

Структурные перестройки восточного сектора Баренцева моря на мезо-кайнозойском этапе его развития и их влияние на перспективы нефтегазоносности

А.А. Сулова¹, А.В. Ступакова¹, А.В. Мордасова¹, Р.С. Сауткин^{1*}, А.А. Гильмуллина²

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

²Университет Бергена, Берген, Норвегия

Баренцевоморский бассейн является наиболее изученным с точки зрения региональной и нефтегазовой геологии на всем Арктическом шельфе Российской Федерации и обладает доказанной газоносностью в российском секторе. Однако по сей день остается много вопросов, связанных с нефтегеологическими критериями поиска новых месторождений нефти и газа. Одним из наиболее важных вопросов является время структурных перестроек. На протяжении мезо-кайнозойской геологической эволюции Баренцевоморский шельф испытывал влияние Предновоземельской области, претерпевшей несколько фаз сжатия в мезозое и кайнозое. Цель исследования – проследить основные структурные перестройки в восточном секторе Баренцева моря и изучить их связь со временем формирования резервуаров и ловушек нефти и газа. База данных региональных сейсмических профилей и результатов глубокого бурения на шельфе, накопленная за последнее десятилетие на кафедре геологии и геохимии горючих ископаемых Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, позволила выделить основные несогласия и сейсмо-стратиграфические комплексы и реконструировать историю погружения и инверсий в мезозойское и кайнозойское время. Структурная перестройка на рубеже триаса и юры привела к формированию крупных инверсионных структур в восточной части Баренцевоморского шельфа, что выражается в резком угловом и стратиграфическом несогласии в верхнетриасовых и нижнеюрских отложениях. В юрский период регионального погружения территории основные поднятия, включая и положительные структуры Новой Земли, были частично затоплены, а на шельфе происходило накопление регионального глинистого флюидоупора и нефтегазоматеринской толщи – верхнеюрских «черных глин». Следующая эпоха сжатия проявилась вторым импульсом роста инверсионных валов в поздней юре-раннем мелу. Кайнозойское воздымание Предновоземельской области и всего Баренцевоморского шельфа привела к значительной эрозии мезозойских отложений, с одной стороны, сформировав современные структурные ловушки, а с другой – значительно уничтожив альбский, некогда, региональный флюидоупор.

Ключевые слова: архипелаг Новая Земля, Баренцевоморский бассейн, потенциал нефтегазоносности

Для цитирования: Сулова А.А., Ступакова А.В., Мордасова А.В., Сауткин Р.С., Гильмуллина А.А. (2021). Структурные перестройки восточного сектора Баренцева моря на мезо-кайнозойском этапе его развития и их влияние на перспективы нефтегазоносности. *Георесурсы*, 23(1), с. 78–84. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2021.1.8>

Введение и цель исследования

Мезозойские отложения триасово-юрского возраста являются основным нефтегазоносным комплексом Баренцева моря, где открыты уникальное Штокмановское месторождение (1988 г.) с запасами 3,9 трлн м³ и крупные Лудловское (1990 г.) и Ледовое (1992 г.) газовые месторождения в резервуарах юрского возраста. Залежи в триасовых резервуарах – Мурманское (1983 г.) и Северо-Кильдинское (1985 г.) – открыты в бортовых частях бассейна, где юрский разрез сокращен по мощности. Изначально, до бурения скважин, основная нефтегазоносность по прогнозам была связана с триасовыми отложениями, но при открытии месторождений в юрском разрезе, решили сконцентрироваться на верхних интервалах разреза (устное сообщение Устинова Н.В., 2013 г.). Время формирования залежей до сих пор остается дискуссионным вопросом и зависит от времени структурных перестроек бассейна и эволюции нефтяных систем. В связи с этим, вопрос

о мезо-кайнозойских этапах тектонического развития Баренцева моря является актуальным. В данной работе сделана попытка восстановить историю формирования ловушек нефти и газа на мезо-кайнозойском этапе в Предновоземельской части Баренцева моря.

В основе решения поставленных задач – принципы сеймо-стратиграфического анализа временных сейсмических разрезов (ВСР). Для оценки периодов воздымания на ВСР выделяются основные несогласия по типу эрозионного срезания, и проводится стратиграфическая привязка этих несогласий. При выравнивании на соответствующее несогласие, путем геометрических построений, восстанавливаются мощности размытых отложений, выходящих под эрозионную поверхность. Для определения источников и направления сноса обломочного материала ключевым параметром было направление проградации клиноформ в триасовом и верхнеюрско-нижнемеловом сеймо-стратиграфических комплексах. Для оценки источников сноса в юрских отложениях помимо анализа клиноформных отражений привлечены ранее опубликованные результаты на основе анализа петрографического состава келловейских песчаников (Сулова, 2014).

* Ответственный автор: Роман Сергеевич Сауткин
e-mail: r.sautkin@oilmsu.ru

© 2021 Коллектив авторов

Результаты исследований Структурные элементы

Основной структурой восточной части Баренцево-морского шельфа является Центрально-Баренцевская сверхглубокая депрессия, которая заложилась во время девонского рифтогенеза и претерпела последующее активное прогибание на мезозойском этапе развития (Ступакова, 2011). Это отрицательная структура первого порядка, которая простирается в субширотном направлении от Новой Земли и сложена как палеозойскими, так и пермско-триасовыми и мезозойскими породами. Общая мощность осадочного чехла в ее пределах составляет более 15 км, увеличиваясь на восток к Новой Земле до 20 км. Рифтогенная природа Центрально-Баренцевской депрессии подтверждается характером ее глубинного строения. Зона ограничена разломами, мощность земной коры в ее пределах отличается минимальными для суши значениями – 28–45 км (Верба и др., 2005).

В пределах Баренцево-морской сверхглубокой депрессии выделяются наиболее крупные структуры второго порядка, которые прослеживаются как по палеозойскому, так и мезозойскому комплексам отложений. Наиболее крупными являются Южно-Баренцевская и Северо-Баренцевская впадины, разделенные системой валов, которые получили название Штокмановской и Лудловской седловин. Впадины отделены от Новоземельской складчатой области Предновоземельским краевым прогибом и серией поднятий, наиболее крупными из которых являются Адмиралтейское в центральной части и Гусиноземельское и Междушарское в южной части Баренцева моря.

Южно-Баренцевская впадина, по всей видимости, была более погруженной, нежели Северо-Баренцевская, поскольку мощности мезозойского разреза в ее пределах сокращаются от 15–18 км до 10–12 км (Куницин, Пийп, 2008). Скорее всего, это связано с тем, что Южно-Баренцевская впадина испытывала более длительное погружение, так как имеет рифтогенную природу Центрально-Баренцевской депрессии, а Северо-Баренцевская впадина расположена между двух относительно приподнятых палеозойских платформенных массивов – Свальбардским и Северо-Карским (Ступакова и др., 2017). Обе впадины представляют интерес с точки зрения положения очагов генерации углеводородов, в пределах которых триасовые и частично юрские нефтегазоматеринские толщи достигают своей зрелости. Антиклинальные структуры и бортовые части впадин интересны с точки зрения возможности образования залежей.

Основные структурные перестройки и их влияние на нефтегазоносность

Основные структурные перестройки фиксируются, как правило, в бортовых частях бассейна, где максимально проявляются процессы воздымания и эрозии накопившихся ранее отложений. Такой областью для восточной части Баренцево-морского шельфа является Предновоземельская область, где мезо-кайнозойский разрез сокращается в мощности до полного его срезания на большей части архипелага Новая Земля. На сейсмических разрезах видно, что Предновоземельская область испытала несколько фаз тектонической активизации.

Начиная со среднего и позднего триаса, вся территория восточной части Баренцева моря испытывает воздымание, связанное с формированием Новоземельской складчатой области. Пик этого воздымания приходится на конец триаса (рэтское время), что подтверждается наличием крупного углового и стратиграфического несогласия на границе триаса и юры в Предновоземельской области. Особенно интенсивно складчатые деформации проявились в районе Гусиноземельского и Междушарского поднятий и в области их сочленения с архипелагом Новая Земля, где выходят на поверхность наиболее древние ордовикско-силурийские отложения (рис. 1). Триасовые отложения срезаются по мере приближения к архипелагу Новая Земля и с угловым несогласием перекрываются верхнеюрскими отложениями, где величина эрозии оценивается до 1,2–1,5 км в своде поднятий (рис. 1, 2). Аналогичная картина наблюдается в зоне перехода из Северо-Баренцевской впадины в Северо-Карскую плиту (Gilmullina et al., 2021). Таким образом, аплифт на рубеже триаса и юры привел к формированию потенциальных антиклинальных и стратиграфических ловушек в триасовых отложениях.

Позднетриасовый сильно расчлененный палеорельеф в Предновоземельской зоне сохраняется и в раннеюрское время. Об этом свидетельствует неравномерное распределение нижнеюрских отложений вдоль современной складчатой области Новой Земли, где на большей части акватории вдоль западного побережья Новой Земли нижнеюрские отложения отсутствуют. Начиная с середины средней юры, скорее всего с батского времени, Предновоземельская область начала затопливаться морем. Сформированное аккомодационное пространство стало заполняться осадками. На сегодняшний день временная мощность бат-байосского и верхнеюрского комплекса в пределах поднятия составляет 0,1 секунду (до 150 м).

В келловейское время отмечается проградация материка со стороны Новоземельского поднятия в направлении Ледовой и Лудловской площадей (рис. 3). Если рассматривать отложения Штокмановской, Ледовой и Лудловской скважин, то к северу, в Ледовой и Лудловской скважинах кварцевая составляющая снижается, и увеличивается примесь полевых шпатов. Это также может свидетельствовать о дополнительном Новоземельском источнике сноса, который активизировался в келловейское время (Суслова, 2014).

По фаунистическим остаткам следы развития батского, келловейского, оксфордского, кимериджского и волжского ярусов зафиксированы в северной части Южного острова и на Северном острове Новой Земли. В районе пролива Маточкин шар В.А. Русанов наблюдал горизонтально залегающие коренные выходы пород волжского яруса, в которых был найден белемнит – *Cylindroteuthis magnifica* Orb (Стратиграфия СССР..., 1972). Данные факты могут свидетельствовать в пользу существования пролива (в районе современного пролива Маточкин шар) в течение позднеюрского времени и затопления Предновоземельской области в периоды максимального подъема уровня моря. Заключение о существовании пролива через архипелаг может свидетельствовать в пользу связанности Баренцево-морского и Карского бассейнов

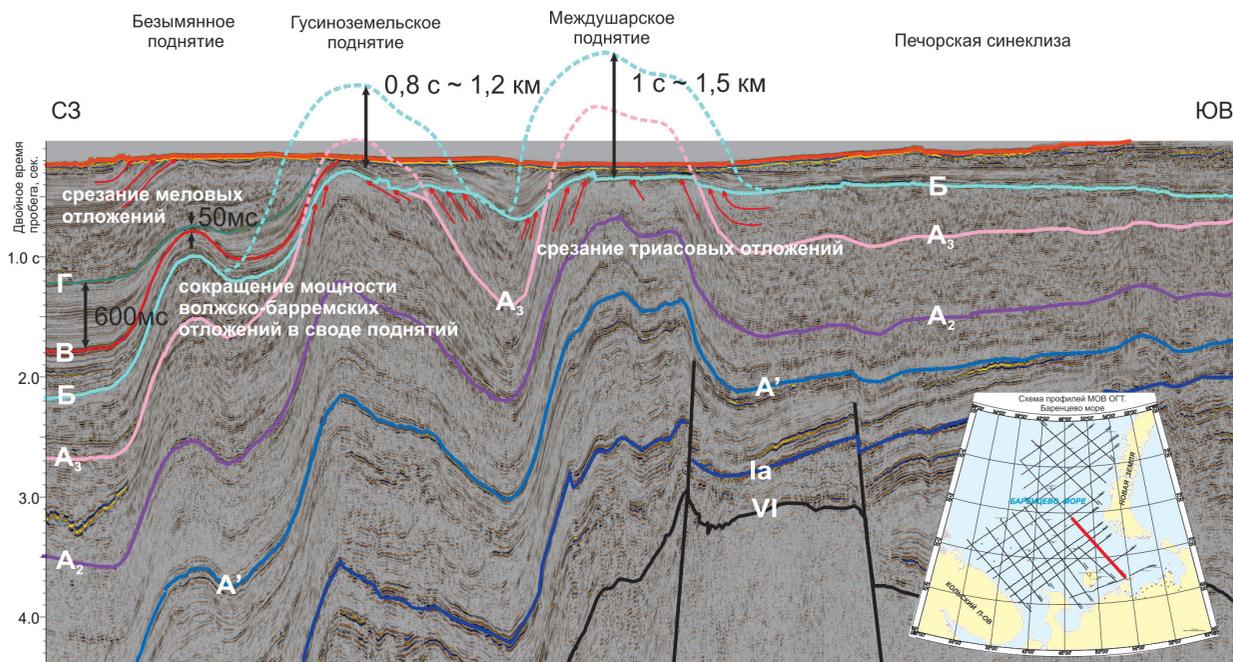


Рис. 1. Рэтское эрозионное несогласие в кровле триасового сейсмостратиграфического комплекса и реконструкция эрозии в Предновоземельской структурной зоне (по (Казанин и др., 2011) с дополнениями). VI – кровля акустического фундамента, Ia – кровля сакмарских отложений, A’ – граница пермо-триасовых отложений, A2 – кровля нижнего триаса, A3 – кровля среднего триаса, Б – подошва юрских отложений, В – кровля кимериджских отложений, Г – кровля клиноформного волжско-барремского комплекса.

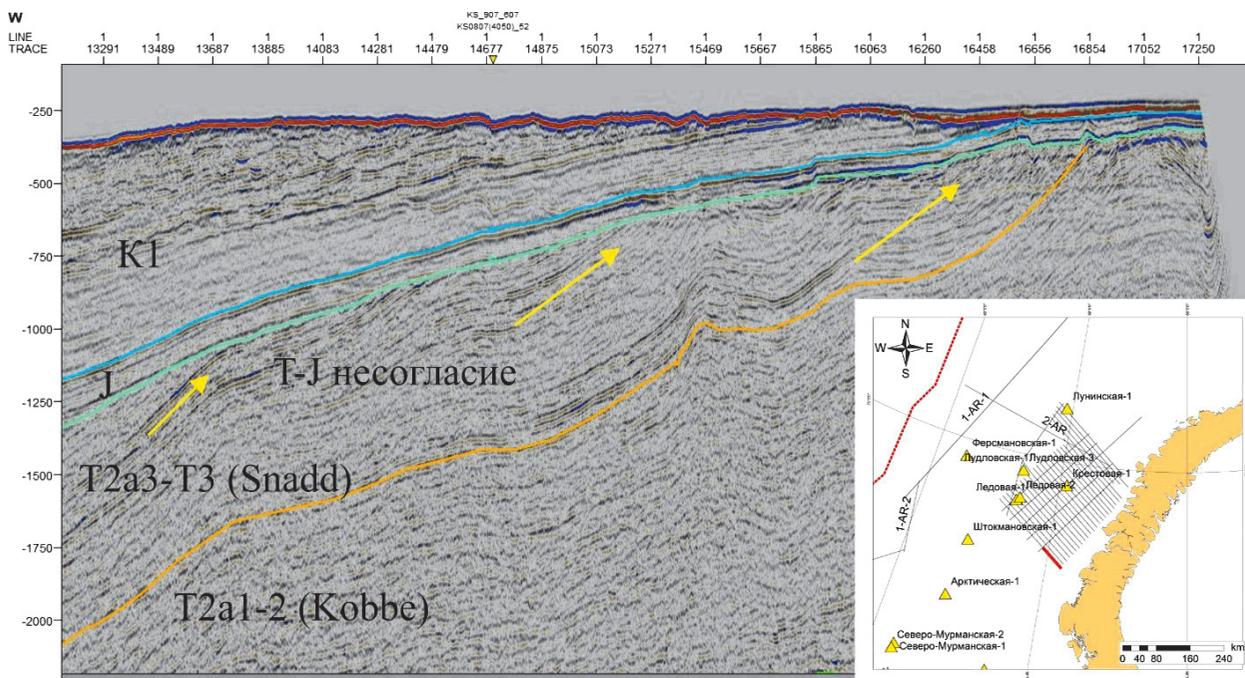


Рис. 2. Эрозионное несогласие в кровле поздне триасовых отложений в центральной части Предновоземельской структурной зоны (на рисунке в скобках даны названия формаций, выделяемых в норвежском секторе Баренцева моря)

морскими проливами и, как следствие, позволяет прогнозировать единство палеогеографических обстановок в данные периоды.

Юрский период был завершён высоким стоянием уровня моря, который обозначился формированием черных битуминозных глин. На сейсмических разрезах эти фации соответствуют anomalно ярким выдержанным по площади отражениям, которые фиксируются на всех профилях и соответствуют поверхности максимального затопления. Эти глины являются региональным флюидоупором для юрских продуктивных пластов – Ю0, Ю1 и

Ю2 – на открытых месторождениях, а также могут экранировать залежи в потенциальных стратиграфических ловушках в триасе.

Раннемеловой период характеризуется регрессивной стадией развития бассейна и заполнением шельфовой впадины, сформированной в позднеюрское время. На сейсмических профилях наблюдаются клиноформные комплексы волжско-раннемелового возраста, которые образуют несогласия типа подошвенного прилегания на яркое, хорошо выдержанное отражение в кровле кимериджа. Можно выделить несколько этапов заполнения

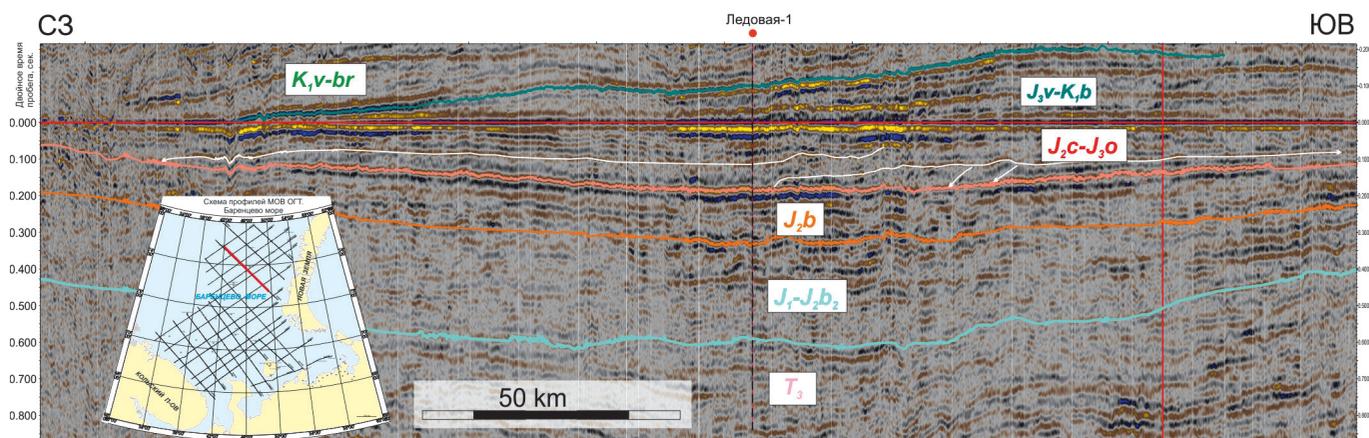


Рис. 3. Келловейский комплекс в районе Ледовой и Лудловской площадей, проградирующий с Новоземельской складчатой области. Клиноформные отражения обозначены белыми стрелками. Профиль выровнен на ОГ В в кровле верхнеюрских отложений.

Южно-Баренцевской впадины клиноформами. В волжско-берриасское время активное прогибание претерпевает восточная часть впадины, причем Штокмановская седловина в это время остается приподнятой, осадконакопления на ней не происходит (рис. 4). Это говорит о том, что структурные валы Центрально-Баренцевской депрессии, заложившиеся еще в триасовое время и снивелированные в юрский период трансгрессии морского бассейна, вновь проявились в раннем мелу, фиксируя этап тектонической активизации. Сформированная впадина заполняется относительно тонким кластическим материалом. Клиноформы имеют пологие углы наклона – $0,1-0,2^\circ$ (Мордасова и др., 2019). Выше выделяется аналогичный сейсмостратиграфический валанжинско-готеривский комплекс, который распространяется шире по площади и перекрывает Штокмановскую седловину, приближаясь к Демидовскому поднятию. При этом, на протяжении волжско-берриассового времени Штокмановская седловина имела выраженный выступающий облик.

Выше выделяется комплекс, характеризующийся сигмовидными сейсмофациями и более крутыми углами падения ($1-2^\circ$), которые свидетельствуют о более активном заполнении аккомодационного пространства и сносе более грубого материала (Мордасова и др., 2019). Клиноформы проградируют на восток и юго-восток со стороны Новоземельского архипелага и Адмиралтейского вала, указывая на то, что и Новоземельская область вновь претерпела тектоническое воздымание. Анализируя временные мощности волжско-барремских отложений, также можно зафиксировать рост Гусиноземельского и Безмянного поднятий в конце юрского-начале мелового периодов: временная мощность резко сокращается в своде поднятий с 600 до 50 мс (рис. 1).

В нижнемеловом клиноформном комплексе Баренцевоморского шельфа прогнозируется развитие природных резервуаров, аналогичных резервуарам в неокосских клиноформах Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна. Наличие песчаных пластов – потенциальных коллекторов – установлено в ундаформенной части готерив-барремских клиноформ в скважинах Ледовая-2 и Лудловская-1, согласно интерпретации каротажных данных (Мордасова и др., 2019).

Последующая активизация инверсионных процессов в Предновоземельской области произошла в кайнозое.

Воздымание в кайнозойское время и масштабная эрозия – до 1,2 км в восточной части шельфа (Henriksen, 2011; Sobolev, 2012) – привели к размыву альбских глинистых флюидоупоров, что могло негативно сказаться на сохранности нижележащих неокосских залежей (Мордасова и др., 2019), а также залежей в аптских отложениях (Захаренко и др., 2014). Однако именно в эпоху альпийской складчатости завершилось формирование современных антиклинальных структур.

Заключение

Инверсионные процессы в Предновоземельской области, вероятно обусловленные влиянием эпох складчатости Новоземельской области, оказали влияние на историю развития Баренцевоморского бассейна, способствуя образованию новых инверсионных структур и формированию дополнительных источников сноса материала. Инверсия на рубеже триаса и юры и в позднеюрско-раннемеловое время оказала скорее положительное влияние на нефтегазоносность, т.к. в это время формировались инверсионные валы – крупные антиклинальные ловушки. Кайнозойское воздымание проявилось регионально по всему Баренцевоморскому шельфу и оказало негативное влияние на уже сформированные к тому моменту залежи и значительно уничтожило альбский глинистый флюидоупор.

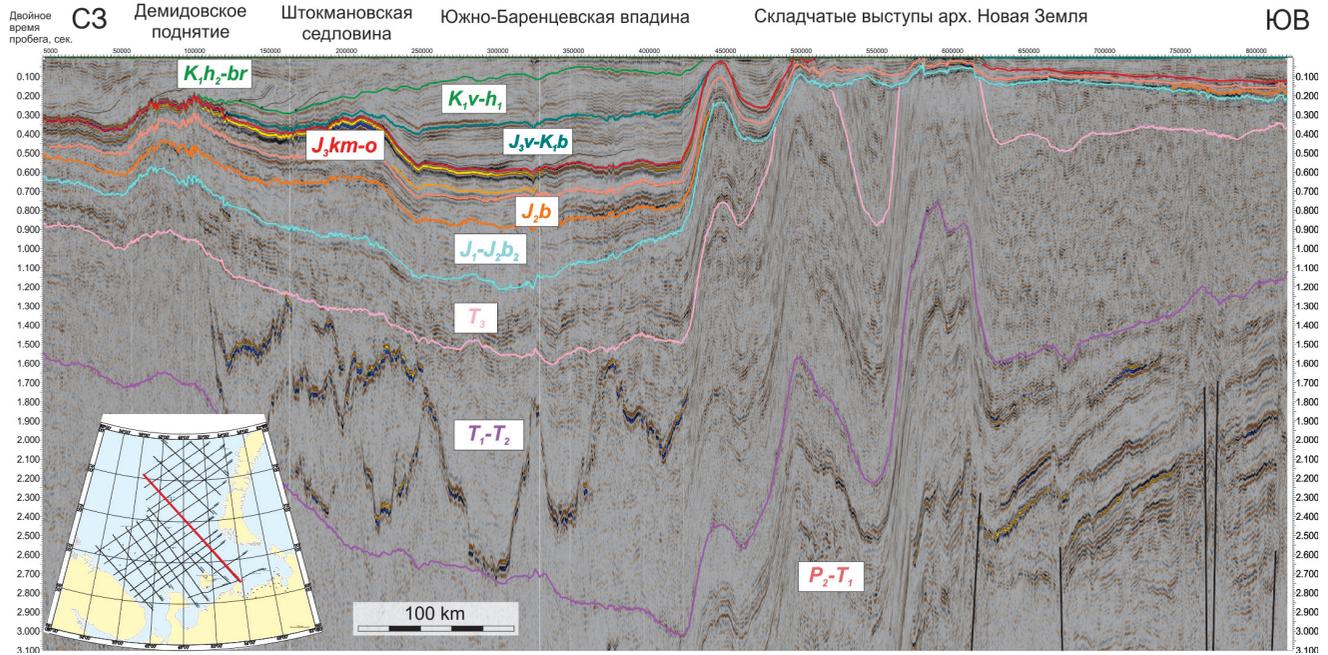
Повсеместно распространенная верхнеюрская толща черных глин, накопившаяся в период максимального повышения уровня моря после тектонической активизации, может выступать в роли регионального, ненарушенного флюидоупора. Сочетание факторов наличия высокопроницаемых резервуаров и региональной покрывки создает оптимальные условия для формирования залежей углеводородов в Баренцевоморском бассейне.

Финансирование/Благодарности

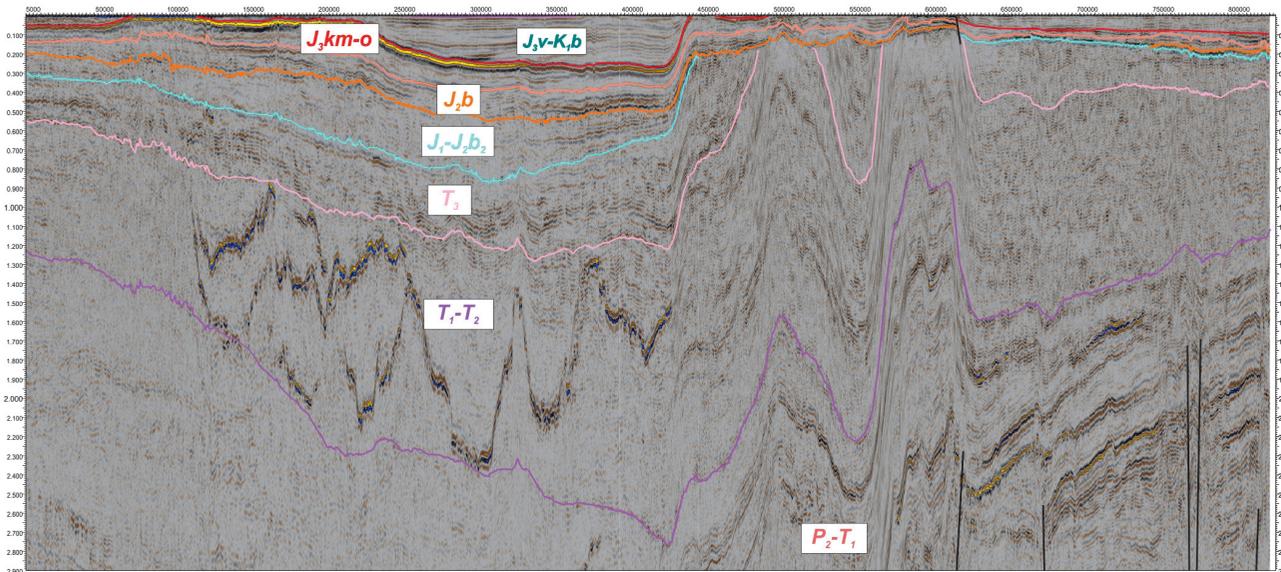
Работа выполнена в рамках гранта РФФИ № 20-55-20007 совместно с коллегами из Университета Бергена. Авторы благодарят РФФИ за поддержку и коллег из Университета Бергена (Норвегия) за продуктивную совместную работу.

Авторы выражают благодарность рецензенту за конструктивные советы и критические замечания, позволившие улучшить содержание и восприятие статьи.

Палеопрофиль на барремское несогласие (максимум регрессии)



Палеопрофиль на конец берриасского века



Палеопрофиль на конец киммериджского века (максимум трансгрессии)

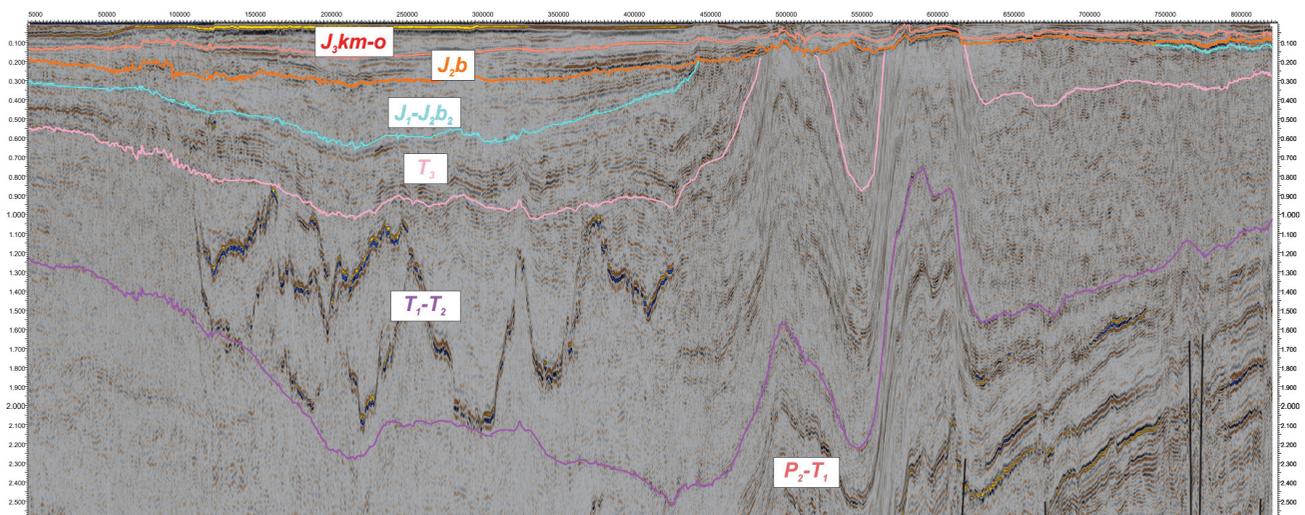


Рис. 4. Палеопрофили, выровненные (снизу-вверх) на поверхность максимального затопления в кровле киммериджских отложений, кровлю волжско-берриасской клиноформы, барремское несогласие и максимум регрессии (по (Суслова, 2014) с изменениями)

Литература

- Верба М.Л., Матвеев Ю.И., Рослов Ю.В., Саулина Т.С. (2005). Литосфера Карско-Баренцевоморской шельфовой плиты и Арктического побережья Арктического севера (по результатам исследований по опорному профилю 2-AP). В кн.: *Строение литосферы российской части Баренц-региона*. Петрозаводск: Карельский научный центр, с. 182–216.
- Захаренко В.С., Казанин Г.С., Павлов С.П. (2014). Предпосылки и условия формирования газогидратов на Штокмановской площади Баренцева моря. *Вестник МГТУ*, 17(2), с. 394–402.
- Казанин Г.С., Павлов С.П., Шлыкова В.В., Ступакова А.В., Норина Д.А., Сауткин Р.С., Суслова А.А. (2011). Сейсмо-геологическое строение Печорского и юго-восточной части Баренцева морей на основе интерпретации каркасной сети сейсмических профилей МОВ ОГТ 2Д. *Геология и геоэкология континентальных окраин Евразии*. Специальное издание, посвященное 40-летию МАГЭ. Вып. 3. Москва: ГЕОС, с. 59–81.
- Стратиграфия СССР. Юрская система (1972). Отв.ред. Крымгольц Г.Я. М.: Недра, 524 с.
- Куницын А.Б., Пийп В.Б. (2008). Строение коры Баренцево-Карского региона по данным детальных исследований методом глубинного сейсмического зондирования. *Вестник Московского университета. Серия 4. Геология*, 3, с. 55–63.
- Мордасова А.В., Ступакова А.В., Суслова А.А., Ершова Д.К., Сидоренко С.А. (2019). Условия формирования и прогноз природных резервуаров в клиноформном комплексе нижнего мела Баренцево-Карского шельфа. *Георесурсы*, 21(2), с. 63–79. <https://doi.org/10.18599/grs.2019.2.63-79>
- Ступакова А.В. (2011). Структура и нефтегазоносность Баренцево-Карского шельфа и прилегающих территорий. *Геология нефти и газа*, 6, с. 99–115.
- Ступакова А.В., Суслова А.А., Большакова М.А., Сауткин Р.С., Санникова И.А. (2017). Бассейновый анализ для поиска крупных и уникальных месторождений в Арктике. *Георесурсы*. Спецвыпуск, ч. 1, с. 19–35. <http://doi.org/10.18599/grs.19.4>
- Суслова А.А. (2014). Сеймостратиграфический анализ и перспективы нефтегазоносности юрских отложений Баренцевоморского шельфа. *Нефтегазовая геология. Теория и практика*, 9(2), с. 1–19. https://doi.org/10.17353/2070-5379/24_2014
- Gilmullina A, Klausen TG, Paterson NW, Suslova A, Eide CH. (2021). Regional correlation and seismic stratigraphy of Triassic Strata in the Greater Barents Sea: Implications for sediment transport in Arctic basins. *Basin research*, 33(2), 1546-1579. <https://doi.org/10.1111/bre.12526>
- Henriksen, E., Bjørnseth, H. M., Hals, T. K., Heide, T., Kiryukhina, T., Kløvjan, O. S., Larssen, G. B., Ryseth, A. E., Rønning, K., Sollid, K., & Stoupakova, A. (2011). Uplift and erosion of the greater Barents Sea:

Impact on prospectivity and petroleum systems. *Geological Society, London, Memoirs*, 35(1), pp. 271–281, <https://doi.org/10.1144/M35.17>

Sobolev P. (2012). Cenozoic uplift and erosion of the Eastern Barents Sea – constraints from offshore well data and the implication for petroleum system modeling. *Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften*, 163(3), pp. 323–338. <https://doi.org/10.1127/1860-1804/2012/0163-0323>

Сведения об авторах

Анна Анатольевна Суслова – кандидат геол.-мин. наук, ведущий научный сотрудник кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, д. 1

Антонина Васильевна Ступакова – доктор геол.-мин. наук, заведующая кафедрой геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, д. 1

Алина Владимировна Мордасова – кандидат геол.-мин. наук, научный сотрудник кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, д. 1

Роман Сергеевич Сауткин – кандидат геол.-мин. наук, старший научный сотрудник кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, д. 1

e-mail: r.sautkin@oilmsu.ru

Альбина Альбертовна Гильмуллина – аспирант факультета наук о Земле, Университет Бергена

Норвегия, Берген, ул. Альегате, д. 41

Статья поступила в редакцию 12.01.2021;

Принята к публикации 24.02.2021; Опубликована 30.03.2021

IN ENGLISH

Structural reconstructions of the Eastern Barents Sea at Meso-Tertiary evolution and influence on petroleum potential

A.A. Suslova¹, A.V. Stoupakova¹, A.V. Mordasova¹, R.S. Sautkin^{1}, A.A. Gilmullina²*

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

²University of Bergen, Bergen, Norway

*Corresponding author: Roman S. Sautkin, e-mail: r.sautkin@oilmsu.ru

Abstract. Barents Sea basin is the most explored and studied by the regional and petroleum geologists on the Russian Arctic shelf and has approved gas reserves. However, there are many questions in the petroleum exploration, one of them is the structural reconstruction. During its geological evolution, Barents Sea shelf was influenced by the Pre-Novaya Zemlya structural zone that uplifted several times in Mesozoic and Cenozoic. The main goal of the research is to clarify the periods of structural reconstructions of the Eastern Barents Sea shelf and its influence on the petroleum systems of the Barents Sea shelf. A database of regional seismic profiles and offshore borehole data collected over the past decade on the Petroleum Geology Department of the Lomonosov Moscow State University allows to define main unconformities and seismic

sequences, to reconstruct the periods of subsidence and uplifts in Mesozoic and Cenozoic. The structural reconstructions on the Eastern Barents Sea in the Triassic-Jurassic boundary led to intensive uplifts and formation of the huge inversion swells, which is expressed in erosional truncation and stratigraphic unconformity in the Upper Triassic and Lower Jurassic strata. In the Jurassic period, tectonic subsidence reigned on the shelf, when the uplifts including the highs of Novaya Zemlya were partially flooded and regional clay seal and source rocks – Upper Jurassic «black clays» – deposited on the shelf. The next contraction phase manifested itself as a second impulse of the growth of inversion swells in the Late Jurassic-Early Cretaceous. Cenozoic uplift of the Pre-Novaya Zemlya structural zone and the entire Barents Sea shelf led

to significant erosion of the Mesozoic sediments, on the one hand, forming modern structural traps, and on the other, significantly destroying the Albian, once regional seal.

Keywords: Novaya Zemlya Archipelago, Barents Sea basin, petroleum potential

Recommended citation: Suslova A.A., Stoupakova A.V., Mordasova A.V., Sautkin R.S., Gilmullina A.A. (2021). Structural reconstructions of the Eastern Barents Sea at Meso-Tertiary evolution and influence on petroleum potential. *Georesursy = Georesources*, 23(1), pp. 78–84. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2021.1.8>

Acknowledgments

The work was carried out within the framework of the RFBR grant No. 20-55-20007 together with colleagues from the University of Bergen. The authors are grateful to the Russian Foundation for Basic Research for support and colleagues from the University of Bergen (Norway) for productive joint work.

The authors thank the reviewer for constructive and helpful comments that significantly improve the content and perception of the article.

References

- Gilmullina A., Klausen TG, Paterson NW, Suslova A, Eide CH. (2021). Regional correlation and seismic stratigraphy of Triassic Strata in the Greater Barents Sea: Implications for sediment transport in Arctic basins. *Basin research*, 33(2), 1546-1579. <https://doi.org/10.1111/bre.12526>
- Henriksen, E., Bjørnseth, H. M., Hals, T. K., Heide, T., Kiryukhina, T., Kløvjan, O. S., Larssen, G. B., Ryseth, A. E., Rønning, K., Sollid, K., & Stoupakova, A. (2011). Uplift and erosion of the greater Barents Sea: Impact on prospectivity and petroleum systems. *Geological Society, London, Memoirs*, 35(1), pp. 271–281, <https://doi.org/10.1144/M35.17>
- Kazanin G.S., Pavlov S.P., Shlykova V.V., Stupakova A.V., Norina D.A., Sautkin R.S., Suslova A.A. (2011). Seismic-geological structure of the Pechora Sea and the southeastern part of the Barents Seas based on the interpretation of the wireframe network of seismic profiles of the CDP 2D MOV. *Geology and geoecology of the continental margins of Eurasia. Special edition of MAGE*. Is. 3. Moscow: GEOS, pp. 59–81. (In Russ.)
- Stratigrafiya SSSR. Yurskaya sistema [Stratigraphy of the USSR. Jurassic system] (1972). Ed. Krymgolts G.Ya. Moscow: Nedra, 524 p. (In Russ.)
- Kunitsyn A.V., Piip V.B. (2008). Crustal structure in the Barents-Kara region from detailed surveys by the method of deep seismic sounding. Paper 2. *Moscow University Geology Bulletin*, 63. <https://doi.org/10.3103/S0145875208060070>
- Mordasova A.V., Stoupakova A.B., Suslova A.A., Ershova D.K., Sidorenko S.A. (2019). Conditions of formation and forecast of natural reservoirs in clinoform complex of the Lower Cretaceous of the BarentsKara shelf. *Georesursy = Georesources*, 21(2), pp. 63–79. (In Russ.) <https://doi.org/10.18599/grs.2019.2.63-79>
- Sobolev P. (2012). Cenozoic uplift and erosion of the Eastern Barents Sea – constraints from offshore well data and the implication for petroleum system modeling. *Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften*, 163(3), pp. 323–338. <https://doi.org/10.1127/1860-1804/2012/0163-0323>
- Stoupakova A.V., Suslova A.A., Bolshakova M.A., Sautkin R.S., Sannikova I.A. (2017). Basin analysis for the search of large and unique fields in the Arctic region. *Georesursy = Georesources*. Special issue, part 1, pp. 19–35. (In Russ.) <http://doi.org/10.18599/grs.19.4>
- Stupakova A.V. (2011). Structure and oil and gas content of the Barents-Kara shelf and adjacent territories. *Geologiya nefi i gaza = Russian oil and gas geology*, 6, pp. 99–115. (In Russ.)
- Suslova A.A. (2014). Seismostratigraphic analysis and oil and gas potential of the Jurassic deposits of the Barents Sea shelf. *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika*, 9(2), pp. 1–19. (In Russ.) https://doi.org/10.17353/2070-5379/24_2014
- Verba M.L., Matveev Yu.I., Roslov Yu.V., Saulina T.S. (2005). Lithosphere of the Kara-Barents Sea shelf plate and the Arctic coast of the Arctic North (based on the studies of 2-AR reference profile). In the book: *Structure of the lithosphere in the Russian part of the Barents region*. Petrozavodsk: Karelian Scientific Center, pp. 182–216. (In Russ.)

About the Authors

Anna A. Suslova – Cand. Sci. (Geology and Mineralogy), Leading Researcher, Petroleum Geology Department, Lomonosov Moscow State University

1, Leninskie gory, Moscow, 119234, Russian Federation

Antonina V. Stoupakova – Dr. Sci. (Geology and Mineralogy), Professor, Head of the Petroleum Geology Department, Lomonosov Moscow State University

1, Leninskie gory, Moscow, 119234, Russian Federation

Alina V. Mordasova – Cand. Sci. (Geology and Mineralogy), Researcher of the Petroleum Geology Department, Lomonosov Moscow State University

1, Leninskie gory, Moscow, 119234, Russian Federation

Roman S. Sautkin – Cand. Sci. (Geology and Mineralogy), Senior Researcher, Petroleum Geology Department, Lomonosov Moscow State University

1, Leninskie gory, Moscow, 119234, Russian Federation
e-mail: r.sautkin@oilmsu.ru

Albina A. Gilmullina – Postgraduate Student, Department of Earth Science, University of Bergen

41, Allégaten, Bergen, Norway

Manuscript received 12 January 2021;

Accepted 24 February 2021;

Published 30 March 2021