

УДК 551.242.23

## ОСАДОЧНЫЙ ЧЕХОЛ И АНОМАЛИИ БУГЕ В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ХРЕБТА КНИПОВИЧА

© 2012 г. К. П. Ямпольский, С. Ю. Соколов

Представлено академиком Ю.М. Пушаровским 17.06.2011 г.

Поступило 20.06.2011 г.

Подводный хребет Книповича представляет собой северное окончание Срединно-Атлантического хребта (САХ), он простирается субмеридионально от  $73^{\circ}30'$  до  $78^{\circ}30'$  с.ш. (см. врезку рис. 1) и ограничивается с юга хребтом Мона, а с севера разломом Моллой. В отношении современного положения хребта высказывается предположение, что оно определяется перескоком оси спрединга. Начало аккреции данного спредингового сегмента САХ относится к позднему эоцену—раннему олигоцену (34 млн лет назад) [1], при этом начало рифтинга в современном положении хребта может относиться к четвертичному периоду [2]. Хребет Книповича является ультрамедленным спрединговым хребтом, по данным [3] скорость спрединга составляет от 0.1 см/год с восточной стороны до 0.7 см/год на западной стороне. Большинство исследователей сходится на том, что направление спрединга не перпендикулярное, а косое по отношению к современной оси хребта. Развитие бортов рифтовой долины происходит асимметрично. У хр. Книповича не определяются линейные магнитные аномалии, присущие другим сегментам САХ. Он является структурой, пересекающей полосовые магнитные аномалии под углом около  $40^{\circ}$ . Все перечисленные особенности хребта определяют его как интересный тектонический объект. Объяснение развития и формирования хребта позволит существенно расширить представление о геологическом строении и эволюции Норвежско-Гренландского бассейна.

Основой этой работы являются результаты исследований Геологического института РАН и Норвежского нефтяного директората в 24-м рейсе нис “Академик Николай Страхов” [4] (начальник экспедиции А.В. Зайончек). В ходе экспедиционных работ северная часть хр. Книповича была покрыта детальной батиметрической съемкой, отработано 56 сейсмопрофилей методом непрерывного сейсмического профилирования (НСП) и высокочастотным профилированием (рис. 1).

Ранее одним из авторов [5] публиковались данные, полученные в результате обработки данных материалов. В предлагаемой работе они значительно дополнены.

Метод НСП, реализуемый на нис “Академик Николай Страхов” (начальник геофизического отряда В.Н. Ефимов), направлен на получение рекогносцировочной информации о строении верхней части осадочного чехла с разрешением от 20 до 40 м при частотном диапазоне от 20 до 200 Гц и проникновением в осадки в среднем около 1000 мс при поступательном движении судна со скоростью 7–12 узлов. Практически на всех сейсмопрофилях удалось установить положение акустического фундамента, которым в районе САХ является кровля базальтового слоя. По интерпретации данных НСП в 24-м рейсе нис “Академик Николай Страхов” составлены детальная карта акустического фундамента северной части хр. Книповича (рис. 2а) и карта мощностей осадочного чехла для данного региона (рис. 2б) [5], которая составлена путем вычитания структурной поверхности акустического фундамента из рельефа дна, построенного по данным многолучевого эхолота К.О. Добролюбовой, А.С. Абрамовой, Ю.А. Зарайской, Ю.Е. Барамыковым и А.С. Пономаревым. Полученные значения рельефа и осадочного чехла позволили рассчитать аномалии Буге для данного района с учетом съемочного рельефа избыточной детальности по отношению к использованным аномалиям в свободном воздухе [6]. Аномалия Буге представляет собой основной первичный гравиметрический материал при геологическом истолковании поля силы тяжести Земли, отражая главным образом влияние плотностных неоднородностей литосферы, куда входят аномалии от глубинных плотностных границ [7]. Поправки за слой воды и осадочный слой были рассчитаны соответственно по рельефу, приведенному по детальности к данным [6], и по мощностям осадочного чехла с линейной скоростной моделью. В результате введения поправок в значения гравитационного поля в свободном воздухе получена карта аномалии Буге для северной части хр. Книповича (рис. 2в).

Геологический институт  
Российской Академии наук, Москва

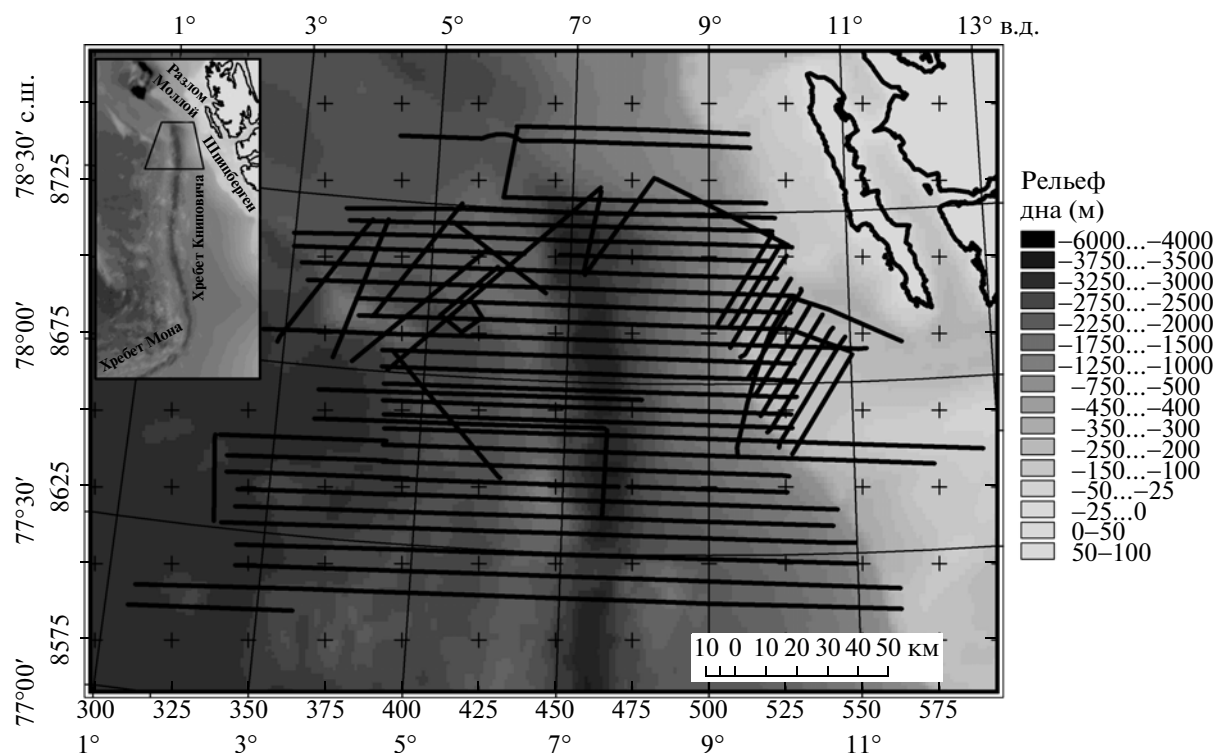


Рис. 1. Район работ 24-го рейса нис "Академик Николай Страхов" и положение сейсмических профилей. Географическая система координат – WGS84, проекционная – UTM32 (тыс. м).

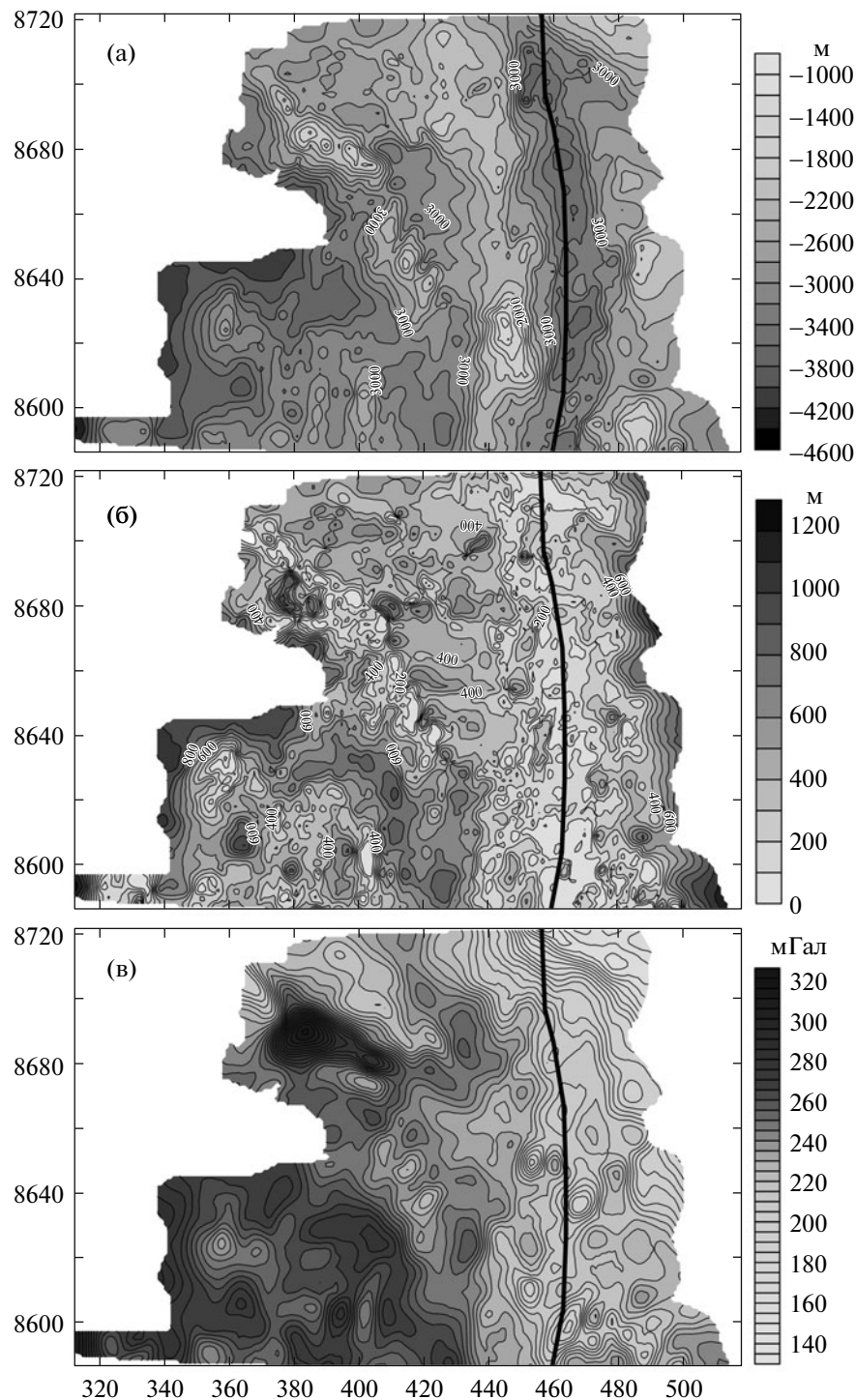
Полученные по фактическим данным и расчетам результаты можно разделить на две группы: результаты анализа карт акустического фундамента и мощностей осадочного чехла и результаты анализа карты аномалий Буге. Выявленные особенности нанесены схематически на карту рельефа дна (рис. 3).

На карте мощности осадочного чехла фиксируются зоны осадков мощностью до 600 м вытянутой формы, параллельные оси хребта. Размеры этих зон в продольном направлении ~20–25 км, в перпендикулярном ~5 км. Они фиксируются парами, симметричными относительно оси хребта. Всего выделяют три такие пары вдоль всего изученного участка хр. Книповича. Эти зоны являются следствием лавинообразного заполнения осадками бассейна при ультрамедленном спрединге. Расчлененность этих осадочных участков может быть объяснена наличием трансформных разломных зон северо-западного простирания поперек оси хребта.

Обычно при удалении от оси САХ наблюдается наращивание мощности осадков. На хр. Книповича такая зависимость отсутствует. На восток от оси хребта мощность увеличивается в сторону шельфа, к западу она остается примерно постоянной. Это объясняется тем, что изученный нами спрединговый сегмент целиком находится в зоне разгрузки поступающих с востока осадков. В со-

временном трогге рифта хр. Книповича на западном и восточном бортах выделяются сбросовые нарушения, смещающие блоки, покрытые осадочными пачками мощностью до 500 м (см. рис. 3). Из этого следует сделать вывод, что формирование современной зоны растяжения по хр. Книповича происходило по покрытому слабоконсолидированным [4] осадочным чехлом базальтовому спрединговому субстрату, что следует из конфигурации магнитного поля [2].

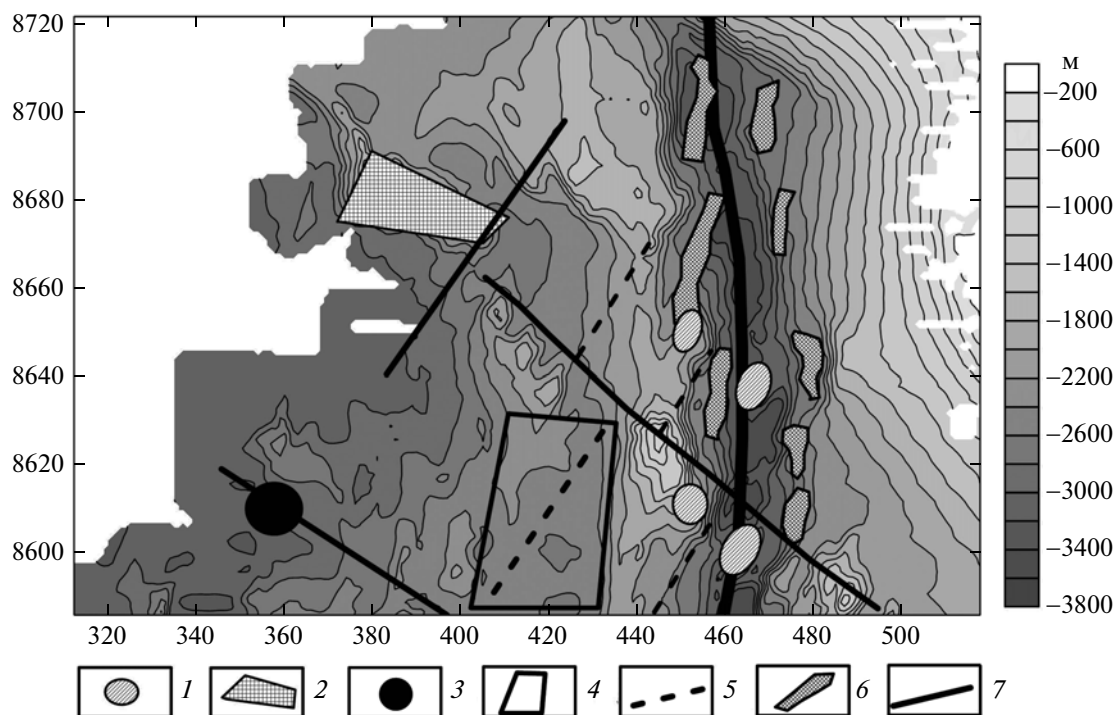
На карте акустического фундамента (рис. 2а) выделяется трог в южной части полигона (см. рис. 3), расположенный к западу от хребта. Он имеет длину порядка 40 км и ширину около 20 км. Трог полностью заполнен осадками и практически не выражен в рельефе дна. Мощность осадочного чехла достигает 1000 м. В работе [8] высказывается предположение, что здесь находилась палеорифтовая зона субмеридиональной ориентации. В работе [2] на основании ориентации линейных сегментов аномального магнитного поля и его интенсивности делается вывод, что палеорифт имел азимут около 40°. Интересной особенностью западного борта данного трога является то, что ориентация субмеридиональных валов на его обрамлении, выделяемых по акустическому фундаменту (рис. 2а), имеет азимут, сходный с хр. Книповича, а не с линейными магнитными аномалиями.



**Рис. 2.** Карты поверхности акустического фундамента (а), мощности осадочного чехла (б) и аномалий Буге с учетом осадочного слоя (в). Линией показана ось хр. Книповича. Координатная система – UTM32 (тыс. м).

В западной части полигона по фундаменту фиксируется сдвиговое нарушение юго-западного направления. Оно начинается вблизи разломной зоны Моллой и оканчивается впадиной в юго-западной части полигона, которая вероятнее

всего является нодальной палеовпадиной. Протяженность нарушения ~90 км, амплитуда ~15 км. Вдоль нарушения выделяется вал юго-западного простирания с амплитудой 300–400 м. Впадина, которой заканчивается нарушение, хорошо выра-



**Рис. 3.** Карта рельефа дна района 24-го рейса нис “Академик Николай Страхов” (координатная система – UTM32, тыс. м) со схематически нанесенными особенностями: 1 – сильные отрицательные аномалии Буге, 2 – сильная положительная аномалия Буге, 3 – нодальная палеовпадина, 4 – трог, выраженный в акустическом фундаменте, 5 – предполагаемое положение оси палеоспреди́нга, 6 – зоны прибортовых сбросовых блоков с осадками, 7 – предполагаемые трансформные разломы и сдвиговые нарушения.

жена в акустическом фундаменте. В рельефе дна она практически не видна. Мощность осадков во впадине составляет ~1000 м.

На карте аномалий Буге в районе оси хр. Книповича (рис. 2в) фиксируются парные отрицательные аномалии силы тяжести (здесь и далее аномалиями будут называться значения, резко отличающиеся от фонового: в большую сторону – положительные, в меньшую – отрицательные). Эти аномалии расположены несимметрично относительно положения оси хребта. Судя по их расположению и ориентации линейных сегментов аномального магнитного поля после обработки [2], ось палеоспреди́нга должна быть отклонена от субмеридионального положения хребта на  $45^\circ$  в северо-восточном направлении и примыкать к парным аномалиям в центре между ними. Это один из вариантов интерпретации положения оси палеоспреди́нга, показанный на рис. 3 двумя пунктирными отрезками, примыкающими к хр. Книповича между парными аномалиями. В этих сегментах спреди́нг происходит перпендикулярно их центру, под углом  $45^\circ$  к фиксируемой оси хребта. Между сегментами должны находиться трансформные разломы, которые также показаны на рис. 3. Эти разломы трассируются по цепочке положительных и отрицательных анома-

лий Буге северо-западной ориентации. Другой вариант интерпретации положения осей палеоспреди́нга показан двумя более западными сегментами на том же рис. 3. Данное положение согласуется с интенсивностью аномального магнитного поля. При этом сегменты палеооси утыкаются в центр между другими парными группами аномалий вдоль предполагаемого трансформного разлома. При любом варианте интерпретации исключается косой спреди́нг под углом  $45^\circ$ .

Поле аномалий Буге в юго-западной части полигона имеет сложное строение. Формирование конфигурации поля может быть связано как с воздействием современного рифта хр. Книповича, так и с палеотектоническими процессами. Как было отмечено выше, здесь мог проходить спреди́нг с геометрией структур САХ, привязанных к нодальной палеовпадине (рис. 3) до перескока оси.

Сильная положительная аномалия фиксируется в районе горы Ховгарда. Аномалия имеет треугольную форму в плане. Такое высокое значение аномалии Буге характерно для мощной океанической коры, сформировавшейся в результате интенсивного излияния магматического вещества и увеличенной мощностью нижних структурных элементов. Судя по значениям аномалии силы тяжести, здесь находится участок океанической ко-

ры с очень мощным базальтовым слоем. Подобные аномалии фиксируются на бортах континентальных шельфов и образуются во время начала раскрытия океанов. Если эта аномалия образовалась во время начала активизации сегмента САХ около хр. Книповича, то она может иметь симметричную относительно оси хребта пару. На имеющихся в свободном доступе картах аномалий силы тяжести и аномального магнитного поля парный аналог прослеживается.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Выделяются симметричные относительно оси хребта опущенные сбросовые блоки с осадочными телами мощностью до 500 м, что указывает на растяжение вдоль хр. Книповича, происходящее по покрытому слабоконсолидированным осадочным чехлом базальтовому спрединговому субстрату, сформированному ранее. Расчлененность этих осадочных участков может быть объяснена наличием разломных зон поперек оси хребта.

2. Отсутствует тренд наращивания мощности осадочного слоя при удалении от оси хр. Книповича на запад.

3. В западной части полигона фиксируется сдвиговое нарушение юго-западной ориентации, выраженное в акустическом фундаменте. С юго-запада нарушение заканчивается нодальной палеовпадиной.

4. Фиксируется трог в акустическом фундаменте, заполненный осадками мощностью до 1000 м, не выраженный в рельефе дна, где могла находиться ось палеоспрединга.

5. Выделяются парные отрицательные аномалии Буге в районе оси хребта. Они несимметричны относительно оси. Их положение объясняется растяжением в данных сегментах с направлением около  $45^\circ$  к фиксируемой ориентации пар.

6. Поле аномалии Буге в юго-западной части полигона имеет сложную структуру, отражающую палеотектонические процессы в этом районе, имевшие место до перескока оси спрединга.

7. Сильная положительная аномалия Буге, фиксируемая в районе горы Ховгарда, указывает на то, что здесь находится участок океанической коры с мощным базальтовым и более нижними слоями океанической коры.

Результаты проведенных работ дают новые данные о строении хр. Книповича и его флангов. Полученные карты поверхности акустического фундамента, мощностей осадков и карта аномалий Буге существенно расширяют основы для дальнейших историко-тектонических и геодинамических построений в отношении хр. Книповича.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 09–05–00150, ВНИИОкеангеологии, научной школы НШ-7091.2010.5.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Верба В.В., Аветисов Г.П., Шолто Л.Е., Степанова Т.В. // Рос. журн. наук о Земле. 2000. Т. 2. № 4. С. 3–13.
2. Соколов С.Ю. // ДАН. 2011. Т. 437. № 3. С. 378–383.
3. Crane K., Doss S., Vogt P., et al. // Mar. Geophys. Res. 2001. V. 22. P. 153–205.
4. Зайончек А.В., Брекке Х., Соколов С.Ю. и др. Строеение и история развития литосферы. Вклад России в Международный полярный год. М.: Paulsen, 2010. Т. 4. С. 111–157.
5. Ямпольский К.П. // Геотектоника. 2011. № 2. С. 17–31.
6. Sandwell D.T., Smith W.H.F. // J. Geophys. Res. 2009. V. 114. B01411.
7. Геофизические методы исследований / Под ред. Н.И. Селиверстова. Петропавловск-Камчатский: КПКУ, 2004. С. 61–86.
8. Пейве А.А., Чамов Н.П. // Геотектоника. 2008. № 1. С. 38–57.