

А. Л. ПИСКАРЕВ, А. А. КИРЕЕВ, В. А. САВИН, О. Е. СМИРНОВ (ВНИИОкеангеология)

Магматические образования триасового и юрско-мелового возрастов в осадочных толщах Северо-Баренцевского бассейна

В северной части Баренцева моря после анализа данных сейсморазведки МОВ ОГТ 2D, гравиметрических и магнитных съемок построены 3D модели земной коры (плотностная и магнитная). Определена граница распространения трапповых образований двух этапов магматизма триасового и юрско-мелового возрастов.

Ключевые слова: *Баренцево море, сейсморазведка, гравиметрия, магниторазведка, моделирование, магматические породы.*

A. L. PISKAREV, A. A. KIREEV, V. A. SAVIN, O. E. SMIRNOV (VNIIOkeangeologia)

Igneous rocks of Triassic and Jurassic-Cretaceous ages in sediment layers of the North-Barents Basin

Analysis of seismic reflection CDP 2D, gravity and magnetic surveys data used to calculate 3D models of the Earth's crust (a density and magnetic). Then the boundary was determined between trap formation of two phases, Triassic and Jurassic-Cretaceous ages.

Keywords: *Barents Sea, seismic CDP, gravity, magnetic, modeling, igneous rocks.*

Обоснованные представления о геологическом строении Баренцевского шельфа сформулированы еще в 80-е годы после завершения регионального этапа геофизических съемок и выполнения буровых работ на ряде морских структур и на островах [9, 10, 13]. К началу 90-х годов геолого-геофизическими исследованиями на акватории Баренцева моря были установлены общие закономерности его строения. Разведочными работами открыт ряд крупных месторождений нефти и газа, включая три гигантских месторождения газоконденсата (Штокмановское, Лудловское и Ледовое). Особый интерес к геологическому строению Баренцево-Карского шельфа обусловлен чрезвычайно высоким углеводородным потенциалом его осадочных бассейнов, которые, как предполагалось, должны занять ведущее место в будущей энергетике мира [16].

Однако общая изученность акватории бурением остается крайне низкой. Скважины на акватории Баренцева моря не проникли в породы древнее ранней перми, а отложения Северо-Баренцевского осадочного бассейна вскрыты единственной картировочной скважиной (Лунинской).

Насыщенность осадочного чехла Восточно-Баренцевского прогиба магматическими телами основного состава — характерная черта его строения [19]. В то же время магматические породы при бурении в прогибе обнаруживаются относительно редко. Имеются лишь два определения их радиогенного возраста по Лудловской скважине. Эти результаты подтверждают присутствие в Восточно-Баренцевском прогибе магматических образований юрско-мелового возраста.

В составе отдельных блоков фундамента самый древний магматический комплекс — широко развитые в регионе образования каледонской тектоно-магматической эпохи. На Шпицбергене в эту

эпоху происходит внедрение гранитов (410 млн лет), сопровождаемое глыбовыми движениями и формированием грабенов [11]. В Тимано-Печорской области и Канинско-Тиманском регионе возраст тел базальтового и долеритового состава чаще всего приходится на интервал 362 ± 30 млн лет (поздний девон). Пластовые интрузии и эффузивные тела этого состава прослеживаются, по геофизическим данным, подо дном Печорского моря и далее на северо-запада, вплоть до центральных частей Южно-Баренцевской впадины. М. Л. Верба [6, 7] отмечает, что среднепалеозойские рифтогенные структуры Баренцевской плиты простирались в девоне в северо-западном направлении. При этом автор опирается на сходство морфологии и простиражения грабенов Шпицбергена, поднятия Федынского и Печорской плиты.

Позднекиммерийская тектоно-магматическая эпоха широко проявлена в центральной части и на севере Баренцевской плиты. Трапповый комплекс юрско-мелового возраста особенно развит на архипелаге Земля Франца-Иосифа, где он представлен sillами и дайками долеритов и покровами базальтов. По радиологическим данным, пик базальтового магматизма на Земле Франца-Иосифа соответствует 123 млн лет. По-видимому, к этому времени относится внедрение и излияние основной магмы, так как пепел — предвестник плато-базальтового вулканизма — появляется в разрезах осадочных пород начиная с неокома (144–122 млн лет) [15, 17, 23].

Структура Баренцево-Карской плиты в раннем мезозое формировалась под влиянием процессов рифтогенеза, сопровождавшихся лавинным осадконакоплением и магматизмом. С раннеюрского времени, ознаменовавшегося размытием триасовых отложений на поднятиях, начинается

формирование плитного (синеклизного) комплекса. Он перекрывает все основные структурные элементы плиты и объединяет их в составе надпорядковой структуры [3, 4].

На рубеж юры и мела приходится импульс тектонической активизации. На своде Федьинского происходит глубокая эрозия юрских отложений [20]. Подъем Пайхой-Новоземельского орогена приводит к усилению сноса и формированию клиноформенной структуры глинистых пород в основании раннемеловых отложений.

Характеристика строения и состава осадочного чехла Баренцево-Северокарского прогиба на основе сейсмических и других геофизических данных содержится в работах М. Л. Вербы [5], А. Ю. Юнова [21] и монографии «Баренцевская шельфовая плита» под редакцией И. С. Грамберга [3]. Мощность осадочного чехла достигает в Южно-Баренцевской впадине 20, в Северо-Баренцевской 16–18 км. В мезозойском осадочном чехле прогиба выделяются следующие терригенные отложения:

- триасовые, практически повсеместно распространенные и вскрытые многими скважинами как на шельфе, так и на островах. Образуют основную, большую по мощности часть мезозойского разреза. По сейсмическим данным и по данным анализа аномалий магнитного поля, предполагалось наличие внутри разреза магматических пластовых интрузий либо эффузивных фаций. Триасовые отложения отделены от вышележащих юрских перерывом, их мощность до 6,5 км;

- юрские, характеризуются преобладанием морских фаций. Заметны слабовыраженные клиноформы, обусловленные сносом терригенного, в основном песчаного материала во впадину с юга и востока. Завершается разрез юры богатыми органическим веществом черными глинистыми породами. Мощность отложений не более 1,4 км;

- меловые, выделяются на сейсмической записи клиноформенным комплексом в нижней, неоккомской части. Маломощные верхнемеловые отложения подверглись размыву при воздымании Баренцевского шельфа на рубеже мела и палеоцена и сохранились на небольших участках. Мощность меловых отложений до 2,0 км (главным образом за счет значительной мощности апта и альба).

При разработке моделей строения земной коры в Северо-Баренцевском регионе важную роль сыграли данные, полученные при выполнении профиля широкоугольного глубинного сейсмопрофилирования в восточной части Баренцевоморского шельфа [12], а также результаты последующих работ на опорных геотраверсах 1АР и 2АР [1, 8, 14].

Профиль, на котором выполнено широкоугольное сейсмическое профилирование, проходит от прибрежных вод Кольского п-ова до Земли Франца-Иосифа через Мурманскую, Арктическую, Штокмановскую, Лудловскую и Лунинскую структуры. Прослежена граница Мохо, которая поднимается от 32–33 км на концах профиля до 25 км в его центральной части, вблизи Лудловской седловины.

Геотраверс 1-АР (г. Заполярный – о. Хейса) протяженностью 1440 км пересекает все основные геологические структуры северо-западной части Баренцево-Карского региона: Кольско-Канинскую моноклиналь, Центральную-Баренцевскую антеклизу, северо-западный борт Северо-Баренцевской

впадины и юго-восточный склон Свальбардской антеклизы.

Судя по скоростным параметрам, характеру волновой картины и результатам моделирования, Северо-Баренцевская впадина выполнена мощной толщей верхнепалеозойских – триасовых терригенных отложений, в нижней части разреза которых присутствуют магматические образования, аналогичные встреченным на Лудловской седловине.

Геотраверс 2-АР (п-ов Ямал – центральная часть Баренцевского шельфа) пересекает в юго-восточном направлении северную часть Баренцева моря, а затем и Новую Землю (севернее пролива Маточкин Шар).

Выявлены основные отражающие горизонты в осадочном чехле до глубины 15 км. Получены новые данные о глубинном строении Северо-Баренцевского бассейна, Адмиралтейского мегавала, прогиба Седова, Новоземельской складчатой зоны.

Геотраверс 4-АР (п-ов Таймыр – Земля Франца-Иосифа) замыкает на севере системы профилей на Баренцево-Карском шельфе.

На всем протяжении профиля 4-АР уверенно прослеживается граница Мохоровичича. Баренцево-Северо-Карский мегaproгиб характеризуется минимальными мощностями земной коры (31,6–33,0 км). Профиль пересекает лишь небольшой северный фрагмент Северо-Баренцевской впадины. Тем не менее именно в ней зафиксирована наибольшая мощность осадочного чехла – 16–17,5 км.

Северная часть Баренцево-Карского шельфа, пересеченная опорным профилем 4-АР, представляет собой совокупность разнородных тектонических элементов. Здесь представлены (с запада на восток) структуры юго-восточной окраины Свальбардской антеклизы (включая островную территорию Земли Франца-Иосифа), Баренцево-Северокарский мегaproгиб, структуры северной периферии Новоземельского блока (Пайхой-Новоземельской гряды) [25]. Установлено, что стратиграфический диапазон осадочных отложений увеличивается в восточном направлении.

Новый этап анализа структурно-тектонического плана Северо-Баренцевского шельфа стал возможным после завершения экспедиции МАГЭ в 2012 г. региональных комплексных геофизических работ, включавших сейсморазведку МОВ ОГТ 2D, надводную гравиметрию и дифференциальную гидромагнитную съемку. Стратиграфическая привязка основных отражающих горизонтов осуществлялась передачей корреляции по связующим профилям от расположенных южнее скважин Адмиралтейская и Лунинская.

По совокупности геолого-геофизических данных, основные сейсмические несогласия получили следующую возрастную привязку: III₂; PZ₁₊₂–D₃; I₄; C₃–P₁; A; P₃–T₁; B; T–J; B; J₁; Г_{II}; K_{1inc}. В процессе построения 3D модели земной коры Северо-Баренцевской впадины согласованы все геолого-геофизические данные. Актуализированные очертания впадины представлены на рис. 1.

Анализ магнитных аномалий региона потребовал проведения специальных работ.

Магнитные аномалии в бассейне Баренцева моря по природе источников могут быть разделены на две группы: аномалии, связанные с породами докембрийского кристаллического (или складчатого) фундамента, и аномалии, вызванные магматическими телами в осадочном чехле. Источники

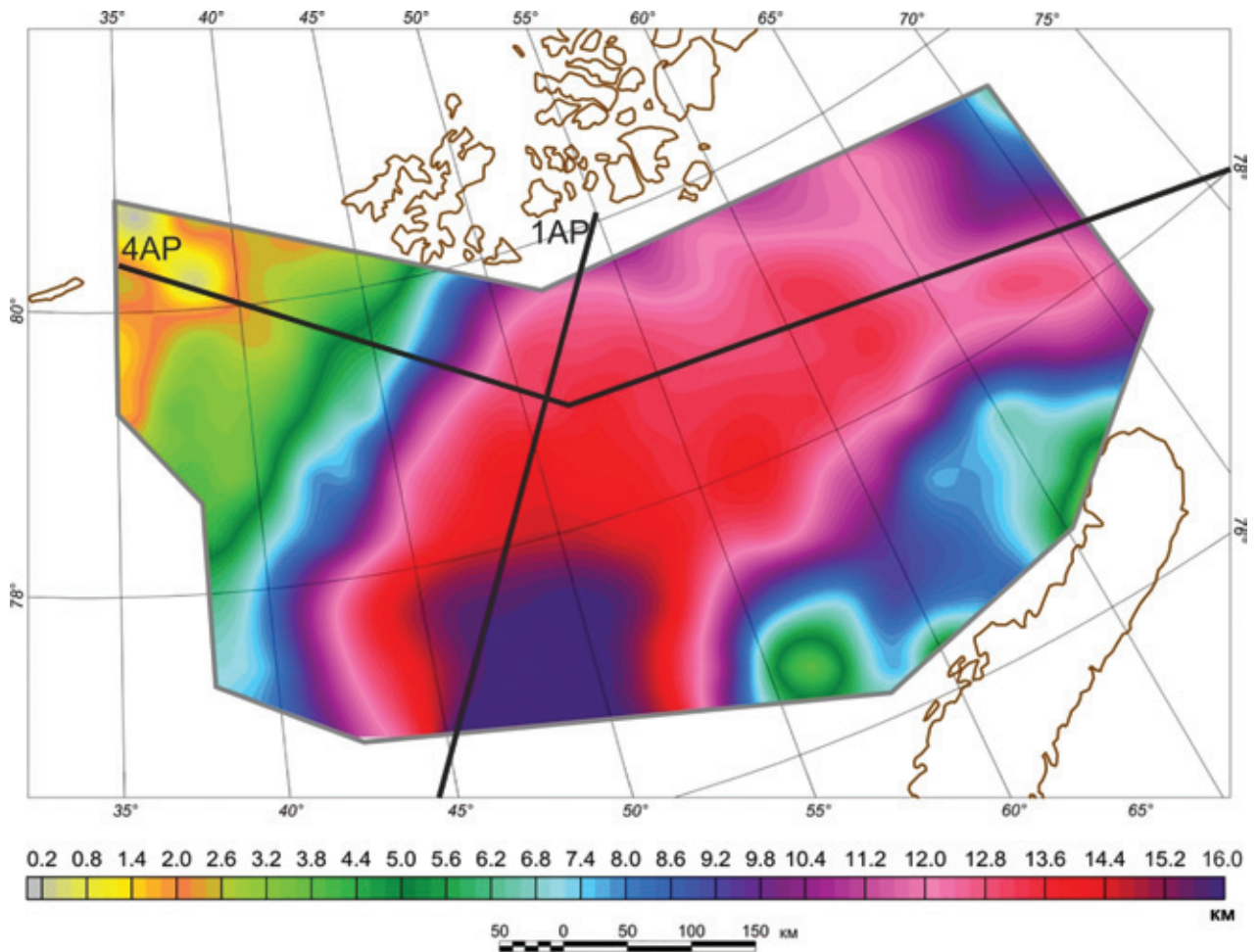


Рис. 1. Глубина поверхности фундамента (горизонт III₂) по данным, извлеченным из 3D сейсмогравитационной модели Северо-Баренцевской впадины. Черные линии – сейсмические геотравесы

первого типа уверенно прослеживаются и идентифицируются на периферии бассейна и в районе Центрально-Баренцевского поднятия. В фундаменте впадин, в соответствии с расчетами и данными моделирования, предполагается существование ослабленных при приближении к поверхности Кюри источников аномалий, вплоть до глубин 18–20 км. Магматические источники располагаются, по расчетам, преимущественно в интервале глубин 3–10 км, за исключением приповерхностных трапповых тел, создающих высокочастотные аномалии на шельфе, прилегающем к Земле Франца-Иосифа и к юго-востоку от Шпицбергена.

Магнитные аномалии Северо-Баренцевского бассейна чаще всего связывают с трапповым комплексом юрско-мелового возраста, широко развитым на архипелаге Земли Франца-Иосифа, где он представлен силлами и дайками долеритов и покровами базальтов [18]. Хотя пик базальтового магматизма на Земле Франца-Иосифа приходится на ранний мел и соответствует, по радиологическим данным, возрасту 123 млн лет, начальный импульс активной магматической деятельности соответствует границе юры и мела – около 144 млн лет [22]. По-видимому, к этому времени относится внедрение и излияние основной массы трапповых тел в регионе архипелага Земля-Франца-Иосифа.

В ряде работ магнитные аномалии Восточно-Баренцевского осадочного бассейна увязывались

с магматическими комплексами, образованными в процессе рифтогенеза или океанообразования девонского времени [2]. Сейсмические данные, полученные в ходе работ на геотрансектах, показали присутствие вулканитов в форме пластовых интрузий и штоков в толщах, формирование которых отнесено авторами к позднепермскому и триасовому времени [24].

Для составления карты магнитных аномалий Северо-Баренцевского шельфа произведена увязка и уравнивание нормального поля для магнитных съемок, покрывающих исследуемую площадь. После этого файлы исходных данных были использованы для расчета гридированных значений аномалий и для построения карт аномальных полей.

В конечную базу данных вошли данные о магнитных аномалиях, измеренных при проведении разномасштабных гидромагнитных и аэромагнитных съемок (выполненных на высотах от 100 до 1000 м). В качестве обзорной представлена карта аномалий, пересчитанных на единый (1000 м) уровень наблюдения (рис. 2).

В северной части изученной площади интенсивные короткопериодные магнитные аномалии тянутся в северо-западном направлении. Природу этих аномалий объяснить нетрудно, так как по направлению и амплитуде они тождественны аномалиям архипелага Земля Франца-Иосифа, обязанным своим происхождением частично обнажающимся на поверхности дайкам, силлам и покровам долеритов

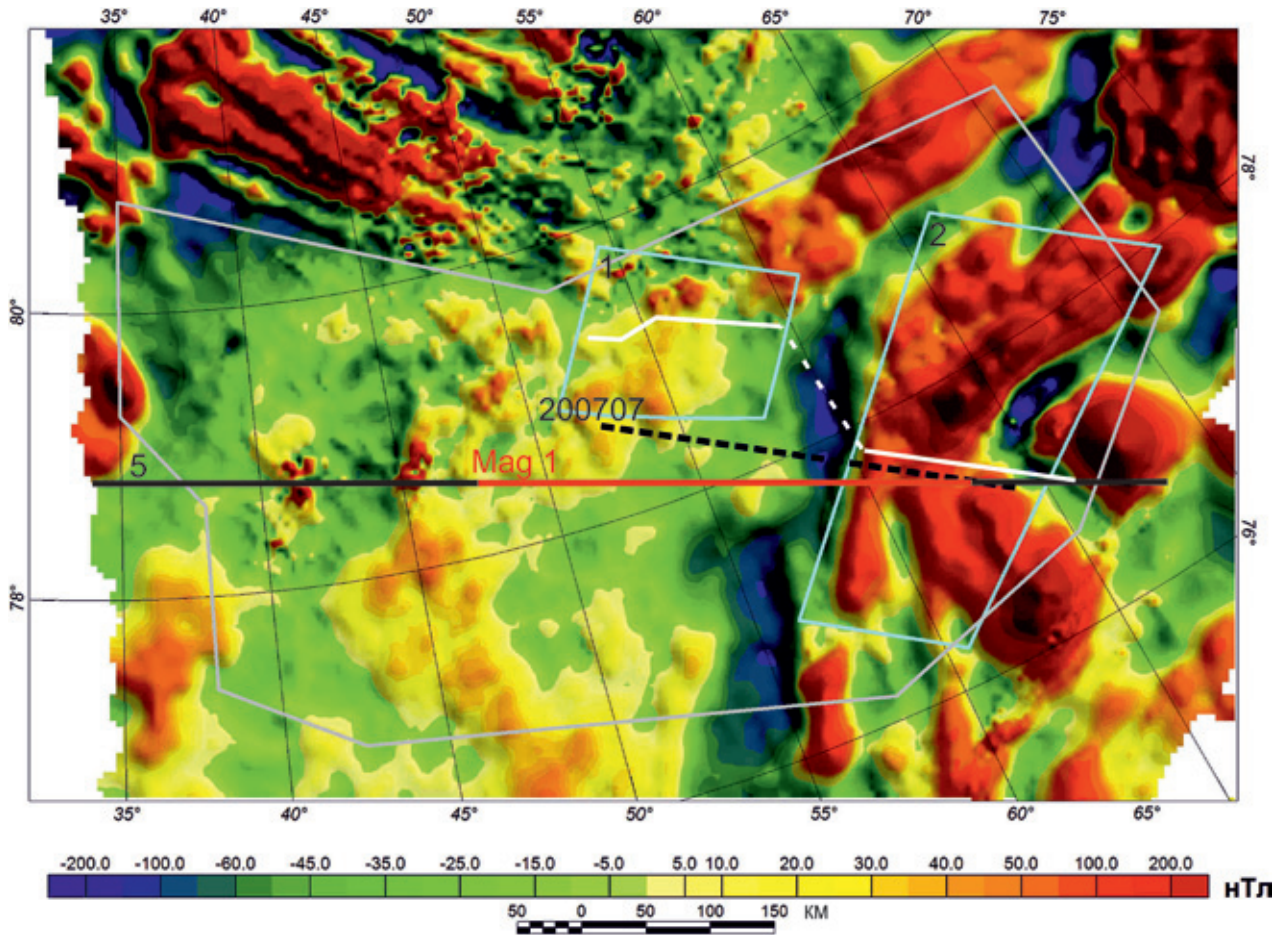


Рис. 2. Карта магнитных аномалий Северо-Баренцевской площади. Серая линия – граница исследуемой площади; белая линия – граница ареалов раннемелового и раннетриасового магматизма в Северо-Баренцевской впадине; бирюзовые полигоны – контуры площадей детальных исследований: 1 – Трубятчинской (рис. 3), 2 – Предновоземельской; черная и красная линии – положение разреза гравимагнитной модели (рис. 4); черный пунктир – положение сейсмического профиля 200707 (рис. 5)

и базальтов трапповой формации раннемелового возраста.

Анализ магнитных аномалий на Трубятчинской и Предновоземельской площадях, на которых выполнены детальные гидромагнитные съемки, дал возможность углубленно исследовать строения верхней части разреза осадочной толщи. В сопоставлении с сейсмическими данными особому изучению были подвергнуты магнитные аномалии, вызываемые источниками в интервале глубин до 4–5 км. В исходном спектре магнитного поля им соответствуют аномалии с периодом менее 30 км.

Для проведения соответствующей фильтрации магнитных аномалий рассчитаны двумерные спектры Фурье. По гармоникам исходного спектра с периодом $T > 30$ км рассчитана региональная составляющая магнитных аномалий. Как исключение этой составляющей из исходного поля получены карты остаточных магнитных аномалий (рис. 3).

Карта локальных магнитных аномалий Трубятчинской площади демонстрирует четкое деление изученной площади на две области. В северо-восточной части площади высокоамплитудные аномалии имеют северо-западное простирание. На остальной площади карты аномалии менее ярко выражены по амплитуде, а направление их осей и градиентов север-северо-западное, составляющее

угол в 20° – 30° по отношению к осям аномалий северо-восточной части площади.

Четкое деление на две области демонстрирует и карта локальных магнитных аномалий Предновоземельской площади. В северо-восточной части площади высокоамплитудные аномалии не имеют четко выраженного преобладающего направления. В юго-западной части наблюдаются аномалии меньшей амплитуды, а направление их осей и градиентов близко к север-северо-западному или меридиональному.

Источники магнитных аномалий к югу от линии раздела (рис. 2 и 3) находятся, согласно расчетам, в Северо-Баренцевской впадине на глубинах преимущественно от 3 до 10 км. Соответствующие этим аномалиям трапповые тела хорошо видны и на сейсмических разрезах.

Для определения положения источников магнитных аномалий построены согласованные между собой плотностные и магнитные модели земной коры Северо-Баренцевской впадины.

Плотностные границы в разрезах на шельфе Баренцева моря определены как по петрофизическим данным, так и в результате итерационного подбора гравитационных аномалий при моделировании. Построение сейсмоплотностной, а затем и магнитной моделей Северо-Баренцевской впадины произведено с использованием программы

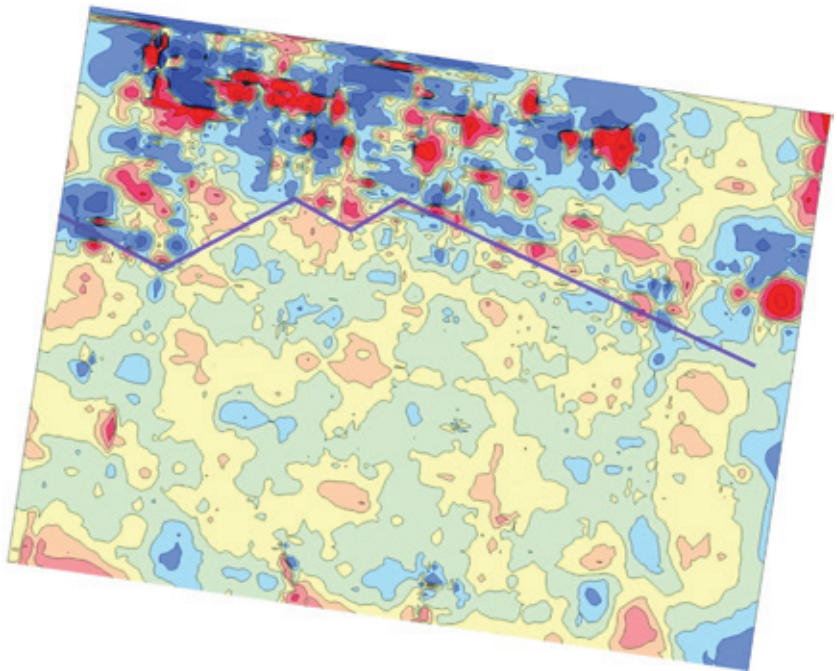


Рис. 3. Локальные магнитные аномалии (период $T < 30$ км) Трубчатинской площади Северно-Баренцевской впадины. Карта получена путем исключения из исходного поля 17 гармоник с длиной волны $T > 30$ км. Фиолетовая линия — линия раздела площади по амплитуде и ориентировке локальных аномалий

GRAV-3D. Модель опирается на 11 профилей, подбор границ и плотностей отдельных толщ производился по достижению среднеквадратического расхождения между наблюдаемыми и рассчитанными аномалиями в 2,5–3 мГал.

В основе строения осадочной части разреза магнитной модели, как и плотностной модели, лежат сейсмические данные. Для моделирования структуры осадочного чехла выбраны сейсмические несогласия Π_2 , I_a , А, Б, В, Γ_c . Разрез через 3D плотностную и магнитную модели Северо-Баренцевской впадины представлен на рис. 4.

Отрицательная магнитная аномалия север-северо-восточного направления, ширина которой составляет 30–60 км (рис. 2), делит площади магнитных аномалий с различной интенсивностью. Интенсивность аномалий в Предновоземельской области, расположенной восточнее описываемой отрицательной аномалии, заметно выше, чем на площади к западу от нее. Различные свойства фундамента по обе стороны от отрицательной магнитной аномалии подтверждены моделированием.

Отмечаемая отрицательной магнитной аномалией шовная зона прослеживается на стыке

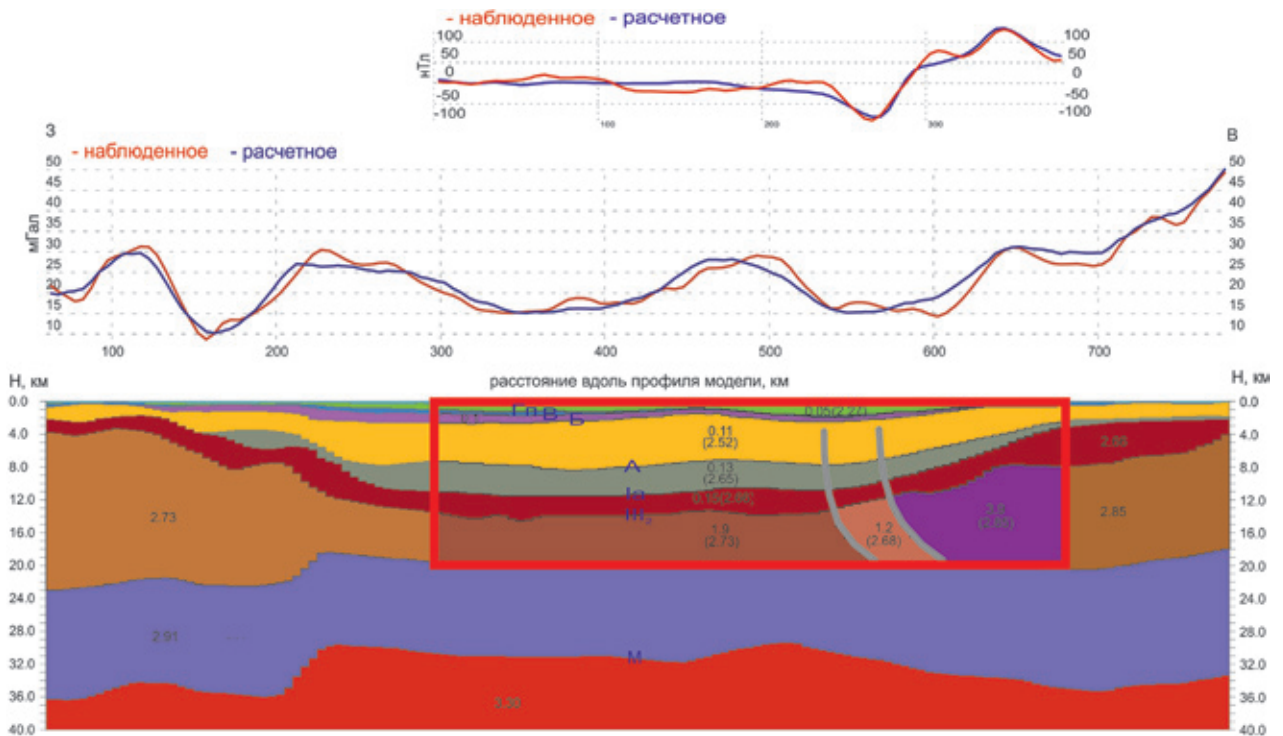


Рис. 4. Разрез через 3D плотностную и магнитную модели Северо-Баренцевской впадины. Приведены цифры плотности в $г/см^3$ и намагниченности в 1×10^{-2} СИ толщ

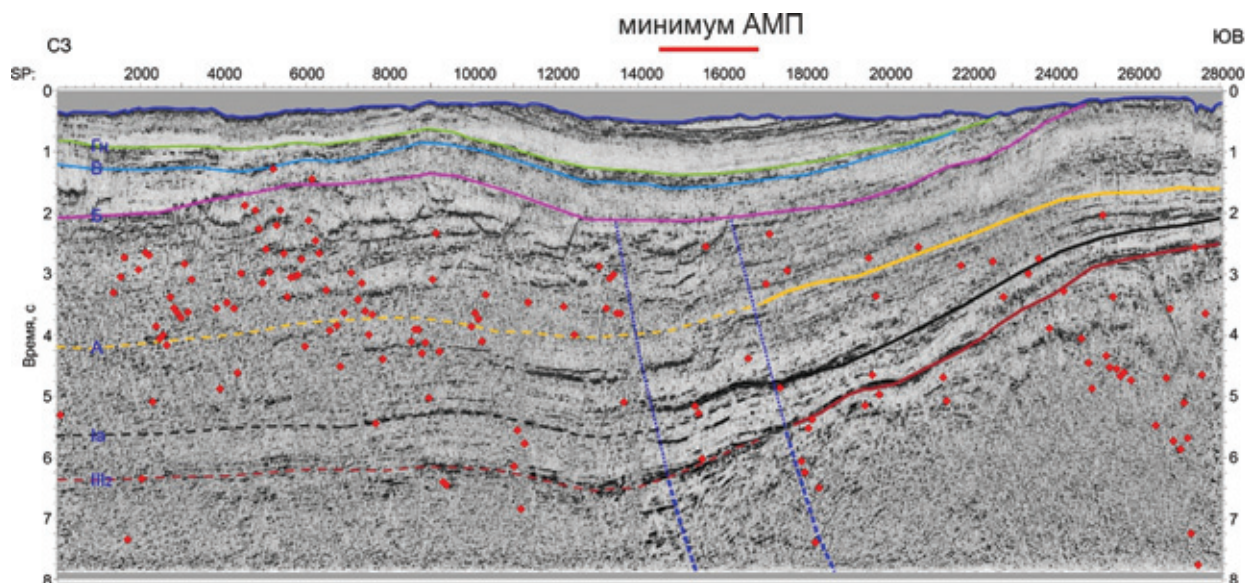


Рис. 5. Фрагмент временного разреза МОВ ОГТ по профилю 200707. Красные точки – положение источников магнитных аномалий, синий пунктир – положение зоны пониженной намагниченности в фундаменте и ее продолжение в виде зоны потери корреляции сейсмических горизонтов в осадочном чехле

Северо-Баренцевского мезозойского и Северо-Карского палеозойского осадочных бассейнов. Зона прослеживается на многие сотни километров вдоль западного склона Адмиралтейского поднятия. По данным моделирования (рис. 4), шовная зона в восточном крыле бассейна представляет собой пологонаклонную на восток структуру.

Корреляция горизонтов сейсмических несогласий, относящихся ко времени раньше поздне триасового, теряется при переходе через отмеченную выше шовную зону (рис. 5). К востоку от зоны (в пределах Предновоземельской области) несогласия III_2 , I_a и A проявляются четко, к западу от нее весьма неуверенно.

Приведенные данные заставляют нас рассматривать шовную зону на востоке Северо-Баренцевского бассейна как надвиг, развивавшийся в триасовое время. Существование такого гигантского надвига предполагалось ранее в работе Н. А. Богданова и соавторов [4]. Вдоль него Новая Земля и Предновоземельская область оказались надвинуты на образовавшуюся к тому времени Северо-Баренцевскую впадину.

Расчетные источники магнитных аномалий (рис. 5) расположены на глубинах, соответствующих осадочным толщам ниже горизонта Б. В этих же толщах отмечаются и характерные признаки появления магматических тел на сейсмических записях. Учитывая возрастную привязку сейсмических несогласий, основанную на прослеживании горизонтов от скважин, можно сделать вывод, что магматические тела, служащие источником магнитных аномалий на большей части Северо-Баренцевской впадины, не могут быть моложе триасового возраста.

Магнитные аномалии в самой северной части Северо-Баренцевского бассейна связаны с юрско-меловыми породами траппового комплекса, изученного на Земле Франца-Иосифа. Южнее, в центральных областях Северо-Баренцевской впадины, и сейсмические данные, и данные интерпретации магнитных аномалий свидетельствуют

о раннетриасовом возрасте внедренных в осадочный чехол магматических образований. Земля Франца-Иосифа и окружающая архипелаг область юрско-мелового траппового магматизма отделены от центральной области Северо-Баренцевской впадины четкой дизъюнктивной зоной.

В раннетриасовое время часть Баренцевской плиты с уже существовавшей в это время Северо-Баренцевской впадиной входила в состав огромной магматической трапповой провинции, охватывавшей большую часть Сибирской плиты, Западно-Сибирскую и Южно-Карскую плиты. Палеогеодинамические реконструкции, относящиеся ко времени раскола Пангеи, демонстрируют сближенное расположение всех перечисленных выше континентальных масс [26].

1. Алексеева А.К. Глубинное строение Баренцево-Карского шельфа по данным исследований на опорных геотраверсах / А.К. Алексеева, И.В. Беляев, М.Л. Верба, Е.Д. Лисицын, Т.Л. Метлина // Исследования литосферы в работах петербургских геофизиков. – СПб.: ВИРГ – ВНИИОкеангеология, 2003. – С. 186–192.

2. Аглонов С.В., Шмелев Г.Б., Краснов Д.К. Геодинамика Баренцево-Карского шельфа (по геофизическим данным) // Геотектоника. 1996. № 4. – С. 58–76.

3. Баренцевская шельфовая плита / под ред. И.С. Грамберга. – Л.: Недра, 1988. – 263 с.

4. Богданов Н.А., Хаин В.Е., Шипилов Э.В. Раннемезозойская геодинамика Баренцево-Карского региона // Докл. РАН. 1997. Т. 357. № 4. – С. 511–515.

5. Верба М.Л. Баренцево-Северокарский мегапрогиб и его роль в эволюции Западно-Арктического шельфа // Геологическое строение Баренцево-Карского шельфа. – Л.: НПО «Севморгеология», 1985. – С. 11–28.

6. Верба М.Л. Концепция рифтогенеза при поисках нефти на Баренцевом море // 25 лет на Арктическом шельфе России. – Мурманск: МАГЭ; СПб.: ВНИИОкеангеология, 1999. – С. 11–18.

7. Верба М.Л. Среднепалеозойские рифтогенные структуры Баренцевской плиты // Поиски, разведка и добыча нефти и газа в Тимано-Печорском бассейне и Баренцевом море: Тезисы докл. Второй Междунар. конф. – СПб., 1996. – Т. 1. С. 89–96.

8. Верба М.Л. Результаты сейсмических исследований по опорным профилям AP-1 и AP-2 в Баренцевом и Карском морях / М.Л. Верба, Н.М. Иванова, В.А. Кацев, Ю.В. Рослов, Т.С. Сакулина, А.Н. Телегин // Разведка и охрана недр. 2001. № 10. — С. 3–7.
9. Верба М.Л., Павленкин А.Д., Тулина Ю.В. Глубинная геологическая структура шельфа Баренцева моря // Неоднородности глубинного строения земной коры океанов. — Л.: ПГО «Севморгеология», 1986. — С. 75–88.
10. Геологическое строение Баренцево-Карского шельфа. — Л.: Севморгеология, 1985. — 115 с.
11. Евдокимов А.Н. Вулканы Шпицбергена. — СПб.: ВНИИОкеангеология, 2000. — 123 с.
12. Пискарев А.Л. Плотностная модель земной коры Баренцевоморского шельфа / А.Л. Пискарев, Л.А. Дарган-Сушова, А.Д. Павленкин, М.Ю. Чернышев // Материалы Междунар. конф. «Морская и аэрогравиметрия — 94». — СПб.: Севморгео, 1994. — С. 92–93.
13. Погребницкий Ю.Е., Грамберг И.С., Кулаков Ю.Н., Сороков Д.С. и др. Арктический нефтегазоносный супербассейн // Нефтегазоносность Мирового океана: сб. науч. тр. — Л.: ПГО «Севморгеология», 1984. — С. 7–21.
14. Поселов В.А., Павленкин А.Д., Буценко В.В. Структура литосферы пассивных окраин в переходных зонах континент — шельф — океан в Арктике по данным глубинной сейсмометрии // Геолого-геофизические характеристики литосферы Арктического региона. — СПб.: ВНИИОкеангеология, 1996. — Ч. 2. С. 156–171.
15. Преображенская Э.Н., Школа И.В., Сергеев Д.В., Можжев О.В. Вещественный состав и условия формирования триасовых отложений архипелага Земля Франца-Иосифа (по материалам параметрического бурения) // Геологическое строение Баренцево-Карского шельфа. — Л.: Севморгеология, 1985. — С. 74–86.
16. Салманов Ф.К. Углеводородный потенциал арктических бассейнов — будущее энергетики мира / Ф.К. Салманов, И.С. Грамберг, К.А. Клещев, Дж. Грейс, В.И. Шпильман, Г.П. Мисникова, Н.И. Змановский // Минеральные ресурсы России. 1993. № 6. — С. 10–17.
17. Шипелькевич Ю.В., Кораго Е.А., Устинов Н.В. Мезозойские трапповые интрузии на Восточно-Баренцевском шельфе и их место в истории геологического развития региона // 25 лет на Арктическом шельфе России. — Мурманск: МАГЭ; СПб.: ВНИИОкеангеология, 1999. — С. 50–56.
18. Шпилов Э.В. Позднемезозойский магматизм и кайнозойские тектонические деформации Баренцевоморской континентальной окраины: влияние на распределение углеводородного потенциала // Геотектоника. 2015. № 1. — С. 60–85.
19. Шпилов Э.В., Карякин Ю.В. Мезозойский базальтоидный магматизм Баренцевоморской континентальной окраины: геодинамические обстановки раннего этапа раскрытия Арктического океана (по результатам исследований на архипелагах Земли Франца-Иосифа и Шпицбергена) // Строение и история развития литосферы. — М.: Paulsen, 2010. — С. 312–330.
20. Шкарубо С.И., Шпилов Э.В. Тектоника Западно-Арктической платформы // Разведка и охрана недр. 2007. № 9. — С. 32–47.
21. Юнов А.Ю. Цикличность седиментации и основные этапы формирования осадочного комплекса метаплатформы // Осадочный чехол Западно-Арктической метаплатформы (тектоника и сейсмостратиграфия). — Мурманск: НИИМоргеофизики, 1993. — С. 68–81.
22. Døssing A. On the origin of the Amerasia Basin and the High Arctic Large Igneous Province—Results of new aeromagnetic data / Eds. A. Døssing, H.R. Jackson, J. Matzka, I. Einarsson, T.M. Rasmussen, A.V. Olesen, J.M. Brozena // Earth and Planetary Sci. Lett. 2013. Vol. 363. — P. 219–230.
23. Geology of Franz Josef Land / Ed. V.D. Dibner. Oslo: Norsk Polarinstittutt, 1998. — 190 p.
24. Ivanova N.M., Sakoulina T.S., Roslov Yu.V. Deep seismic investigation across the Barents-Kara region and Novozemelskiy Fold Belt (Arctic Shelf) // Tectonophysics. 2006. Vol. 420. — P. 123–140.
25. Piskarev A.L., Shkatov M.Yu. Energy Potential of the Russian Arctic Seas: Choice of the Development Strategy // Developments in Petroleum Science. Amsterdam: Elsevier, 2012. Vol. 58. — 420 p.
26. Shepard G.E., Mueller R.D., Seton M. The tectonic evolution of the Arctic since Pangea breakup: Integrating constraints from surface geology and geophysics with mantle structure // Earth Sci. Rev. 2013. Vol. 124. — P. 148–153.

1. Alekseeva A.K., Belyaev I.V., Verba M.L., Lisicyn E.D., Metlina T.L. The deep structure of the Barents-Kara shelf according to research data on reference geotraverses. *Studies of the lithosphere in the works of Petersburg geophysicists*. St. Petersburg: VIRG — VNIIOkeangeologiya. 2003. Pp. 186–192. (In Russian).

2. Aplonov S.V., Shmelev G.B., Krasnov D.K. Geodynamics of the Barents-Kara shelf (according to geophysical data). *Geotektonika*. 1996. No 4, pp. 58–76. (In Russian).

3. Barencevskaya shel'fovaya plita [The Barents shelf]. Ed. by I.S. Gramberg. Leningrad: Nedra. 1988. 263 p.

4. Bogdanov N.A., Hain V.E., SHipilov Eh.V. Early Mesozoic geodynamics of the Barents-Kara region. *Doklady Rossiyskoy Akademii nauk*. 1997. Vol. 357. No 4, pp. 511–515. (In Russian).

5. Verba M.L. Barents-Severokarsky mega-bend and its role in the evolution of the West Arctic shelf. *Geological structure of the Barents-Kara shelf*. Leningrad: NPO "Sevmorgeologiya". 1985. Pp. 11–28. (In Russian).

6. Verba M.L. The concept of rifting in the search for oil in the Barents Sea. *25 years on the Arctic shelf of Russia*. Murmansk: MAGEH; St. Petersburg: VNIIOkeangeologiya. 1999. Pp. 11–18. (In Russian).

7. Verba M.L. Middle Paleozoic rift structure of the Barents plate. *Searches, exploration and production of oil and gas in the Timan-Pechora basin and the Barents Sea: Abstracts. The Second Intern. Conf.* St. Petersburg. 1996. Vol. 1. Pp. 89–96. (In Russian).

8. Verba M.L., Ivanova N.M., Katsev V.A., Roslov Yu.V., Sakulina T.S., Telegin A.N. Results of seismic studies on the reference profiles of AP-1 and AP-2 in the Barents and Kara Seas. *Razvedka i ohrana neдр*. 2001. No 10, pp. 3–7. (In Russian).

9. Verba M.L., Pavlenkin A.D., Tulina Yu.V. Deep geological structure of the Barents Sea shelf. *Inhomogeneities of the deep structure of the earth's crust of the oceans*. Leningrad: PGO "Sevmorgeologiya". 1986. Pp. 75–88. (In Russian).

10. Geologicheskoe stroenie Barencevo-Karskogo shel'fa [Geological structure of the Barents-Kara shelf]. Leningrad: Sevmorgeologiya. 1985. 115 p.

11. Evdokimov A.N. Vulkany SHpicbergena [Volcanoes of Svalbard]. St. Petersburg: VNIIOkeangeologiya. 2000. 123 p.

12. Piskarev A.L., Daragan-Sushchova L.A., Pavlenkin A.D., Chernyshev M.Yu. Density model of the Earth's crust of the Barents Sea shelf. *Proceedings of the International Conference "Marine and Aerogravimetry — 94"*. St. Petersburg: Sevmorgeo. 1994. Pp. 92–93. (In Russian).

13. Pogrebickiy Yu.E., Gramberg I.S., Kulakov Yu.N., Sorokov D.S. i dr. Arkticheskiy neftegazonosnyy superbasseyn. *Neftegazonosnost' Mirovogo okeana [Arctic oil and gas superbasin. Oil and gas potential of the World Ocean]*. Leningrad: PGO "Sevmorgeologiya". 1984. Pp. 7–21.

14. Poselov V.A., Pavlenkin A.D., Bucenko V.V. Structure of the lithosphere of passive margins in the continent — shelf — ocean transition zones in the Arctic according to deep seismometry data. *Geological and geophysical characteristics of the lithosphere of the Arctic region*. St. Petersburg: VNIIOkeangeologiya. 1996. Iss. 2. Pp. 156–171. (In Russian).

15. Preobrazhenskaya Eh.N., SHkola I.V., Sergeev D.V., Mozhaev O.V. Material composition and conditions for the formation of Triassic deposits of the Franz Josef Land archipelago (based on parametric drilling data). *Geological structure of the Barents-Kara shelf*. Leningrad: Sevmoregeologiya. 1985. Pp. 74–86. (In Russian).
16. Salmanov F.K., Gramberg I.S., Kleshchev K.A., Greys Dzh., Shpil'man V.I., Misnikova G.P., Zmanovskiy N.I. Hydrocarbon potential of Arctic basins – the future of the world's energy industry. *Mineral'nye resursy Rossii*. 1993. No 6. Pp. 10–17. (In Russian).
17. Shipel'kevich Yu.V., Korago E.A., Ustinov N.V. Mesozoic trap trappers on the East Barents shelf and their place in the history of geological development of the region. *25 years on the Arctic shelf of Russia*. Murmansk: MAGEH; St. Petersburg: VNIIOkeangeologiya. 1999. Pp. 50–56. (In Russian).
18. Shipilov Eh.V. Late Mesozoic magmatism and Cenozoic tectonic deformations of the Barents Sea continental margin: influence on hydrocarbon potential distribution. *Geotektonika*. 2015. No 1. Pp. 60–85. (In Russian).
19. Shipilov Eh.V., Karyakin Yu.V. Mesozoic basaltoid magmatism of the Barents Sea continental margin: geodynamic conditions of the early stage of the Arctic Ocean opening (based on the results of studies on the archipelagos of Franz Josef Land and Spitsbergen). *The structure and history of the development of the lithosphere*. Moscow: Paulsen. 2010. Pp. 312–330. (In Russian).
20. Shkarubo S.I., Shipilov Eh.V. Tectonics of the Western Arctic Platform. *Razvedka i ohrana nedr*. 2007. No 9. Pp. 32–47. (In Russian).
21. Yunov A.Yu. Cyclical sedimentation and the main stages of the formation of the metaplatform sedimentary complex. *Sedimentary cover of the West Arctic metaplatform (tectonics and seismic stratigraphy)*. Murmansk: NIIMorgeofiziki. 1993. Pp. 68–81. (In Russian).
22. Døssing, A., Jackson, H.R., Matzka, J., Einarsson, I., Rasmussen, T.M., Olesen, A.V., Brozena, J.M. 2013: On the origin of the Amerasia Basin and the High Arctic. Large Igneous Province – Results of new aeromagnetic data. *Earth and Planetary Sci. Lett. Vol. 363*. 219–230.
23. Dibner, V.D. (Ed.) 1998: Geology of Franz Josef Land. Norvezhskiy polyarnyy institute. Oslo. 190.
24. Ivanova, N.M., Sakoulina, T.S., Roslov, Yu.V. 2006: Deep seismic investigation across the Barents-Kara region and Novozemelskiy Fold Belt (Arctic Shelf). *Tectonophysics, vol. 420*. 123–140.
25. Piskarev, A.L., Shkatov M.Yu. 2012: Energy Potential of the Russian Arctic Seas: Choice of the Development Strategy. *Developments in Petroleum Science, vol. 58*. Amsterdam: Elsevier. 420.
26. Shepard, G.E., Mueller, R.D., Seton, M. 2013: The tectonic evolution of the Arctic since Pangea breakup: Integrating constraints from surface geology and geophysics with mantle structure. *Earth Sci. Rev. Vol. 124*. 148–153.

Пискарев Алексей Лазаревич – докт. геол.-минерал. наук, гл. науч. сотр., ВНИИОкеангеология ¹. <apiskarev@gmail.com>
Киреев Артём Анатольевич – вед. инженер, ВНИИОкеангеология ¹. <loombravo@gmail.com>
Савин Василий Анатольевич – науч. сотрудник, ВНИИОкеангеология ¹. <savinvasily@rambler.ru>
Смирнов Олег Евгеньевич – канд. геол.-минер. наук, зав. сектором, ВНИИОкеангеология ¹. <smirnov.olegevg@gmail.com>

Piskarev Alexey Lazarevich – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Chief Researcher, VNIIOkeangeologia ¹. <apiskarev@gmail.com>
Kireev Artem Anatolievich – Lead Engineer, VNIIOkeangeologia ¹. <loombravo@gmail.com>
Savin Vasily Anatolievich – Research Officer, VNIIOkeangeologia ¹. <savinvasily@rambler.ru>
Smirnov Oleg Evgenievich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Head of Sector, VNIIOkeangeologia ¹. <smirnov.olegevg@gmail.com>

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана им. акад. И. С. Грамберга (ВНИИОкеангеология им. И. С. Грамберга). Английский пр., д. 1, Санкт-Петербург, 190121, Россия.
 All-Russian Research Institute of Geology and Mineral Resources of the World Ocean named after Igor Gramberg (VNIIOkeangeologia named after I. S. Gramberg), 1 Angliyskiy avenue, St. Petersburg, 190121, Russia.