

<https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-2-47-55>

УДК 552.08



ПЕТРОФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАРБОНАТНЫХ ПОРОД ОРГАНОГЕННЫХ ПОСТРОЕК ПОЗДНЕДЕВОНСКОГО ВОЗРАСТА (ВОРОНЕЖСКОГО ГОРИЗОНТА) ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

А.Р. РЯЗАНОВ

ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»
23, ул. Миклухо-Маклая, г. Москва 117997, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. В данной работе объектом изучения являются карбонатные породы органогенных построек воронежского горизонта (D_3vr) на Волостновском, Восточно-Волостновском и Южно-Волостновском месторождениях в северной части Восточно-Оренбургского нефтегазоносного района Волго-Уральской НГП.

Цель. Установить связь между структурами литологических типов карбонатных пород и их фильтрационно-емкостными свойствами в пределах органогенных построек воронежского горизонта на Волостновском, Восточно-Волостновском и Южно-Волостновском месторождениях.

Материалы и методы. В работе использованы фондовые материалы по геологическому строению северной части Восточно-Оренбургского района. В статье построены гистограммы распределения значений пористости и проницаемости, предлагается петрофизическая модель, проведена ее верификация и анализ.

Результаты. В результате исследований были проанализированы данные фильтрационно-емкостных свойств карбонатных пород, построены гистограммы, отражающие изменения пористости и проницаемости для отдельных зон органогенных построек, выполнена петрофизическая модель, показывающая связь между литологическими характеристиками пород выделенных зон и их фильтрационно-емкостными свойствами. Проведена верификация между данными по Волостновскому участку и соседними месторождениями.

Выводы. Карбонатные коллекторы воронежского горизонта характеризуются сложным строением с ухудшенными фильтрационно-емкостными свойствами, что необходимо учитывать при разработке залежей для обеспечения прироста геологических запасов нефти, а также продления сроков эксплуатации скважин.

Ключевые слова: литология, карбонатные породы, поздний девон, воронежский горизонт, органогенные постройки, пористость, проницаемость, гистограммы, петрофизическая модель, Оренбургская область

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Рязанов А.Р. Петрофизическая характеристика карбонатных пород органогенных построек позднедевонского возраста (воронежского горизонта) Оренбургской области. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2023;65(2):47—55.

<https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-2-47-55>

Статья поступила в редакцию 10.04.2023

Принята к публикации 24.05.2023

Опубликована 25.05.2023

PETROPHYSICAL CHARACTERISTICS OF CARBONATE ROCKS OF ORGANOGENIC STRUCTURES OF LATE DEVONIAN AGE (VORONEZH HORIZON) IN ORENBURG REGION

ALEKSANDR R. RYAZANOV

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

ABSTRACT

Background. The carbonate rocks represented by organogenic structures of the Voronezh horizon (D_3vr) at the Volostnovsky, Vostochno-Volostnovsky and Yuzhno-Volostnovsky fields in the northern part of the East-Orenburg oil and gas bearing region of the Volga-Ural oil and gas bearing province are studied.

Aim. To establish a connection between the structures of lithological types of carbonate rocks and their reservoir properties within the organogenic structures of the Voronezh horizon at the Volostnovsky, Vostochno-Volostnovsky and Yuzhno-Volostnovsky deposits.

Materials and methods. Stock materials on the geological structure of the northern part of the Vostochno-Orenburg district were used. Histograms of the distribution of porosity and permeability values were constructed. A petrophysical model was proposed followed by its verification and analysis.

Results. Data on the filtration-capacitance properties of carbonate rocks were analyzed. Histograms reflecting changes in porosity and permeability for individual zones of organogenic structures were constructed. A petrophysical model describing the relationship between the lithological characteristics of rocks of the selected zones and their reservoir properties was proposed. The model was verified based on the data on the Volostnovsky site and neighboring deposits.

Conclusion. The carbonate reservoirs of the Voronezh horizon are characterized by a complex structure with degraded reservoir properties. This information should be taken into account when developing deposits to ensure an increase in geological oil reserves and an extended service life of wells.

Keywords: lithology, carbonate rocks, Late Devonian, limestone, dolomite, Voronezh horizon, formation, productive deposits, organogenic structures, porosity, permeability, void space, Orenburg region

Conflict of interest: the author declares that there is no conflict of interest.

Financial disclosure: The study has no sponsorship.

For citation: Ryazanov A.R. Petrophysical characteristics of organogenic carbonate rocks of late devonian age (Voronezh horizon) in Orenburg region. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2023;65(2):47—55. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-2-47-55>

Manuscript received 10 April 2023

Accepted 24 May 2023

Published 25 May 2023

Объектом изучения являются карбонатные породы Волостновского, Восточно-Волостновского и Южно-Волостновского месторождений, расположенных на территории Новосергиевского и Илекского районов Оренбургской области. Месторождения расположены в южной части Жигулевско-Оренбургского свода Волго-Уральской антеклизы (рис. 1) [4].

В настоящее время промышленная нефтеносность Волостновского, Восточно-Волостновского и Южно-Волостновского месторождений установлена в карбонатных отложениях пласта Т1 турнейского яруса (C_1t), пласта Дфр1 евлановско-ливенского горизонта ($D_{3ev}+D_{3lv}$) и пласта Дфр2 воронежского горизонта (D_3vr) [3—5].

Склоновые зоны построек, представлены брекчиями линзовидно слоистыми с органо-генно-обломочным и глинистым заполнителем, известняками биокластовыми сильно глинистыми, доломитами глинистыми органогенно-обломочными наклонно-волнисто слоистыми с деформационными оползневыми текстурами, доломитами

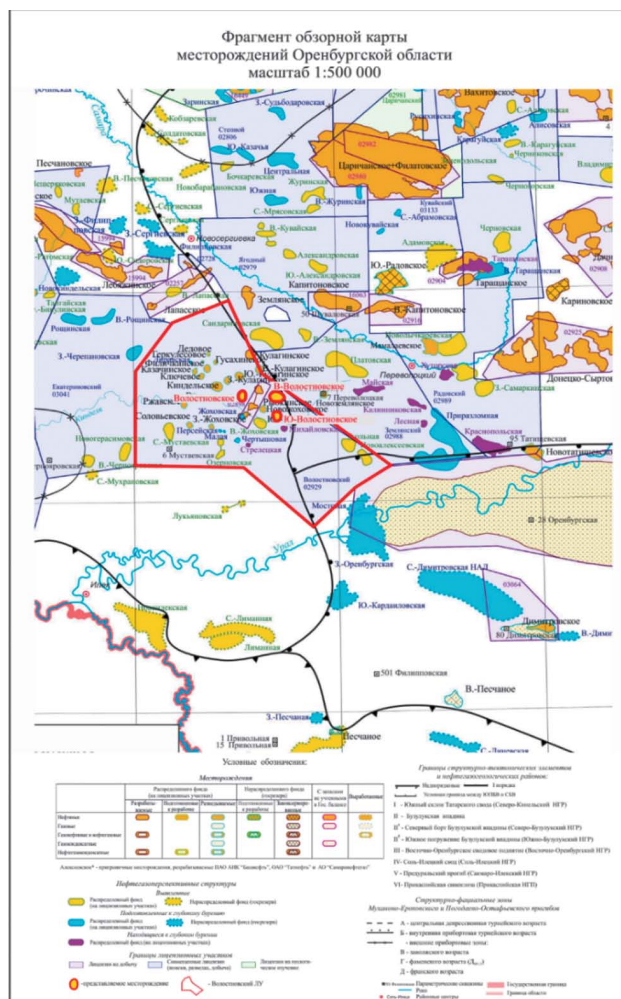


Рис. 1. Фрагмент обзорной карты структур углеводородного сырья Оренбургской области [4]
Fig. 1. A Fragment of an overview map of the structures of hydrocarbon raw materials of the Orenburg region [4]

Для составления гистограмм зоны биогермного ядра [7, 8, 15], были выделены 150 точек коэффициента пористости и проницаемости, разбитые на классы K_p от 0 до 28% и $K_{пр}$ от $<0,001$ до >500 мД.

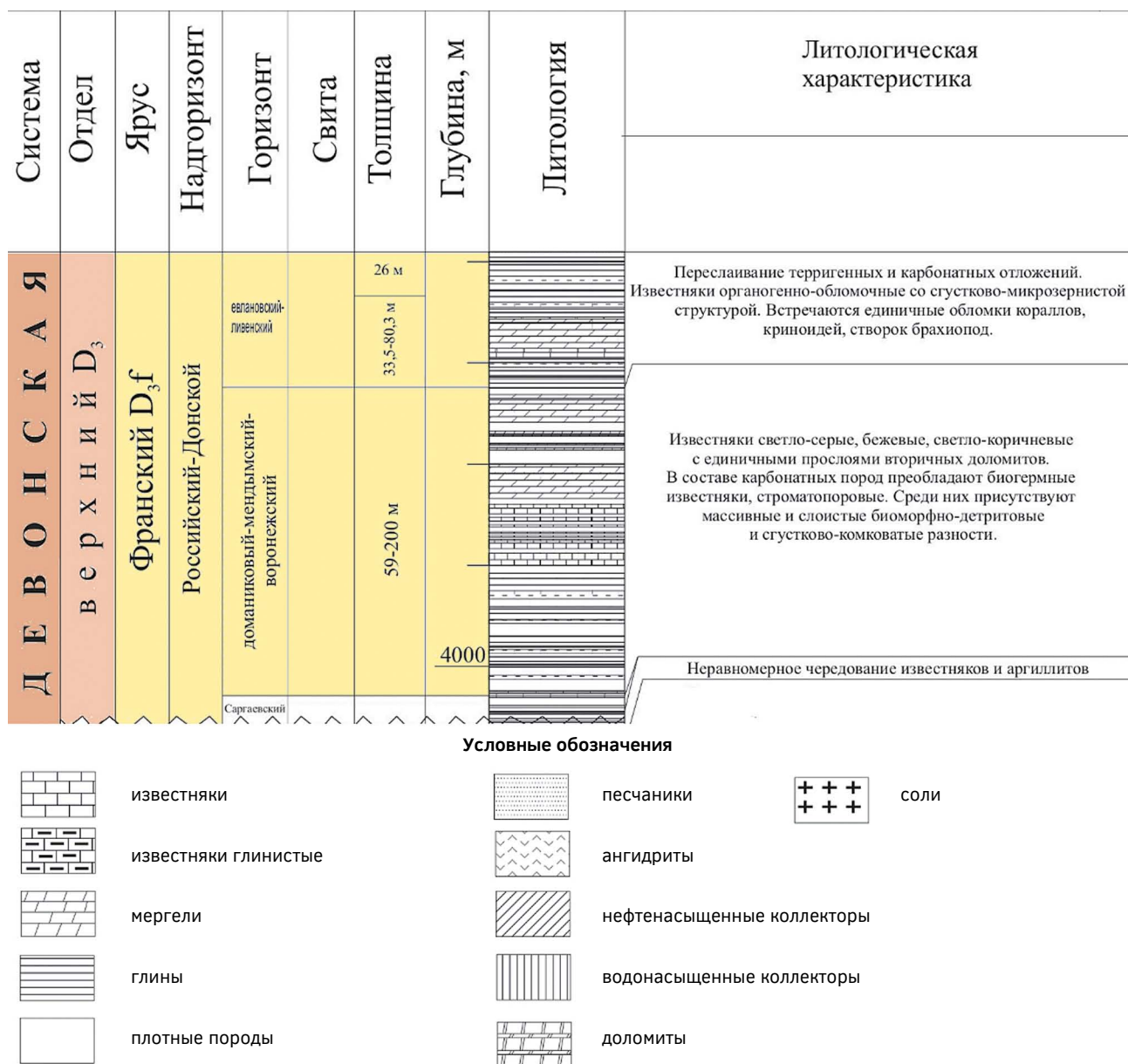


Рис. 2. Сводный геологический разрез верхнедевонских отложений Волостновского участка. Масштаб 1:2000 [7, 8, 12, 15]

Fig. 2. Summary geological section of the Upper Devonian sediments of the Volostnovsky site. Scale 1:2000 [7, 8, 12, 15]

По пористости — 37 из 150 исследованных образцов — приходится на не коллектор с классами пористости 0—4%. Пористость по коллектору меняется от 0,7 до 27,3%, средняя по 150 образцам составляет 6% (рис. 3а).

По проницаемости более половины исследованных образцов — 96 из 150 — относятся к V и VI классам коллекторов по А.А. Ханину с низкими и весьма низкими фильтрационными свойствами [14], 48 образцов относятся к IV классу с пониженными фильтрационными свойствами и только

5 образцов относятся к III классу с проницаемостью 100—500 мД; 1 образец относится к II классу с проницаемостью больше 500 мД (рис. 3б).

В целом проницаемость варьируется в пределах 0,01—928,7 мД, составляя в среднем 23,19 мД ($n = 150$) [9].

Пустотное пространство в породах зоны биогермного ядра имеет сложное строение и представлено межформенными порами, распределенными участками по биокластовому заполнителю; внутрискелетными порами, приуроченными

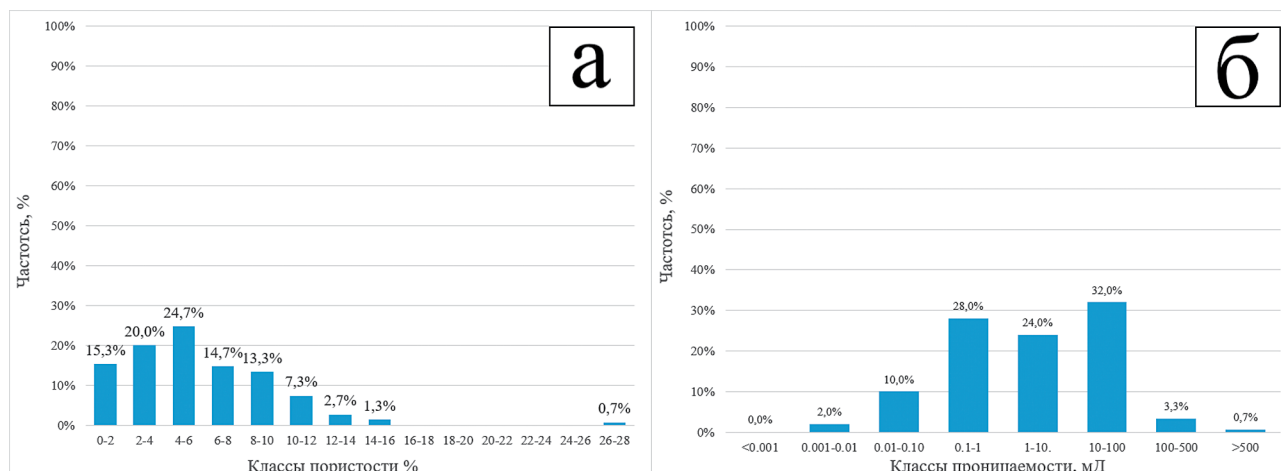


Рис. 3. Гистограммы распределения пористости и проницаемости известняков и доломитов зоны биогермного ядра: а — пористость; б — проницаемость

Fig. 3. Histograms of porosity and permeability distribution of limestones and dolomites of the biohermic core zone: а — porosity; б — permeability

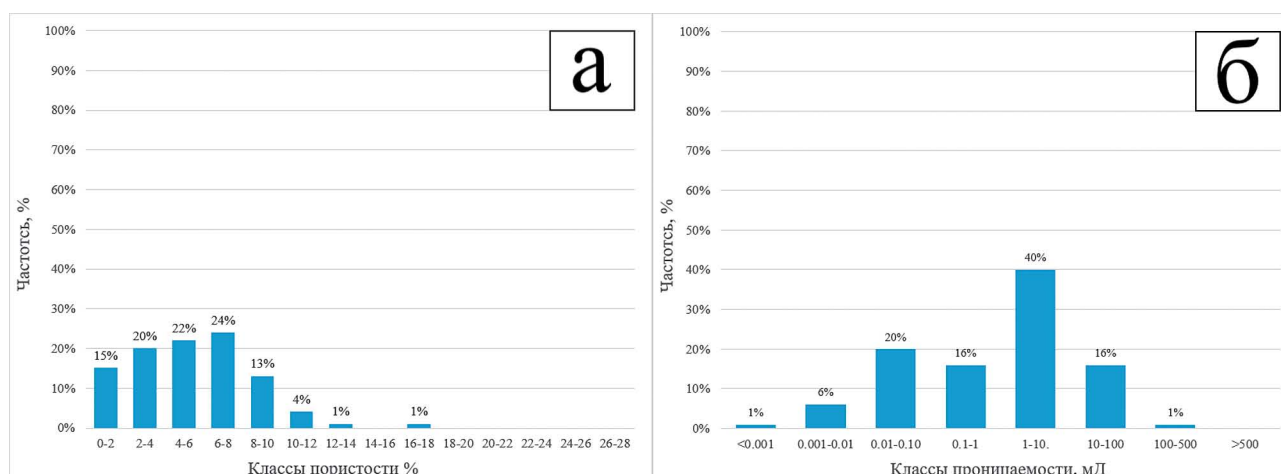


Рис. 4. Гистограммы распределения пористости и проницаемости известняков краевой зоны: а — пористость; б — проницаемость

Fig. 4. Histograms of porosity and permeability distribution of limestones of the edge zone: а — porosity; б — permeability

квнутренней структуре скелетных образований строматопор; порами, образующимися при растворении фрагментов водорослей, остракод, кальцифер; межкристаллическими, характерными для вторичных доломитов [10, 11]. Каверны связаны с частичным растворением микроучастков, как в известняках, так и в доломитах, а также с инкрустационными текстурами. Среди трещин выделяются литогенетические и гидротермальной проработки [7, 8, 15].

В краевой зоне анализировались органогенно-обломочные структурные типы известняков [7, 8, 15]. Для составления гистограмм краевой зоны, были выделены 100 точек коэффициента

пористости и проницаемости, разбитые на классы K_p от 0 до 18% и $K_{пр}$ от <0,001 до >500 мД.

По пористости — 35 из 100 исследованных образцов приходится на не коллектор с классами пористости 0—4%. Пористость по коллектору меняется от 1 до 16,9%, средняя по 100 образцам составляет 5,5% (рис. 4а).

По проницаемости — 83 образца из 100 относятся к V и VI классам коллекторов по А.А. Ханину с низкими и весьма низкими фильтрационными свойствами [14], 16 образцов относятся к IV классу с пониженными фильтрационными свойствами и только 1 образец относится к III классу коллекторов с проницаемостью 100—500 мД (рис. 4б).

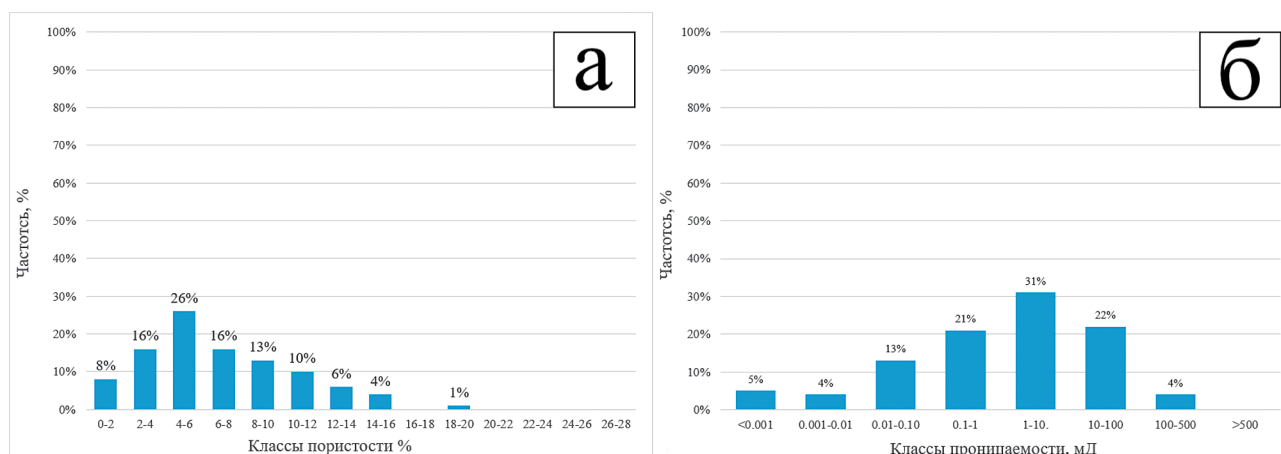


Рис. 5. Гистограммы распределения пористости и проницаемости известняков склоновой зоны: а — пористость; б — проницаемость

Fig. 5. Histograms of porosity and permeability distribution of limestones of the slope zone: а — porosity; б — permeability

В целом по коллектору проницаемость варьирует в пределах 0,001—239,6 мД, составляя в среднем 7,5 мД ($n = 100$) [9].

Пустотное пространство пород представлено порами, кавернами и тектоническими трещинами [7, 8, 15].

Склоновые обломочные карбонаты содержат разное количество терригенной и глинистой примеси [7, 8, 15]. Для составления гистограмм склоновой зоны, были выделены 100 точек коэффициента пористости и проницаемости, разбитые на классы Кп от 0 до 20% и Кпр от <0,001 до >500 мД.

По пористости — 24 из 100 исследованных образцов приходится на не коллектор с классами пористости 0—4%. Пористость по коллектору меняется от 0,5 до 18,8%, средняя по 100 образцам составляет 6,9% (рис. 5а).

По проницаемости — 74 образца из 100 относятся к V и VI классам коллекторов по А.А. Ханину с низкими и весьма низкими фильтрационными свойствами [14], 22 образца относятся к IV классу коллекторов с пониженными фильтрационными свойствами и только 4 образца от-

носятся к III классу с проницаемостью 100—500 мД (рис. 5б).

В целом по коллектору проницаемость варьирует в пределах 0,002—400,3 мД, составляя в среднем 17 мД ($n = 100$) [9].

Пустотное пространство склоновой зоны представлено редкими кавернами, иногда полностью залеченными кристаллами кальцита, межформенными и внутриформенными порами, трещинами [7, 8, 15].

В таблице представлены фильтрационно-емкостные свойства карбонатных пород для зон органогенных построек.

На основе проведенных исследований построена петрофизическая зависимость $K_p = f(K_{пр})$, показывающая связь между структурными типами карбонатных пород для отдельных зон органогенных построек и их фильтрационно-емкостными свойствами. На модели отображен характер распределения фигуративных точек, отвечающих определенной зоне органогенных построек (рис. 6).

Проведена верификация между данными по Волостновскому, Восточно-Волостновскому, Южно-Волостновскому месторождениям

Таблица. Сравнение фильтрационно-емкостных свойств карбонатных пород для зон органогенных построек
Table. Comparison of filtration-capacitance properties of carbonate rocks for zones of organogenic buildings

Зоны органогенных построек	Пределы изменения пористости, %	Пределы изменения проницаемости, мД	Среднее значение Кп, % / Кол-во образцов	Среднее значение Кпр, мД / Кол-во образцов
Биогермное ядро	0,7—27,3	0,01—928,7	6 / 150	23,2 / 150
Краевая	1—16,9	0,001—239,6	5,5 / 100	7,5 / 100
Склоновая	0,5—18,8	0,002—400,3	6,9 / 100	17 / 100

и соседними Восточно-Радовским, Вахитовским и Рыбкинским месторождениями. Для подтверждения достоверности зависимостей $K_p=f(K_{пр})$, представлено сопоставление по продуктивным отложениям воронежского горизонта Рыбчинского, Вахитовского, Восточно-Радовского, Волостновского, Восточно-Волостновского и Южно-Волостновского месторождений (рис. 7). Все четыре выборки лежат в едином поле точек. Обоснованность привлечения данных материалов обусловлена схожим геологическим строением, стратиграфией, литологией, глубиной залегания пластов и термобарическими условиями [9, 11].

Заключение

Средние значения пористости для зон органогенных построек примерно одинаковы. Проницаемость пород биогермного ядра примерно в два раза выше, чем проницаемость пород склоновой зоны, и примерно в три раза выше, чем проницаемость пород краевой зоны [1, 2]. Карбонатные коллекторы воронежского горизонта характеризуются сложным строением с ухудшенными фильтрационно-емкостными свойствами, что необходимо учитывать при разработке залежей для обеспечения прироста геологических запасов нефти, а также продления сроков эксплуатации скважин.

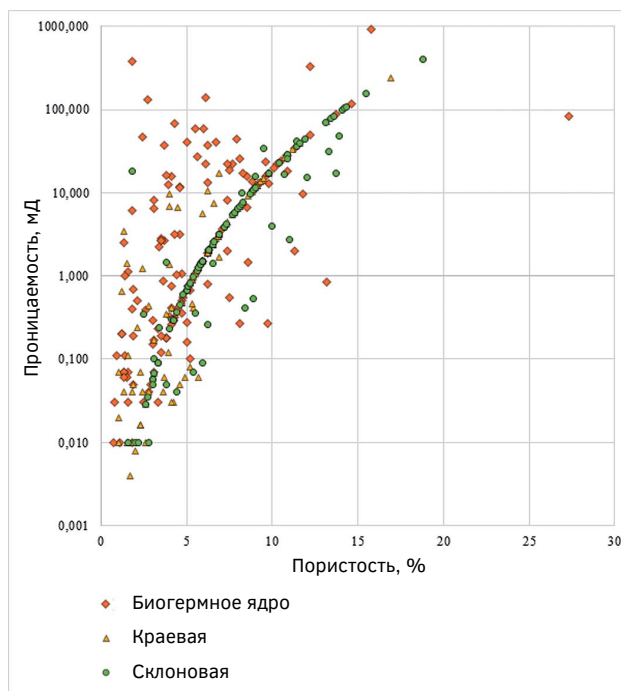


Рис. 6. Сопоставление пористости и проницаемости в карбонатных породах зон органогенных построек воронежского горизонта

Fig. 6. Comparison of porosity and permeability in carbonate rocks in zones of organogenic structures of the Voronezh horizon

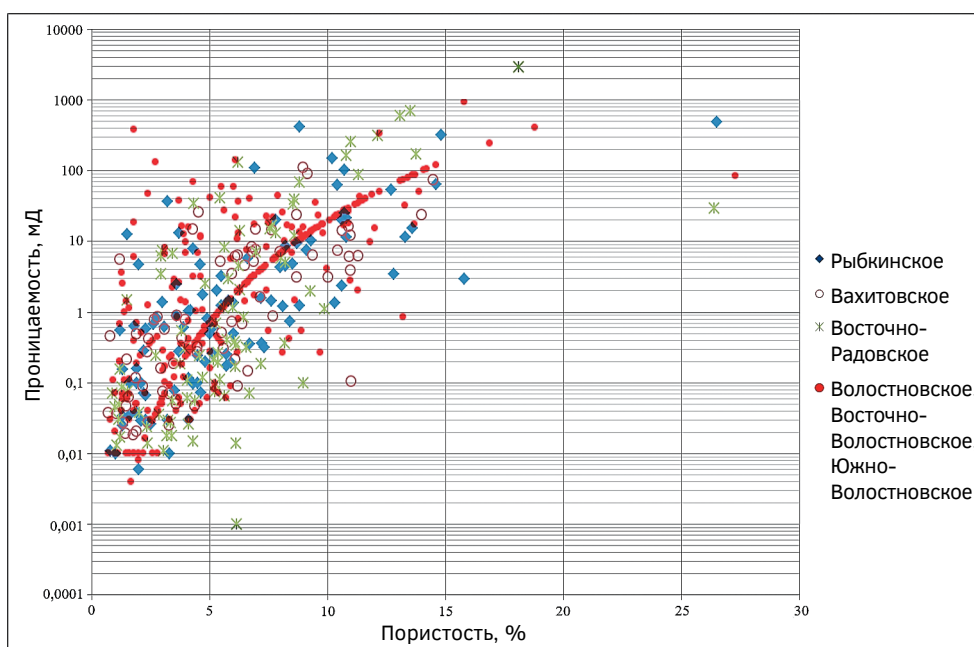


Рис. 7. Сопоставление пористости и проницаемости в карбонатных породах зон органогенных построек воронежского горизонта соседних месторождений

Fig. 7. Comparison of porosity and permeability in carbonate rocks of zones of organogenic structures of the Voronezh horizon of neighboring deposits

ЛИТЕРАТУРА

1. Агафонова Г.В., Асташкин Д.А., Варламов А.И. Методика изучения пород нефтегазоносных комплексов. Детальное макроскопическое описание керна скважин. М.: ВНИГНИ, 2015. 172 с.
2. Агафонова Г.В., Баранова А.В., Гумаров Р.К., Ильин В.Д., Михеев И.Г., Фарбинович В.П., Фортунатова Н.К., Шве́ц-Тэ́нэ́та-Гури́й А.Г. Седиментологическое моделирование карбонатных осадочных комплексов. М.: РЭФИА, 1999. 194 с.
3. Андропов И.А. Органогенные постройки девона и раннего карбона центральной части Русской платформы и условия их развития // Литология и палеогеография палеозойских отложений Русской платформы. — М.: Наука, 1972. С. 282—292.
4. Ахтямова И.Р., Широковских О.А. Результаты сейсморазведочных работ МОГТ-3Д на Волостновском лицензионном участке. Тюмень: ООО «ТННЦ», 2013. 46 с.
5. Басин Я.Н., Новгородцев В.А., Петерсилье В.И. Оценка подсчетных параметров газовых и нефтяных залежей в карбонатном разрезе по геофизическим данным. М.: Недра, 1987. С. 157—159.
6. Беляева Н.В., Корзун А.Л., Петрова Л.В. Модель седиментации франско-турнейских отложений на северо-востоке Европейской платформы (в связи с формированием рифовых резервуаров). — СПб.: Наука, 1998. 154 с.
7. Вилесов А.П., Лашманова А.А. и др. Разработка седиментологической модели формирования верхнефранских органогенных построек Бузулукской впадины. Тюмень: ООО «ТННЦ», 2013. С. 18—31
8. Вилесов А.П., Никитин Ю.И., Ахтямова И.Р., Широковских О.А. Франские рифы рыбкинской группы: фациальное строение, этапы формирования, нефтеносность // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2019. № 7. С. 4—22.
9. Добрынин В.М., Вендельштейн Б.Ю., Кожевников Д.А. Петрофизика (физика горных пород). М.: Нефть и газ, 2004. 368 с.
10. Закревский К.Е. Особенности геологического 3D моделирования карбонатных и трещинных резервуаров. М.: 2016. С. 67.
11. Кузнецов В.Г. Геология рифов и их нефтегазоспособность. М.: Недра, 1978. С. 303.
12. Макарова С.П. Новые данные по стратиграфии и литологии девонских отложений юга Оренбургской области // Геология и перспективы нефтегазоспособности бортовых зон Прикаспийской впадины. — М.: ВНИГНИ, 1983. — Вып. 248.
13. Систематика и классификация осадочных пород и их аналогов. СПб.: Недра, 1998. 352 с.
14. Ханин А.А. Породы-коллекторы нефти и газа нефтегазоносных провинций СССР. М.: Недра, 1973. С. 23.
15. Шакиров В.А., Вилесов А.П., Чертина К.Н., Истомина Н.М. Распределение запасов нефти в сложно построенных трещинных коллекторах франских рифов Волостновского участка Оренбургской области // Поиски и разведка. 2019. № 5 (329). С. 13—21.

REFERENCES

1. Agafonova G.V., Astashkin D.A., Varlamov A.I. Methods of studying rocks of oil and gas complexes. Detailed macroscopic description of the well core. Moscow: VNIGNI, 2015, 172 p. (In Russian).
2. Agafonova G.V., Baranova A.V., Gumarov R.K., Ilyin V.D., Mikheev I.G., Farbirovich V.P., Fortunatova N.K., Shvets-Teneta-Guriy A.G. Sedimentological modeling of carbonate sedimentary complexes. Moscow: REFIA, 1999, 194 p. (In Russian).
3. Andropov I.A. Organogenic structures of Devonian and early Carboniferous of the central part of the Russian platform and conditions of their development // Lithology and paleogeography of Paleozoic deposits of the Russian Platform. Moscow: Nauka, 1972. P. 282—292 (In Russian).
4. Akhtyamova I.R., Shirokovskikh O.A. Results of seismic exploration MOGT-3D at the Volostnovsky license area. Tyumen: TNSC LLC, 2013. 46 p. (In Russian).
5. Basin Ya.N., Novgorodtsev V.A., Petersile V.I. Estimation of calculation parameters of gas and oil deposits in the carbonate section according to geophysical data. Moscow: Nedra, 1987. P. 157—159 (In Russian).
6. Belyaeva N.V., Korzun A.L., Petrova L.V. Model of sedimentation of Franco-Tournaisian sediments in the north-east of the European Platform (in connection with the formation of reef reservoirs). St. Petersburg: Nauka, 1998. 154 p. (In Russian).
7. Vilesov A.P., Lashmanova A.A., et al. Development of a sedimentological model of the formation of the Upper-Fran organogenic structures of the Buzuluk depression. Tyumen: TNSC LLC, 2013. P. 18—31 (In Russian).
8. Vilesov A.P., Nikitin Yu.I., Akhtyamova I.R. Shirokovskikh O.A. Fransk reefs of the Rybkin group: facies structure, stages of formation, oil content // Geology, Geophysics and Development of Oil and Gas Fields. 2019. No. 7. P. 4—22 (In Russian).
9. Dobrynin V.M., Vendelstein B.Yu., Kozhevnikov D.A. Petrophysics (physics of rocks). Moscow: Oil and Gas, 2004. 368 p. (In Russian).
10. Zakrevsky K.E. Features of geological 3D modeling of carbonate and fractured reservoirs. Moscow, 2016. P. 67 (In Russian).
11. Kuznetsov V.G. Geology of reefs and their oil and gas potential. Moscow: Nedra, 1978. P. 303 (In Russian).
12. Makarova S.P. New data on stratigraphy and lithology of Devonian deposits in the south of the Orenburg region // Geology and prospects of oil and gas potential

- of the on-board zones of the Caspian depression. Moscow: VNIGNI, 1983. Release 248 (In Russian).
13. Taxonomy and classification of sedimentary rocks and their analogues. St. Petersburg: Nedra, 1998. 352 p. (In Russian).
 14. Khanin A.A. Rocks-reservoirs of oil and gas of the oil and gas provinces of the USSR. Moscow: Nedra, 1973. P. 23 (In Russian).
 15. Shakirov V.A., Vilesov A.P., Chertina K.N., Istomina N.M. Distribution of oil reserves in in the complexly constructed fractured reservoirs of the Fransk reefs of the Volostnovsky section of the Orenburg region // Search and exploration. 2019. No. 5 (329). P. 13—21 (In Russian).

ВКЛАД АВТОРА / AUTHOR CONTRIBUTIONS

Рязанов А.Р. — разработал концепцию статьи, подготовил текст статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Aleksandr R. Ryazanov — developed the article concept, prepared the text, approved the final version of the article and accepted the responsibility for all aspects of the work.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Рязанов Александр Романович — студент 5-го курса кафедры геологии и разведки месторождений углеводородов ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»
e-mail: aleksandr_w9ke@list.ru
тел.: +7 (915) 064-89-26
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6760-5579>

Aleksandr R. Ryazanov — 5th year student of the Department of Geology and Exploration of Hydrocarbon Deposits of the Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting
e-mail: aleksandr_w9ke@list.ru
tel.: +7 (915) 064-89-26
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6760-5579>