Обзорная статья
УДК 551.243.8:552.578.2.061.553.98(47)
EDN: LNGJED
DOI: 10.21285/2686-9993-2025-48-4-430-440

Многофакторные и разномасштабные причины засолонения продуктивных горизонтов месторождений углеводородов юга Сибирской платформы

Л.А. Рапацкая[a]✉

[a]*Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия*

Резюме. Совместное нахождение, временные и пространственные взаимоотношения нефтегазоносных и соленосных толщ самых различных масштабов: от продуктивных горизонтов нефти и газа отдельных месторождений до нефтегазоносных комплексов – одна из фундаментальных проблем поисков, разведки и эксплуатации месторождений нефти и газа. Практически все продуктивные нефтегазоносные горизонты месторождений углеводородов Сибирской платформы, в том числе и широко распространенный ярактинский, подвержены интенсивным процессам засолонения разнообразных масштабов и разных причин. По генетическим особенностям и последовательности прохождения следует различать засолонение первичное – сингенетичное, происходящее одновременно с осадкообразованием, и вторичное – постгенетичное, обусловленное целым рядом разнообразных природных и техногенных факторов. В работе рассматриваются основные факторы засолонения, которые с определенной степенью условности можно дифференцировать следующим образом: по масштабам – глобальные (историко-геологические) и региональные (трапповый магматизм); по причинам – тектонические и магматические; по времени проявления – первичные (сингенетичные) и вторичные (эпигенетические); по природе – естественные и техногенные (возникающие в процессе эксплуатации). Внутрискважинное оборудование подвергается интенсивному техногенному засолонению в призабойной части продуктивного пласта в межскважинном пространстве, что в результате приводит к осложнению процессов бурения, авариям и значительному удорожанию оборудования в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: Сибирская платформа, осадкообразование, нефтегазоносные бассейны, углеводороды, траповый магматизм, силлы, ярактинский горизонт, засолонение

Для цитирования: Рапацкая Л.А. Многофакторные и разномасштабные причины засолонения продуктивных горизонтов месторождений углеводородов юга Сибирской платформы // Науки о Земле и недропользование. 2025. Т. 48. № 4. С. 430–440. https://doi.org/10.21285/2686-9993-2025-48-4-430-440. EDN: LNGJED.

Review article

Multifactorial and multiscale causes of salinization of productive horizons in hydrocarbon deposits of the southern Siberian Platform

Larisa A. Rapatskaya[a]✉

[a]*Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia*

Abstract. One of the fundamental problems of prospecting, exploration and exploitation of oil and gas fields is the co–occurrence, temporal and spatial relationships of oil and gas-bearing and salt-bearing strata of various scales: from productive oil and gas horizons of individual fields to oil and gas complexes. Almost all productive oil and gas horizons of hydrocarbon fields of the Siberian platform including the widespread Yaraktinsky horizon are subject to intensive salinization processes of various scales and for various reasons. Based on genetic features and the sequence of occurrence salinizations could be classified into primary salinization – syngenetic occurring simultaneously with sedimentation, and secondary one – postgenetic caused by a number of diverse natural and man-made factors. The paper considers the main factors of salinization, which with a certain degree of conventionality can be differentiated as follows: by scale – global (historical and geological) and regional (trap magmatism); by causes – tectonic and magmatic; by occurrence time – primary (syngenetic) and secondary (epigenetic); by nature – natural and man-made (occurring during operation). Downhole equipment is subject to intense man-made salinization in the near-wellbore zone of the productive formation in the inter-wellbore space, which ultimately complicates drilling processes, leads to accidents, and significantly increases the cost of equipment during operation.

© Рапацкая Л.А., 2025

***Keywords**:* Siberian Platform, sedimentation, oil and gas basins, hydro–carbons, trap magmatism, sills, Yaraktinsky horizon, salinization

For citation: Rapatskaya L.A. Multifactorial and multiscale causes of salinization of productive horizons in hydrocarbon deposits of the southern Siberian Platform. *Earth sciences and subsoil use.* 2025;48(4):430-440. (In Russ.). https://doi.org/10.21285/2686-9993-2025-48-4-430-440. EDN: LNGJED.

Введение

Совместное нахождение, временные и пространственные взаимоотношения нефтегазоносных и соленосных толщ самых различных масштабов: от продуктивных горизонтов до нефтегазоносных комплексов – одна из фундаментальных проблем поисков, разведки и эксплуатации месторождений нефти и газа.

Практически все продуктивные горизонты месторождений нефти и газа Сибирской платформы подвержены процессам засолонения. Следует различать засолонение первичное – сингенетичное, происходящее одновременно с осадкообразованием, и вторичное – постгенетичное, обусловленное с целым рядом разнообразных природных и техногенных факторов.

Цель настоящего исследования – рассмотрение основных факторов засолонения, которые с определенной степенью условности можно дифференцировать следующим образом:

– по масштабам: глобальные – историко-геологические, региональные – процессы траппового магматизма;

– по причинам: тектонические и магматические;

– по времени проявления: первичные – сингенетичные и вторичные – эпигенетические;

– по природе: естественные и техногенные (возникающие в процессе эксплуатации).

Материалы и методы исследования

В работе использованы данные результатов буровых и геофизических работ, а также материалы исследований, опубликованных в открытой печати.

Процессы засолонения рассмотрены на примере ярактинского продуктивного горизонта как одного из наиболее распространенных на месторождениях нефти и газа южной части Сибирской платформы. Фильтрационно-емкостные характеристики ярактинского продуктивного горизонта контролируются не только условиями осадконакопления, но и разнообразными вторичными процессами, широко развитыми в поровом пространстве коллекторов. Ярактинский горизонт широко распространен и промышленно продуктивен на месторождениях юго-восточного склона и центральной части Непско-Ботуобинской антеклизы: Дулисьминском, Ярактинском, Аянском, Даниловском и других [1–3] (рис. 1). Засолонение продуктивных горизонтов месторождений нефти и газа на Сибирской платформе обусловлено разномасштабными причинами глобального характера (ее положением относительно экватора) и регионального характера (процессами траппового магматизма). Эти явления значительно ухудшают свойства коллекторов и способствуют техногенному засолонению внутрискважинного оборудования, призабойной части продуктивного пласта и межскважинного пространства, что, в свою очередь, приводит к осложнениям и значительному удорожанию процесса эксплуатации.

Породы-коллекторы ярактинского горизонта, образовавшиеся в начальный трансгрессивный этап вендского цикла осадконакопления, отличаются крайней литологической невыдержанностью и изменениями толщин от 5 до 30 м на Ярактинской и Аянской площадях и от 27 до 59 м на Дулисьминской [4–6]. Горизонт представлен базальным пластом песчаников, трансгрессивно залегающим в основании осадочного чехла на протерозойском кристаллическом фундаменте. Пласт отличается литологической неоднородностью, наблюдаются пропластки и линзы аргиллитов и алевролитов. И в литолого-стратиграфических разрезах ярактинского горизонта по скважинам (рис. 2), и в разрезе нефтегазоконденсатного месторождения (рис. 3), и в представленных схемах циклитов (рис. 4), и в образцах керна, отобранных по глубинам в отдельной скважине (табл. 1), наблюдается одна и та же закономерность: смена от грубозернистых разновидностей пород к более мелкозернистым и постепенное засолонение вверх по разрезу.

Следует отметить, что породы, слагающие разрез ярактинского горизонта, отличаются высокой степенью преобразования под действием разнообразных вторичных процессов: карбонатизации, сульфатизации и галитизации. Вторичные изменения проходили преимущественно на стадии катагенеза, во многом изменив

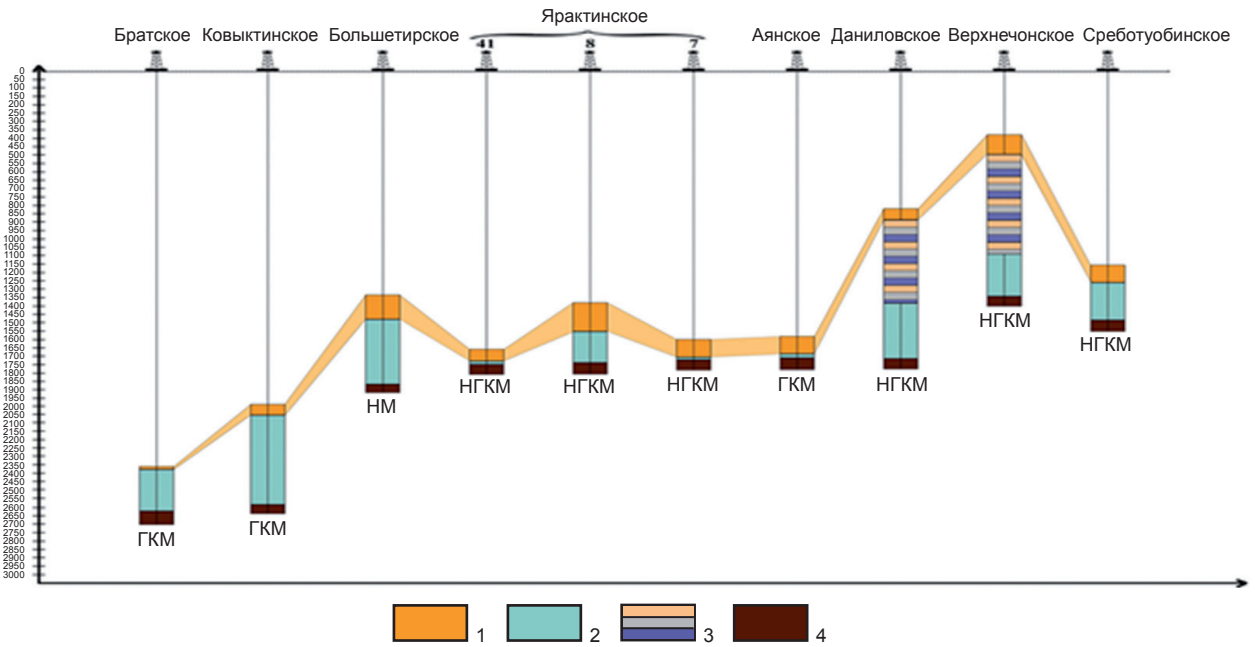


Рис. 1. Корреляция разрезов по месторождениям нефти и газа юга Сибирской платформы [4]:
1 – траппы; 2 – гипсы, доломиты, известняки; 3 – соли с прослоями доломитов; 4 – осинский горизонт
ГКМ – газоконденсатное месторождение; НГКМ – нефтегазоконденсатное месторождение;
НМ – нефтяное месторождение

Fig. 1. Correlation of oil and gas field sections in the south of the Siberian Platform [4]:
1 – traps; 2 – gypsum, dolomites, limestones; 3 – salts with dolomite interlayers; 4 – Osinsky horizon
ГКМ – gas condensate field; НГКМ – oil and gas condensate field; НМ – oil field

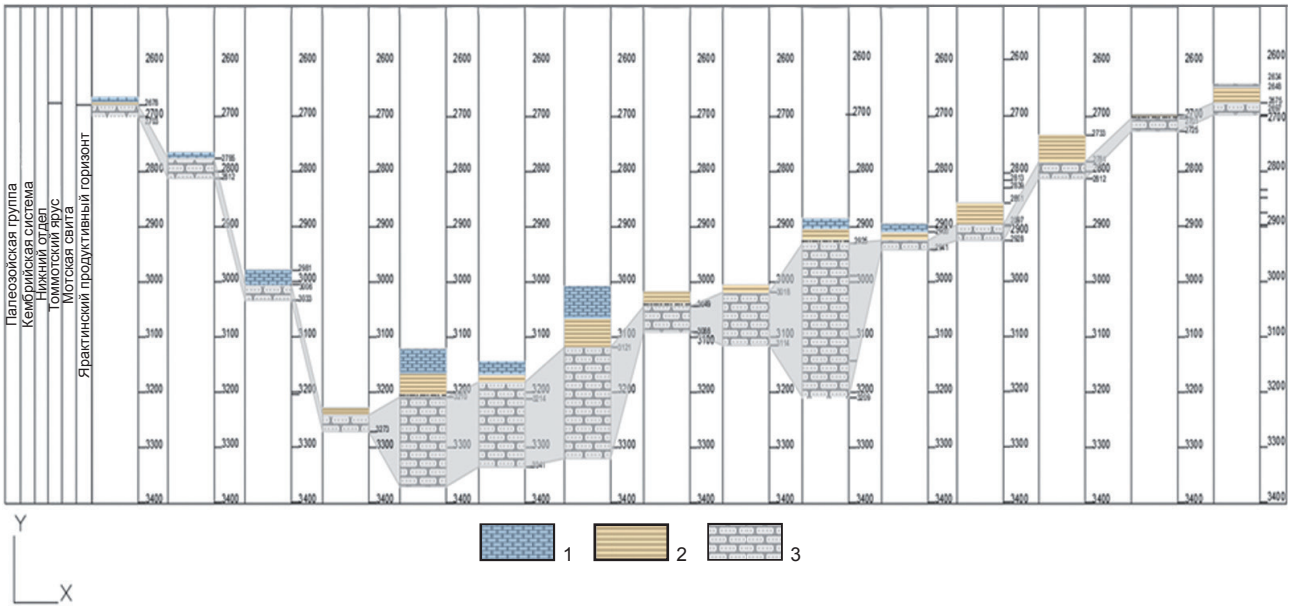


Рис. 2. Корреляция разрезов ярактинского горизонта по скважинам [4]:
1 – доломиты, ангидриты; 2 – аргиллиты; 3 – песчаники

Fig. 2. Correlation of the Yaraktinsky horizon sections by wells [4]:
1 – dolomites, anhydrites; 2 – argillites; 3 – sandstones

структуру и объем порового пространства. Значительные литофациальные изменения пород горизонта отмечаются как по простиранию, так и вкрест простирания моноклинального склона Непско-Ботуобинской антеклизы [7, 8].

В представленных образцах керна, отобранных по разрезу и в циклитах, можно отметить следующую закономерность: базальная часть циклитов сложена преимущественно брекчиями или песчаными гра-

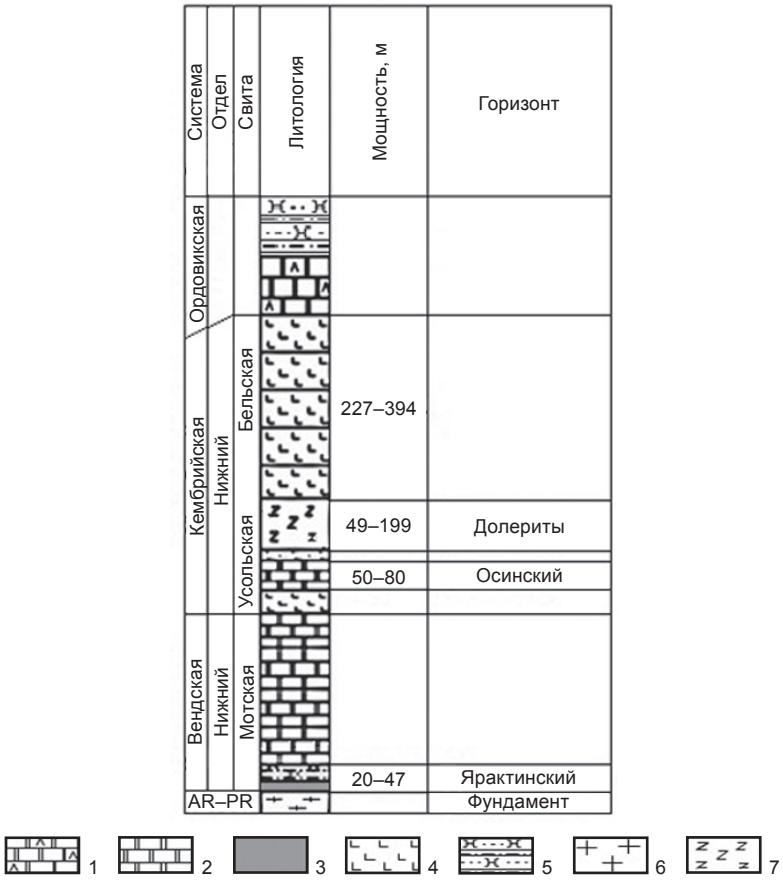


Рис. 3. Схематизированный литолого-стратиграфический разрез нефтегазоконденсатного месторождения:
1 – доломиты, ангидриты; 2 – доломиты; 3 – кора выветривания; 4 – каменная соль; 5 – песчаник; 6 – граниты; 7 – долериты
Fig. 3. Schematic lithological and stratigraphic section of an oil and gas condensate field:
1 – dolomites, anhydrites; 2 – dolomites; 3 – weathering crust; 4 – rock salt; 5 – sandstone; 6 – granites; 7 – dolerites

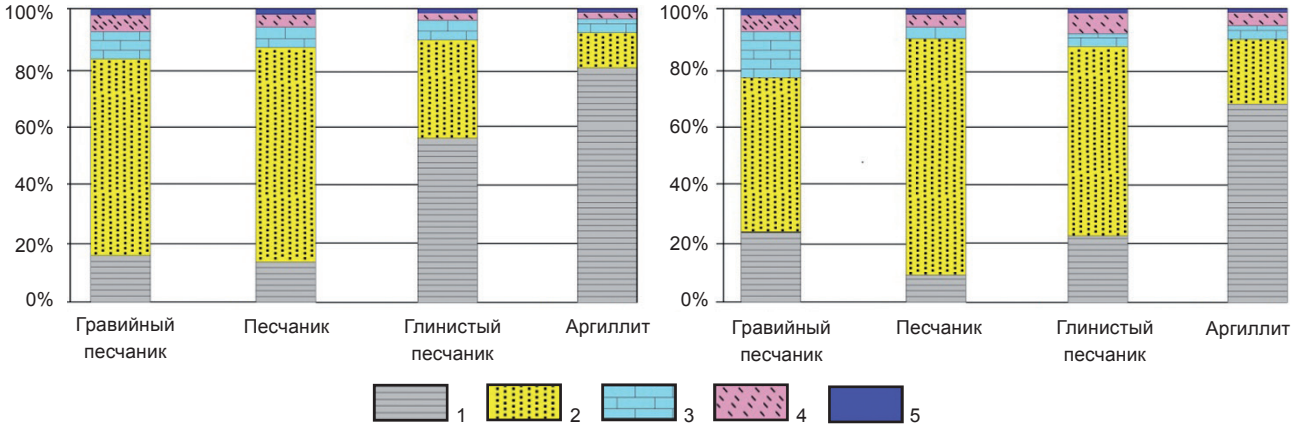
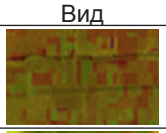
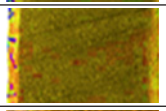
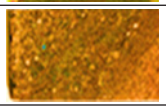
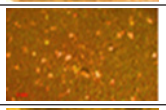
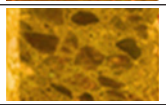


Рис. 4. Схематизированные циклиты ярактинского горизонта:
1 – глинистые минералы; 2 – кварц; 3 – карбонаты; 4 – сульфаты; 5 – галит
Fig. 4. Schematic diagram of cyclites of the Yaraktinsky horizon:
1 – clay minerals; 2 – quartz; 3 – carbonates; 4 – sulfates; 5 – halite

велитами с элементами косой слоистости, выше по разрезу гранулометрический состав пород уменьшается, появляются более мелкозернистые разности. Для них характерны массивные и наклонно-слоистые текстуры. Венчается разрез доломитами, а в циклитах – карбонатами, сульфатами и солями (см. рис. 4).

Таблица 1. Изменение состава и размеров обломков в образцах керна, отобранных по глубине
Table 1. Changes in the composition and size of fragments in core samples collected by depth

Вид	Состав и текстура керна	Глубина отбора, м
	Доломит микрокристаллический с неясно-слоистой текстурой	2757,26
	Алевролит тонкокристаллический с неясно-наклонной текстурой оползания	2764,45
	Алевролит среднекристаллический с косой слоистостью	2795,00
	Песчаник алевритовый с наклонно-волнистой текстурой	3489,45
	Глинисто-карбонатная массивная порода	3495,45
	Брекчия с наклонно-слоистой текстурой	3500,78

Результаты исследования и их обсуждение

Глобальные (историко-геологические) факторы засолонения. Давно установлено, что между нефтегазоносными и соленосными формациями существует пространственная, временная и генетическая взаимосвязь. Большая часть мировых ресурсов углеводородов приурочена к соленосным осадочным бассейнам. Это древние бассейны Сибирской платформы, более молодые бассейны Персидского залива и современный бассейн Мексиканского залива [8]. Обуславливается такая сложная и многофакторная взаимосвязь цикличностью процессов нафтидогенеза и галогенеза, которая, в свою очередь, предшествует процессу тектогенеза. Эта последовательность и периодичность глобальных геологических процессов создает благоприятные условия для генерации и сохранения скоплений углеводородов при условии перемежаемости в разрезе нефтегазоносных продуктивных горизонтов и соленосных толщ, выполняющих роль покрышек. Эту идею, подтвержденную многочисленными исследованиями и практическими достижениями в нефтегазовой геологии, еще в начале 2000-х годов высказал В.С. Конищев [9].

Опираясь на позиции тектоники литосферных плит, следует отметить, что генерация углеводородов проходила в краевых (перикратонных) прогибах платформы, когда-то служивших окраинами древнего палеоазиатского океана и охвативших Сибирский кратон почти сплошным кольцом [10]. Прогибы сформировались около 1000–600 млн лет назад на пассивных окраинах палеоазиатского океана, образовавшегося после распада суперконтинента Родиния на несколько крупных океанических сегментов. В сформировавшихся прогибах происходило образование огромных толщ осадков мощностью до 8–15 км, что можно объяснить обрушением краев континента с сопутствующим накоплением массы органики – будущего источника углеводородов.

Процессы тектогенеза и литогенеза, в свою очередь, последовательно сопровождались интенсивными процессами галогенеза, которые контролировались положением Сибирской платформы относительно экватора. Поэтому глобальным фактором последующего засолонения ее продуктивных горизонтов явилось именно положение относительно экватора, когда платформа длительное время, в течение почти 2 млрд лет, находилась в тропических и субэкваториальных широтах, периодически смещаясь то в южное, то в северное полушарие.

Определить широтное положение Сибирской платформы и ее положение относительно экватора на протяжении почти двух миллиардов лет – от времени ее возникновения (около 1,9 млрд лет назад) до позднего кайнозоя – позволила модель кривой магнитных полюсов, разработанная В.Э. Павловым [11] (рис. 5).

Положение платформы подтверждается целым рядом геологических факторов: литологическим составом пород, присутствием

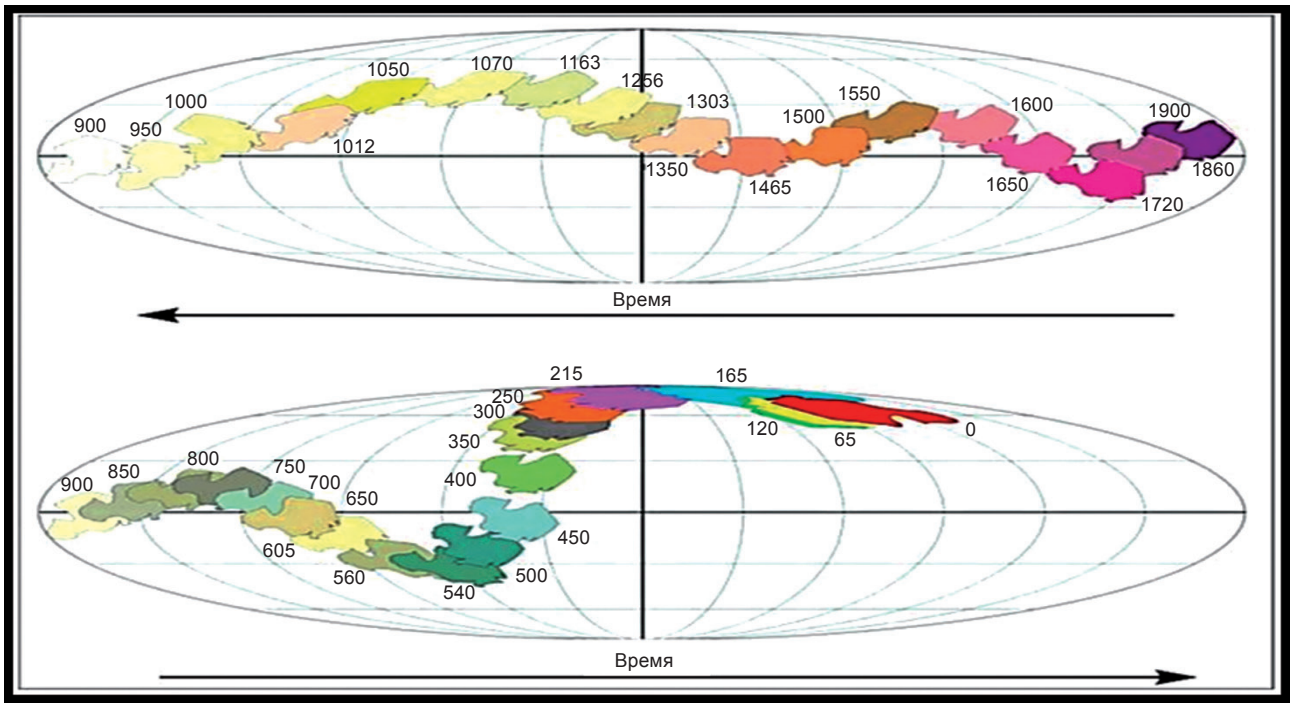


Рис. 5. Дрейф Сибирской платформы в позднем протерозое и фанерозое [11]
Цифры – возраст, млн лет
Fig. 5. Drift of the Siberian platform in late Proterozoic and Phanerozoic [11]
Figures show the age, million years

водорослево-археоциатовых биогермов, существующих только в субтропической и тропической зонах наличием мощных пластов каменных солей в разрезах рифей-венд-кембрийских отложений осадочного чехла Сибирской платформы [12]. Общая мощность пластов кембрийских солей в западной ее части местами достигает 550–600 м.

Региональной причиной постгенетичного засолонения продуктивных горизонтов служит трапповый магматизм. Сибирская платформа является территорией, на которой в перми, раннем триасе проявился мощнейший трапповый магматизм. К этому времени уже были сформированы залежи нефти и газа [13].

Трапповый магматизм. Трапповый магматизм играет важную роль в процессах переформирования, уничтожения, сохранения залежей углеводородов и засолонения коллекторов продуктивных горизонтов. Анализ причин постгенетичного засолонения под воздействием термобарического действия траппов может иметь не только теоретическое, но и важное практическое значение, позволяя прогнозировать участки с пониженными фильтрационно-емкостными свойствами в продуктивных горизонтах.

Трапповые тела – силлы – распространяются по всему разрезу отложений венда – нижнего палеозоя на разных стратиграфических уровнях характеризуются значительным диапазоном как по мощности, так и по площади. Силлы установлены в мотской, усольской, бельской, булайской, ангарской свитах нижнего кембрия, а также в образованиях верхнего кембрия и ордовика [14]. Внедрение силлов способствовало прогреву нижележащих горных пород и насыщающих их пластовых флюидов. Под воздействием повышенных градиентов давления и повышенной плотности рассолов происходила миграция флюидов в нижележащие пласты.

Поэтому анализ причин вторичного засолонения и, в частности, воздействия на этот процесс термобарических условий приобретает не только теоретическое, но и важное практическое значение, позволяя прогнозировать участки с пониженной эффективной емкостью и проницаемостью коллекторских горизонтов [15].

Трапповые тела, температура которых достигала нескольких сотен градусов, способствовали растворению соляных покрышек, гравитационному просачиванию растворов из вышележащих в разрезах соленосных интервалов, повышению минерализации пластовых вод в подтрапповых осадочных породах и изменению фильтрационно-емкостных свойств коллекторов продуктивных горизонтов [16].

Ученые, проводившие специальные исследования термобарического воздействия траппов на процессы вторичного засолонения продуктивных горизонтов Ярактинского месторождения, высказали предположение о формировании вокруг усольского силла, внедрившегося на 400–600 м выше ярактинского горизонта, контрастного геотемпературного поля, влияющего на образование конвективных перетоков подземных рассолов между проницаемыми горизонтами подсолевых и соленосных отложений.

Наиболее интенсивное развитие этих процессов шло вблизи краевых частей усольского силла и резких перепадов его мощности, особенно при пересечении этих участков дотрапповыми глубинными разломами [17, 18]. Ухудшение коллекторских свойств происходило не только вблизи силлов и не только в период магматизма, но и вдали от магматических образований и в посттрапповое время; тем не менее эти процессы все же были инициированы трапповым магматизмом.

Исследования, проведенные Е.С. Коновальцевой, О.В. Постниковой и другими [19, 20], подтверждают, что засолонение, присущее преимущественно нижним частям разреза, является катагенетическим гравитационным процессом – просачиванием рапы из вышележащих соленосных интервалов разреза за счет увеличения минерализации пластовых вод [21]. Поэтому на завершающей стадии катагенетических преобразований в пустотном пространстве отмечается рост крупных кристаллов галита в карбонатизированных и сульфатизированных участках разреза.

Присутствие долеритов и солей в разрезах месторождения подтверждаются данными, приведенными на рис. 1 и в табл. 2.

Таблица 2. Тектоническая приуроченность месторождений нефти и газа Сибирской платформы
Table 2. Tectonic confinement of oil and gas fields of the Siberian Platform

Месторождение, фазовое состояние	Тектоническая структура	Мощность, м	
		долеритов	солей
Братское газоконденсатное	Братский выступ Ангаро-Ленской ступени	70–90	5–85
Атовское газоконденсатное	Южная часть Ангаро-Ленской ступени	50	–
Ковыктинское газоконденсатное	Ковыктинский выступ Ангаро-Ленской ступени	50	60–90
Чиканское газоконденсатное	Северо-восточная часть Ангаро-Ленской ступени	57	120
Ангаро-Ленское газовое	Ангаро-Ленская ступень	52	134
Тутурское газоконденсатное	Ангаро-Ленская ступень	60	–
Непско-Ботуобинская антеклиза			
Алинское нефтегазовое	Непский свод НБА	10	–
Западно-Аянское нефтегазоконденсатное	Юго-восточный склон Непского свода НБА	40–74	105
Марковское нефтегазоконденсатное	Южная часть НБА	40–104	100
Даниловское нефтегазоконденсатное	Юго-западный склон Непского свода НБА	60–129	20–49
Дулисьминское нефтегазоконденсатное	Юго-западный склон Непского свода НБА	65–90	10–45
Пилюдинское нефтяное	Юго-восточный склон НБА	25–70	–
Могдинское нефтегазоконденсатное	Северо-западный склон НБА	35–60	–
Вакунайское нефтегазоконденсатное	Непско-Пеледуйский свод НБА	–	–
Тымпучиканское нефтегазовое	Центральная часть НБА	50	–
Талаканское нефтегазоконденсатное	Непско-Пеледуйский свод НБА	60–80	–
Верхнечонское нефтегазоконденсатное	Непский свод НБА Верхнечонский структурный мыс	–	250–310
Верхнеичерское нефтегазоконденсатное	Непский свод НБА	–	50
им. Лисовского газонефтяное	Непский свод НБА	–	44–93
Игнялинское	Непский свод НБА	–	
Ярактинское нефтегазоконденсатное	Юго-восточный склон НБА	–	51–75
Чаяндинское	Восточный склон Непского свода НБА	–	38–60
Ичединское нефтяное	Юго-западный склон Непско-Ботуобинского свода НБА	–	34–146 51–75
Большетирское нефтегазоконденсатное	Юго-западной склон НБА в зоне сочленения с Ангаро-Ленской ступенью	–	180 50
Верхнетирское нефтяное	Юго-западной склон НБА в зоне сочленения с Ангаро-Ленской ступенью	–	50
Среднеботуобинское нефтегазоконденсатное	Мирнинский свод НБА	–	218–355 105
Таас-Юряхское нефтегазоконденсатное	Мирнинский свод НБА	–	–
Чайкинское газоконденсатное	Зона сочленения НБА и Предпатомского прогиба	–	50

Примечание. НБА – Непско-Ботуобинская антеклиза.

Рис. 6. Солеотложения (кальцит) на внутрискважинном оборудовании
Фото предоставлено геологом АО «Верхнечонскнефтегаз» А.А. Ваниным
Fig. 6. Salt deposits (calcite) on downhole equipment
The photo courtesy of A.A. Vanin, geologist at Verkhnechonskneftegaz JSC

Таблица 3. Физико-химические свойства, ионный состав пластовых вод ярактинского горизонта и литвинцевской свиты
Table 3. Physicochemical properties, ionic composition of formation waters of the Yaraktinsky horizon and Litvintsevskaya suite

Наименование	Ca^{2+}, мг/л	Mg^{2+}, мг/л	Ba^{2+}, мг/л	Sr^{2+}, мг/л	$K^+ + Na^+$, мг/л	$Fe_{общ}$, мг/л	Cl- , мг/л	HCO_3^-, мг/л	SO_4^{2-}, мг/л	ρ, г/см^3	pH	Общая минерализация, г/л
Вода ярактинского горизонта	99298	13218	0	4026	25850	253	254258	0	178	1,289	3,61	397,1
Вода литвинцевской свиты	1002	316	0	39,5	14541	2,66	23288	134,2	2400	1,032	8,23	41,7

Примечание. Данные предоставлены геологом АО «Верхнечонскнефтегаз» А.А. Ваниным.

Существует еще один вид засолонения, который следует назвать техногенным. В процессе разработки большинства месторождений нефти и газа на территории Непско-Ботуобинской антеклизы штанговыми глубинными насосами и установками электропогружных центробежных насосов происходит образование солей (галит, кальцит, гипс) в коллекторе, во внутрискважинном оборудовании, в призабойной части продуктивного пласта и в межскважинном пространстве (рис. 6).

Одной из причин образования солей в процессе добычи обводненной нефти при вскрытии продуктивного пласта в призабойной зоне скважины может служить смешение несовместимых вод: например, при смешении попутно добываемой воды и воды литвинцевской свиты, в интервале которой идет бурение. Пластовая вода литвинцевской свиты имеет повышенное содержание ионов концентрированной серной кислоты что, в свою очередь, свидетельствует о несовместимости с пластовой водой ярактинского горизонта (табл. 3) или в случае химической несовместимости фильтрата бурового (глинистого) раствора с пластовой или связанной водой.

Заключение

Засолонение продуктивных горизонтов месторождений нефти и газа на юге Сибирской платформы обусловлено разномасштабными причинами глобального характера (положением Сибирской платформы относительно экватора) и регионального (трапповым магматизмом), что приводит к ухудшению свойств коллекторов продуктивных горизонтов и генерирует процессы техногенного засолонения внутрискважинного оборудования, призабойной части продуктивного пласта, межскважинного пространства. Это, в свою очередь, ведет к осложнениям и значительному удорожанию процессов эксплуатации.

Список источников

1. Анфицеров А.С. Причины засолонения коллекторов нефти и газа в Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции // Доклады академии наук. 2000. Т. 370. № 1. С. 80–82. EDN: PAIQCS.

2. Вожов В.И., Чернова Л.С. Вторичное минералообразование в венд-нижнекембрийских отложениях Непско-Ботуобинской антеклизы // Геология нефти и газа. 1999. № 11–12. С. 41–48.

3. Воробьев В.С., Жуковская Е.А., Мухидинов Ш.В. Учет эффекта засолонения пород-коллекторов пластов В10, В13 непской свиты для повышения эффективности поисково-разведочного бурения на Игнялинском, Тымпучиканском и Вакунайском лицензионных участках (Восточная Сибирь) // Геология нефти и газа. 2017. № 6. С. 49–57. EDN: YMVFBK.

4. Рапацкая Л.А., Карпиков А.В. Литолого-фациальная изменчивость ярактинского горизонта как комплексный результат геодинамических процессов тектоногенеза и седиментогенеза // Науки о Земле и недропользование. 2022. Т. 45. № 2. С. 152–161. https://doi.org/10.21285/2686-9993-2022-45-2-152-161. EDN: ASYKPP.

5. Воробьев В.С., Клиновая Я.С. Причины засолонения терригенных пород в пределах Верхнечонского месторождения (Восточная Сибирь) // Газовая промышленность. 2017. № 4. С. 36–43. EDN: YKMIOB.

6. Воробьев В.С., Чеканов И.В., Клиновая Я.С. Модель распространения терригенных коллекторов и засолоненных песчано-гравелитистых отложений в пределах месторождений центральной части Непского свода // Геология нефти и газа. 2017. № 3. С. 47–60. EDN: ZGPGCP.

7. Анциферов А.С. Метаморфизм рассолов и засоление коллекторов нефти и газа в Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции // Геология и геофизика. 2003. Т. 44. № 6. С. 499–510. EDN: ISZRYZ.

8. Беленицкая Г.А. Соли и нафтиды: глобальные пространственные и кинетические взаимосвязи // Региональная геология и металлогения. 2014. № 59. С. 97–112. EDN: SYCOUB.

9. Конищев В.С. Цикличность тектогенеза, нафтидогенеза и галогенеза // Литосфера. 2007. № 2. С. 14–24. EDN: IAOERV.

10. Рапацкая Л.А., Иванов А.Н., Бланкова Ю.А. Геодинамика южной окраины Сибирского кратона и перспективы нефтегазоносности Ковыктинского газоконденсатного месторождения // Известия Сибирского отделения секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. 2008. № 6. С. 73–81. EDN: IUDDDR.

11. Павлов В.Э., Галле И. Разработка шкалы магнитной полярности кембрия и ордовика: текущие данные и попытка их синтеза // Физика Земли. 2020. № 4. С. 3–28. https://doi.org/10.31857/S0002333720040079. EDN: GDIEBZ.

12. Синица С.М., Вильмова Е.С. Постройки органогенных карбонатов докембрия и фанерозоя Забайкалья // Вестник Забайкальского государственного университета. 2013. № 2. С. 49–55. EDN: SECJQZ.

13. Гажула С.В. Особенности траппового магматизма в связи с условиями нефтегазоносности Сибирской платформы // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2008. Т. 3. № 1. С. 1–8. EDN: JUTGRD.

14. Скрипин А.И., Алексеев Е.Б. Эволюция траппового магматизма южной части Сибирской платформы // Геология и геофизика. 1981. Т. 22. № 11. С. 12–17. EDN: ORFKMI.

15. Букаты М.Б., Вожов В.И, Горохова Т.А., Рахленко Е.З., Шварцев С.Л. Причины засоления нефтегазоносных коллекторов на юге Сибирской платформы // Геология и геофизика. 1981. Т. 22. № 9. С. 17–27. EDN: YWNQGB.

16. Коновальцева Е.С. Вторичные процессы в породах-коллекторах продуктивных отложений Ярактинского месторождения // Нефтгазовая геология. Теория и практика. 2010. Т. 5. № 1. С. 1–11. EDN: OYYSIB.

17. Постникова О.В., Постников А.В., Коновальцева Е.С., Топорков В.Г., Савченко С.И. Вторичные процессы в породах-коллекторах Ярактинского горизонта юго-восточного склона Непско-Ботуобинской антеклизы // Литология и полезные ископаемые. 2011. № 5. С. 505–509. EDN: OFAEAB.

18. Рапацкая Л.А., Николаева Л.В., Васенева Е.Г. Особенности литолого-фациального строения рапоносного продуктивного Осинского горизонта и проблема утилизации буровых растворов // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2015. № 3. С. 103–108. EDN: TMYXHJ.

19. Рапацкая Л.А., Тонких М.Е., Стрижаков Е.А. Влияние траппового магматизма на нефтегазоносные горизонты (юг Сибирской платформы) // Известия Сибирского отделения секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых. 2019. Т. 42. № 1. С. 7–14. DOI: 10.21285/2541-9455-2019-42-1-7-14. EDN: SCEKBP.

20. Рапацкая Л.А., Ванин А.А. Причины засолонения внутрискважинного оборудования и методы увеличения нефтеотдачи на Ярактинском нефтегазоконденсатном месторождении // Геология, поиски и разведка полезных ископаемых и методы геологических исследований: материалы Междунар. науч.-техн. конф. «Геонауки – 2022». (г. Иркутск, 4–8 апреля 2022 г.). Иркутск: Изд-во ИрНИТУ, 2022. С. 87–90. EDN: HIKIPQ.

References

1. Antsiferov A.S. Causes of oil and gas reservoir salinization in the Lena-Tunguska petroliferous province. *Doklady Akademii nauk.* 2000;370(1):80-82. (In Russ.). EDN: PAIQCS.

2. Vozhov V.I., Chernova L.S. Secondary mineralization in the Vendian-Lower Cambrian deposits of the Nepa-Botuoba Anteclise. *Russian Oil and Gas Geology*. 1999;11-12:41-48. (In Russ.).

3. Vorobyev V.S., Zhukovskaya E.A., Mukhidinov Sh.V. Consideration of the salinization effect of reservoir rocks layers B10, B13 of the Nepa formation in order to improve the exploration drilling efficiency at the Ignyalinskiy, Tympuchikanskiy and Vakunayskiy license areas (Eastern Siberia). *Russian Oil and Gas Geology*. 2017;6:49-57. (In Russ.). EDN: YMVFBK.

4. Rapatskaya L.A., Karpikov A.V. Lithofacies variability of the Yarakta horizon as a complex result of geodynamic processes of tectonogenesis and sedimentogenesis. *Earth sciences and subsoil use*. 2022;45(2):152-161. (In Russ.). https://doi.org/10.21285/2686-9993-2022-45-2-152-161. EDN: ASYKPP.

5. Vorobyev V.S., Klinovaya Ya.S. Causes of salinization of terrigenous rock within the Verkhnechonskoe field (Eastern Siberia). *Gas Industry Journal.* 2017;4:36-43. (In Russ.). EDN: YKMIOB.

6. Vorobyev V.S., Chekanov I.V., Klinovaya Ya.S. The distribution model of terrigenous reservoirs and saline sand-gravelite deposits within the fields of the central part of the Nepal arch. *Russian Oil and Gas Geology.* 2017;3:47-60. (In Russ.). EDN: ZGPGCP.

7. Antsiferov A.C. Metamorphism of brines and salinization of petroleum reservoirs in the Lena-Tunguska petroliferous province. *Russian Geology and Geophysics*. 2003;44(6):499-510. (In Russ.). EDN: ISZRYZ.

8. Belenitskaya G.A. Salts and naphthides: global spatial and kinetic relationships. *Regional Geology and Metallogeny*. 2014;59:97-112. (In Russ.). EDN: SYCOUB.

9. Konischev V.S. The cyclic nature of tectogenesis, oil genesis and halogenesis. *Litosfera.* 2007;2:14-24. (In Russ.). EDN: IAOERV.

10. Rapatskaya L.A., Ivanov A.N., Blankova Yu.A. Geodynamic of Southern outskirts Siberian craton and perspectives on oil and gas Kovyktinsye gas-condensate deposit. *Proceedings of the Siberian Department of the Section of Earth Sciences of the Russian Academy of Natural Sciences. Geology, Exploration and Development of Mineral Deposits*. 2008;6:73-80. (In Russ.). EDN: IUDDDR.

11. Pavlov V.E., Galle I. Developing the magnetic polarity time scale for the Cambrian and Ordovician: Current data and attempt of their synthesis. *Fizika Zemli.* 2020;4:3-28. (In Russ.). https://doi.org/10.31857/S0002333720040079. EDN: GDIEBZ.

12. Sinitsa S.M., Vil'mova E.S. Precambrian and Phanerozoic organogenic carbonates of Transbaikalie. *Transbaikal State University Journal*. 2013;2:49-55. (In Russ.). EDN: SECJQZ.

13. Gazhula S.V. Peculiarities of a trap mechanism in connection with the petroleum potential conditions of the Siberian platform. *Petroleum Geology. Theoretical and Applied Studies*. 2008;3(1):1-8. (In Russ.). EDN: JUTGRD.

14. Skripin A.I., Alekseev E.B. Evolution of trap magmatism in the southern part of the Siberian platform. *Russian Geology and Geophysics*. 1981;22(11):12-17. (In Russ.). EDN: ORFKMI.

15. Bukaty M.B., Vozhov V.I., Gorokhova T.A., Rakhlenko E.Z., Shvartsev S.L. Reasons which cause salinization of oil and gas traps on the South of the Siberian platform. *Russian Geology and Geophysics.* 1981;22(9):17-27. (In Russ.). EDN: YWNQGB.

16. Konovaltseva E.S. Secondary processes in reservoir rocks of productive sediments of Yaractinski deposit. *Petroleum Geology. Theoretical and Applied Studies*. 2010;5(1):1-11. (In Russ.). EDN: OYYSIB.

17. Postnikova O.V., Postnikov A.V., Konovalceva E.S., Toporkov V.G., Savchenko S.I. Secondary processes in reservoir rocks of the Yaraktinsky horizon of the southeastern slope of the Nepa-Botuoba anteclise. *Lithology and Mineral Resources*. 2011;5:505-509. (In Russ.). EDN: OFAEAB.

18. Rapatskaya L.A., Nikolaeva L.V., Vasenyova E.G. Features of lithofacies composition of Osinsky brine-bearing producing horizon and the problem of drilling fluid disposal. *Proceedings of Irkutsk State Technical University*. 2015;3:103-108. (In Russ.). EDN: TMYXHJ.

19. Rapatskaya L.A., Tonkikh M.E., Strizhakov E.A. Trap magmatism effect on oil and gas horizons (south of the Siberian platform). *Proceedings of the Siberian Department of the Section of Earth Sciences of the Russian Academy of Natural Sciences. Geology, Exploration and Development of Mineral Deposits*. 2019;42(1):7-14. (In Russ.).

20. Rapatskaya L.A., Vanin A.A. Salinization causes of downhole equipment and methods of enhanced oil recovery at the Yaraktinskoye oil and gas condensate field. In: *Geology, Mineral Exploration, and Methods of Geological Research: Proceedings of the International scientific and technical conference "Geosciences – 2022"*. 4–8 April 2022, Irkutsk. Irkutsk: Irkutsk National Research Technical University; 2022, p. 87-90. (In Russ.). EDN: HIKIPQ.

Информация об авторе / Information about the author

Рапацкая Лариса Александровна,
кандидат геолого-минералогических наук, доцент,
профессор кафедры нефтегазовой геологии,
Институт недропользования,
Иркутский национальный исследовательсий технический университет,
г. Иркутск, Россия,
✉ raplarisa@yandex.ru
https://orcid.org/0009-0004-7531-5004
Larisa A. Rapatskaya,
Cand. Sci. (Geol. & Mineral.), Associate Professor,
Professor of the Department of Oil and Gas Geology,
Institute of Subsoil Use,
Irkutsk National Research Technical University,
Irkutsk, Russia,
✉ raplarisa@yandex.ru
https://orcid.org/0009-0004-7531-5004

Вклад автора / Contribution of the author

Автор выполнил исследовательскую работу, на основании полученных результатов провел обобщение, подготовил рукопись к печати.

The author performed the research, made a generalization on the basis of the results obtained and prepared the copyright for publication.

Конфликт интересов / Conflict of interests

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

The author declares no conflict of interests.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.
The final manuscript has been read and approved by the author.

Информация о статье / Information about the article

Статья поступила в редакцию 25.08.2025; одобрена после рецензирования 14.11.2025; принята к публикации 02.12.2025.

The article was submitted 25.08.2025; approved after reviewing 14.11.2025; accepted for publication 02.12.2025.