

УДК 551.24 (268+98)

ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ХРЕБТА КНИПОВИЧА ПО ДАННЫМ АНОМАЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

© 2011 г. С. Ю. Соколов

Представлено академиком Ю.Г. Леоновым 04.06.2010 г.

Поступило 09.06.2010 г.

Хребтом Книповича называется сегмент Срединно-Атлантического хребта (САХ) от $73^{\circ}30'$ до $78^{\circ}30'$ с.ш. (см. рис. 1). Практически всеми исследователями подчеркивается аномальность его тектонического строения по сравнению с основной зоной САХ, простирающейся более чем на 14 тыс. км. Эта аномальность, зафиксированная по данным стандартного набора геофизических съемочных методов (эхолотирование, гидролокатор, сейсмоакустика, сейсмика, магнитометрия и т.д.), заключается в следующих главных особенностях. Основные структурные элементы, свойственные САХ на всем его протяжении, — осевая зона хребта с ограничивающими рифт бортами и трансформные разломы, на хр. Книповича имеют нестандартное угловое соотношение от 35° до 45° и сильно асимметричное строение флангов хребта. Кроме того, по данным [4, 10] внутри осевой зоны, имеющей субмеридиональную ориентацию, наблюдаются уступы, имеющие угловое соотношение с осью также около 40° . Рядом с этими уступами находятся небольшие изолированные вулканические постройки центрального типа диаметром до 1 км и высотой до 40 м.

Нестандартный структурный рисунок породил набор разнообразных гипотез о тектонической эволюции района. Одна группа гипотез в целом склоняется к тому, что это не спрединговый хребет, а сдвиговая трансформная структура с элементами раздвига [2, 3, 10], но что несмотря на это в районе есть четкие признаки спредингового фундамента, сейсмичности и магматизма, свойственного рифтогенезу САХ. Такое сочетание фактов и гипотез наводит на мысль о перескоке центра спрединга, но в данном случае получается, что он должен был сопровождаться еще и разворотом на 45° . Другая группа гипотез представлена схемами, по которым современная ось хр. Книповича является изначальным центром спрединга, вдоль которого по системе коротких сегментов

рифта происходила аккреция океанической коры [6, 9] с косым направлением наращивания.

Спрединг в зоне САХ сопровождается базальтовым магматизмом, при котором формируется магнитоактивный слой с переменными параметрами — мощностью и намагниченностью. Структурный рисунок аномального магнитного поля (АМП) отражает историю наращивания коры вдоль оси рифта. Данные по АМП для исследуемого района взяты из [13]. Основной объем океанической коры вдоль САХ был сформирован при нормальном направлении спрединга. Случаи, когда спрединг имел косое направление, не совпадающее с нормальным, редки, например на хр. Рейкьянес между аномалиями 18 и 6 [5]. Но главная особенность случаев косого спрединга состоит в том, что угол его отклонения от нормали к рифту не превышает 10° – 15° . В районе хр. Книповича малоамплитудные прямые отрезки линейных аномалий имеют угол 45° к оси структуры (рис. 1). По данным [8] при таких углах взаимодействие вдоль границы плит должно сильно отличаться от нормального и переходить к сдвиговым формам и сопутствующему им парагенезу.

В работе [12] предложен вполне логичный механизм тектонической эволюции региона. Он состоит в том, что спрединг, сформировавший магматический фундамент, изначально проходил в нормальном направлении. Общая обстановка расхождения Гренландии и Евразии в неогене (с аномалии 13 в позднем олигоцене) является сдвиговой по линии, совпадающей с разломом Хорнсунн. Поэтому взаимодействие между плитами привело к “спрямлению” границы плит и формированию трансформной сдвиговой зоны с хр. Книповича как зоной отрыва, пересекающей имевшийся спрединговый фундамент по диагонали всего сегмента САХ от хр. Мона до стыковки с разломом Моллой. Сходный вывод был сделан в [3] без анализа АМП. Более точные временные определения эволюции хр. Книповича отсутствуют из-за размытого характера линейных аномалий. В пользу изложенного механизма говорит отсутствие линейных аномалий непосредственно

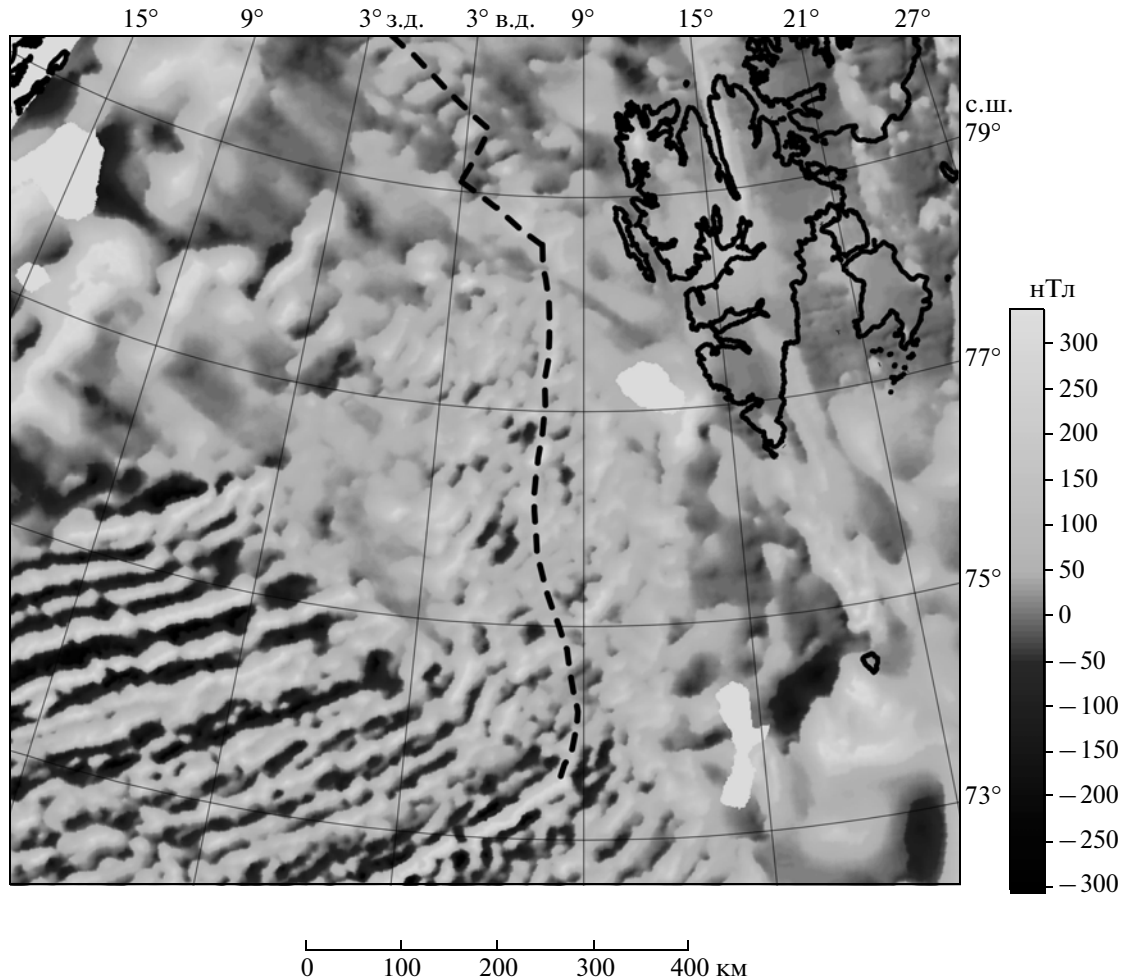


Рис. 1. Аномальное магнитное поле района хр. Книповича по данным [13]. Штриховой линией показаны ось хребта и офсетные части разломов Моллой и Шпицберген.

вдоль оси хр. Книповича (рис. 1), другими словами, спрединг вдоль этой структуры еще не начался, но начался рифтинг, поскольку наблюдаются молодые вулканические постройки, вероятнее всего, четвертичные. Появление указанных трансферных сдвиговых нарушений, “спрямляющих” межплитную границу и компенсирующих различия скоростей и направлений движения, скорее всего, является простейшим решением для разрядки системы тектонических напряжений [8].

Представленное на рис. 1 АМП обладает несколькими особенностями, отсутствующими вдоль остального САХ. Общий уровень аномалий в этом сегменте заметно ниже прилегающего с юга сегмента хр. Мона с типично спрединговой структурой АМП. При этом на границе с континентальным обрамлением присутствуют весьма обширные и интенсивные аномалии, возникшие при излиянии трапповых базальтов при расколе и начальной фазе океанообразования. Подобная картина может быть объяснена дефицитом в маг-

матическом материале компонентов, формирующих магнитовосприимчивые минералы. По данным [7] составы закалочных стекол, поднятых при драгировании в 24-м рейсе нис “Академик Николай Страхов”, содержат в среднем 8% FeO, что демонстрирует пониженное содержание железа в магме по сравнению со средними значениями вдоль САХ, равными приблизительно 10%. Поскольку содержание железа в породе и стеклах имеет синхронизированное поведение в пространстве, пониженное значение в стеклах является показательным и для породы, формирующей магнитоактивный слой. Возможно, это связано с тем, что в момент раскола интенсивные выплавки вывели большую часть железа, а дальнейший спрединг в этом районе проходил при аномальном мантийном субстрате. Об этом свидетельствуют также данные сейсмической томографии, согласно которым свойственная для всей структуры САХ отрицательная скоростная аномалия, показывающая прогретое и частично расплавлен-

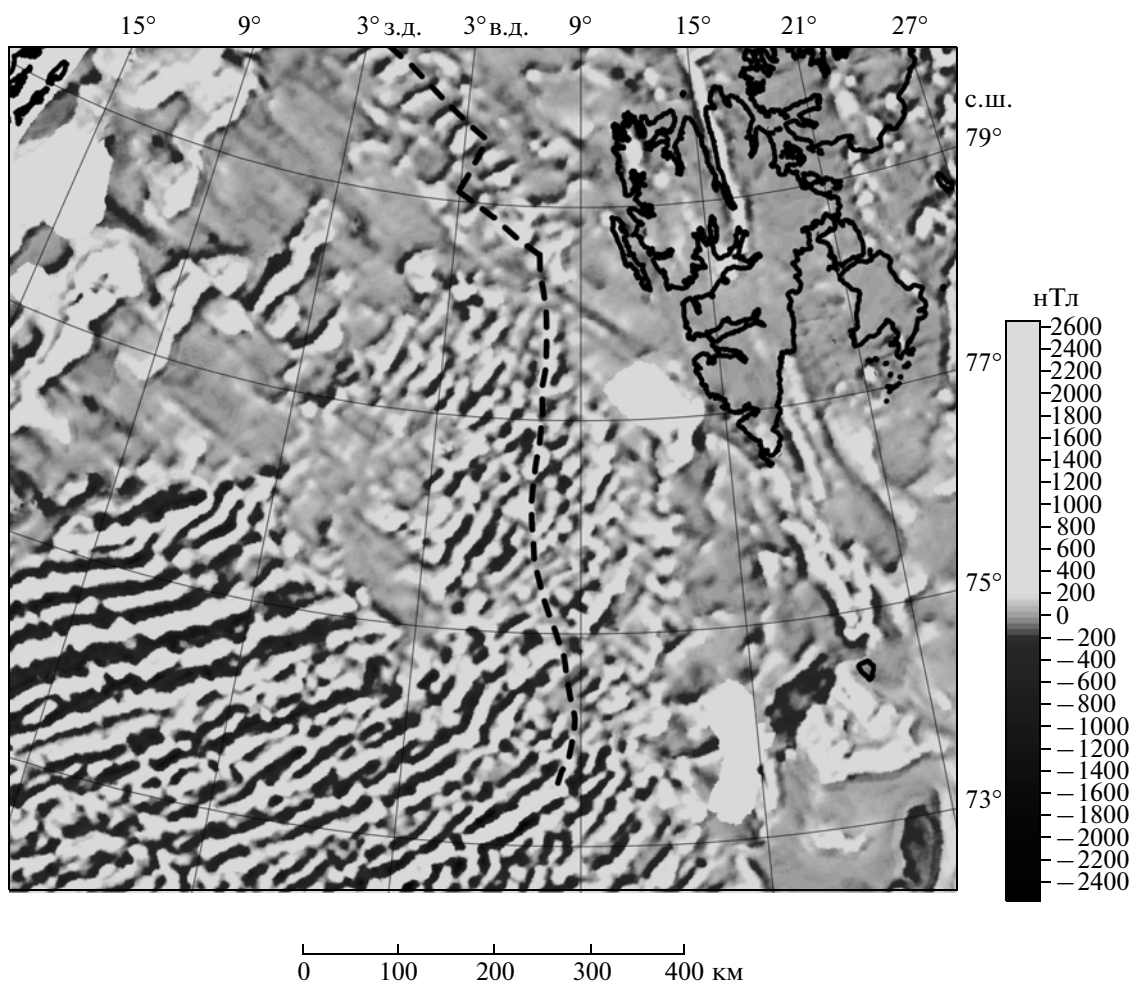


Рис. 2. Расчет продолжения вниз аномального магнитного поля, приведенного на рис. 1, по формуле Гаусса на базе 20 км. Штриховой линией показаны ось хр. Книповича и офсетные части разломов Моллой и Шпицберген.

ное состояние недр, на хр. Книповича сменяется довольно сильной положительной аномалией, говорящей, что здесь в зоне хребта существует холодный блок, или, по крайней мере, аномальный по сравнению с остальным САХ. В этих условиях отрезки линейных аномалий около хр. Книповича являются плохо различимыми, что затрудняет их идентификацию. Отметим, что форма и ориентация обширных краевых аномалий по периферии данного спредингового сегмента указывают на нормальное направление раскола и дальнейшей аккреции коры и никак не совпадают с осью хр. Книповича как изначального центра спрединга.

В обработке качественных данных АМП давно используется такой вид трансформации, как продолжение поля вниз, рассчитываемый по формуле Гаусса. Этот вид расчета повышает пространственное высокочастотное содержание поля и усиливает аномалии около слабых магнитных масс. Представленное на рис. 1 АМП обработано

по этой методике на базе 20 км для каждой точки карты. Результат приведен на рис. 2. По трансформированному полю ось хр. Книповича не прослеживается, так же как и по исходным данным. На рис. 1 и 2 она показана по данным рельефа дна. Это служит косвенным доказательством того, что хребет не является спрединговым центром и как зона отрыва возник совсем недавно, поскольку наблюдаемый в осевой зоне современный магматизм не сформировал сколько-нибудь значимых магнитоактивных тел. Возможно, эта структура синхронна четвертичному вулканизму архипелага Шпицберген.

Из рис. 2 также отлично видно, что спрединг сформировал кору с нормальным направлением наращивания относительно палеооси, ориентация которой имеет азимут около 40° . Причем этот же азимут имеют обширные краевые аномалии, возникшие в момент раскола. Это говорит о том, что косой спрединг в данном сегменте САХ не происходил. Аномалии на приведенном поле

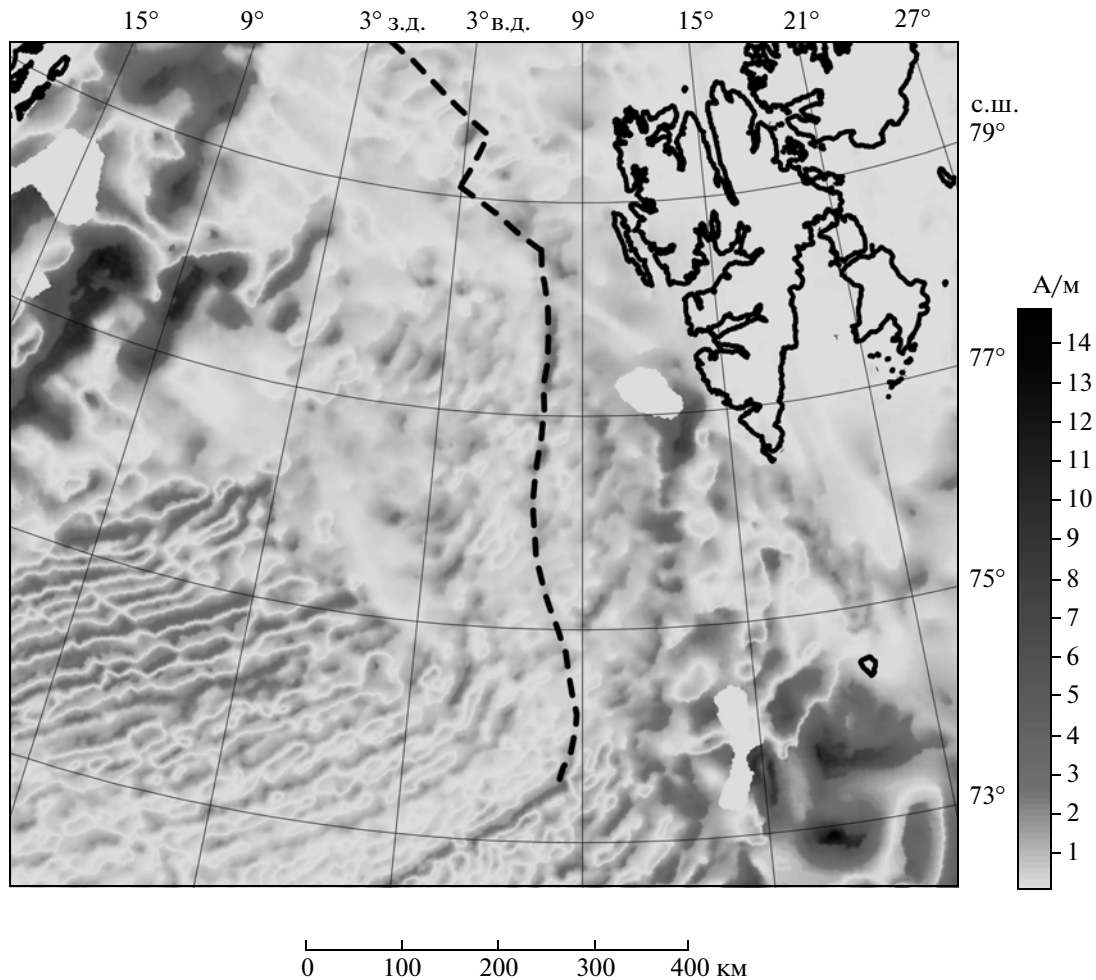


Рис. 3. Намагниченность пород фундамента района хр. Книповича, рассчитанная по АМП рис. 1 с учетом рельефа и мощности осадочного чехла. Штриховой линией показаны ось хребта и офсетные части разломов Моллой и Шпицберген.

имеют оси симметрии, ориентированные по азимуту 40° . Более того, после усиления слабых аномалий видно, что косой спрединг происходил вдоль северного фланга хр. Мона между аномалиями 7 и 6. Это видно по характерным “утыканиям” косых отрезков линейных аномалий в длинные прямые аномалии и по небольшим трансформным смещениям поля, аналогичным на хр. Рейкьянес. Главный вывод из полученного расчета состоит в том, что нормальный спрединг в данном районе САХ проходил не в одном рифтовом сегменте, как указано в [12], а минимум в четырех. Именно такое количество блоков с линейными аномалиями, разделенными трансформными смещениями, прослеживается в регионе на обработанном АМП (рис. 2). Имеется также блок к югу от разлома Моллой, который, вероятнее всего, представляет собой мультитрансформную систему, свойственную сегментам САХ с большим отношением длин офсетов к длинам рифтовых сегментов (центральная Атлантика).

Другой важной деталью является расхождение азимутов направления спрединга хребтов Книповича и Мона — 310° и 330° соответственно. Такое расхождение должно было привести к коллизии вдоль Гренландского разлома, разграничивающего спрединговые сегменты. По всей видимости, Восточно-Гренландский хребет является результатом подобной коллизии пассивных частей трансформных разломов. Аналогом этой структуры является уступ Кабо-Верде в центральной Атлантике на восточной пассивной части разлома $15^\circ 20'$. Вероятно, коллизия северных пассивных частей хребтов Мона и Книповича, приведшая к его образованию, повлияла на возникновение рисунка косого спрединга к северу от хр. Мона.

На рис. 3 приведен расчет намагниченности пород фундамента, выполненный с учетом рельефа и мощности осадочного чехла. Данные о мощности осадков взяты из [1, 11]. Расчет проводился по формуле призмы для горизонтальных разме-

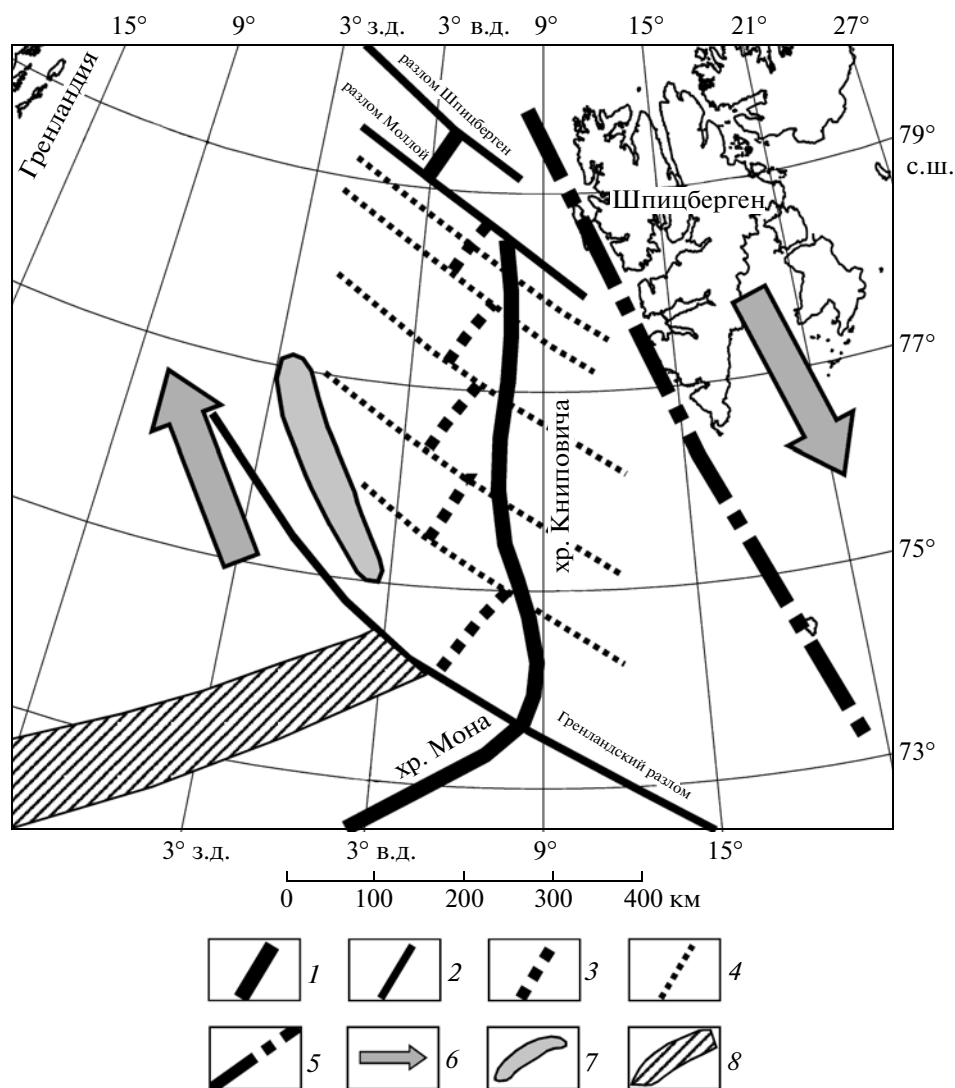


Рис. 4. Тектоническая схема района хр. Книповича. 1 – современный рифт, 2 – трансформные разломы, 3 – палеорифт, 4 – палеотрансформы, 5 – разлом Хорнсунн, 6 – генеральное направление сдвига плит, 7 – Восточно-Гренландский хребет, 8 – зона косоугольного спрединга северного борта хр. Мона.

ров 1×1 км, мощности намагниченного слоя 1 км и наклона 75° . Результаты распределения намагниченности показывают, что породы магматического фундамента района имеют намагниченность 1–3 А/м, что существенно ниже средней по спрединговому сегменту Мона 3–5 А/м. При этом намагниченность краевых блоков, сформированных в момент раскола, достигает 15 А/м. В структурном рисунке намагниченности сохраняется конфигурация особенностей поля, выявленных по его продолжению вниз (рис. 2), но наблюдается один важный эффект. В полосе шириной ± 50 км от оси рифта, где коррекция за суммарную глубину и осадочный чехол минимальна, наблюдается пониженный уровень намагниченности. Это, скорее всего, связано с отличиями реальной геомет-

рии магнитоактивного слоя от модели, выбранной для расчетов.

Итоговая схема тектоники хр. Книповича показана на рис. 4. Суммируя все изложенное, эволюцию данного сегмента САХ можно представить следующим образом. В позднем олигоцене (аномалия 13) начался раскол, сопровождавшийся формированием высоконамагниченных трапповых базальтов, который затем сменился спредингом с азимутом наращивания 310° (азимут палеооси 40°). Аккреция коры проходила при обедненном содержании железа в расплаве, что обеспечило пониженный фон АМП. Поскольку спрединг хр. Мона имеет направление около 330° , происходила коллизия пассивных частей, приведшая к формированию Восточно-Гренландского хребта и косому направлению спрединга на хр. Мона между ано-

малиями 7 и 6. Спрединг на хр. Книповича происходил не менее чем в четырех сегментах рифта при азимуте общего расхождения континентов около 330°. Такая обстановка при большом отношении длин эшелонированных офсетных зон к длинам рифтов, по всей видимости, была неустойчивой, и естественным ее развитием явилось “спрямление” границы взаимодействия плит по зоне отрыва, пересекающей сформированный ранее океанический фундамент и представляющей современный хр. Книповича. Практически полное отсутствие осадочного чехла в его оси, в зоне непосредственной близости к источнику лавинной седиментации, и отсутствие магнитоактивного слоя говорят о том, что время его образования, скорее всего, четвертичное. По данным [10] эшелонированные уступы вдоль хребта являются сколами Риделя, образование которых формирует парагенез сдвиговых зон. Эти сколы не выражены в АМП. Нестандартное угловое соотношение этих сколов с общим направлением сдвига и совпадение их ориентации с азимутом линейных аномалий может быть объяснено тем, что развитие сдвиговой зоны проходит в среде с изначальной структурированностью, созданной спредингом, которая определяет данный азимут. Общая длина сдвиговой зоны между осями спрединговых центров Гаккеля и Мона составляет около 1130 км. Единственным “не прямым” участком в ней является сегмент около разломов Моллой и Шпицберген. Логика эволюции такова, что он, по всей видимости, также будет спрямлен. Данная зона по своему масштабу и динамике плит относительно явных спрединговых центров большой протяженности аналогична разлому Романш в центральной Атлантике, являющемуся главным

разделителем сегментов в развивающейся Атлантико-Арктической системе океанов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беденко В.В., Сенин Б.В., Шипилов Э.В. Геология и минеральные ресурсы шельфов России. Атлас. М.: Науч. мир, 2004. Лист 1-1.
2. Верба В.В., Аветисов Г.П., Шолло Л.Е. и др. // Рос. журн. наук о Земле. 2000. Т. 2. № 4. С. 3–13.
3. Гусев Е.А., Шкарубо С.И. // Рос. журн. наук о Земле. 2001. Т. 3. № 2. С. 165–182.
4. Зайончек А.В., Добролюбова К.О., Пейве А.А. и др. В кн.: Геология морей и океанов. Материалы XVII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Москва, 12–16 ноября 2007 г. М.: Геос, 2007. Т. 4. С. 82–84.
5. Меркурьев С.А., Сочеванова Н.А. В кн.: Природа магнитных аномалий и строение океанической коры. М.: Изд-во ВНИРО, 1996. С. 133–170.
6. Пейве А.А., Чамов Н.П. // Геотектоника. 2008. № 1. С. 38–57.
7. Суцеская Н.М., Пейве А.А., Беляцкий Б.В. // Геохимия. 2010. № 4. С. 1–18.
8. Тевелев А.В. Сдвиговая тектоника. М.: Изд-во МГУ, 2005. 254 с.
9. Шипилов Э.В. // Геотектоника. 2004. № 5. С. 26–54.
10. Crane K., Doss S., Vogt P., et al. // Mar. Geophys. Res. 2001. V. 22. P. 153–205.
11. Divins D.L. Total Sediment Thickness of the World's Oceans & Marginal Seas. NGDC. 2004. <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/sedthick/sedthick.html>
12. Mosar J., Eide E.A., Osmundsen P.T. et al. // Norw. J. Geol. 2002. V. 82. P. 281–298.
13. Olesen O.G., Gellein J., Habrekke H., et al. Magnetic Anomaly Map. Norway and Adjacent Ocean Areas. 1:3 000 000 Trondheim: Geol. Surv. Norway, 1997.