



Научная статья

УДК 550.8.023

EDN: IYXIS

DOI: 10.21285/2686-9993-2026-49-1-1



Сравнительная оценка фильтрационно-емкостных свойств разнотипных коллекторов по экспресс-исследованиям керна (на примере Тас-Юряхского месторождения)

М.Л. Белькович^{a✉}^aИркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Российская Федерация

Резюме. Цель статьи – представить результаты комплексных экспресс-петрофизических исследований керна, выполненных на одной из скважин Тас-Юряхского нефтегазоконденсатного месторождения. Исследования охватывают три продуктивных горизонта: C_1bI^{o-II} (Осинский), Vbk_1^{bt} (Ботубинский) и Vcr^{tl} (Талахский). В ходе работы получен и проанализирован массив данных, включающий определения открытой пористости, абсолютной проницаемости, остаточной водонасыщенности и углеводородонасыщенности, карбонатности. В результате установлены принципиальные различия в фильтрационно-емкостных свойствах изученных горизонтов, обусловленные их литологией и типом пустотного пространства. Ботубинский горизонт охарактеризован как высококачественный терригенный коллектор с рекордными значениями проницаемости до 837,1 мД и пористости до 27,5 %. Для Осинского горизонта, сложенного карбонатными породами, выявлен диагностический парадокс между крайне низкой проницаемостью матрицы (0,42 мД) и явными признаками углеводородного насыщения, что указывает на трещинный тип коллектора. Талахский горизонт, несмотря на признаки остаточной битуминизации, обладает изолированным поровым пространством и низкими фильтрационно-емкостными свойствами (проницаемость около 3,5 мД), что исключает его промышленную ценность на исследованном участке. Особое внимание в работе уделено детальному анализу взаимосвязи пористости и проницаемости, что стало ключевым инструментом для дифференциации коллекторов по генетическому типу пустотного пространства и оценки их потенциала. Полученные результаты имеют важное практическое значение для построения достоверной геологической модели месторождения и планирования эффективной системы разработки.

Ключевые слова: керн, фильтрационно-емкостные свойства, петрофизические характеристики, терригенные коллекторы, карбонатные коллекторы, экспресс-исследования керна

Для цитирования: Белькович М.Л. Сравнительная оценка фильтрационно-емкостных свойств разнотипных коллекторов по экспресс-исследованиям керна (на примере Тас-Юряхского месторождения) // Науки о Земле и недропользование. 2026. Т. 49. № 1. С. 6–17. <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2026-49-1-1>. EDN: IYXIS.

Original article

Comparative assessment of porosity and permeability properties of different reservoir types using express core analysis: a case study of the Tas-Yuryakh field

Mikhail L. Belkovich^{a✉}^aIrkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The purpose of the article is to present the results of comprehensive express petrophysical core studies conducted at one of the wells of the Tas-Yuryakh oil and gas condensate field. The research covers three productive horizons: C_1bI^{o-II} (Osinsky), Vbk_1^{bt} (Botuobinsky), and Vcr^{tl} (Talakhsy). The study obtains and analyzes a dataset including the measurements of effective porosity, absolute permeability, residual water and hydrocarbon saturation and carbonate content. As a result, fundamental differences in the reservoir properties of the studied horizons have been established, determined by their lithology and type of void space. The Botuobinsky horizon is characterized as a high-quality terrigenous reservoir with record permeability values of up to 837.1 mD and porosity of up to 27.5%. For the Osinsky horizon composed of carbonate rocks a diagnostic paradox has been revealed between the extremely low matrix permeability (0.42 mD) and clear signs of hydrocarbon saturation that indicates a fractured reservoir type. The Talakhsy horizon, despite the signs of residual bituminization, features isolated void space and low reservoir properties (permeability is around 3.5 mD), which excludes its commercial value in the studied area. The study focuses on the detailed analysis of the porosity-permeability relationship, which becomes a key tool for differentiating reservoirs by the genetic type of void space and their potential



assessment. The research results are of significant practical importance for building a reliable geological model of the field and designing an effective development system.

Keywords: core, porosity and permeability (reservoir) properties, petrophysical characteristics, terrigenous reservoirs, carbonate reservoirs, express core analysis

For citation: Belkovich M.L. Comparative assessment of porosity and permeability properties of different reservoir types using express core analysis: a case study of the Tas-Yuryakh field. *Earth sciences and subsoil use*. 2026;49(1):6-17. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2026-49-1-1>. EDN: IYXIS.

Введение

Эффективная и достоверная оценка фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) коллекторов является одной из ключевых задач на всех стадиях геолого-разведочных работ и разработки месторождений углеводородов. От точности определения таких параметров, как пористость, проницаемость и характер насыщения, напрямую зависят подсчет запасов, построение адекватных геологических и гидродинамических моделей, а также планирование и оптимизация¹ системы разработки² [1, 2]. Особую сложность представляют собой разрезы, состоящие из разнотипных коллекторов – терригенных и карбонатных, которые могут кардинально различаться по строению пустотного пространства и, как следствие, по условиям фильтрации флюидов [3, 4].

В этом контексте особую ценность приобретают экспресс-петрофизические исследования керн (ЭИК), выполняемые непосредственно на скважине³ в процессе бурения⁴ [5, 6]. Они позволяют в кратчайшие сроки получить первичный массив высококачественных данных о свойствах пород, минуя длительные стадии подготовки и транспортировки образцов в стационарные лаборатории [7]. Данные ЭИК служат основой для оперативного принятия технологических решений, корректировки проектного разреза, а также являются фундаментом для последующей интерпретации данных геофизических исследований скважин (ГИС). Без надежной петрофизической привязки, которую предоставляет керн, данные ГИС могут быть неверно истолкованы, что ведет к риску недооценки или переоценки продуктивного потенциала пластов.

Тас-Юряхское нефтегазоконденсатное месторождение характеризуется сложным геологическим строением с наличием нескольких продуктивных горизонтов, относящихся к разным литолого-стратиграфическим комплексам. Вскрытый интервал включает три таких горизонта: Осинский (E_1bl^{o-II}), Ботуобинский (Vbk_1^{bt}) и Талахский (Vcr^{tl}). Их коллекторы потенциально относятся к различным типам: карбонатные породы Осинского горизонта могут быть трещинными, терригенные песчаники Ботуобинского – поровыми с высокой продуктивностью (рис. 1), а породы Талахского горизонта, по предварительным данным, могут демонстрировать низкие ФЕС [8, 9]. Такое разнообразие требует детального дифференцированного изучения.

Целью настоящей работы является комплексный анализ ФЕС коллекторов горизонтов E_1bl^{o-II} , Vbk_1^{bt} и Vcr^{tl} Тас-Юряхского нефтегазоконденсатного месторождения по данным комплекса экспресс-петрофизических исследований керн. Для достижения этой цели в работе решались следующие задачи: определение открытой пористости, абсолютной проницаемости, остаточной водонасыщенности и углеводородонасыщенности, карбонатности и поверхностных свойств пород; установление корреляционных зависимостей между основными петрофизическими параметрами; дифференциация коллекторов по типу пустотного пространства на основе анализа связи «пористость–проницаемость» и интеграция полученных результатов с данными ГИС и опробования для комплексной оценки продуктивного потенциала каждого горизонта.

¹ Авчян Г.М., Баюк Е.И., Вейнберг А.К., Дортман Н.Б., Зотова И.Ф., Иванов В.Н. [и др.]. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых (петрофизика): справочник геофизика. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1984. 455 с.

² Некрасов А.С. Физика горных пород: учеб. пособ. Пермь: ПГНИУ, 2025. 190 с.

³ Бурлин Ю.К., Иванов М.К., Калмыков Г.А., Карнюшина Е.Е., Коробова Н.И. Петрофизические методы исследования керна (терригенные отложения): учеб. пособ. Кн. 1. М.: Моск. ун-т, 2008. 112 с.

⁴ Белохин В.С., Иванов М.К., Калмыков Г.А., Корост Д.В., Хамидуллин Р.А. Петрофизические методы исследования керна (карбонатные отложения): учеб. пособ. Кн. 2. Лабораторные методы петрофизических исследований керна. М.: Моск. ун-т, 2008. 113 с.

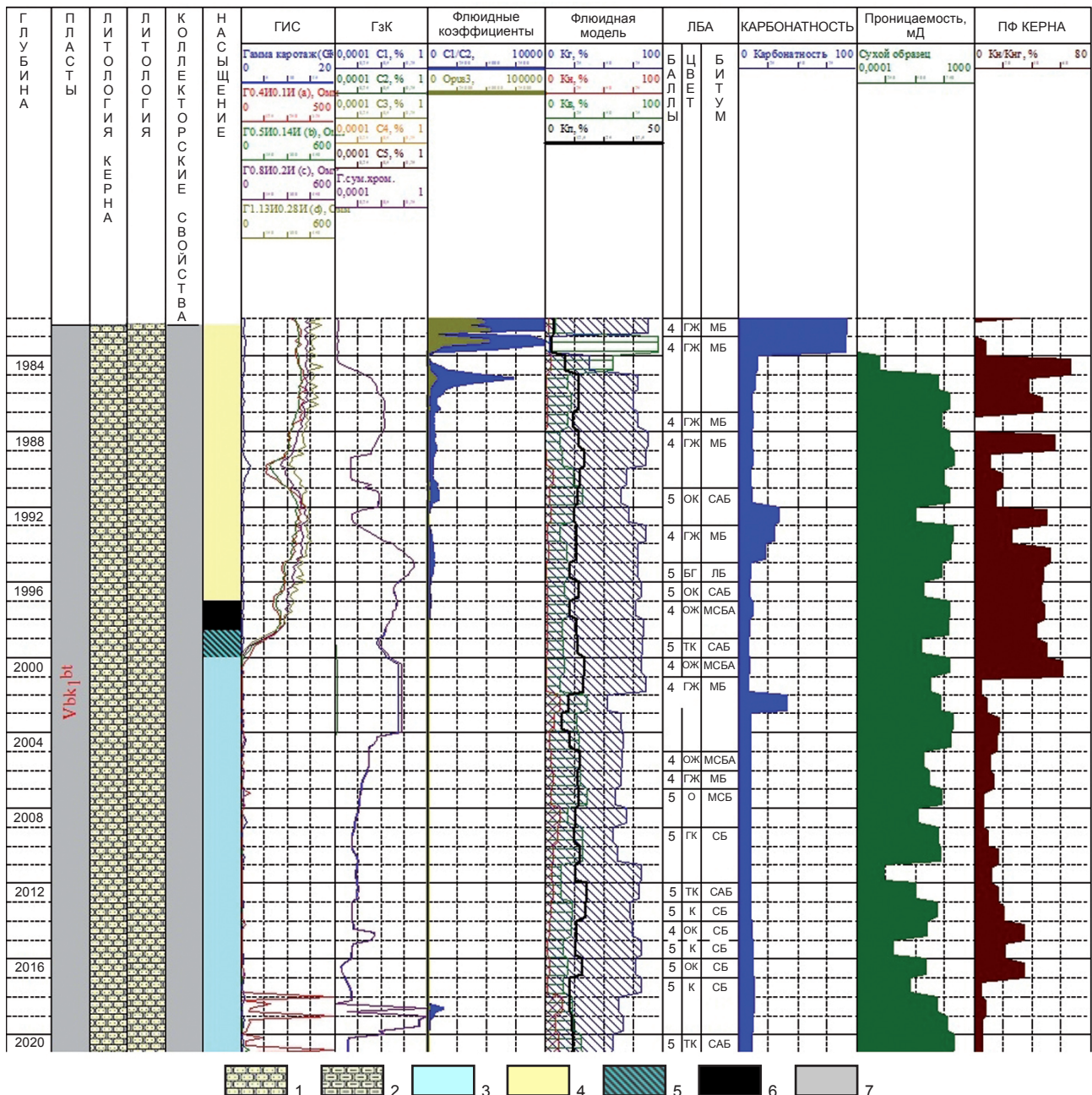


Рис. 1. Комплексная диаграмма экспресс-петрофизических исследований ядра для Ботуобинского горизонта:

1 – песчаники; 2 – песчаники глинистые; 3 – вода; 4 – газ; 5 – вода + нефть; 6 – нефть; 7 – коллектор
 Fig. 1. Complex diagram of express petrophysical core studies for the Botuobinsky horizon:
 1 – sandstones; 2 – clay sandstones; 3 – water; 4 – gas; 5 – water + oil; 6 – oil; 7 – reservoir

Материалы и методы исследования

Оценка ФЕС горных пород составляет фундаментальную основу прогнозирования продуктивности и подсчета запасов углеводородных месторождений⁵ [10]. Теоретической базой для таких исследований служит петрофизика, устанавливающая количествен-

ные связи между физическими параметрами пород и их способностью аккумулировать и фильтровать флюиды.

Ключевыми параметрами, определяющими потенциал коллектора, являются открытая пористость K_p , характеризующая объем пустотного пространства, способного содержать флюиды, и абсолютная проницаемость $K_{пр}$,

⁵ Аметов И.М., Ковалев А.Г., Мирзаджанзаде А.Х. Физика нефтяного и газового пласта: учебник. М.: Недра, 1992. 269 с.



отражающая способность породы пропускать через себя флюиды при перепаде давления. Эти параметры не являются независимыми; их взаимосвязь, описываемая корреляционными зависимостями, служит важнейшим диагностическим признаком типа коллектора⁶ [11].

Для поровых терригенных коллекторов характерна устойчивая прямая корреляция между пористостью и проницаемостью, обусловленная хорошей сообщаемостью поровых каналов. В случае трещинных или каверновых коллекторов, представленных карбонатными породами, эта связь ослабевает или становится неочевидной, так как фильтрация осуществляется преимущественно по системе трещин, в то время как пористость матрицы может оставаться низкой [12]. Еще одним критически важным аспектом является характер насыщения породы, определяемый остаточной водонасыщенностью K_g и углеводородонасыщенностью $K_{не}$. Анализ этих параметров позволяет дифференцировать промышленно насыщенные коллекторы от зон с остаточной углеводородной насыщенностью, не имеющей промыслового значения [13].

Интерпретация данных о ФЕС в значительной степени зависит от литологии пород, которая предопределяет как исходные характеристики коллектора, так и направленность постседиментационных преобразований. Терригенные коллекторы, типичным представителем которых являются песчаники, обычно формируются в условиях относительно стабильных седиментационных процессов, что обеспечивает их высокую седиментационную однородность. Их ФЕС прежде всего определяются первичными характеристиками: гранулометрическим составом, сортировкой зерен, характером упаковки и составом аутигенного цемента. Благодаря этому они демонстрируют более предсказуемые и статистически устойчивые корреляционные связи между основными параметрами, такими как пористость и проницаемость, а их пустотное пространство представлено в основном межзерновой пористостью с относительно хорошей сообщаемостью каналов. В отличие от них, карбонатные коллекторы (известняки, доломиты) отличаются принципиально иной, зачастую крайней неоднородностью, которая закладывается еще на стадии осад-

конакопления (биогенная природа, рифовые постройки) и кардинально усложняется в ходе диагенеза и катагенеза [3, 14, 15]. Ключевую роль в формировании их окончательного облика играют сложные постседиментационные процессы – перекристаллизация, а также интенсивное трещинообразование под тектоническим воздействием, кавернообразование в результате выщелачивания и вторичная доломитизация. Эти процессы не просто модифицируют, а зачастую полностью перераспределяют пустотное пространство, создавая сложные двойные системы: низкопроницаемую матрицу, сочетающуюся с высокопроницаемыми трещинами и кавернами. Такая сложная архитектура приводит к существенной анизотропии свойств, нелинейным зависимостям между объемом пустот и фильтрационной способностью, а также к значительным локальным колебаниям параметров в пределах одного горизонта. Следовательно, корректная оценка потенциала и построение прогнозных моделей для карбонатных коллекторов требуют не только стандартного анализа керна, но и обязательного учета данных о трещиноватости, результатов специализированных исследований (например, капиллярного давления) и применения комплексных методов геофизической интерпретации, позволяющих выделять влияние разных типов пустот [16–20].

Таким образом, теоретической основой для достоверной оценки коллекторов является не изолированное рассмотрение отдельных параметров, а комплексный анализ всей совокупности данных – пористости, проницаемости, насыщенности, литологии и их взаимосвязей, что позволяет корректно классифицировать тип коллектора, выявить его пространственную зональность и построить репрезентативную петрофизическую модель, являющуюся основой для всех последующих технологических и экономических расчетов.

Всего в исследовании было задействовано 8 кернов, что в сумме составило 153 измерения пористости и плотности и 125 определений по другим ключевым параметрам.

Ниже приведены петрофизические параметры, определяемые при ЭИК непосредственно на скважине, и основные цели их получения (табл. 1).

⁶ Вахромеев Г.С., Ерофеев Л.Я., Канайкин В.С., Номоконова Г.Г. Петрофизика: учебник. Томск: Томский ун-т, 1997. 462 с.



Таблица 1. Набор петрофизических параметров, определяемых при экспресс-исследованиях керна
Table 1. Set of petrophysical parameters determined by express core studies

Измеренный параметр	Аппаратура, методика определения	Погрешность измерений	Применение параметра
K_n	Весовой метод (жидкостенасыщения)	$\pm 0,5 \%$	Выявление коллекторов; настройка расчетов по геофизическим исследованиям скважин; расчет K_e и $K_{не}$; литолого-фациальная характеристика пород
K_{np}	Зондовый пермеаметр	$\pm 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$	Оценка проницаемости пород
$\bar{\sigma}_{об}$	Весы, весовой метод	$\pm 0,05 \text{ г/см}^3$	Промежуточный параметр при расчете K_n
K_e	АДЖ, дистилляция жидкости (расчетный)	$\pm 0,5 \%$	Определение содержания жидких углеводородов; определение характера насыщения
$K_{не}$	АДЖ, дистилляция жидкости (расчетный)	$\pm 0,5 \%$	
Карбонатность	Карбонатометр	$\pm 0,2 \%$	Определение типа цемента
Смачиваемость	Визуально, по растеканию капли	–	–
Люминесцентность Люминесцентно- битуминологический анализ	В породе В порошке	–	Наличие остаточных углеводородов как прямого признака насыщения

Коэффициент открытой пористости K_n определялся весовым методом с погрешностью $\pm 0,5 \%$ и применялся для выявления коллекторов, настройки интерпретации ГИС и расчета насыщенности. Абсолютная проницаемость K_{np} измерялась зондовым пермеаметром и служила прямой оценкой фильтрационной способности пород. Остаточная водонасыщенность K_e и нефтегазонасыщенность $K_{не}$ устанавливались методом дистилляции на аппарате АДЖ-2 и были критически важны для определения характера насыщения. Дополнительно определялись карбонатность для оценки типа цемента, смачиваемость визуальным методом для целей интерпретации удельного электрического сопротивления, а также люминесцентно-битуминологические характеристики как прямой признак наличия остаточных углеводородов.

Процедурно работа включала отбор и подготовку образцов с их последующим кондиционированием, после чего для каждого образца выполнялся цикл измерений перечисленных параметров. Полученные данные систематизировались в сводные таблицы и визуализировались в виде кросс-плотов для анализа взаимосвязей, ключевым из которых являлось соотношение «пористость – проницаемость», позволившее дифференцировать типы коллекторов. Важным аспектом методологии стала интеграция результатов ЭИК с данными ГИС и опробования на кабеле, что обеспечило комплексность и повышенную достоверность

итоговой интерпретации. Результаты исследования образцов керна указаны в табл. 2 (приведены средние значения параметров).

Результаты исследования и их обсуждение

Общая характеристика вскрытого интервала. Пористость песчаников вскрытого интервала ($Vb_{k_1}^{bt}$; Vcr^{tl}), за исключением его карбонатных разностей, варьируется от 6,1 до 27,5 %, при этом проницаемость изменяется в диапазоне 4,98–833,26 мД (10^{-3} мкм^2). Соотношение коэффициентов пористости и проницаемости приведено на рис. 2.

По соотношению пористости и проницаемости выделяем две зоны: зона с хаотическим облаком распределения и зона с прямой зависимостью K_{np} - K_n . Прямая зависимость K_{np} - K_n свидетельствует о наличии сообщения между порами и является признаком коллектора. Отсутствие зависимости K_{np} - K_n свидетельствует об обратном. Условная граница – K_{np} , при превышении которого песчаник в данном интервале является коллектором 450 мД (10^{-3} мкм^2). Соответственно, для определения характера насыщения следует анализировать образцы песчаника с $K_{np} > 450 \text{ мД}$ (10^{-3} мкм^2).

Отсутствие точек по Осинскому горизонту на рис. 1 не является методической ошибкой, а отражает принципиально иной тип его коллекторских свойств. В отличие от Ботубинского и Талахского горизонтов, для которых фильтрационно-емкостные параметры в первом при-



Таблица 2. Измеренные параметры для отобранных образцов керна
Table 2. Measured parameters for selected core samples

Измеренный параметр	Номер керна (с указанием горизонта)							
	1 (Осинский)	2 (Осинский)	3 (Ботуобинский)	4 (Ботуобинский)	5 (Ботуобинский)	6 (Ботуобинский)	7 (Талахский)	8 (Талахский)
Интервал, м	1533–1555	1555–1560	1968–1991	1991–2013	1981–2004	2004 – 2022	2022–2033	2076–2105
Тип пород	Доломит	Доломит	Песчаник	Песчаник	Песчаник	Песчаник	Аргиллит	Аргиллит
K_n , %	3,69	2,06	13,15	15,71	11,73	13,59	17,10	4,87
$\delta_{об}$, г/см ³	2,77	2,89	2,73	2,72	2,73	2,74	2,83	2,62
$K_{пр}$, мД	0,47	0,24	343,89	625,24	624,86	622,41	2,6	4,9
K_g , %	46,98	59,75	26,23	25,50	24,39	24,56	19,62	35,70
$K_{не}$, %	53,02	40,25	73,77	74,50	75,61	75,44	90,38	64,30
Карбонатность, %	92,75	81,96	55,32	9,53	24,81	89,19	11,36	13,48
Смачиваемость	Гидрофобный	Гидрофобный	Гидрофильный	Гидрофильный	Гидрофильный	Гидрофильный	Смешанный	Смешанный



Рис. 2. Соотношение коэффициентов открытой пористости и абсолютной проницаемости $K_n/K_{пр}$ песчаников пластов $Vbk_1^{bt}-Vcr^{dl}$:

1 – все замеры; 2 – условная граница коэффициента абсолютной проницаемости

Fig. 2. Effective porosity K_n / absolute permeability $K_{пр}$ ratio of sandstones in $Vbk_1^{bt}-Vcr^{dl}$ formations:
1 – all measurements; 2 – conditional limit of the absolute permeability coefficient

ближении могут быть охарактеризованы матричными величинами пористости и проницаемости и, соответственно, представлены в виде зависимости $K_n-K_{пр}$. Осинский горизонт функционирует как преимущественно трещиноватый коллектор, где основную роль в фильтрации и емкости играет сеть открытых трещин, а не по-

ровое пространство матрицы. В таких условиях матричные значения K_n и $K_{пр}$ по керну оказываются слабо репрезентативными для реальной фильтрации и не образуют устойчивого тренда на диаграмме $K_n/K_{пр}$, поэтому включение их в общий график вводило бы читателя в заблуждение: визуально создавалось бы впечатле-



ние «низкокачественного коллектора», тогда как высокая продуктивность связана именно с трещинной системой, учитываемой уже на этапах интерпретации данных гидродинамического каротажа и опробования пластов.

Петрофизическая характеристика пласта E_1bl^{o-I} (Осинский горизонт). В интервале отбора керна 1533–1560 м Осинский горизонт сложен карбонатными породами, демонстрирующими вертикальную литологическую неоднородность. В интервале 1533–1542 м породы представлены доломитами известковистыми, коричнево-серыми, тонкокристаллическими, с массивной и параллельно-слоистой текстурой. Для них характерны высокая плотность и прочность, а также неровный раковистый излом. Наблюдается субгоризонтальная слоистость, вдоль плоскостей которой фиксируются корочки битумов темно-бурого цвета. В интервале 1543–1549 м распространены известняки глинистые, серые с коричневатым оттенком, тонкокристаллические, также с массивной и слоистой текстурой. В данном интервале документируется наличие единичной слабонаклонной трещины ($10-15^\circ$ к оси керна) закрытого типа мощностью до 0,5 мм, по которой также развиты битуминозные пленки. Интервал 1550–1560 м сложен доломитами известковистыми глинистыми, серыми, от тонко- до мелкокристаллических, с массивной текстурой.

Коллектор относится к трещинному типу. Нефтегазопроявления зафиксированы на глубинах 1539, 1545–1547 и 1556–1557 м. Люминесцентно-битуминологический анализ показал интенсивное свечение: 3 балла – по бурому газовому люминесценту, 3 балла – по бурому жирному, 4 балла – по оранжево-желтому массивному свечению битуминозных ассоциаций.

При вскрытии пласта зарегистрирован рост суммарных газопоказаний от 0,0001 до 0,0403 %. Газовый состав характеризуется преобладанием метана (92,94 %) с содержанием гомологов: C_2 – 4,79 %, C_3 – 0,93 %, C_4 – 0,74 %, C_5 – 0,60 %.

По данным лабораторных исследований керна доломиты и известняки горизонта имеют низкие ФЕС: открытая пористость составляет 1,5–5,8 % (среднее 3,4 %), проницаемость – 0,18–0,96 мД (среднее – 0,42 мД). Анализ остаточной насыщенности выявил широкий разброс значений: водонасыщенность – 7,7–75,1 % (среднее – 50,3 %), нефтенасыщенность – 0–25,9 % (среднее – 5,8 %), газонасыщенность – 11,8–91,1 % (среднее –

43,9 %). Установлена гидрофобная природа поверхности пород.

Интерпретация данных ГИС указывает на продуктивный характер пласта: удельное электрическое сопротивление варьирует от 8,69 до 53,95 Ом*м (среднее – 28,66 Ом*м), расчетная пористость – 11–12 %, нефтегазонасыщенность – 84–93 %. Результаты опробования на кабеле на глубине 1545 м подтвердили газовый приток.

Таким образом, комплексные данные петрофизических исследований керна, геофизических исследований скважин и результатов опробования однозначно свидетельствуют о продуктивности пласта E_1bl^{o-II} с газовым характером насыщения.

Петрофизическая характеристика пласта Vbk_1^{bt} (Ботубобинский горизонт). Литологическое строение Ботубобинского горизонта характеризуется вертикальной зональностью. В интервале 1981–1983 м горизонт сложен доломитами, ниже отметки 1984 м происходит смена литологии на терригенные породы. Песчаники имеют коричнево-серую и буровато-темно-серую окраску, кварцевый состав, среднезернистую структуру и массивную текстуру. Для пород характерен неровный раковистый излом и пониженная прочность, обусловленная карбонатным цементом контактового типа. В межзерновом пространстве наблюдается маслянистая жидкость бурого цвета с выраженным запахом углеводородов. Люминесцентно-битуминологический анализ показывает интенсивное свечение: 4 балла по голубовато-желтому люминесценту и 5 баллов по оранжево-коричневому свечению битуминозных ассоциаций.

Верхняя часть разреза (до 1984 м) характеризуется ухудшенными коллекторскими свойствами. При вскрытии пласта зафиксирован рост фоновых газопоказаний с 0,0021 до 0,534 %. Газовый состав отличается высоким содержанием метана (93,1 %) со значительной долей гомологов: C_2 – 4,67 %, C_3 – 0,93 %, C_4 – 0,70 %, C_5 – 0,60 %.

Лабораторные исследования керна выявили высокие ФЕС песчаников: открытая пористость варьирует от 7 до 27,5 % (среднее – 14,4 %), проницаемость достигает 837,10 мД (среднее – 686,54 мД). Анализ остаточной насыщенности показывает преобладание газовой фазы: водонасыщенность составляет 6,9–49,9 % (среднее – 24,4 %), нефтенасыщенность – 0–14,7 % (среднее – 4,6 %), газонасыщенность –



35,5–92,2 % (среднее – 71 %). Установлена гидрофильная природа коллектора.

С глубины 1998 м наблюдается увеличение интенсивности люминесцентного свечения в ультрафиолетовом спектре с изменением цвета от оранжево-желтого до светло-коричневого, что свидетельствует об изменении состава битумоидов. Зависимость «пористость–проницаемость» демонстрирует прямую корреляционную связь (0,32 – умеренная положительная корреляция), характерную для терригенных коллекторов региона (рис. 3).

Результаты ГИС характеризуют коллектор пласта Vbk_1^{bt} как неоднородный по своим ФЕС и характеру насыщения. Значения удельного электрического сопротивления демонстрируют значительный разброс от 1,65 до 485,08 Ом*м при среднем значении 162,5 Ом*м, что указывает на переменную нефтегазонасыщенность и литологическую неоднородность разреза. Расчетные по данным ГИС параметры показывают: пористость $K_n^{ГИС}$ 10–14 % (среднее – 12 %), проницаемость $K_{пр}^{ГИС}$ 289,5–779,6 мД (среднее – 521,5 мД), нефтегазонасыщенность $K_{не}^{ГИС}$ 7–98 % (среднее – 53 %).

Результаты опробования пластов на кабеле позволили верифицировать интерпретацию ГИС и выявить вертикальную зональность распределения флюидов:

– интервал 1983,01–1996,1 м: установлен приток газа;

– интервал 1997,1–1998,1 м: зафиксирован приток нефти;

– глубина 1999 м: отмечен двухфазный приток нефти с водой;

– интервал 2000,1–2017,1 м: установлен водонасыщенный характер коллектора.

Петрофизическая характеристика пласта Vcr^d (Талахский горизонт). Литологическое строение Талахского горизонта отличается значительной сложностью и неоднородностью. В интервале 2077–2091 м преобладают аргиллиты с единичными прослоями песчаника. Интервал 2092–2099 м характеризуется частым переслаиванием песчаников и аргиллитов. Наиболее перспективный интервал 2100–2105 м сложен песчаниками коричнево-серого и бурого цвета кварцевого состава, со среднезернистой структурой, массивной и слабо выраженной полосчатой текстурой. Породы имеют неровный раковистый излом и среднюю крепость, что обусловлено карбонатным цементом порово-контактного типа. При визуальном изучении керна отмечаются признаки углеводородов. Люминесцентно-битуминологический анализ показывает умеренную и интенсивную битуминизацию: 4 балла – по оранжево-желтому массивному свечению и 5 баллов – по оранжевому свечению битуминозных ассоциаций.

При вскрытии пласта зарегистрирован рост газопоказаний с 0,2220 до 0,8700 %. Газовый состав характеризуется доминиро-

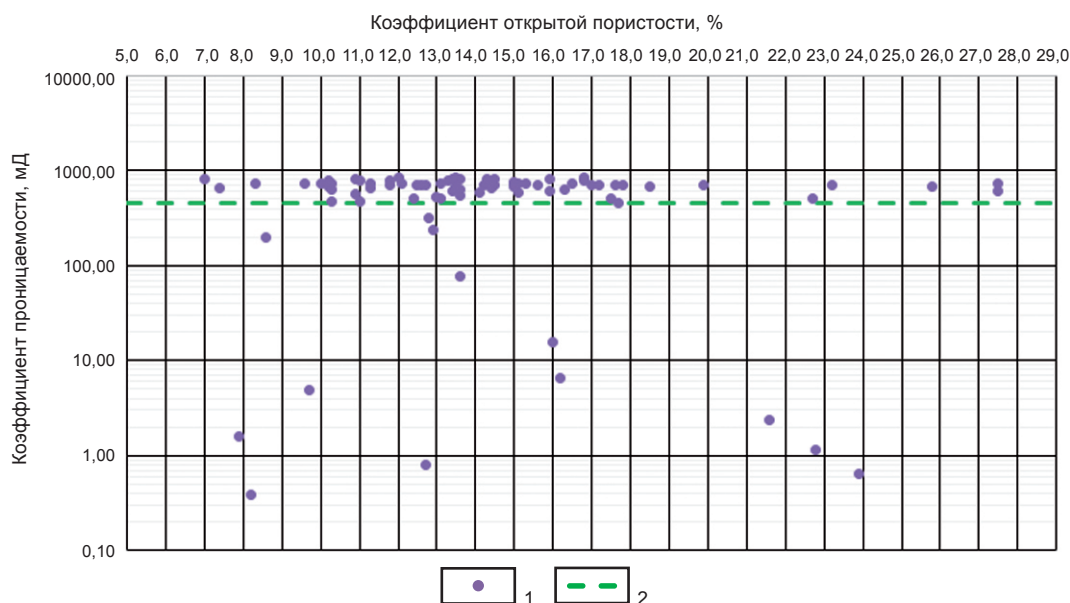


Рис. 3. Соотношение коэффициентов открытой пористости и абсолютной проницаемости $K_n/K_{пр}$ песчаников в пласте Vbk_1^{bt} :

1 – Ботубинский; 2 – условная граница коэффициента абсолютной проницаемости

Fig. 3. Effective porosity K_n / absolute permeability $K_{пр}$ ratio of sandstones in Vbk_1^{bt} formation:

1 – Botuobinsky; 2 – conditional limit of the absolute permeability coefficient



ванием метана (95,47 %) с незначительным содержанием этана (4,53 %) и практически отсутствием тяжелых гомологов ($C_3-C_5 = 0$ %).

Экспресс-петрофизические исследования керн выявили низкие коллекторские свойства песчаников: пористость не превышает 4,8 % (среднее – 2,8 %), проницаемость варьирует в диапазоне 2,6–4,9 мД (среднее – 3,5 мД). Анализ остаточной насыщенности показывает преобладание газовой фазы: водонасыщенность составляет 15,13–42,07 % (среднее – 32,6 %), нефтенасыщенность – 3,03–14,08 % (среднее – 7,18 %), газонасыщенность – 48,18–80,82 % (среднее – 60,22 %). Образцы демонстрируют смешанный характер смачиваемости (гидрофильный и гидрофобный).

Критически важным результатом является отсутствие корреляционной зависимости между пористостью и проницаемостью (0,19), что указывает на изолированный характер пор и отсутствие сообщаемости между ними (рис. 4).

Данные ГИС показывают расхождение с лабораторными измерениями: расчетные значения пористости (7–14 %) и проницаемости (9,6–124,9 мД) существенно завышены относительно керновых данных, что может быть связано с влиянием глинистой компоненты и особенностями применяемых интерпретационных моделей. Расчетная нефтегазонасыщенность не превышает 45 %.

Результаты опробования на кабеле на глубине 2093,5 м подтвердили водонасыщенный характер коллектора – получен приток пластовой воды.

Таким образом, комплексный анализ данных позволяет заключить, что песчаники Талахского горизонта, несмотря на наличие остаточной углеводородной насыщенности, характеризуются низкими ФЕС и изолированным характером порового пространства, что исключает их продуктивность на изученной площади. Расхождение между керновыми и геофизическими данными подчеркивает необходимость использования комплекса методов исследования для достоверной оценки потенциала сложнопостроенных коллекторов.

Проведенный комплексный анализ трех продуктивных горизонтов выявил принципиальные различия в их фильтрационно-емкостных и флюидальных характеристиках, определяющие промышленный потенциал и подходы к их освоению. Осинский горизонт (E_1b^{lo-II}), представленный карбонатными породами, демонстрирует крайне низкие показатели пористости (3,4 %) и проницаемости (0,42 мД) матрицы, однако благодаря развитой трещиноватости и признакам газонасыщенности относится к категории продуктивных. Ботубинский горизонт (Vbk_1^{bt}) характеризуется высококачественными терригенными коллекторами с исключительно благоприятными ФЕС (где пори-



Рис. 4. Соотношение коэффициентов открытой пористости и абсолютной проницаемости K_n/K_{np} песчаников в пласте Vcr^{II} :

1 – Ботубинский; 2 – Талахский; 3 – условная граница коэффициента абсолютной проницаемости

Fig. 4. Effective porosity K_n / absolute permeability K_{np} ratio of sandstones in the Vcr^{II} formation:

1 – Botubinsky; 2 – Talahsky; 3 – conditional limit of the coefficient of absolute permeability



стость – 14,4 %, проницаемость – 686,54 мД) и четкой вертикальной зональностью распределения флюидов: газонасыщенная верхняя часть (до ~1997 м) сменяется нефтеносной зоной, подстилаемой водонасыщенными породами. Талахский горизонт (V_{cr}^{tl}), несмотря на наличие остаточной углеводородной насыщенности, обладает изолированным поровым пространством и низкими фильтрационными свойствами (проницаемость – 3,5 мД), что исключает его промышленную значимость.

Заключение

Проведенные комплексные экспресс-петрофизические исследования керн на скважине Тас-Юряхского нефтегазоконденсатного месторождения позволили дать обоснованную характеристику ФЕС трех продуктивных горизонтов и оценить их промышленный потенциал.

В результате работ установлены принципиальные различия в строении пустотного пространства и фильтрационных возможностях изученных коллекторов. Ботуобинский горизонт идентифицирован как высококаче-

ственный терригенный коллектор с исключительно благоприятными ФЕС, демонстрирующий прямую корреляционную связь между пористостью и проницаемостью и четкую вертикальную зональность распределения газовой и нефтяной фазы. Напротив, для Осинского горизонта, сложенного карбонатными породами, выявлен парадокс низкой проницаемости матрицы при одновременных признаках углеводородного насыщения, что указывает на трещинный тип коллектора, где фильтрация осуществляется преимущественно по системе трещин. Талахский горизонт характеризуется изолированным поровым пространством и низкими ФЕС, что, несмотря на наличие остаточной битуминизации, исключает его промышленную ценность.

Полученные результаты имеют важное практическое значение, предоставляя достоверную петрофизическую основу для построения геологической модели месторождения, подсчета запасов и планирования технологических схем разработки с учетом специфики каждого типа коллектора.

Список источников

1. Авчян Г.М., Матвеев А.А., Стефанкевич З.Б. Петрофизика осадочных пород в глубинных условиях. М.: Недра, 1979. 224 с.
2. Некрасов А.С. Геолого-геофизические исследования карбонатных коллекторов нефтяных месторождений. Пермь: Пермский гос. ун-т; ООО «ПермНИПИнефть», 2006. 422 с.
3. Багринцева К.И., Бочко Р.А., Дмитриевский А.Н. Атлас карбонатных коллекторов месторождений нефти и газа Восточно-Европейской и Сибирской платформ. СПб.: ОАО «Иван Федоров», 2003. 264 с.
4. Дорогиницкая Л.М., Еникеев Б.Н., Ефимов В.А., Исаев Г.Д., Костеневич К.А., Мальшаков А.В. [и др.]. Актуальные вопросы петрофизики сложнопостроенных коллекторов. Краснодар: Просвещение-Юг, 2010. 306 с.
5. Кобрунов А.И., Кулешов В.Е., Могутов А.С., Художилова А.Н. Метод нечетких петрофизических композиций при прогнозировании петрофизических параметров // Вестник. 2011. № 9. С. 18–23.
6. Гулари Ф.Г., Гулари И.Ф. Формирование залежей нефти в аргиллитах баженовской свиты Западной Сибири // Геология нефти и газа. 1974. № 5. С. 36–40.
7. Дахнов В.Н. Геофизические методы определения коллекторских свойств и нефтегазонасыщенности горных пород. М.: Недра, 1985. 310 с.
8. Кошкарлова Е.Ф., Наумов В.А., Бухарова И.А., Тихонова К.В., Чиргун А.С. Неоднозначность определения нефтегазонасыщенности карбонатных коллекторов осинского горизонта и пути решения данной проблемы // Экспозиция Нефть Газ. 2023. № 6. С. 32–36. <https://doi.org/10.24412/2076-6785-2023-6-32-36>. EDN: BFKLUA.
9. Оленич П.А., Бухарова И.А., Новикова М.С., Хорольский Г.О., Чиргун А.С. Геологическое строение и перспективы нефтегазонасыщенности Юряхского горизонта Среднеботуобинского месторождения // Экспозиция Нефть Газ. 2021. № 6. С. 58–61. <https://doi.org/10.24412/2076-6785-2021-6-58-61>. EDN: TGPBYD.
10. Дорофеева Т.В., Лебедев Б.А., Петрова Т.В. Особенности формирования коллекторских свойств баженовской свиты Салымского месторождения // Геология нефти и газа. 1979. № 9. С. 20–23.
11. Lemeshko M.N., Potseluev A.A., Shal'dybin M.V., Lemeshko D.I. Criteria for local forecast of reservoir formations in carbonate vendian-cambrian deposits of the Ust-Kutskian horizon // Georesursy. 2017. Vol. 19. Iss. 2. P. 122–128. <https://doi.org/10.18599/grs.19.2.6>. EDN: YZBIER.
12. Багринцева К.И. Трещиноватость осадочных пород. М.: Недра, 1982. 241 с.
13. Жуков В.С., Плешков И.В. Влияние водонасыщенности на изменение физических свойств коллектора // Научно-технический сборник «Вести газовой науки». 2018. № 5. С. 121–128. EDN: WJYMOE.
14. Бутова И.А. Карбонатные коллекторы Вендско-Нижнекембрийского нефтегазонасыщенного комплекса Восточной Сибири // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2010. Т. 5. № 2. С. 4. EDN: OYQEPB.
15. Жуков В.С. Динамика физико-механических свойств горных пород (динамическая петрофизика) // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2002. № 9. С. 59–63. EDN: MURLKT.



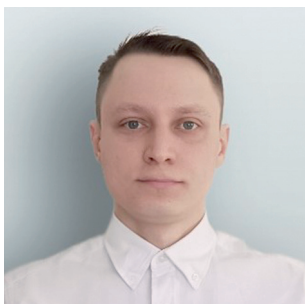
16. Жуков В.С. Основные причины изменения комплекса физических свойств коллекторов при разработке месторождений углеводородов // Научно-технический сборник «Вести газовой науки». 2014. № 4. С. 174–183. EDN: TEWWHZ.
17. Жуков В.С., Семенов Е.О., Кузьмин Ю.О. Динамика физических свойств коллекторов при разработке месторождений нефти и газа // Научно-технический сборник «Вести газовой науки». 2018. № 5. С. 82–99. EDN: GNVFFO.
18. Золоева Г.М., Фарманова Н.В., Царева Н.В., Куликов Б.Н., Силина Л.В. Изучение карбонатных коллекторов методами промысловой геофизики. М.: Недра, 1977. 177 с. EDN: YWQQVN.
19. Чуриков Ю.М., Пылев Е.А., Поляков Е.Е. Обобщенные зависимости между фильтрационно-емкостными и физическими свойствами вендских отложений на месторождениях, входящих в газотранспортную систему «Сила Сибири» // Научно-технический сборник «Вести газовой науки». 2019. № 4. С. 106–120. EDN: CCJTDV.
20. Мухидинов Ш.В., Беляков Е.О. Привлечение результатов петрографического анализа шлифов при обосновании методики выделения коллекторов в условиях терригенных пород с вторичными процессами минералообразования (на примере одного из месторождений Восточной Сибири) // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2018. № 1. С. 28–35. <https://doi.org/10.31660/0445-0108-2018-1-28-35>. EDN: YRNXZV.

References

1. Avchyan G.M., Matveenkov A.A., Stefankevich Z.B. *Petrophysics of sedimentary rocks in deep-ground conditions*. Moscow: Nedra; 1979, 224 p. (In Russ.).
2. Nekrasov A.S. *Geological and geophysical studies of carbonate reservoirs of oil fields*. Perm: Perm State University; PermNIPIneft LLC; 2006, 422 p. (In Russ.).
3. Bagrintseva K.I., Bochko R.A., Dmitrievsky A.N. Atlas of carbonate reservoir rocks of the oil and gas fields. St. Petersburg: JSC "Ivan Fedorov"; 2003, 264 p. (In Russ.).
4. Doroginskaya L.M., Yenikeev B.N., Efimov V.A., Isaev G.D., Kostenevich K.A., Malshakov A.V., et al. *Current issues in petrophysics of complex reservoirs*. Krasnodar: Prosveshchenie-Yug; 2010, 306 p. (In Russ.).
5. Kobrunov A.I., Kuleshov V.E., Mogutov A.S., Hudojilova A.N. Method of fuzzy petrophysical compositions when forecasting petrophysical parameters. *Vestnik*. 2011;9:18-23. (In Russ.).
6. Gurari F.G., Gurari I.F. Oil deposit formation in mudstones of the Bazhenov formation of Western Siberia. *Russian Oil and Gas Geology*. 1974;5:36-40. (In Russ.).
7. Dakhnov V.N. *Geophysical methods for determining reservoir properties and oil and gas saturation of rocks*. Moscow: Nedra; 1985, 310 p. (In Russ.).
8. Koshkarova E.F., Naumov V.A., Bukharova I.A., Tikhonova K.V., Chirgun A.S. Debatable interpretation of hydrocarbon saturation of Osinsky carbonate reservoirs and solution methods. *Oil and Gas Exposition*. 2023;6:32-36. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/2076-6785-2023-6-32-36>. EDN: BFKLUA.
9. Olenich P.A., Bukharova I.A., Novikova M.S., Khorolsky G.O., Chirgun A.S. Geological structure and oil and gas potential of the Yuryakha horizon of Srednebotuobinskoye field. *Oil and Gas Exposition*. 2021;6:58-61. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/2076-6785-2021-6-58-61>. EDN: TGPBYD.
10. Dorofeeva T.V., Lebedev B.A., Petrova T.V. Formation features of Bazhenov strata reservoir properties of the Salym deposit. *Russian Oil and Gas Geology*. 1979;9:20-23. (In Russ.).
11. Lemeshko M.N., Potseluev A.A., Shaldybin M.V., Lemeshko D.I. Criteria for local forecast of reservoir formations in carbonate Vendian-Cambrian deposits of the Ust-Kutskian horizon. *Georesursy*. 2017;19(2):122-128. <https://doi.org/10.18599/grs.19.2.6>. EDN: YZBIER.
12. Bagrintseva K.I. *Fracturing of sedimentary rocks*. Moscow: Nedra; 1982, 241 p. (In Russ.).
13. Zhukov V.S., Pleshkov I.V. Water saturation impact to changing of physical properties of a reservoir. *Vesti Gazovoy Nauki*. 2018;5:121-128. (In Russ.). EDN: WJYMOE.
14. Burova I.A. Carbonate reservoirs of the Vendian-Lower Cambrian petroleum complex, Eastern Siberia. *Petroleum Geology - Theoretical and Applied Studies*. 2010;5(2):4. (In Russ.). EDN: OYQEPB.
15. Zhukov V.S. Dynamics of physical and mechanical properties of rocks (dynamic petrophysics). *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2002;9:59-63. (In Russ.). EDN: MURLKT.
16. Zhukov V.S. Principal causes of change of a complex of physical properties of producing formation by oil and gas fields development. *Vesti Gazovoy Nauki*. 2014;4:174-183. (In Russ.). EDN: TEWWHZ.
17. Zhukov V.S., Semenov Ye.O., Kuzmin Yu.O. Dynamics of physical properties of reservoirs at development of oil and gas fields. *Vesti Gazovoy Nauki*. 2018;5:82-99. (In Russ.). EDN: GNVFFO.
18. Zoloeva G.M., Farmanova N.V., Tsareva N.V., Kulikov B.N., Silina L.V. *Study of carbonate reservoirs by methods of field geophysics*. Moscow: Nedra; 1977, 177 p. (In Russ.). EDN: YWQQVN.
19. Churikov Yu.M., Pylev Ye.A., Polyakov Ye.Ye. Generalized dependencies between reservoir and physical properties of Vendian deposits at fields associated with the "Power of Siberia" gas transportation system. *Vesti Gazovoy Nauki*. 2019;4:106-120. (In Russ.). EDN: CCJTDV.
20. Mukhidinov Sh.V., Belyakov E.O. Involving the results of petrographic analysis of thin sections when justifying the methodology for isolating reservoirs in terrigenous rocks with secondary mineral formation processes (a study of one of the deposits in Eastern Siberia). *Oil and Gas Studies*. 2018;1:28-35. (In Russ.). <https://doi.org/10.31660/0445-0108-2018-1-28-35>. EDN: YRNXZV.



Информация об авторе / Information about the author



Белькович Михаил Леонидович,
аспирант,
институт «Сибирская школа геонаук»,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
г. Иркутск, Российская Федерация,
✉ belkovichmikhail@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0002-9979-7445>
Mikhail L. Belkovich,
Postgraduate Student,
Siberian School of Geosciences,
Irkutsk National Research Technical University,
Irkutsk, Russian Federation,
✉ belkovichmikhail@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0002-9979-7445>

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 21.01.2026; одобрена после рецензирования 18.02.2026; принята к публикации 04.03.2026.

The article was submitted 21.01.2026; approved after reviewing 18.02.2026; accepted for publication 04.03.2026.