## РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК ОТДЕЛЕНИЕ НАУК О ЗЕМЛЕ НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМАМ ТЕКТОНИКИ И ГЕОДИНАМИКИ ПРИ ОНЗ РАН ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУ-КИ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (ГИН РАН) ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ МГУ им. М.В. ЛОМОНОСОВА

# ТЕКТОНИКА И ГЕОДИНАМИКА ЗЕМНОЙ КОРЫ И МАНТИИ: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ-2022

Материалы LIII Тектонического совещания

Том 2

Москва ГЕОС 2022 Тектоника и геодинамика Земной коры и мантии: фундаментальные проблемы-2022. Материалы LIII Тектонического совещания. Т. 2. М.: ГЕОС, 2022. 325 с.

ISBN 978-5-89118-846-4

Ответственный редактор К.Е. Дегтярев

На обложке: Лежачие складки в кварцитах юмагузинской свиты Южный Урал (фото А.В. Рязанцева)

> © ГИН РАН, 2022 © Издательство ГЕОС, 2022

точной Арктики в поздней юре – раннем мелу // Докл. РАН. Науки о земле, 2021. Т. 500. № 2. С. 13–20.

5. Лобковский Л.И., Рамазанов М.М. Исследование конвекции в верхней мантии, термомеханически связанной с зоной субдукции, и ее геодинамические приложения для Арктики и Северо-Восточной Азии // Известия РАН. Механика жидкости и газа. 2021. № 3. С. 139–150.

6. Соколов С.Д., Тучкова М.И., Ганелин А.В., Бондаренко Г.Е., Лейер П.П. Тектоника Южно-Анюйской сутуры (Северо-Восток Азии) // Геотектоника. 2015. № 1. С. 5–30.

7. The Geology of Alaska. Plafker G., Berg H.C. (eds). The Geology of North America, G-1. Geological Society of America, Boulder, CO. 1994. 1055 p.

8. *Moore T.E., Wallace W.K., Mull C.O., Adams K.E., Plafker G., NokleberIg W.J.* Crustal implications of bedrock geology along the Trans-Alaska Crustal Transect (TACT) in the Brooks Range, northern Alaska // J. Geophys. Res. 1997. Vol. 102. N B9. P. 20645–20684.

# С.Ю. Соколов<sup>1</sup>, Г.Д. Агранов<sup>1,2</sup>, С.И. Шкарубо<sup>3</sup>, А.В. Зайончек<sup>1</sup>, А.С. Абрамова<sup>1</sup>

# Признаки дегазации в осадочном чехле юго-восточного обрамления хребта Книповича по сейсмическим данным

Сейсмические исследования осадочного чехла на флангах хребта Книповича [1, 2] позволили выявить в нем аномалии записи, возникающие при отражении от газонасыщенных слоев. Скопления свободного газа проявляются в форме так называемых «ярких пятен» (рис. 1), которые возникают при резком увеличении амплитуды отраженных волн из-за большого контраста акустических свойств вмещающей и газонасыщенной сред. При значительном скоплении газа «яркое» пятно приобретает субгоризонтальную форму, которую также называют «плоским» пятном. На флангах хребта Книповича «плоские» пятна наблюдались и ранее [3, 4]. Нами проведено изучение пространственного распределения плоских пятен по данным ГИН РАН и АО «МАГЭ», сопоставление их морфометрических характеристик с геофизическими полями, отражающими воз-

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Геологический институт РАН, Москва, Россия

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Музей землеведения, МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> АО «Морская арктическая геологоразведочная экспедиция», Мурманск, Россия



Рис. 1. Фрагмент разреза МОВ ОГТ 91240, содержащий аномалию сейсмической записи типа «яркое пятно» над выступом акустического фундамента

никающий при серпентинизации метаморфизм пород верхней мантии, определение возможной тектонической природы структур фундамента, над которыми в осадочном чехле возникают аномалии записи, и геодинамической обстановки, в которой они могли возникнуть.

В настоящее время на север-северо-восточном продолжении разлома Сенья, который являлся трансформной границей данного спредингового сегмента [5], в фундаменте выделяются структуры, имеющие сходную с ним ориентацию, но несовпадающие с азимутами главных тектонических элементов современной спрединговой зоны. Сейсмическая активность восточного фланга хребта Книповича [6] указывает на тектоническую активизацию этой части котловины по линии продолжения разлома Сенья. Развитие долгоживущих плоскостей смещений в условиях преобладающего сдвига с растяжением [6, 7] создает условия для проникновения морской воды в верхнюю мантию следствием которого является серпентинизация, протекающая с выделением метана.

Наиболее благоприятной ситуацией для реализации этого процесса является океаническая кора, сформированная при медленном и ультрамедленном спрединге с минимальным базальтовым и габброидным слоями, и наличие осадочного чехла, способного удержать флюид. Если осадков нет, СН<sub>4</sub> попадает непосредственно в водную толщу, что было установлено вдоль восточного борта хребта Книповича [8]. Пространственное положение аномалий в осадочном чехле приведено на рис. 2 с использо-





ванием остаточной аномалии Буге в качестве топографической основы. Рисунок этого поля (рис. 2) показывает продолжение линейной структуры, связанной с разломом Сенья, на север-северо-запад. Это продолжение утыкается в хребет Книповича около 76°N. Расположение большинства пятен связано с отрицательными зонами остаточной аномалии. Среднее значение поля под аномалиями составляет -2.7 мГал. Сопоставление пространственного положения пятен с аномальным магнитным полем [10] показывает, что они развиты в областях с мозаичным характером поля, где преимущественно отсутствует его линейная конфигурация со средним уровенем +72 нТл.

Полученные результаты показывают следующее. На продолжении трансформной границы океан-континент по разлому Сенья происходит

тектоническая активизация на фланге хребта Книповича вдоль удлиненной формы остаточных аномалий Буге (см. рис. 2). Это указывает на то, что соответствующие им структуры фундамента, испытывают современные знакопеременные движения. Предполагается, что параллельно идет процесс серпентинизации в верхней мантии с разуплотнением, увеличением объема и генерацией газа. Это приводит к положительным вертикальным движениям и накоплению газа в налегающих на фундамент осадках. Многие аномалии типа «плоское» пятно в осадочных комплексах расположены над выступами акустического фундамента, сформированными, вероятно, при разуплотнении пород мантии и вертикальных движениях. Положительное среднее значение аномального магнитного поля под сейсмическими аномалиями указывает на то, что серпентинизация, сопровождающаяся также образованием магнетита, может быть полностью одновозрастным и современным процессом, формирующим наложенный хемогенный магнитоактивный слой в верхней мантии.

#### Выводы:

1. Восточный фланг хребта Книповича испытывает тектоническую активизацию вдоль структур фундамента, являющихся северным продолжением разлома Сенья и несовпадающих с ориентацией как рифтовых сегментов хребта, так и трансформных смещений. Эти структуры выражены в высокочастотной компоненте аномалий Буге и по сейсмическим данным сопровождаются деформациями осадочного чехла, налегающего на фундамент.

2. Выделенные по сейсмическим данным аномалии типа яркое или плоское пятно распределены в пространстве над отрицательными значениями остаточных аномалий Буге и положительными аномалиями магнитного поля. Это указывает на привязку аномалий к зонам разуплотнения, которое может иметь серпентинизационный генезис, и к зонам формирования наложенной хемогенной намагниченности, которая возникает при серпентинизации и искажает первичный линейный рисунок магнитных аномалий спредингового фундамента. Положительный знак аномального магнитного поля указывает на современный возраст этих процессов.

3. Вертикальные смещения блоков коры и верхней мантии на флангах, приводящие к деформациям осадочного чехла и внеосевой сейсмичности, могут быть объяснены серпентинизацией с увеличением объема породы и тектоническими срывами на флангах, после которых увеличивается доступ воды, необходимой для этого метаморфического процесса, меняющего физические свойства пород – источников геофизических полей.

**Благодарности.** Данная работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-05-70040, а также частично в рамках темы госзадания № 0135-2019-0076 Геологического института РАН. Авторы выражают благодарность Российскому Федеральному Геологическому Фонду (https://rfgf.ru)

за доступ к фондовым материалам, которые были необходимы для проведения исследований, и АО «Морская арктическая геологоразведочная экспедиция» (МАГЭ) за предоставленные цифровые данные МОВ ОГТ.

## Литература

1. Шкарубо С.И. Особенности спрединга в северной части Норвежско-Гренландского бассейна // Геолого-геофизические характеристики литосферы Арктического региона. Вып. 1. СПб.: ВНИИОКЕАНГеология, 1996. С. 101–114.

2. Зайончек А.В., Брекке Х., Соколов С.Ю. и др. Строение зоны перехода континент-океан северо-западного обрамления Баренцева моря (по данным 24, 25 и 26 рейсов НИС «Академик Николай Страхов», 2006–2009 гг.) // Строение и история развития литосферы. Вклад России в Международный Полярный Год. Т. 4. М.: Paulsen, 2010. С. 111–157.

3. *Rajan A., Mienert J., Bünz S., Chand S.* Potential serpentinization, degassing, and gas hydrate formation at a young (<20 Ma) sedimented ocean crust of the Arctic Ocean ridge system // J. Geophys. Res. 2012. Vol. 117. N B03102, doi:10.1029/2011JB008537

4. *Waghorn K.A., Bünz S., Plaza-Faverola A. Johnson J.E.* 3D Seismic investigation of a gas hydrate and fluid flow system on an active mid-ocean ridge; Svyatogor Ridge, Fram Strait // Geochemistry, Geophysics, Geosystems. 2018. DOI 10.1029/2018GC007482

5. Gernigon L., Franke D., Geoffroy L., Schiffer C., Foulger G.R., Stoker M. Crustal fragmentation, magmatism, and the diachronous opening of the Norwegian-Greenland Sea // Earth-Science Reviews. 2020. Vol. 206. N 102839. P. 1–37. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.04.011.

6. Соколов С.Ю., Абрамова А.С., Мороз Е.А., Зарайская Ю.А. Амплитуды дизъюнктивных нарушений флангов хребта Книповича (Северная Атлантика) как индикатор современной геодинамики региона // Геодинамика и тектонофизика. 2017. Т. 8. № 4. С. 769–789. doi:10.5800/GT-2017-8-4-0316.

7. Crane K., Doss S., Vogt P., Sundvor E., Cherkashov I.P., Devorah J. The role of the Spitsbergen shear zone in determining morphology, sedimentation and evolution of the Knipovich Ridge // Marine Geophysical Researches. 2001. Vol. 22. P. 153–205.

8. Cherkashev G.A., Gusev E.A., Zhirnov E.A., Tamaki K., Kurevits D., Okino K., Sato H., Baranov B.V., Egorov A.V., German K., Crane K., Sushchevskaya N.M. The Knipovich Ridge Rift Zone: Evidence From The Knipovich-2000 Expedition // Doklady Earth Sciences. 2001. Vol. 378. P. 420–423.

9. *Balmino G., Vales N., Bonvalot S., Briais A*. Spherical harmonic modeling to ultra-high degree of Bouguer and isostatic anomalies // J. Geod. 2012. Vol. 86. P. 499–520.

10. Olesen O.G., Gellein J., Habrekke H. et al. Magnetic Anomaly Map, Norway and adjacent ocean areas, Scale 1:3 million. Geological Survey of Norway, 1997.

# К.Ф. Старцева<sup>1</sup>, А.М. Никишин<sup>1</sup>

# Апт-альбские и эоценовые сдвиговые деформации Восточно-Сибирского и Северо-Чукотского бассейнов

В рамках государственной программы освоения Арктического шельфа в 2011–2020 гг. был получен большой объем новых геолого-геофизических данных, в том числе для осадочных бассейнов Восточно-Сибирского и Северо-Чукотского морей. Результаты сейсмической интерпретации и обоснование стратиграфии в этих бассейнах приведено в работе [2]. Согласно интерпретации, формирование этих бассейнов связано с рифтингом и последующим пострифтовым погружением, проявленными на островах Де-Лонга и хребте Менделеева. При этом изометричная форма бассейнов может указывать на их формирование в транстенсионных обстановках (pull-apart). По южному борту Северо-Чукотского бассейна на картах гравитационных и магнитных аномалий наблюдается линеамент (Аз. пр. около 285°), интерпретируемый как региональный разлом (рис. 1).

Для изучаемых бассейнов одной из самых характерных черт, которые можно наблюдать на сейсмических профилях, является сеть многочисленных малоамплитудных сбросов (рис. 2), осложняющая разрез отложений преимущественно древнее 34 млн лет (по данным [2]). Сбросы зачастую имеют встречное направление, и слагают цветковые структуры, характерные для присдвиговых обстановок. Максимальная амплитуда смещений основной части сбросов составляет 100–200 мс, единичные разломы достигают амплитуды 300–400 мс. Простирание сбросов в большинстве случаев сложно напрямую проследить по имеющимся сейсмическим данным в связи с их разреженностью. Однако в местах сгущения сейсмических профилей для отдельных разломов устанавливается азимут простирания около 335–345° в Восточно-Сибирском бассейне и около 350° в Северо-Чукотском бассейне. Это согласуется с данными Фреймана С.И. [1], который по статистическим распределениям наблюдаемых углов падения сбросов на сейсмических профилях получил средние азимуты их

<sup>1</sup> МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия