предопределен рифтогенными событиями с формированием в течение позднего мезозоя и в кайнозойское время трех глубоководных бассейнов — Канадского, Макарова-Подводников и Евразийского, разобщенных хребтами Альфа-Менделеева и Ломоносова. Широкомасштабный и растянутый во времени юрско-меловой рифтогенез, сопровождавшийся мощными проявлениями платобазальтового магматизма с пиковым возрастом примерно 130 млн лет [6; 7], привел к гипертрофированному растяжению литосферы в Арктике, которое затем переросло в поступательную последовательность спрединговых событий. В Канадском бассейне инициальная фаза спрединга связывается с ранним мелом, в бассейне Макарова предположительно с поздним мелом — палеоценом (?), и в Евразийском он стартовал в самом конце палеоцена, как считается, 57—56 млн лет назад (хроны C25/C24). В результате в первом и последнем из них образовались окна океанической спрединговой коры. Относительно впадины Макарова вопрос о типе коры остается открытым, однако некоторые исследователи находят основание для выделения

в структуре магнитного поля этого бассейна полосовых аномалий (см. [9] и ссылки в ней). Вместе с тем в отличие от Канадского и Евразийского бассейнов, формирование которых протекало под воздействием медленного и ультрамедленного спрединга, в бассейне Макарова, расположенном между ними, просматриваются черты, свойственные бассейнам, развивавшимся по типу pull-apart.

Необходимо заметить, что имеющиеся геолого-геофизические данные не исключают некоторого перекрытия в геохронологической последовательности образования бассейнов. Наряду с этим, несмотря на различную ориентировку осевых зон спрединга и депоцентов в отмеченных бассейнах, очевиден вектор однонаправленного смещения рифтогенно-спрединговых процессов в сторону Баренцево-Карской континентальной окраины, что не находит объяснения в рамках существующих палеотектонических реконструкций.

Результаты геофизических исследований последних лет свидетельствуют, что океаническая кора в глубоководных бассейнах Арктики — Канадском и Евразийском — занимает значительно меньшую площадь, чем это считалось ранее [2; 10—12].

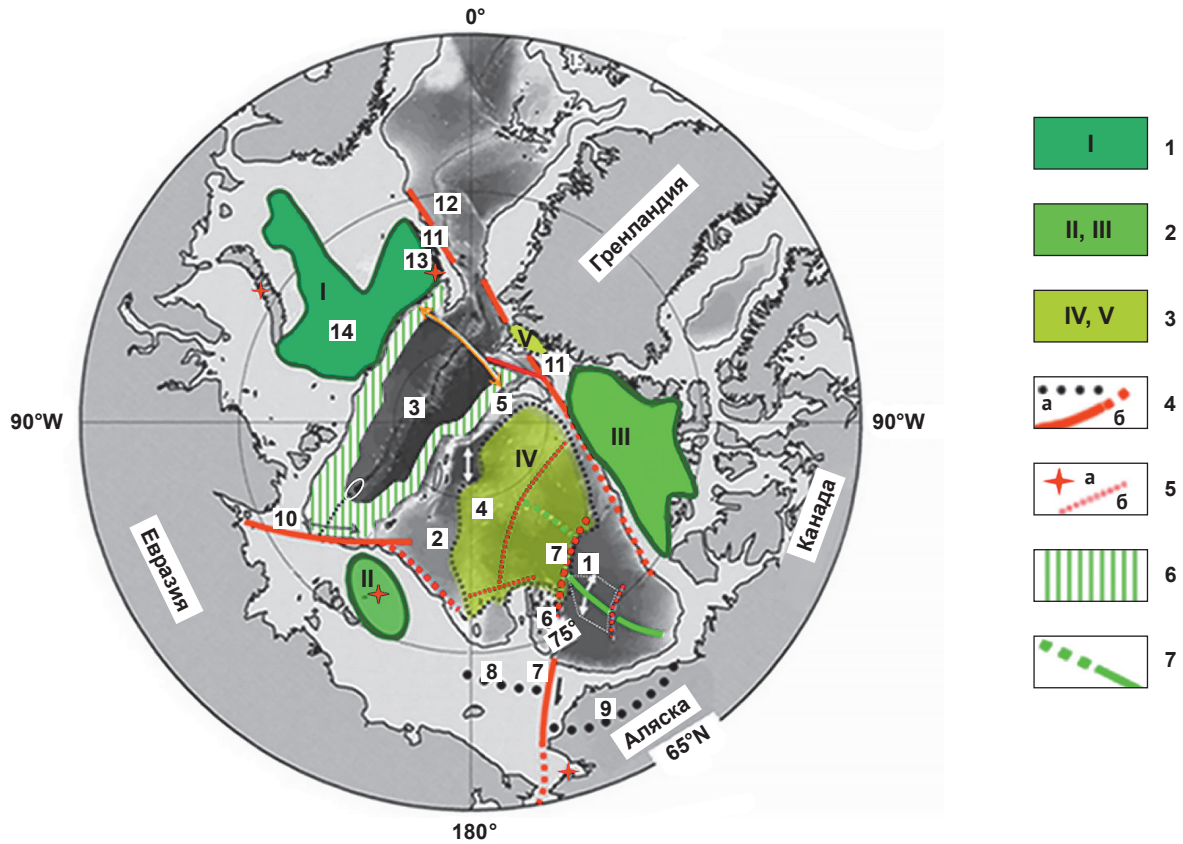


Рис. 3. Основные геоструктуры, провинции позднемезозойского плюмового магматизма и распределение типов коры в глубоководных бассейнах Арктики: 1–3 – магматизм: 1 – преимущественно юрско-раннемеловой, 2 – преимущественно ранне-среднемеловой, 3 – преимущественно позднемеловой; 4: а – депоцентр бассейнов, б – зоны сдвига и их перекрытые осадочным чехлом продолжения; 5: а – проявления кайнозойского/позднекайнозойского магматизма, б – предполагаемые нарушения; 6 – сильно растянутый континентальный фундамент и транзитная кора в Евразийском бассейне; 7 – спрединговый центр и его возможное продолжение в Канадском бассейне (трапециевидный белый контур – окно океанической коры). Римские цифры на схеме – магматические провинции: I – Баренцевоморская, II – Восточно-Сибирского моря, III – бассейна Свердруп (Канадский Арктический архипелаг), IV – хребет Альфа-Менделеева и севера Канадского бассейна, V – Северо-Гренландская. Арабские цифры на схеме: 1 – Канадский бассейн и его спрединговый центр (коническая трапеция – окно океанической коры), 2 – бассейн Подводников-Макарова, 3 – Евразийский бассейн со спрединговым центром хребта Гаккеля (белый овал – кальдера, см. текст), 4 – хребет Альфа-Менделеева, 5 – хребет Ломоносова, 6 – хребет Нортвинд, 7 – Чукотско-Канадская зона сдвига (трансформа) и ее возможные продолжения, 8 – Северо-Чукотский прогиб, 9 – прогиб Колвилл, 10 – Хатангско-Ломоносовская зона сдвига и ее продолжение, 11 – Шпицбергенско-Северогренландская зона сдвига и ее продолжение в виде Северогренландско-Канадского звена, 12 – спрединговый центр хребта Книповича, 13 – архипелаг Шпицберген, 14 – архипелаг Земля Франца-Иосифа

Fig. 3. Main geostructures, provinces of Late Mesozoic plume magmatism, and distribution of crustal types in the deep-sea basins of the Arctic: 1–3 – magmatism: 1 – predominantly Jurassic-Early Cretaceous, 2 – predominantly Early-Middle Cretaceous, 3 – predominantly Late Cretaceous; 4: a – depocenter of basins, b – shear zones and their extensions overlapped by sedimentary cover; 5: a – manifestations of Cenozoic/Late Cenozoic magmatism, b – supposed faults; 6 – strongly extended continental basement and transitive crust in the Eurasian basin; 7 – spreading center and its possible continuation in the Canadian Basin (trapezoidal white outline – oceanic crust window). Roman numerals on the diagram are igneous provinces: I – Barents Sea, II – East Siberian Sea, III – Sverdrup basin (Canadian Arctic Archipelago), IV – ridge Alpha Mendeleev and the north of the Canadian basin, V – North Greenland. Arabic numerals in the diagram: 1 – Canadian basin and its spreading center (conical trapezium – window of the oceanic crust), 2 – Podvodnikov-Makarov basin, 3 – Eurasian basin with the spreading center of the ridge Gakkel (white oval – caldera, see text), 4 – ridge Alfa-Mendeleev, 5 – ridge Lomonosov, 6 – ridge Northwind, 7 – Chukchi-Canadian shear zone (transform) and its possible extensions, 8 – North Chukchi trough, 9 – Colville trough, 10 – Khatanga-Lomonosov shear zone and its extension, 11 – Svalbard-North Greenland shear zone and its extension in the form of the North Greenland-Canadian link, 12 – the spreading center of the ridge Knipovicha, 13 – Archipelago Svalbard, 14 – Archipelago Franz Josef Land

В Канадском бассейне обоснование основных рубежей развития опирается на результаты сейсмостратиграфического анализа, учитывающего данные общегеологического характера по сухопутному обрамлению, и бурения морских скважин. На сейсмических разрезах исследователи выделяют три главных региональных несогласия: поздний кел-

ловей – начало оксфорда, поздний готерив и середина апта, которые интерпретируются как главные несогласия, связанные с фазами растяжения и разломообразования [10; 12–17 и др.]. С этих позиций начало первой (доокеанической) фазы рифтинга оценивается примерно в 158 млн лет, последующая фаза, связанная со спредингом, завершилась

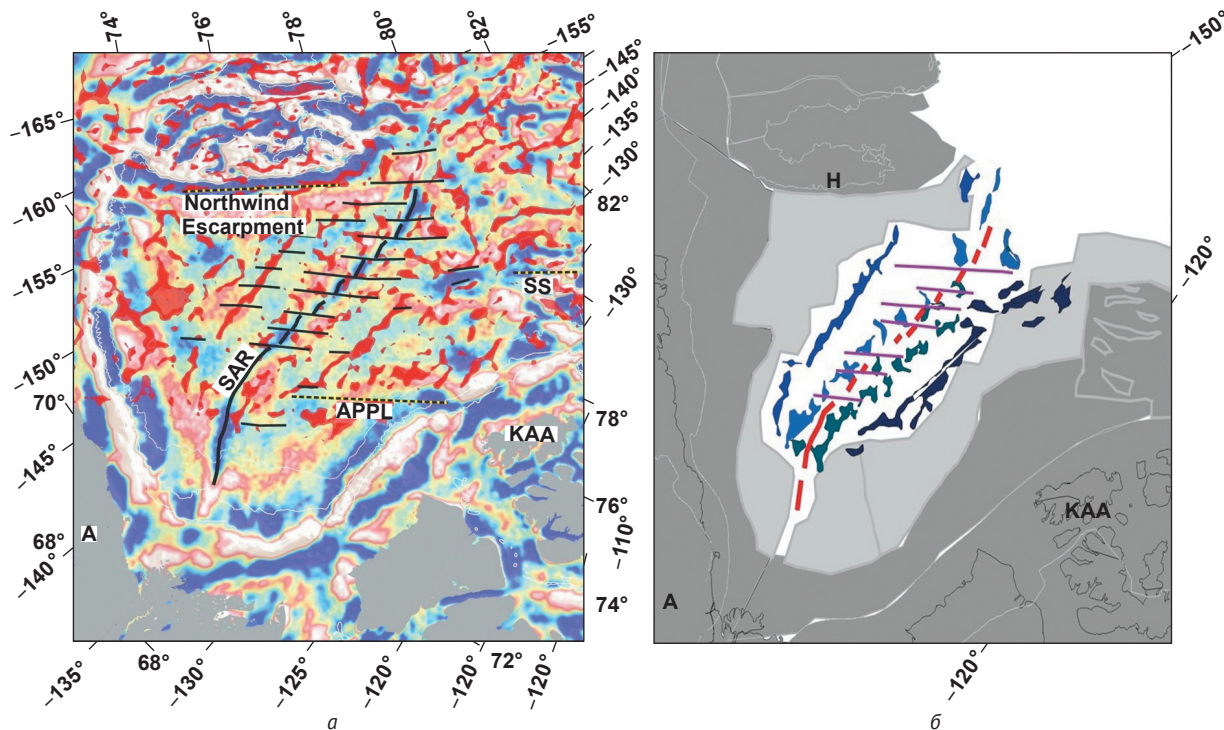


Рис. 4. Линейные магнитные аномалии окна океанической коры на фоне гравиметрических аномалий (а) и реконструкция тектонической позиции срединно-океанического хребта и океанической коры относительно транзитной (светло-серый цвет) и континентальной коры (серый цвет) в Канадском бассейне (б) [11]: А — Аляска, КАА — Канадский Арктический архипелаг, Н — хребет Нортвинд, APPL — линеймент Аляска — остров Принца Патрика, SAR — срединно-океанический хребет, SS — линеймент Север Спур

Fig. 4. Linear magnetic anomalies of the oceanic crust window against the background of gravimetric anomalies (a) and reconstruction of the tectonic position of the mid-ocean ridge and oceanic crust relative to the transit (light gray color) and continental crust (gray color) in the Canadian Basin (b) [11]: A — Alaska, KAA — Canadian Arctic Archipelago, H — Northwind Ridge, APPL — lineament of Alaska — Prince Patrick Island, SAR — mid-ocean ridge, SS — Sever Spur lineament

128,6 млн лет назад. Третья, заключительная (пост-спрединговая) фаза деструктивных преобразований, фиксируемая на континентальных окраинах Канадского бассейна, проявилась в апт-альбское время. Отмеченные рубежи эволюционных преобразований литосферы, в которых основополагающая роль отводится широкомасштабному рифтингу с последующим спредингом, в определенной степени сопоставимы с пиками позднемезозойского базальтоидного магматизма, охватившего не только континентальные окраины, но и область Центрально-Арктических поднятий (рис. 2 и 3) [6].

В последние годы в Канадском бассейне на основе глубинных сейсмических методов и высокоразрешающей магнитометрии проведена переоценка области распространения океанической коры и возрастной привязки спрединговых линейных магнитных аномалий [10—12].

Было продемонстрировано, что окно распространения океанической коры в этом бассейне имеет размеры в длину примерно 590 км (с севера на юг), а в ширину — 340—400 км (с запада на восток) — с внешней стороны краевых парных магнитных аномалий (см. рис. 3, трапецевидная область).

Магнитные данные высокого разрешения позволили оценить ее возраст в диапазоне 139,5—128,6 млн лет по временной шкале геомагнитной

полярности [18], или 142,4—132,8 млн лет по шкале [19]. В совокупности эти данные позволяют считать, что скорость спрединга была низкой и составляла примерно 32 и 38 мм/год по указанным шкалам соответственно [12]. Отмечается, что непосредственно в самой осевой зоне спрединга заметные трансформные смещения не устанавливаются, но прерывистый характер магнитного поля в зоне спредингового центра свидетельствует о сегментации.

Несколько иная трактовка распространения океанической коры приводится в [11]. На основе комплексного и углубленного анализа гравиметрических и магнитометрических данных и их сопоставления окно океанической коры имеет более удлиненную конфигурацию, чем в [10; 12]. Сегментация спредингового центра носит более заметный характер, и определяющие ее нарушения по своему простиранию согласуются с другими линейментами и в общем плане субпараллельны эскарпу хребта Нортвинд (рис. 4).

На остальной части глубоководного ложа устанавливаются и доминируют сильно растянутые блоки континентального фундамента переходной (транзитной) коры, а по периферии — сооружения отрогов хребта Альфа-Менделеева и периокеанические блоки окраин континентов. Наличие значительных по площади распространения областей сильно

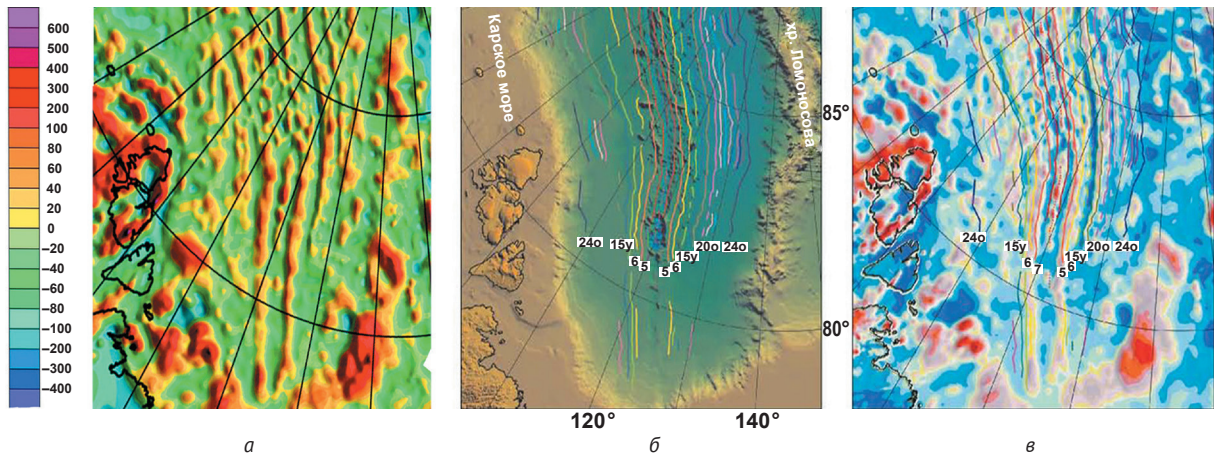


Рис. 5. Аномалии магнитного поля южной части Евразийского бассейна и прилегающих районов (а), положение линейных магнитных аномалий на батиметрической схеме (б) и на карте аномального магнитного поля (в) [24]

Fig. 5. Anomalies of the magnetic field of the southern part of the Eurasian Basin and adjacent regions (a), the position of linear magnetic anomalies on the bathymetric scheme (b) and on the map of the anomalous magnetic field (c) [24]

растянутых блоков континентальной и транзитной коры к западу и востоку от окна океанической спрединговой коры свидетельствует о существовании на месте Канадской котловины в домеловое время (каменноугольный — юрский периоды) континентального массива (суши), спрогнозированного еще в [13] и названного автором «Crockerland». Если это так, то изначальное положение так называемого Арктического рифта, с которого началась история становления Канадского бассейна, следует увязывать не с окраиной Свердрупского бассейна, а с централизованной частью отмеченного палеоконтинентального массива, что, соответственно, дает основание говорить об увеличении размеров микроплиты Арктической Аляски (см. рис. 4) и пересмотре плитотектонических реконструкций. В этой связи очевидно, что угол раскрытия Канадского бассейна, учитывая доминирование площади распространения блоков сильно растянутого континентального фундамента и транзитной коры, окружающей окно спрединговой коры, составляет не 66° [15], а примерно на треть меньше.

Геометрическая конфигурация окна океанической коры в рассмотренных случаях, а также асимметричная площадь утоненной переходной коры и сильно растянутого континентального фундамента не совсем соответствуют ротационной веерообразной модели раскрытия Канадского бассейна. Просматриваемые в морфологии рельефа дна и в структуре геофизических полей бассейна элементы, ориентированные субпараллельно восточному ограничению хребта Нортвинд, дают основание говорить о косом развитии спрединга. Вместе с тем отмеченное указывает на то, что общее смещение происходило вдоль главной зоны разломов, разграничивающей континентальную кору данного хребта от транзитной коры Канадской котловины [6; 11; 17] (см. рис. 4). Скорее всего, при раскрытии Канадского бассейна проявился комбинированный механизм сдвиговых перемещений с фазами некоторого проворота микроплиты Арк-

тической Аляски с учетом ее изменившейся в плане конфигурации. Однако следует заметить, что развитие редуцированной континентальной коры прогнозируется также в самой северной части Канадского бассейна в котловинах Наутилус и Стефенсона, где предполагаемое продолжение спредингового хребта, возможно, перекрыто и замаскировано проявлениями фаз более молодого магматизма, чем возраст спрединга [6; 20].

В **Евразийском бассейне** континентальные блоки сильно растянутого и погруженного континентального фундамента занимают его южный (прилаптевоморский) сегмент [2; 4], а также располагаются вдоль подножий Баренцево-Карской окраины и хребта Ломоносова [21; 22]. Считается, что максимальная полная скорость спрединга ультрамедленного хребта Гаккеля в Баренцево-Гренландской части Евразийского бассейна составляет примерно 13 мм/год, уменьшаясь в направлении к Лаптевоморской континентальной окраине до 6—7 мм/год. Оценки скорости ультрамедленного спрединга хребта Гаккеля в его южной половине весьма проблематичны из-за недостаточной точности и детализации данных магнитной съемки. В результате одиночная на первый взгляд линейная магнитная аномалия может состоять из нескольких различных магнитных инверсий [23].

Вместе с тем очевидно, что на подходе к южной оконечности бассейна в ряде мест линейные магнитные аномалии теряют субпараллельную ориентировку и смыкаются. А в южной части бассейна (от 81° с. ш. и южнее) четко прослеживается лишь пара наиболее молодых аномалий, очерчивающих осевую зону спрединга хребта Гаккеля (рис. 5). Здесь эти молодые линейные магнитные аномалии субмеридиональной направленности, как и продолжение осевой зоны хребта Гаккеля, наложены на фоновые изометричные отрицательные элементы магнитного поля с преобладающей субширотной и северо-восточной ориентировкой (рис. 5в). Сейсмические

разрезы в этом районе отображают непрерывную систему сброшенных блоков континентального фундамента с сопредельных районов континентальных окраин и хребта Ломоносова [2].

Выделение и возрастная индексация прочих неясных фрагментов других аномалий, особенно периферийных, расположенных у подножия окраин и хребта Ломоносова, вызывают сомнения (см. рис. 5в). Кроме того, на карте в южном сегменте бассейна по обе стороны осевой зоны отмечаются аномалии резко несогласного С-З простирания. Это может свидетельствовать о наложенности современной оси спрединга хребта Гаккеля на более древний трансформированный (остаточный) план магнитных аномалий.

На приведенных в ряде работ схемах распространения линейных магнитных аномалий некоторые из них не находят отражения в структуре магнитного поля (см. рис. 5в). А наиболее упорядоченный и устойчивый характер полосовых магнитных аномалий в южной половине бассейна (до 81° с. ш.) отмечается между 15-й (котловина Нансена) и 18—20-й (котловина Амундсена) аномалиями.

Приходится признать, что возрастная датировка линейных магнитных аномалий в глубоководных океанических бассейнах Арктики, по которым определяются начало спрединга и площадной масштаб распространения океанической коры, носит неоднозначный характер. В этой связи не исключена вероятность, что возникнет необходимость пересмотра и переоценки возрастной датировки линейных магнитных аномалий в Евразийском бассейне.

Сейсмические разрезы в прилаптевоморском сегменте Евразийского бассейна (за 81° с. ш.) отображают непрерывную систему сброшенных блоков континентального фундамента структур обрамления, возникшую под воздействием значительного рифтогенного растяжения земной коры в меловое время. Блоки сильно растянутого фундамента транзитной коры занимают практически весь крайний южный сегмент Евразийского бассейна, где отсутствуют регулярные полосовые магнитные аномалии (см. рис. 5). Важно подчеркнуть, что никаких признаков, характерных для океанического фундамента, в волновой картине на сейсмических разрезах в этом сегменте Евразийского бассейна не обнаруживается, что обосновано в [2]. Следует заметить, что положение так называемой Кальдеры Гаккеля [25], или Gakkell Ridge Deep по [23], с батиметрическими отметками примерно 5310 м на хребте Гаккеля приурочено как раз к границе океанического и сильно растянутого континентального фундамента южного сегмента бассейна (см. рис. 3). Время магматической активизации этой глубокой структуры в осевой зоне спредингового хребта, как свидетельствует определение абсолютного возраста подушечного базальта с подводной горы, расположенной на краю кальдеры, составляет по $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ $3,65 \pm 0,01$ млн лет [23]. Близкий по возрасту позднекайнозойский магматизм зафиксирован на плато Де-Лонга [26]. Вообще

же базальтоидный магматизм на континентальных окраинах, который можно связать по времени с раскрытием Евразийского бассейна, проявился очень скудно (см. рис. 3). В отличие от позднемезозойского магматизма его позднекайнозойские проявления известны лишь на архипелагах Шпицберген и Де-Лонга [27].

Все изложенное позволяет констатировать, что ультрамедленный спрединг в Евразийском бассейне, как и в случае Канадского бассейна (медленный спрединг), несмотря на различие временных рамок этих событий, не привел к их полному раскрытию.

Трансрегиональные сдвиговые зоны разломов и Амеразийская микроплита

Полученные в последние годы материалы геолого-геофизических исследований и их интерпретация позволили нам уточнить ранее высказанные соображения о временных рамках реорганизации структуры и изменениях в геодинамической направленности эволюции океана в Арктике [3; 20; 28]. Принципиально важный аспект заключается в том, что на позднемезозойско-раннекайнозойском этапе геодинамической эволюции определилась новая блоковая делимость литосферы в Арктическом регионе с обособлением Амеразийской микроплиты в его океанической геодепрессии [2]. Фундаментальную роль в этой дифференциации структуры Арктики играли две крупные трансрегиональные зоны разломов со сдвиговой компонентой смещения — Шпицбергенско-Северогренландская (и ее продолжение в виде Северогренландско-Канадского звена) и Хатангско-Ломоносовская (см. рис. 3). Нами было показано, что они отчетливо выделяются в рельефе дна, в структуре геофизических полей, по сейсмической информации и другим показателям [2; 3; 6; 29].

На сейсмических разрезах о сдвиговой природе отмеченных зон свидетельствуют изменения мощности в коррелятивных сейсмостратиграфических комплексах на различных структурных уровнях и гипсометрических отметках фундамента по обе стороны разломов (рис. 6). При этом разломы этих зон на разрезах четко проявлены в нижней половине осадочного чехла, захватывая низы кайнозоя, тогда как выше они становятся менее выразительными и, видимо, трансформируются либо в разломы с незначительной амплитудой смещения, либо в нарушения, обусловленные трещиноватостью. Последнее обстоятельство может быть объяснено затуханием их тектонической активности [30], конседиментационным характером развития или, что не исключено, слабым оживлением под воздействием сейсмотектонических факторов фонового уровня [31; 32].

Некоторые сейсмические разрезы и их интерпретированные сейсмогеологические версии, пересекающие и характеризующие трансрегиональные зоны сдвигов, в том числе разрез А-7 через Хатангско-Ломоносовскую зону (см. врезку на рис. 6), мы приводили в работах [2; 4; 28]. На рис. 6 приведен разрез, иллюстрирующий продолжение Хатангско-

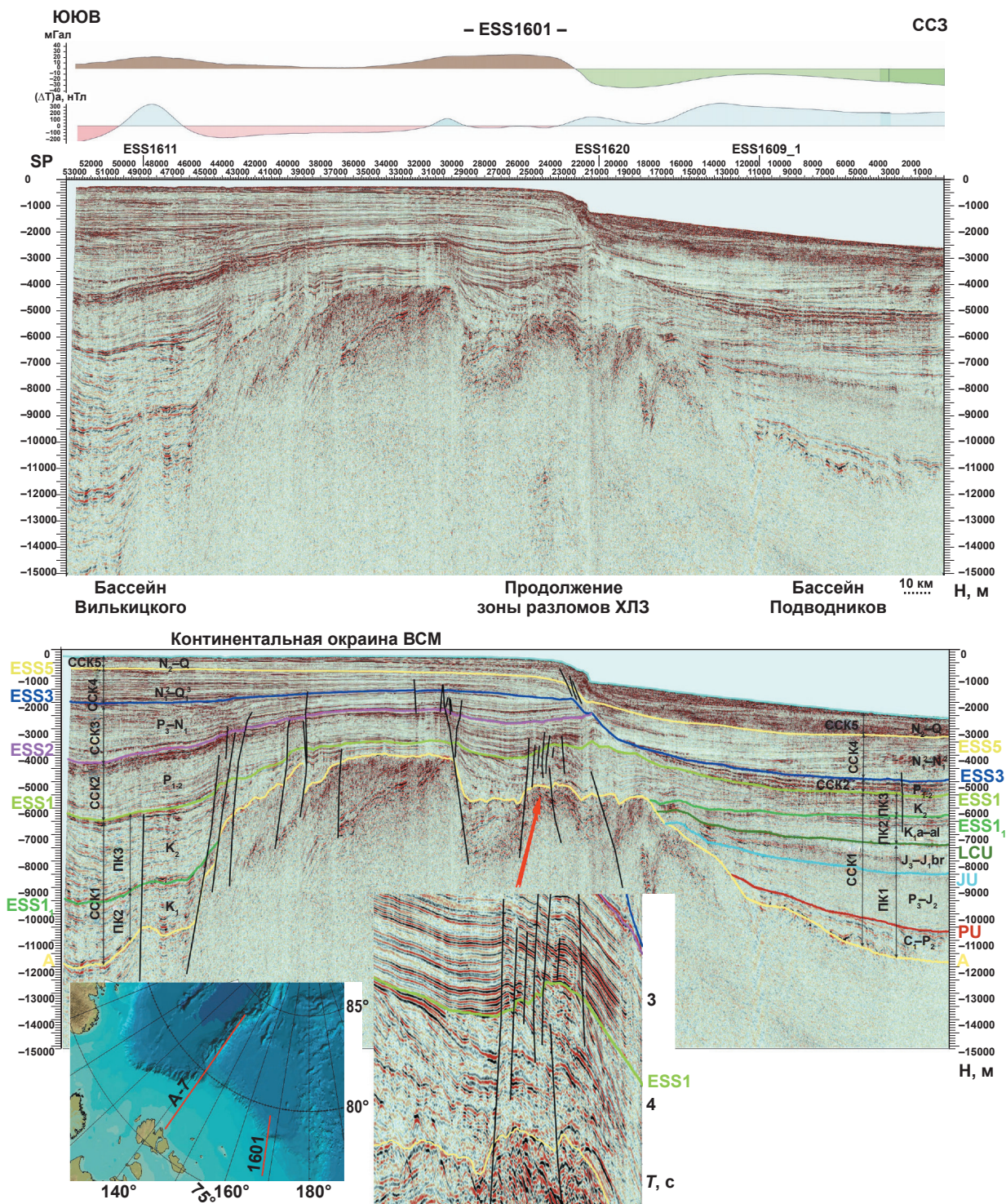


Рис. 6. Сейсмический глубинный (м) разрез 1601 МОВ ОГТ и его интерпретированная версия (по материалам МАГЭ), иллюстрирующие продолжение Хатангско-Ломоносовской зоны разломов (ХЛЗ) на границе континентальной окраины Восточно-Сибирского моря (ВСМ) и котловины Подводников. На врезках: расположения линий разрезов 1601 и А-7 (пересекающий ХЛЗ между континентальной окраиной и хребтом Ломоносова [2]) и увеличенный сейсмический (временной) фрагмент, детализирующий строение зоны разломов. Обозначения: ССК и ПК – сейсмостратиграфические комплексы и подкомплексы, цветные индексы – основные отражающие горизонты

Fig. 6. Seismic depth (m) section 1601 CDP (MAGE) and its interpreted version, illustrating the continuation of the Khatanga-Lomonosov fault zone (ХЛЗ) at the boundary of the continental margin of the East Siberian Sea (ВСМ) and the Podvodnikov Basin. Insets: locations of lines of sections 1601 and A-7 (crossing the ХЛЗ between the continental margin and the Lomonosov Ridge [2]) and an enlarged seismic (temporal) fragment detailing the structure of the fault zone. Designations: ССК and ПК – seismostratigraphic and intermediate complexes, color indices – main reflectors



Рис. 7. Палеотектоническая реконструкция на поздне меловое время и позиция Амеразийской микроплиты, ограниченной трансрегиональными зонами сдвигов. Зеленый цвет с вертикальной штриховкой — меловая рифтованная кора, лазурный цвет с ромбической штриховкой — океаническая кора. БК — Баренцево-Карская окраина, ЗФИ и Ш — Земля Франца-Иосифа и Шпицберген, Е — формирующийся Евразийский бассейн, Л — блок хребта Ломоносова; трансрегиональные сдвиговые зоны: ХЛЗ — Хатангско-Ломоносовская, СГКЗ — Северогренландско-Канадская; бассейны: КП — Подводников, КМ — Макарова, КБ — Канадский (ок — океаническая кора), Н — Наутилус, СТ — Стефенсона; поднятия: М и А — Альфа-Менделеева, ЧП — Чукотское; Г — Гренландия, ЧП — Чукотка, АА — Арктическая Аляска

Fig. 8. Paleotectonic reconstruction for the Late Cretaceous and the position of the Amerasian microplate. Green color — Late Cretaceous rifted crust, azure color — oceanic crust. БК — Barents-Kara margin, ЗФИ and Ш — Franz Josef Land and Svalbard, Е — emerging Eurasian basin, Л — Lomonosov ridge block; strike-slip/transform fault: ХЛЗ — Khatangsko-Lomonosovskaya, СГКЗ — North Greenland-Canadian; basins: КП — Podvodnikov, КМ — Makarov, КБ — Canadian (ok — oceanic crust), Н — Nautilus, СТ — Stephenson; elevations: М and А — Alpha-Mendeleev, Ч — Chukotka; Г — Greenland, ЧП — Chukotka borderland, АА — Arctic Alaska

Ломоносовской системы разломов (ХЛЗ) в виде ее Ломоносовско-Менделеевского звена на континентальной окраине Восточно-Сибирского моря на границе с котловиной Подводников со всеми присущими сдвиговой зоне признаками, отмеченными выше.

Хатангско-Ломоносовская зона разломов и ее продолжение по всем характеристикам, как и Северогренландско-Канадская, является трансрегиональ-

ной, т. е. участвующей в строении ряда разнородных структур литосферы (рис. 3, 7). Время проявления правосдвиговых перемещений по Хатангско-Ломоносовской зоне присибирского окончания хребта Ломоносова относительно Сибирской палеоокраины началось в первой фазе рифтинга — в процессе значительного по масштабам общерегионального растяжения континентальной коры в апте-альбе. Смещение было продолжено в течение второй фазы рифтинга в позднем мелу — раннем кайнозое во взаимосвязи с заложением и развитием Евразийского бассейна.

Следует отметить, что напряжения сдвига-сжатия, возникшие при движении хребта Ломоносова вдоль Хатангско-Ломоносовской зоны, в геодинамическом плане, несмотря на структурные и некоторые временные различия, были подобны условиям формирования Западно-Шпицбергенского и Эуреканского складчато-надвиговых поясов, обусловленным режимом транспрессивных взаимоотношений между Гренландией и Свальбардской плитой в первой половине кайнозоя [3]. Как следствие были сформированы пликативные и дизъюнктивные дислокации осадочного чехла, коррелируемые по времени образования с фазами раннего этапа развития Норвежско-Гренландского и Евразийского бассейнов и отчетливо запечатленные в обнажениях Западного Шпицбергена [5].

Геолого-геофизические данные свидетельствуют о том, что аналогичные смещения Амеразийской микроплиты в сторону зоны субдукции Тихоокеанского бассейна устанавливаются для звеньев зоны разломов на гренландско-канадском окраинно-континентальном обрамлении глубоководных бассейнов. Сейсморазведкой в этой зоне установлено чередование и комбинирование структур, обусловленных процессами сбросо- и сдвигообразования [33; 34]. При этом характерной особенностью является то, что возникшие дислокации затрагивают как континентальную (внутреннюю), так и «океаническую» (внешнюю) части зоны разломов. Наши представления о сдвиговых процессах в геодинамической эволюции арктического региона, изложенные в публикациях [2; 3; 6; 20; 28], находят подтверждения в исследованиях зарубежных геологов и геофизиков. В этом плане приведена иллюстрация (рис. 8) из [35], в которой авторы на основе исследования структурно-деформационных признаков окраинно-континентальных комплексов пород Канадского Арктического архипелага приходят к выводу о длительной и унаследованной истории сдвиговых перемещений вдоль Северогренландско-Канадской трансформной системы (в их статье — CATS — Canadian Arctic transform system) и в мезозойско-кайнозойское время включительно.

Обсуждение и заключение

Таким образом, реализация движений по отмеченным зонам сдвига в позднем мелу — раннем кайнозое привела на данном этапе реорганизации литосферы к обособлению в Арктике новой компо-

зитной Амеразийской микроплиты, которая объединила в себе блоки Арктической Аляски, Канадской котловины, Чукотского поднятия, поднятия Альфа-Менделеева, котловин Подводников и Макарова, а также хребта Ломоносова (см. рис. 7).

Указанные сдвиговые зоны в контексте разрабатываемой в последние годы коллективом ученых (из Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Геологического института РАН, Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука Сибирского отделения РАН и Полярного геофизического института Кольского научного центра РАН) геодинамической модели позднемезозойско-кайнозойской эволюции Арктики являются основными элементами глубинной геодинамики литосферных преобразований, сопровождающих действие верхнемантийной конвективной ячейки [1; 2; 36].

Причина формирования таких крупных протяженных сдвиговых зон и соответствующих трансформаций литосферы, по нашему мнению, лежит в глубинной геодинамике, обусловленной процессами перемещения литосферы подлитосферными мантийными массами возвратной ветви конвективной ячейки в сторону Тихоокеанской зоны субдукции. Это вызывает соответствующий тянущий момент и ползучесть самой литосферы с сопровождающими ее эффектами растяжения в одних местах и деформациями сжатия в других в пределах одной и той же плиты. В данном случае ею является новообразованная композитная Амеразийская микроплита, которая перемещалась по примерно параллельным крупным зонам сдвигов на краях Канадского арктического и Сибирско-Чукотского шельфов в сторону Пацифики [1; 2; 28] (см. рис. 3, 7). Движение Амеразийской микроплиты сопровождалось рифтогенезом и отрывом хребта Ломоносова от Баренцево-Карской окраины, раскрытием Евразийского бассейна в тылу хребта и трансформными смещениями — правосторонними вдоль Хатангско-Ломоносовской зоны и левосторонними вдоль Северогренландско-Канадской разломной зоны. Вместе с тем в результате перемещения Амеразийской микроплиты до этого единый ареал меловых платобазальтов был разорван, и Центрально-Арктическая провинция магматизма оказалась отделенной и отодвинутой от Баренцевоморской магматической провинции [6—8; 16; 37; 38].

В сравнительном плане следует отметить, что в сценариях развития Евразийского и Канадского бассейнов наблюдается определенное сходство: заложение на рифтованной в меловое время континентальной коре, участие в развитии трансрегиональных зон сдвига с обособлением микроплит, медленный/ультрамедленный спрединг и значительно меньшая площадь развития океанической коры, чем это считалось ранее.

В связи с изложенным представляется, что одной из наиболее вероятных причин проявления поздних фаз складчатости в Арктической Аляске [39] и в южном сегменте Канадской котловины являет-

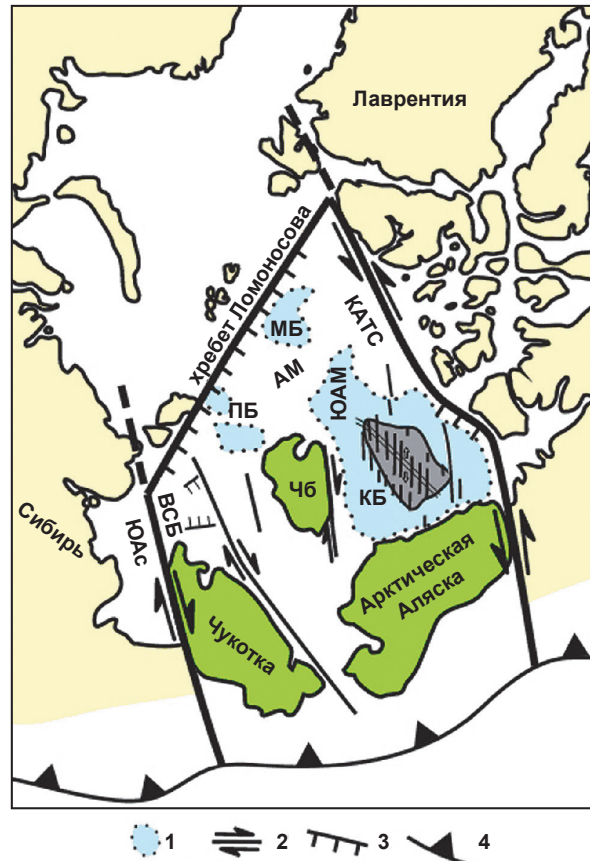


Рис. 8. Схематическая мезозойская палеогеографическая реконструкция, иллюстрирующая положение и роль Канадской Арктической трансформной системы (КАТС) в формировании структуры Арктического океана [35 с изменениями]: 1 — утоненная кора, 2 — сдвиги/трансформы, 3 — разломно-сбросовые зоны, 4 — зона субдукции. ЮАС — Южно-Анжуйская сутура, ВСБ — Восточно-Сибирские бассейны; бассейны: ПБ — Подводников, МБ — Макарова, КБ — Канадский; АМ — поднятие Альфа-Менделеева, ЧБ — Чукотский бордерленд, ЮАМ — южные отроги поднятия Альфа-Менделеева

Fig. 8. Schematic Mesozoic paleogeographic reconstruction illustrating the position and role of the Canadian Arctic Transform System (CATS) in the formation of the structure of the Arctic Ocean [35 with changes]: 1 — thinned crust, 2 — strike-slip/transform fault, 3 — normal fault-discharge zones, 4 — subduction zone. ЮАС — South Anyu sutura, ВСБ — East Siberian basins; basins: ПБ — Podvodnikov, МБ — Makarov, КБ — Canadian; АМ — Alpha-Mendeleev uplift, ЧБ — Chukchi borderland, ЮАМ — southern spurs of Alpha-Mendeleev uplift

ся движение Амеразийской микроплиты в сторону Тихоокеанских зон субдукции. Это привело к напряженно-деформированному состоянию литосферы краевой фронтальной части микроплиты с формированием здесь позднемеловых-кайнозойских зон деформаций и их фрагментов.

В недавно опубликованных работах [40; 41] предложенная субдукционно-конвективная модель эволюции Арктики получила независимое подтверждение по результатам геохимических исследований состава базальтов хребта Гаккеля, которые, как и предсказывалось нашей моделью, имеют четкий след Тихоокеанской субдукции.

Реконструкция обособления Амеразийской микроплиты и ее участия в позднемезозойско-раннекайнозойской структуре и геодинамической эволюции Арктики в контексте субдукционно-конвективной модели значительно расширяет возможности интерпретационного анализа геолого-геофизических данных и, кроме того, позволяет устранить ряд проблем при палеотектонических построениях, указанных в начале статьи.

Работа подготовлена по результатам выполнения проектов РФФИ и их финального этапа по теме № 18-05-70012 «Развитие геодинамической модели эволюции литосферы Арктики в мезозое-кайнозое в связи с научным обоснованием заявки России в Комиссию ООН на установление внешней границы континентального шельфа Российской Федерации в Северном Ледовитом океане», код «Ресурсы Арктики».

Автор выражает искреннюю признательность руководству Морской арктической геолого-разведочной экспедиции за предоставленные для исследований сейсмические материалы и многолетнее плодотворное сотрудничество по изучению Арктики.

Литература/References

1. Лобковский Л. И., Шипилов Э. В., Кононов М. В. Геодинамическая модель верхнемантийной конвекции и преобразования литосферы Арктики в мезозое и кайнозое // Физика Земли. — 2013. — № 6. — С. 20—38. — DOI: 10.7868/S0002333713060100. Lobkovsky L. I., Shipilov E. V., Kononov M. V. Geodynamic model of upper mantle convection and transformation of the Arctic lithosphere in the Mesozoic and Cenozoic. *Izvestiya. Physics of the Solid Earth*, 2013, vol. 49, no. 6, pp. 767—785.
2. Шипилов Э. В., Лобковский Л. И., Шкарубо С. И., Кириллова Т. А. Геодинамические обстановки в зоне сопряжения хребта Ломоносова и Евразийского бассейна с континентальной окраиной Евразии // Геотектоника. — 2021. — № 5. — С. 3—26. — DOI: 10.31857/S0016853X21050076. Shipilov E. V., Lobkovsky L. I., Shkarubo S. I., Kirillova T. A. Tectono-Geodynamic Settings in the Conjugation Zone of the Lomonosov Ridge, Eurasian Basin, and Eurasian Continental Margin. *Geotectonics*, 2021, vol. 55, no. 5, pp. 655—675.
3. Шипилов Э. В. К тектоно-геодинамической эволюции континентальных окраин Арктики в эпохи молодого океанообразования // Геотектоника. — 2004. — № 5. — С. 26—52. Shipilov E. V. Tectono-geodynamic evolution of Arctic continental margins during epochs of young ocean formation. *Geotectonics*, 2004, 38 (5), pp. 343—365. Available at: <https://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.21459.22560>.
4. Шипилов Э. В., Кириллова Т. А. Тектоника зоны сочленения Евразийского бассейна и хребта Ломоносова с континентальной окраиной Сибири // Тр. Ферсман. науч. сессии ГИ КНЦ РАН. — 2020. — № 17. — С. 563—567. Shipilov E. V., Kirillova T. A. Tectonics of the junction zone of the Eurasian Basin and the Lomonosov Ridge with the continental margin of Siberia. *Proceedings of the Fersman Scientific Session of the GI KSC RAS*, 2020, no. 17, pp. 563—567. Available at: <https://doi.org/10.31241/FNS.2020.17.109>. (In Russian).
5. Шипилов Э. В. Позднемезозойский магматизм и кайнозойские тектонические деформации Баренцево-моровской континентальной окраины: влияние на распределение углеводородного потенциала // Геотектоника. — 2015. — № 1. — С. 60—85. — DOI: 10.7868/S0016853X1501004X. Shipilov E. V. Late Mesozoic Magmatism and Cenozoic Tectonic Deformations of the Barents Sea Continental Margin: Effect on Hydrocarbon Potential Distribution. *Geotectonics*, 2015, vol. 49, no. 1, pp. 53—74. DOI: 10.1134/S0016852115010045.
6. Шипилов Э. В. Базальтоидный магматизм и сдвиговая тектоника арктической континентальной окраины Евразии в приложении к начальному этапу геодинамической эволюции Амеразийского бассейна // Геология и геофизика. — 2016. — Т. 57, № 12. — С. 2115—2142. Shipilov E. V. Basaltic magmatism and strike-slip tectonics in the Arctic margin of Eurasia: evidence for the early stage of geodynamic evolution of the Amerasia Basin. *Russian Geology and Geophysics*, 2016, vol. 57 (12), pp. 1668—1687. DOI: 10.15372/gig20161202.
7. Шипилов Э. В., Карякин Ю. В. Баренцево-моровская магматическая провинция: геолого-геофизические свидетельства и новые результаты определения $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -возраста // ДАН. — 2011. — Т. 439, № 3. — С. 376—382. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16526078>. Shipilov E. V., Karyakin Y. V. The Barents sea magmatic province: Geological-geophysical evidence and new $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dates. *Doklady Earth Sciences*, 2011, vol. 439, no. 1, pp. 955—960. DOI: 10.1134/S1028334X11070270.
8. Шипилов Э. В., Юнов А. Ю. О генезисе антиклинальных структур месторождений углеводородов восточной части Баренцева моря // ДАН. — 1995. — Т. 342, № 1. — С. 87—88. Shipilov E. V., Yunov A. Yu. On the Genesis of Anticlinal Structures of Hydrocarbon Fields in the Eastern Part of the Barents Sea. *Doklady Earth Sciences*, 1995, vol. 342, no. 1, pp. 87—88. (In Russian).
9. Шрейдер А. А. Линейные магнитные аномалии Северного Ледовитого океана // Океанология. — 2004. — Т. 44, № 5. — С. 768—777. Shreyder A. A. Linear magnetic anomalies of the Arctic Ocean. *Okeanologiya*, 2004, vol. 44, no. 5, pp. 768—777. (In Russian).
10. Chian D., Jackson H. R., Hutchinson D. R. et al. Distribution of crustal types in Canada Basin, Arctic Ocean. *Tectonophysics*, 2016, vol. 691, pp. 8—30. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2016.01.038>.
11. Dossing A., Gaina C., Jackson H. R., Andersen O. B. Cretaceous ocean formation in the High Arctic. *Earth and Planetary Science Letters*, 2020, vol. 551, Ar-

- title 116552. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2020.116552>.
12. Zhang T., Dyment J., Gao J. Y. Age of the Canada Basin, Arctic Ocean: indications from high-resolution magnetic data. *Geophysical Research Letters*, 2019, vol. 46 (23), pp. 13712—13721. Available at: <https://doi.org/10.1029/2019GL085736>.
13. Embry A. F. Crockerland — the northern source area for the Sverdrup Basin, Canadian Arctic Archipelago. *Arctic Geology and Petroleum Potential*. T. Vorren, E. Bergsager, O. DahlStamnes, E. Holter, B. Johansen, E. Lie, T. Lund (eds.). Norwegian Petroleum Society, Special Publication, 1993, vol. 2, pp. 205—216. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-88943-0.50018-6>.
14. Lane L. S. Tectonic Evolution of the Canadian Beaufort Sea — Mackenzie Delta Region: A Brief Review. *Recorder CSEG (Canad. Soc. Explor. Geophys.)*, 2002, vol. 27, no. 2, pp. 1—9.
15. Grantz A., Hart P. E., Childers V. A. Geology and tectonic development of the Amerasia and Canada Basins, Arctic Ocean. *Mem. Geol. Soc. Lond.*, 2011, vol. 35 (1), pp. 771—799. Available at: <https://doi.org/10.1144/M35.50>.
16. Dassing A., Gaina C., Brozena J. M. Building and breaking a large igneous province: An example from the High Arctic. *Geophys. Res. Lett.*, 2017, vol. 44, pp. 6011—6019. DOI: 10.1002/2016GL072420.
17. Hutchinson D. R., Jackson H. R., Houseknecht D. W. et al. Significance of northeast-trending features in Canada Basin, Arctic Ocean. *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 2017, vol. 18, pp. 4156—4178. Available at: <https://doi.org/10.1002/2017GC007099>.
18. Gradstein F. M., Ogg J. G., Schmitz M. D. The Geologic Time Scale. G. M. Ogg (ed.). Oxford, UK, Elsevier, 2012. pp. 85—113. DOI: 10.1016/B978-0-444-59425-9.00005-6.
19. Malinverno A. J., Hildebrandt J. M., Tominaga M., Channell J. E. M-sequence geomagnetic polarity time scale (MHTC12) that steadies global spreading rates and incorporates astrochronology constraints. *J. Geophys. Res.*, 2012, vol. 117, art. B06104. DOI: 10.1029/2012JB009260.
20. Шипилов Э. В., Лобковский Л. И. О субмеридиональной зоне сдвига в структуре континентальной окраины Чукотского моря и механизме раскрытия Канадского океанического бассейна // Докл. РАН. — 2014. — Т. 455, № 1, С. 67—71. — DOI: 10.7868/S0869565214070196.
- Shipilov E. V., Lobkovsky L. I. The Submeridional Strike Slip Zone in the Structure of the Chukchi Sea Continental Margin and the Mechanism of Opening of the Canada Oceanic Basin. *Doklady Earth Sciences*, 2014, vol. 455, pt. 1, pp. 238—242. DOI: 10.1134/S1028334X14030076.
21. Дараган-Суцкова Л. А., Петров О. В., Дараган-Суцков Ю. И. и др. История формирования Евразийского бассейна Северного Ледовитого океана по сейсмическим данным // Регион. геология и металлогения. — 2020. — № 84. — С. 25—44.
- Daragan-Sushchova L. A., Petrov O. V., Daragan-Sushchov Yu. I., Leontiev D. I., Saveliev I. N. The history of the formation of the Eurasian basin of the Arctic Ocean according to seismic data. *Regional Geology and Metallogeny*, 2020, no. 84, pp. 25—44. (In Russian).
22. Поселов В. А., Буценко В. В., Каминский В. Д., Жолондз С. М. Граница континентальной окраины Центрально-Арктических поднятий в присибирской части котловины Амундсена // Докл. РАН. Наука о Земле. — 2020. — Т. 493, № 1. — С. 68—72. — URL: <https://doi.org/10.31857/S2686739720070154>.
- Poselov V. A., Butsenko V. V., Kaminsky V. D., Zholondz S. M. Border of the Continental Margin of the Central Arctic Uplifts in Amundsen Basin in Siberia. *Doklady Earth Sciences*, 2020, vol. 493, no. 1, pp. 539—543. DOI: 10.1134/S1028334X20070156.
23. Jokat W., O'Connor J., Hauff F. et al. Ultraslow spreading and volcanism at the eastern end of Gakkel Ridge, Arctic Ocean. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 2019., vol. 20, pp. 6033—6050. Available at: <https://doi.org/10.1029/2019GC008297>.
24. Рекант П. В., Гусев Е. А. Структура и история формирования осадочного чехла рифтовой зоны хребта Гаккеля (Северный Ледовитый океан) // Геология и геофизика. — 2016. — Т. 57, № 9. — С. 1634—1640.
- Rekant P. V., Gusev E. A. The structure and history of the formation of the sedimentary cover of the rift zone of the Gakkel ridge (Arctic Ocean). *Geologiya i geofizika*, 2016, vol. 57, no. 9, pp. 1634—1640. DOI: 10.15372/GiG20160903. (In Russian).
25. Piskarev A., Elkina D. Giant caldera in the Arctic Ocean: Evidence of the catastrophic eruptive event. *Scientific Reports*, 2017, vol. 7, art. 46248. Available at: <https://doi.org/10.1038/srep46248>.
26. Silantyev S. A., Bogdanovskii O. G., Fedorov P. I., Karpenko S. F., Kostitsyn Yu. A. Intraplate magmatism of the De Long Islands: A response to the propagation of the ultraslow-spreading Gakkel Ridge into the passive continental margin in the Laptev Sea. *Russian J. of Earth Sciences*, 2004, vol. 6, no. 3, pp. 1—31. Available at: <http://rjes.wdcb.ru/v06/tje04150/tje04150.htm>.
27. Кораго Е. А., Евдокимов А. Н., Столбов Н. М. Позднемезозойский и кайнозойский базитовый магматизм северо-запада континентальной окраины Евразии. — СПб., 2010. — 174 с. — (Тр. ВНИИОкеангеологии; т. 215).
- Korago E. A., Evdokimov A. N., Stolbov N. M. Late Mesozoic and Cenozoic mafic magmatism in the northwest of the continental margin of Eurasia. St. Petersburg, VNIIOkeangeologiya, 2010, 174 p. (In Russian).
28. Шипилов Э. В., Лобковский Л. И. Тектоно-геодинамические трансформации литосферы Амеразийского бассейна в кайнозое // ДАН. — 2012. — Т. 445, № 6. — С. 663—669. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17876036>.
- Shipilov E. V., Lobkovsky L. I. Tectono-Geodynamic Transformations of the Amerasian Basin Lithosphere in the Cenozoic. *Doklady Earth Sciences*,

2012, vol. 445, no. 2, pp. 979—985. DOI: 10.1134/S1028334X12080247.

29. Головачев Э. М., Шпилов Э. В. Линеаментные зоны моря Лаптевых // Изв. высш. учеб. заведений. Геология и разведка. — 1986. — № 8. — С. 106—108.

Golovachev E. M., Shipilov E. V. Lineament Zones of Laptev sea. Izv. vyssh. ucheb. zavedenii. Geologiya i razvedka, 1986. no. 8, pp. 106—108. (In Russian).

30. Лобковский Л. И., Кононов М. В., Шпилов Э. В. Геодинамические причины возникновения и прекращения кайнозойских сдвиговых деформаций в Хатанга-Ломоносовской разломной зоне (Арктика) // Докл. РАН. Науки о Земле. — 2020. — Т. 492, № 1. — С. 82—87.

Lobkovsky L. I., Kononov M. V., Shipilov E. V. Geodynamic causes of occurrence and termination of cenozoic shear deformations in the Khatanga-Lomonosov Fault zone (Arctic). Doklady Earth Sciences, 2020, vol. 492, no. 1, pp. 82—87. DOI: 10.31857/S2686739720050102. (In Russian).

31. Богоявленский В. И., Кишанков А. В., Казанин А. Г. Мерзлота, газогидраты и сипы газа в центральной части моря Лаптевых // Докл. РАН. Науки о Земле. — 2021. — Т. 500, № 1. — С. 70—76. — DOI: 10.31857/S2686739721090048.

Bogoyavlensky V. I., Kishankov A. V., Kazanin A. G. Permafrost, Gas Hydrates and Gas Seeps in the Central Part of the Laptev Sea. Doklady Earth Sciences, 2021, vol. 500, no. 1, pp. — 766—771. DOI: 10.1134/S1028334X21090048.

32. Богоявленский В. И., Кишанков А. В., Казанин А. Г. Неоднородности верхней части разреза осадочной толщи Восточно-Сибирского моря: залежи газа и следы ледовой экзарации // Докл. РАН. Науки о Земле. — 2022. — Vol. 505, № 1. — С. 5—10. — DOI: 10.31857/S2686739722070040.

Bogoyavlensky V. I., Kishankov A. V., Kazanin A. G. Heterogeneities in the Upper Part of the Section of the Sedimentary Cover of the East Siberian Sea: Gas Accumulations and Signs of Ice Gouging. Doklady Earth Sciences. 2022, vol. 505, pt. 1, pp. 411—415.

33. Dinkelman M. G., Kumar N., Helwig J. et al. Highlights of Petroleum and Crustal Framework of the Beaufort-Mackenzie Basin: Key Results from BeaufortSPAN East Phases I and II Surveys. Canadian Society of Exploration Geophysicists (CSEG). Recorder, 2008, vol. 33, no. 9, pp. 22—25.

34. Helwig J., Kumar N., Dinkelman M. G., Emmet P. Three segments of the Arctic Continental Margin, Beaufort Sea, Canada: Deep Seismic Profiles of Crustal Archi-

ecture: Abstract. GeoCanada, 2010, May 10—14, p. 4. Available at: <https://doi.org/10.1144/M35.35>.

35. McClelland W. C., Strauss J. V., Colpron M. et al. Taters versus sliders: Evidence for a long lived history of strike-slip displacement along the Canadian arctic transform system (CATS). GSA Today, 2021, vol. 31 (7), pp. 4—11. DOI: 10.1130/GSATG500A.1.

36. Лаверов Н. П., Лобковский Л. И., Кононов М. В. и др. Геодинамическая модель развития Арктического бассейна и прилегающих территорий для мезозоя и кайнозоя и внешняя граница континентального шельфа России // Геотектоника. — 2013. — № 1. — С. 3—30. — DOI: 10.7868/S0016853X13010050.

Laverov N. P., Lobkovsky L. I., Kononov M. V. et al. A Geodynamic Model of the Evolution of the Arctic Basin and Adjacent Territories in the Mesozoic and Cenozoic and the Outer Limit of the Russian Continental Shelf. Geotectonics, 2013, vol. 47, no. 1, pp. 1—30. DOI: 10.1134/S0016852113010044.

37. Estrada S., Damaske D., Henjes-Kunst F. et al. Multi-stage Cretaceous magmatism in the northern coastal region of Ellesmere Island and its relation to the formation of Alpha Ridge — evidence from aeromagnetic, geochemical and geochronological data. Norwegian J. of Geology, 2016, vol. 96, pp. 1—31. Available at: <http://dx.doi.org/10.17850/njg96-2-03>.

38. Estrada S., Piepjohn K. Early Cretaceous magmatism and post-Early Cretaceous deformation on Ellef Ringnes Island, Canadian High Arctic, related to the formation of the Arctic Ocean. Circum-Arctic Structural Events: Tectonic Evolution of the Arctic Margins and Trans-Arctic Links with Adjacent Orogens. K. Piepjohn, J. V. Strauss, L. Reinhardt, W. C. McClelland (eds.). Geological Society of America. Special Paper 541, 2018, pp. 1—22. Available at: [https://doi.org/10.1130/2018.2541\(15\)](https://doi.org/10.1130/2018.2541(15)).

39. Moore T. E., Box S. E. Age, distribution and style of deformation in Alaska north of 60°N: Implications for assembly of Alaska. Tectonophysics, 2016, vol. 691, pp. 133—170. Available at: <https://doi.org/10.1016/J.TECTO.2016.06.025>.

40. Richter M., Nebel O., Maas R. et al. An Early Cretaceous subduction-modified mantle underneath the ultraslow spreading Gakkel Ridge, Arctic Ocean. Sci. Adv., 2020, vol. 6, art. eabb4340. DOI: 10.1126/sciadv.abb4340.

41. Yang A. Y., Langmuir C. H., Cai Y. et al. A subduction influence on ocean ridge basalts outside the Pacific subduction shield. Nature Communications., 2021, vol. 12, art. 4757. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41467-021-25027-2>.

Информация об авторе

Шпилов Эдуард Викторович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник, Полярный геофизический институт Кольского научного центра РАН (183010, Россия, Мурманск, ул. Халтурина, д. 15), e-mail: shipilov@pgi.ru, edvish@inbox.ru.

Библиографическое описание данной статьи

Шипилов Э. В. Океаническая кора, трансрегиональные зоны сдвига и Амеразийская микроплита в мел-кайнозойской геодинамике формирования океана в Арктике // Арктика: экология и экономика. — 2023. — Т. 13, № 1. — С. 4—17. — DOI: 10.25283/2223-4594-2023-1-4-17.

OCEANIC CRUST, TRANSREGIONAL SHEAR ZONES AND THE AMERASIAN MICROPLATE IN THE CRETACEOUS-CENOZOIC GEODYNAMICS OF OCEAN FORMATION IN THE ARCTIC

Shipilov, E. V.

Polar Geophysical Institute Kola Science Center of the RAS (Murmansk, Russian Federation)

The article was received on August 23, 2022

Abstract

The author has reconstructed the structural-tectonic setting of the Late Cretaceous-Early Cenozoic stage of the geodynamic evolution of the Arctic Ocean. It is shown that the oceanic crust in the Eurasian and Canadian basins occupies a much smaller area than previously thought and was formed in both on blocks of the continental basement strongly stretched by Cretaceous rifting. Due to the processes, large and extended transregional shear zones were set in motion: the Chukchi-Canadian during the opening of the Canadian basin in the Early Cretaceous, and the continental marginal ones — Khatanga-Lomonosov and Northern Greenland-Canadian, the activation of shear movements in which is associated with the Late Cretaceous-Paleocene time, when the consistent formation of the Makarov and Eurasian basins took place. As a result new composite Amerasian microplate was detached and set in motion, which combined the blocks of Arctic Alaska, the Canadian Basin, the Chukchi Rise, the Alpha-Mendeleev Rise, the Podvodnikov and Makarov Basins, and the Lomonosov Ridge. The movement of the microplate along approximately parallel large shear zones at the edges of the Canadian Arctic and Siberian-Chukotka shelves was directed towards the Pacific subduction zone. The movement of the Amerasian microplate was accompanied by rifting and detachment of the Lomonosov Ridge from the Barents-Kara margin, opening of the Eurasian Basin in the rear of the ridge, and transform displacements — right-sided along the Khatanga-Lomonosov zone and left-sided along the North Greenland-Canadian fault zone. At the same time, as a result of the movement of the Amerasian microplate, the previously unified area of Cretaceous plateau basalts (HALIP) was broken, and the Central Arctic province of magmatism was separated and moved away from the Barents Sea province.

Keywords: Arctic Ocean, oceanic crust, geodynamics, rifting, spreading, transregional strike-slip zones, Amerasian microplate.

The work was prepared based on the implementation results of RFBR projects and their final stage on topic No. 18-05-70012 "Development of a geodynamic model for the evolution of the Arctic lithosphere in the Mesozoic-Cenozoic in connection with the scientific substantiation of Russia's application to the UN Commission to establish the outer boundary of the continental shelf of the Russian Federation in the Arctic Ocean", code "Resources of the Arctic".

Information about the author

Shipilov, Eduard Viktorovich, Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Chief Researcher, Polar Geophysical Institute of the Kola Scientific Center of the RAS (15, Khatkurina st., Murmansk, Russia, 183010), e-mail: shipilov@pgi.ru.

Bibliographic description of the article

Shipilov, E. V. Oceanic crust, transregional shear zones and the Amerasian microplate in the cretaceous-cenozoic geodynamics of ocean formation in the arctic. Arktika: ekologiya i ekonomika. [Arctic: Ecology and Economy], 2023, vol. 13, no. 1, pp. 4—17. DOI: 10.25283/2223-4594-2023-1-4-17. (In Russian).