



<https://doi.org/10.32454/0016-7762-2024-66-2-13-21>
УДК 504.5+551.24



ОЦЕНКА ВТОРИЧНЫХ ФИЛЬТРАЦИОННО-ЕМКОСТНЫХ СВОЙСТВ КОЛЛЕКТОРОВ ПРИСАХАЛИНСКОГО ШЕЛЬФА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В.Ю. КЕРИМОВ¹, Г.Н. ПОТЕМКИН^{1,2}, А.К. ШАТЫРОВ^{1,*}

¹ Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе
23, ул. Миклухо-Маклая, г. Москва 117997, Россия

² ООО «ИПНЭ»
13а, ул. Ярославская, г. Москва 129366, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Сложное тектоническое строение шельфа Охотского моря и высокая геодинамическая активность требуют применения специальных технологий для изучения свойств коллекторов. В данной работе была реализована технология оценки вторичной проницаемости на примере Киринского и Аяшского лицензионных блоков. Объектами исследования стали структурные и литологические ловушки различных комплексов. Установлено, что Присахалинский шельф, включая Киринский и Аяшский ЛУ, подвержен влиянию современного сдвигового поля напряжений с осью максимального сжатия, ориентированной по субшироте. Это приводит к формированию локального поля напряжений, изменению степени открытости трещин и определяет вторичную пористость и проницаемость пород. 3D-моделирование позволило провести расчет прогнозной проницаемости для каждого стратиграфического горизонта. Отмечается значительное различие вторичной проницаемости в верхних и нижних стратиграфических горизонтах.

Цель. Применение результатов геомеханической модели для оценки вторичных фильтрационно-емкостных свойств коллекторов.

Материалы и методы. Геомеханическое моделирование для оценки фильтрационно-емкостных свойств коллекторов Присахалинского шельфа было проведено с помощью программного комплекса ROXAR.

Результаты. Данная работа позволила не только предсказать эффективность фильтрации, но и улучшить понимание процессов, происходящих в геологическом разрезе шельфа Охотского моря.

Ключевые слова: Присахалинский шельф, моделирование, геомеханика, проницаемость, сложные коллекторы

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Керимов В.Ю., Потемкин Г.Н., Шатыров А.К. Оценка вторичных фильтрационно-емкостных свойств коллекторов Присахалинского шельфа по результатам геомеханического моделирования. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2024;66(2):13—21. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2024-66-2-13-21>

Статья поступила в редакцию 25.05.2024

Принята к публикации 27.06.2024

Опубликована 28.06.2024

* Автор, ответственный за переписку

ASSESSMENT OF GEOMECHANICAL PROPERTIES OF SAKHALIN SHELF RESERVOIRS BASED ON MODELING RESULTS

VAGIF Yu. KERIMOV¹, GRIGORY N. POTEKIN^{1,2}, ANAR K. SHATYROV^{1,*}

¹ *Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting
23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia*

² *IPNE LLC
13a, Yaroslavskaya str., Moscow 129366, Russia*

ABSTRACT

Background. Due to the complex tectonic structure of the Sea of Okhotsk shelf and intense geodynamic activity in this area, specialized technologies are required to study reservoir properties. In this work, we implement the technology of secondary permeability estimation using the Kirinskoye and Ayashskoye license blocks as an example. The research objects included structural and lithologic traps of different complexes. It was found that the Prisaakhalin shelf, including the Kirinsky and Ayashsky license areas, is subject to the modern shear stress field with the sublatitude-oriented axis of maximum compression. This initiates the formation of a local stress field, launches changes in the degree of fracture openness, and determines the secondary porosity and permeability of rocks. 3D modeling allowed us to calculate predicted permeability for each stratigraphic horizon. A significant difference of secondary permeability in the upper and lower stratigraphic horizons is noted.

Aim. To evaluate secondary filtration and capacitance properties of reservoirs by geomechanical modeling.

Materials and methods. Geomechanical modeling to assess the filtration and capacitance properties of Sakhalin shelf reservoirs was carried out using the ROXAR software package.

Results. This work allowed not only the filtration efficiency to be predicted, but also the processes occurring in the geological section of the shelf of the Sea of Okhotsk to be elucidated.

Keywords: Sakhalin shelf, modeling, geomechanics, permeability, complex reservoirs

Conflict of interest: the authors declare that there is no conflict of interest.

Financial disclosures: no financial support was provided for this study.

For citation: Kerimov V.Yu., Potemkin G.N., Shatyrov A.K. Assessment of geomechanical properties of Sakhalin shelf reservoirs based on modeling results. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2024;66(2):13—21. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2024-66-2-13-21>

Manuscript received 25 May 2024

Accepted 27 June 2024

Published 28 June 2024

* Corresponding author

Методика исследований

В данной работе была реализована технология оценки вторичной проницаемости на примере Кири́нского и Аяшского лицензионных блоков. Объектами исследования стали структурные и литологические ловушки различных резервуарных комплексов. Исследованию подлежали структурные ловушки окобы́кайско-дагинского, нижнену́товского и верхнену́товского резервуарных комплексов. Анализ проводился с целью опреде-

ления вторичной проницаемости горных пород и выявления особенностей их структуры.

Результаты исследований

Геомеханическая модель коллекторских свойств в Кири́нском лицензионном участке (ЛУ)

Геомеханическая модель Кири́нского ЛУ базируется на трехмерной структурно-геологической модели, представленной в виде координат X , Y , Z .

Анализ эффекта, возникающего за счет горизонтального сжатия (рис. 1), позволил установить субширотное сжатие азимутальное простирание (Аз. Пр.) 90° как граничное условие при построении модели. В качестве реперных горизонтов использовались следующие структурные поверхности: подошва дахурийского горизонта (P_3^2), кровля дахурийского горизонта (P_3^2), кровля нижнедагинского подгоризонта ($N_1^{1-2}dg_1$), кровля среднедагинского подгоризонта ($N_1^{1-2}dg_{1-2}$), кровля верхнедагинского подгоризонта ($N_1^{1-2}dg_3$), кровля окобыкайского горизонта ($N_1^{2-3}ok$) [12].

Установленные данные о вероятности образования трещин позволили сделать выводы о характере появления новых трещин. Площадь новых трещин значительно меньше стабильных и недеформированных участков. Особенно подверженным деформациям оказалась южная часть лицензионного участка. Исходя из результатов исследований, была разработана модель трещиноватости на месторождениях Киринского ЛУ. Модель была построена на основе шести параметров, учитывающих особенности геологической структуры и вероятности появления трещин. Анализ результатов расчетов вероятности возникновения трещин показал, что новообразованные трещины занимают незначительную площадь по сравнению со стабильными территориями. Отдельные участки, особенно южная часть ЛУ, подвержены значительным деформациям [4, 9].

При моделировании фильтрационных процессов в пласте, особенно при описании сложных коллекторов с большим количеством трещин, часто используется метод двойного пространства. Этот метод включает в себя двойную пористость

и проницаемость. Первичная пористость и проницаемость, связанные с межзерновыми параметрами коллектора, изучаются с помощью традиционных методов. А вторичная пористость учитывается с помощью специальных методов, которые позволяют прогнозировать плотность, апертуру и ориентацию систем трещин. Месторождения Киринского ЛУ являются примером месторождений, где присутствует сложный коллектор. Этот коллектор обладает как первичной, так и вторичной пористостью и проницаемостью. Поэтому эффективные фильтрационно-емкостные свойства этого коллектора можно рассматривать как «сумму» первичной и вторичной пористости и проницаемости. Для более точного моделирования и понимания процессов фильтрации в таких коллекторах необходимо учитывать обе компоненты.

Детальный разрез значений вторичной проницаемости через скважины Южно-Киринского месторождения показал, что есть соответствие между дебитами скважин и величиной вторичной проницаемости [11].

В ходе исследования:

- была использована геомеханическая модель для оценки напряженного состояния пород;
- была создана дискретная модель трещиноватости и проведен расчет вторичной пористости и проницаемости;
- было выявлено, что процесс трещинообразования затрагивает различные участки изучаемого района неравномерно. Сильные максимумы вторичной проницаемости наблюдаются вдоль пологопадающих разломов фундамента. Большинство зон повышенных значений проницаемости

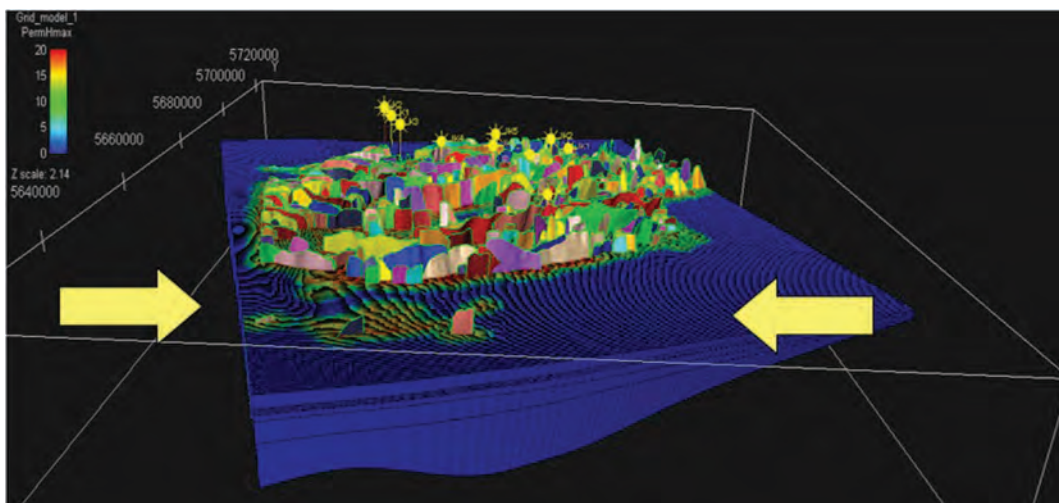


Рис. 1. 3D-сетка и разломы для геомеханической модели месторождений Киринского ЛУ

Fig. 1. 3D grid and faults for the geomechanical model of the Kirinsky license area fields

вытянуты в северо-восточном направлении, что соответствует общему простиранию разрывных нарушений [10].

Важно отметить, что Южно-Кириновское месторождение имеет сложное строение с зонами повышенных значений вторичной проницаемости. Скважины ЮК-4, ЮК-6 и ЮК-3 расположены в областях максимальной вторичной проницаемости, и именно через них получены притоки нефти. Блоки, не затронутые трещинной проницаемостью, имеют более изометричную форму и обычно находятся в областях локальных опусканий [7].

Геомеханическая модель коллекторских свойств в Аяшском ЛУ

С использованием геомеханической модели и ряда геологических параметров, таких как удаленность от разрыва, степень кривизны структурной поверхности, удаленность от конца разрыва и т. д., мы можем рассчитать относительную величину вторичной проницаемости и пористости. Абсолютные значения этих параметров можно будет получить впоследствии, когда будут проведены гидродинамические исследования скважин. Важно отметить, что при моделировании трещиноватости обычно возникает высокий уровень неопределенности, и только комплексный анализ помогает преодолеть эту неоднозначность [1].

Построенная детальная цифровая трехмерная геологическая модель позволила перейти к следующему этапу — построению геомеханической модели (рис. 2).

Для моделирования напряженного состояния коллектора используется упругая конечно-элементная модель в программном модуле RMSFracture. Приложенная нагрузка вызывает смещение по существующим разломам, что приводит к образованию локального поля напряжений. Основная цель моделирования — выявить локальное поле напряжений и оценить его влияние на появление новых трещин или изменение степени раскрытости существующих. Области повышенных значений сжимающих напряжений (σ_3) локализованы в южной части Аяшского ЛУ в верхних частях разреза, в то время как нижние части наиболее деформированы на севере. Максимумы значений вытянуты в субширотном направлении. Кроме того, были построены схемы ориентировок максимального и минимального сжатия. Расчеты появления новых трещин в горных породах основываются на математической модели Мора — Кулона, описывающей зависимость касательных напряжений от величины приложенных нормальных напряжений. Эта теория используется для расчета трендов «вероятность образования трещин» и «местоположение новообразованных трещин» [6].

Проведенные вычисления для каждого горизонта от фундамента до кровли помырского горизонта привели к нескольким выводам о появлении новых трещин. Важным фактом является то, что площадь появления новых трещин практически совпадает со стабильными и слабодеформированными районами. Следующим выводом анализа является то, что наиболее

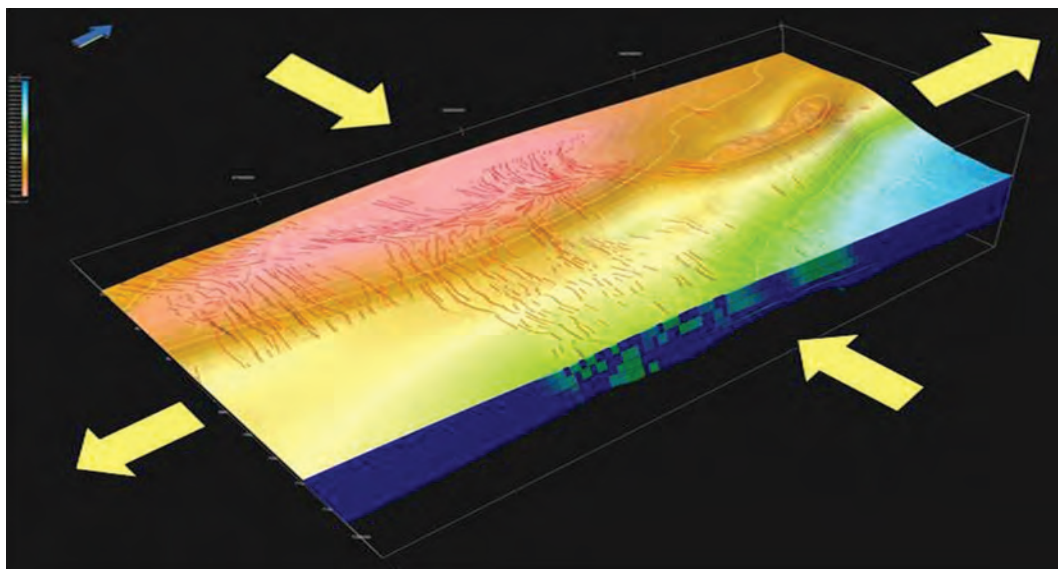


Рис. 2. 3D-сетка и разломы, построенные с помощью программы IrapRMS для геомеханической модели Аяшского ЛУ
Fig. 2. 3D grid and faults constructed using the IrapRMS program for the geomechanical model of the Ayashsky license area

деформированным участком является южная часть Аяшской ЛУ для верхних частей стратиграфического разреза. В то же время отложения, близкие к фундаменту, распределены более равномерно по площади. Эти результаты подтверждают общий характер появления новых трещин. [8].

Следующим шагом в исследовании вторичной проницаемости является создание аналитической дискретной модели трещиноватости Аяшского ЛУ при помощи программы «Create Fracture Mode». Полученные вероятностные дискретные модели трещиноватости для каждого горизонта позволяют прогнозировать степень проницаемости. В верхней части стратиграфического разреза ожидаются структурные ловушки с классическими поровыми коллекторами, такими как окобы-кайско-дагинский, нижненутовский и верхненутовский резервуарные комплексы. В то же время нижние части (миксоцен-олигоценевого возраста и даже фундамента) связываются с трещинно-поровыми и кавернозно-трещинными резервуарами. Существующие тектонические нарушения верхних горизонтов, более 400, свидетельствуют о значительном влиянии трещиноватости на фильтрационные свойства коллектора. Эффективная фильтрационно-емкостная система (ФЕС) коллектора должна представлять собой комбинацию первичной и вторичной пористости и проницаемости, что делает актуальным изучение вторичной проницаемости в данном блоке. В качестве примера

приведена схема относительной трещинной проницаемости Perm Khmax Даехуриинского горизонта (рис. 3) [3].

Проведенное исследование проницаемости в Аяшском блоке позволило выявить различия между верхними и нижними стратиграфическими горизонтами. Особое значение имеет окобы-кайская глинистая пачка, которая служит поверхностью раздела между ними. Определена вторичная проницаемость в различных горизонтах блока, что может иметь важное значение для дальнейших исследований и планирования добычи. Необходимо учитывать эти различия при проведении работ и разработке месторождения.

Для более точного определения проницаемости в различных стратиграфических горизонтах Аяшского блока рекомендуется провести дополнительные исследования с учетом установленных особенностей. Это позволит более точно определить границы и характеристики проницаемости, что будет полезно для оптимизации процессов добычи и повышения эффективности работы месторождения [2].

Большинство зон повышенных значений проницаемости вытянуты в субмеридиональном направлении согласно общему простиранию структуры. Наиболее высокопроницаемые участки локализованы на крутых склонах поднятий.

Разные участки изучаемой территории неодинаково затронуты процессом трещинообразования,

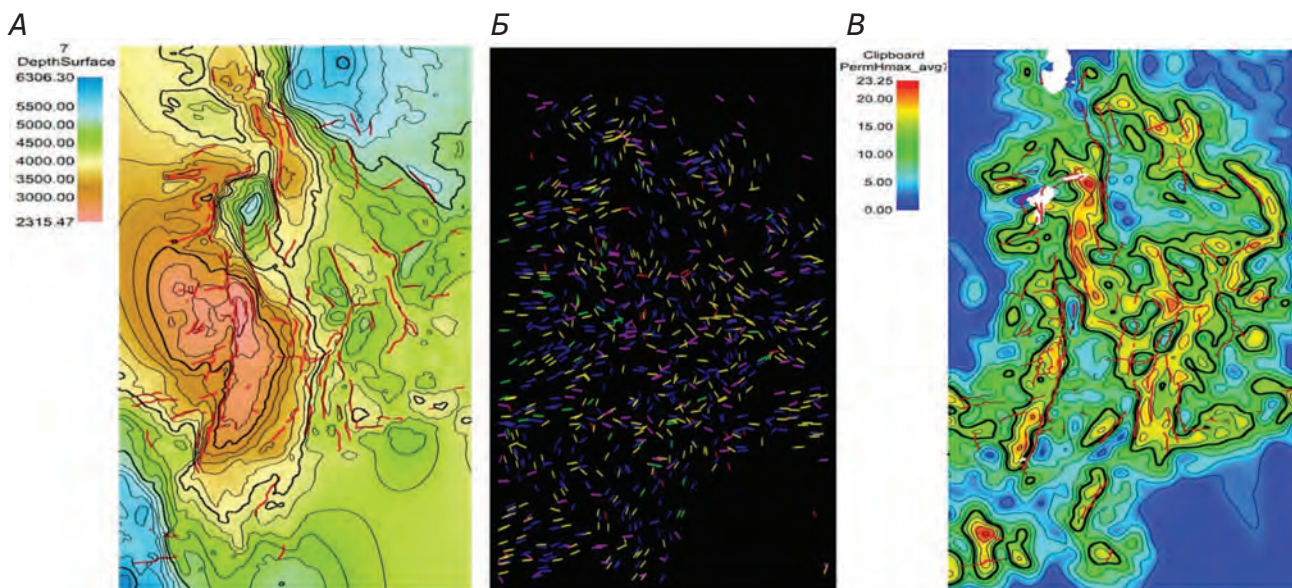


Рис. 3. Схемы структурной поверхности (А), дискретной модели трещиноватости (Б) и вторичной проницаемости (В) даехуриинского горизонта Аяшского ЛУ

Fig. 3. Schemes of the structural surface (A), discrete model of fracturing (B) and secondary permeability (C) of the Daekhuri horizon of the Ayashsky license area

причем с глубиной максимумы вторичной проницаемости локализуются вдоль пологопадающих разломов фундамента.

Вторичная проницаемость верхних горизонтов более проявлена в пределах южной половины Аяшского блока.

Заключение

В ходе исследований было установлено, что Присахалинский шельф, включая Киринский и Аяшский ЛУ (рис. 4А), подвержен влиянию современного сдвигового поля напряжений с осью максимального сжатия, ориентированной по субшироте. Это приводит к формированию локального поля напряжений, изменению степени открытости трещин и определяет вторичную пористость и проницаемость пород. 3D-моделирование позволило провести расчет прогнозной проницаемости для каждого стратиграфического горизонта. Отмечается значительное различие вторичной проницаемости в верхних и нижних стратиграфических горизонтах.

Например, в зонах к югу от Восточно-Одоптинского поднятия наблюдается изменение ориентации и формы высоких значений вторичной проницаемости, особенно это заметно при переходе к Аяшскому и Киринскому ЛУ. На Киринском

ЛУ вторичная проницаемость уменьшается, в то время как на Аяшском ЛУ остается практически неизменной (рис. 4Б). Основные максимумы повышенной проницаемости протягиваются вдоль крупных разрывных нарушений и формируют сеть фильтрационных каналов, которые влияют на миграцию УВ.

Например, в Окобыкайской свите крупные разрывные нарушения выступают в качестве каналов вертикальной миграции УВ, соединяя палеогеновые комплексы с коллекторами верхнего миоцена и плиоцена. Наиболее проницаемой для верхне-миоцен-плиоценовых отложений оказывается южная половина Аяшского ЛУ (рис. 4В) [5].

Стоит отметить, что влияние вторичной проницаемости на общую проницаемость различных стратиграфических подразделений является изменчивым. Например, в случае комплекса пород фундамента предполагается наличие кавернозно-трещинного резервуара, для которого вторичная проницаемость сопоставима с полной проницаемостью. При оценке эффективной проницаемости эоцена — позднеолигоценового машигарско-даехурийского комплекса, обладающего трещинно-поровым резервуаром, влияние вторичной проницаемости преобладает, что делает участки с высокими значениями вторичной

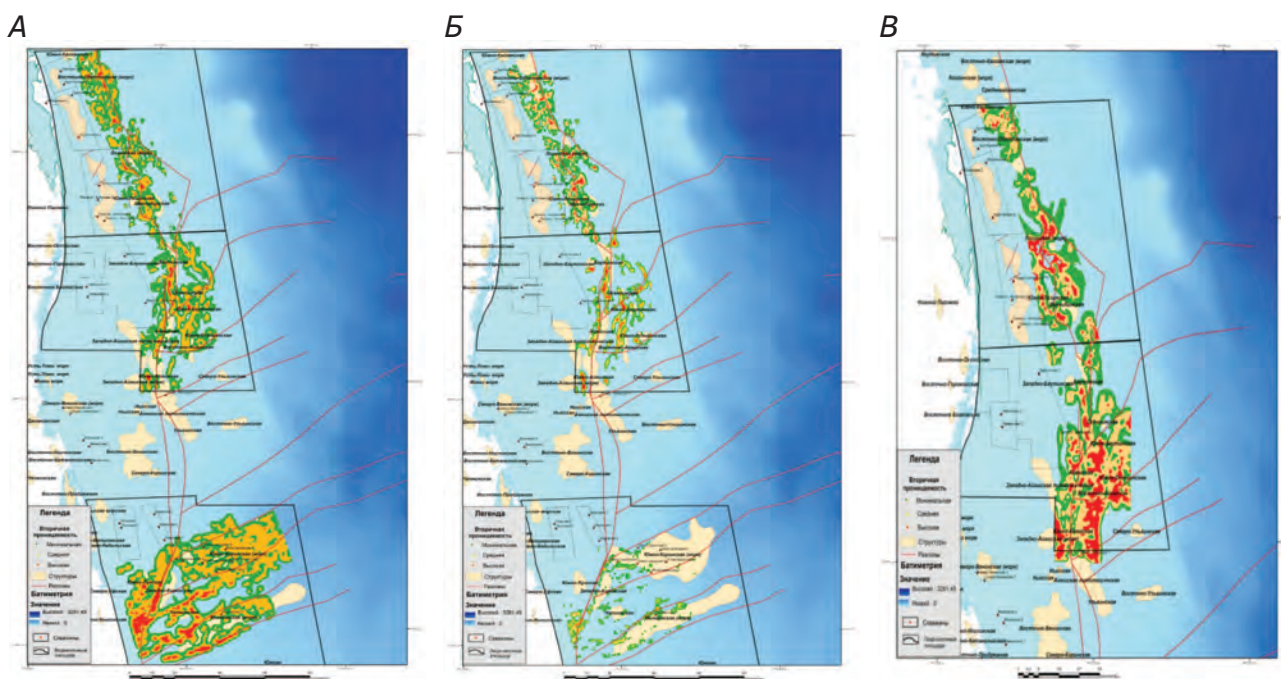


Рис. 4. Схема вторичной проницаемости даехурийского горизонта (А), дагинского комплекса ОГ-6 (Б), верхненутувского подкомплекса ОГ 2 (В) Аяшского, Киринского ЛУ [7]

Fig. 4. Scheme of secondary permeability of the Daekhurinsky horizon (A), Daginsky complex OG-6 (B), Verkhnenutovsky subcomplex OG 2 (C) of the Ayashsky, Kirinsky and East Odoptinsky license areas [7]

проницаемости перспективными для поиска месторождений углеводородов.

В залегающих выше отложениях ранне-средне-миоценового комплекса, также обладающего трещинно-поровым коллектором, вклад вторичной проницаемости уменьшается. Для преимущественно терригенных отложений верхнего миоцена-плиоцена, обладающих поровым резервуаром,

роль вторичной проницаемости существенно ниже, однако ее все же следует учитывать. Выявленная вторичная проницаемость может значительно дополнить информацию о фильтрационных характеристиках коллектора. Все расчеты проводятся на трехмерной геологической модели, что позволяет использовать полученные данные для гидродинамического моделирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Астафьев Д.А., Кабалин М.Ю., Скоробогатов В.А. Оценка и освоение углеводородного потенциала недр Охотоморской провинции // Научно-технический сборник «Вести газовой науки». 2021. № 3. С. 161—177.
2. Бакулина Л.П. Фациальный анализ. Построение и анализ стратиграфической карты. Ухта: УГТУ, 2008. 32 с.
3. Гереш Г.М. Роль доразведки в процессе эксплуатационного разбуривания месторождений шельфа о. Сахалин // Научно-технический сборник «Вести газовой науки». 2020. № 3. С. 32—39.
4. Керимов В.Ю., Шилов Г.Я., Серикова У.С. Геологические риски при поисках и разведке месторождений нефти и газа и пути их снижения // Нефть, газ и бизнес. 2014. № 8. С. 44—52.
5. Никитенко О.А., Ершов В.В. Гидрогеохимические критерии поиска и разработки углеводородных месторождений: обзор, анализ и перспективы использования на острове Сахалин // Геосистемы переходных зон. 2021. № 4. С. 361—377.
6. Ступакова А.В., Суслова А.А., Книппер А.А., Карньюшина Е.Е., Крылов О.В., Шелков Е.С., Коротков С.Б., Карнаухов С.М., Осипова О.Н. Особенности геологического строения и нефтегазоносности шельфов дальневосточных морей // Георесурсы. 2021. № 2. С. 26—34.
7. Шатыров А.К. Оценка геомеханических свойств коллекторов Присахалинского шельфа по результатам моделирования // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2023. Т. 65. № 6. С. 53—65.
8. Kerimov V.Yu., Lavrenova E.A., Shcherbina Yu.V., Mamedov R.A. Cretaceous-cenozoic hydrocarbon systems of the eastern arctic seas // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Science and Technology Conference "Earth Science". Great Britain: IOP Publishing Ltd, 2022. P. 032016.
9. Kerimov V.Yu., Rachinsky M., Mustaev R., Serikova U. Geothermal conditions of hydrocarbon formation in the South Caspian basin // Iranian Journal of Earth Sciences. 2018. No. 10. P. 78—89.
10. Mofei Du, Jianshe Lei, Dapeng Zhao. New seismic constraints on arc magmatism and subduction dynamics beneath the Japan Islands from Sn tomography // Journal of Asian Earth Sciences. 2023. Vol. 256. P. 105802.
11. Shegai V.I., Tolstikov A.V. Upper miocene and pliocene deposits of north-eastern shelf of Sakhalin Island: new seismic data on structure and petroleum potential // Geology of oil and gas. 2022. No. 3. P. 67—83.
12. Volkova P.A., Tikhomirov N.P., Bobrov A.A., Ivanova M.O., Dadykin I.A., Grigoryan M.Y., Kopylov-Guskov Y.O. Unexpected burst of new data on vascular plants flora for the lesser Kuril ridge and the whole Kuril archipelago // Journal of asia-pacific biodiversity. 2020. pp. 738—744.
13. Zhi-Xin Guo, Yuan-Peng Shi, Yong-Tai Yang, Shuan-Qi Jiang, Lin-Bo Li, Zhi-Gang Zhao. Inversion of the Erlian Basin (NE China) in the early Late Cretaceous: Implications for the collision of the Okhotomorsk Block with East Asia // Journal of Asian Earth Sciences. 2018. Vol. 154. P. 49—66.

REFERENCES

1. Astafyev D.A., Kabalin M.Yu., Skorobogatov V.A. Assessment and development of the hydrocarbon potential of the subsoil of the Okhotsk province // Scientific and technical collection of gas science news. 2021. No3. P. 161—177 (In Russian).
2. Bakulina L.P. Facial analysis. Construction and analysis of a stratigraphic map. Ukhta: UGTU, 2008. 32 p. (In Russian).
3. Geresh G.M. The role of additional exploration in the process of operational drilling of offshore fields Sakhalin // Scientific and technical collection of the news of gas science. 2020. No3. P. 32—39 (In Russian).
4. Kerimov V.Yu., Shilov G.Yu., Serikova U.S. Geological risks in the search and exploration of oil and gas fields and ways to reduce them // Oil, Gas and Business. 2014. No. 8. P. 44—52 (In Russian).
5. Nikitenko O.A., Ershov V.V. Hydrogeochemical criteria for the search and development of hydrocarbon deposits: review, analysis and prospects for use on Sakhalin Island // Geosystems of transition zones. 2021. No. 4. P. 361—377 (In Russian).
6. Stupakova A.V., Suslova A.A., Knipper A.A., Karnyushina E.E., Krylov O.V., Shelkov E.S., Korotkov S.B., Karnaukhov S.M., Osipova O.N. Features of the

- geological structure and oil and gas potential of the shelves of the Far Eastern seas // *Georesources*. 2021. No. 2. P. 26—34 (In Russian).
7. Shatyrov A.K. Assessment of the geomechanical properties of reservoirs of the Prisakhly shelf based on the results of modeling // *News of higher educational institutions. Geology and exploration*. 2023. Vol. 65. No. 6. P. 53—65 (In Russian).
 8. Kerimov V.Yu., Lavrenova E.A., Shcherbina Yu.V., Mamadov R.A. Cretaceous-cenozoic hydrocarbon systems of the seas of the eastern arctic // *IOP conference series: Earth and Environment Science. International Scientific and Technical Conference "Earth Science"*. Great Britain: IOP Publishing Ltd, 2022. P. 032016.
 9. Kerimov V.Yu., Rachinsky M., Mustaev R., Serikova U. Geothermal conditions of hydrocarbon formation in the South Caspian basin // *Iranian Journal of Earth Sciences*. 2018. No. 10. P. 78—89.
 10. Mofei Du, Jianshe Lei, Dapeng Zhao. New seismic constraints on arc magmatism and subduction dynamics beneath the Japan Islands from Sn tomography // *Journal of Asian Earth Sciences*. 2023. Vol. 256. P. 105802.
 11. Shegai V.I., Tolstikov A.V. Upper miocene and pliocene deposits of north-eastern shelf of Sakhalin Island: new seismic data on structure and petroleum potential // *Geology of oil and gas*. 2022. No. 3. P. 67—83.
 12. Volkova P.A., Tikhomirov N.P., Bobrov A.A., Ivanova M.O., Dadykin I.A., Grigoryan M.Y., Kopylov-Guskov Y.O. Unexpected burst of new data on vascular plants flora for the lesser Kuril ridge and the whole Kuril archipelago // *Journal of asia-pacific biodiversity*. 2020. pp. 738—744.
 13. Zhi-Xin Guo, Yuan-Peng Shi, Yong-Tai Yang, Shuan-Qi Jiang, Lin-Bo Li, Zhi-Gang Zhao. Inversion of the Erlian Basin (NE China) in the early Late Cretaceous: Implications for the collision of the Okhotomorsk Block with East Asia // *Journal of Asian Earth Sciences*. 2018. Vol. 154. P. 49—66.

ВКЛАД АВТОРОВ / AUTHOR CONTRIBUTIONS

Керимов В.Ю. — разработал концепцию статьи, подготовил текст статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Потемкин Г.Н. — внес вклад в работу при построении геомеханической модели Киринского лицензионного участка и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Шатыров А.К. — внес вклад в работу при построении и моделировании распространения зон трещиноватости и вторичной проницаемости горизонтов и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Vagif Y. Kerimov — developed the concept of the article, prepared the text of the article, finally approved the published version of the article and agrees to accept responsibility for all aspects of the work.

Grigory N. Potemkin — contributed to the work in building the geomechanical model of the Kirinskiy license area and agrees to accept responsibility for all aspects of the work.

Anar K. Shatyrov — contributed to the work in the construction and modeling of fracture zone propagation and secondary permeability of horizons and agrees to accept responsibility for all aspects of the work.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Керимов Вагиф Юнусович — доктор геолого-минералогических наук, профессор, заслуженный геолог РФ, заведующий кафедрой геологии и разведки месторождений углеводородов ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе». 23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия
e-mail: kerimovvy@mgri.ru
тел.: +7 (495) 461-37-77, доб. 21-12
SPIN-код: 9696-1364
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9485-8208>

Vagif Y. Kerimov — Dr. Sci. (Geol.-Min.), Professor, Honored Geologist of the Russian Federation, Head of the Department of Geology and Exploration of Hydrocarbon Deposits, Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting. 23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia
e-mail: kerimovvy@mgri.ru
tel.: +7 (495) 461-37-77, ext. 21-12
SPIN code: 9696-1364
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9485-8208>

Потемкин Григорий Николаевич — кандидат геолого-минералогических наук, заместитель генерального директора по геологии ООО «ИПНЭ»; доцент ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе».

13а, ул. Ярославская, г. Москва 129366, Россия

23, ул. Миклухо-Маклая, г. Москва 117997, Россия

тел.: +7 (926) 612-37-77

SPIN-код: 4229-0832

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7178-1286>

Шатыров Анар Камандарович* — инженер лаборатории «Моделирование углеводородных систем» ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе».

23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия

e-mail: anar.shatyrov@mail.ru

тел.: +7 (926) 142-77-63

SPIN-код: 5794-0287

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3450-5325>

Grigory N. Potemkin — Cand.Sci. (Geol.-Min.), Deputy General Director for Geology at IPNE LLC, Associate Professor at Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting.

13a, Yaroslavskaya str., Moscow 129366; Russia

23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia

tel.: +7 (926) 612-37-77

SPIN-code: 4229-0832

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7178-1286>

Anar K. Shatyrov* — engineer of the Laboratory “Modeling of Hydrocarbon Systems” of the Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting.

23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia

e-mail: anar.shatyrov@mail.ru

tel.: +7 (926) 142-77-63

SPIN-code: 5794-0287

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3450-5325>

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author