

Литолого-фациальная неоднородность сложных коллекторов верхнедевонских рифов Оренбургской области

В.В. Кузьмина¹

Ю.А. Котенёв²

¹ ООО «СамараНИПИнефть»,

² «Уфимский гос. нефтяной технический
университет»

Адреса для связи: vkuzmina056@yandex.ru
geokot@inbox.ru

Ключевые слова: сложное геологическое строение, литолого-фациальная неоднородность, пустотное пространство, значения пористости, проницаемости, классификация

В последние годы в результате геолого - разведочных работ (ГРП), проводимых на Волостновском лицензионном участке (ЛУ), были открыты одиночные рифы франского возраста девонской системы. За 5-6 лет проведено огромное количество исследований на данные объекты, представляющих огромный интерес как для геологии, так и для разработки месторождений Оренбургской области. Различные исследования, в том числе и комплексные, необходимы для более эффективного освоения данных сложных объектов разработки. Геологическое строение верхнедевонских одиночных рифов определяется особенностями их происхождения, а также воздействием постседиментационных процессов. Строение франских одиночных рифов представляет собой распределение фаций рифового ядра и склона в пределах одного рифового поднятия и требует индивидуального подхода к изучению и разработке приуроченных к ним залежей нефти. Было выявлено, что показатели работы скважин напрямую зависят от их расположения в различных фациальных зонах по всем месторождениям, где было отмечено различие режимов эксплуатации скважин. Одинаковый режим наблюдается в скважинах, пробуренных в фациях рифового ядра. Показатели их работы резко отличаются от показателей работы скважин, относящихся к рифовому склону. Геологическое строение обусловлено не только сложностью распределения фаций по месторождению, но и разнообразием трещин, пор и каверн. В рифах встречаются различные структурно-генетические типы пород продуктивного пласта Дфр₂. Пустотное пространство известняков пласта Дфр₂ является сложным, что требует дополнительных исследований для более эффективного освоения залежей рифовых коллекторов. В статье рассмотрена литолого-фациальная неоднородность сложных коллекторов одиночных рифов и приведены рекомендации, где могут применяться данные исследования.

Lithofacies heterogeneity complex Upper Devonian reservoirs reefs of the Orenburg region

V.V. Kuzmina

Yu. A. Kotenev

E-mail: vkuzmina056@yandex.ru
geokot@inbox.ru

Keywords: complex structure, lithological-facies heterogeneity, void space, porosity value, permeability, classification

In recent years, as a result of geological exploration work carried out in the Volostnovsky license area, single reefs of the Franian age of the Devonian system have been discovered. For 5-6 years, a huge amount of research has been carried out on these objects, which is of great interest both for geology and for the development process of the Orenburg region. Various studies, including complex ones, are necessary for more effective development of these complex development objects. The complex geological structure of the Upper Devonian solitary reefs is determined by the peculiarities of their origin, as well as the impact of post-sedimentary processes. The structure of Franian solitary reefs consists in the distribution of facies of the reef core and slope within one reef uplift and requires an individual approach to the study and development of oil deposits. It was found that well development indicators directly depend on their location in various facies zones for all fields, since the difference in well operation modes was noted. The same regime is observed in wells drilled in the facies of the reef core. Their performance sharply differs from the wells related to the reef slope. But the geological structure is determined not only by the complexity of the distribution of facies over the field, but also by the variety of fractures, pores and caverns. In the reefs, a variety of structural and genetic types of rocks of the Dfr₂ productive layer is observed. The void space of limestones of the Dfr₂ formation is complex, which requires additional research for more efficient development of reef reservoirs. Therefore, the lithological-facies heterogeneity of complex reservoirs of single reefs is considered and recommendations are given where the study data can be applied.

В Оренбургской области значительная доля запасов сосредоточена в карбонатных коллекторах. Освоение и разработка залежей нефти в них требуют особого подхода. В отличие от терригенных карбонатные породы имеют свои особенности геологического строения и строения пустотного пространства. В связи с этим на юге Оренбургской области рифовые месторождения нефти представляют большой интерес для исследований.

В 2019 г. ООО «Тюменский нефтяной научный центр» совместно с АО «Оренбургнефть» провело работы по оценке сложности пустотного пространства. Основным объектом исследования стал Новожиховский риф Рубежинского прогиба Бузулукской впадины с выносом керна около 90 %. Были выявлены особенности структуры пустотного пространства пород, подразделяемых на три основных группы: трещинно-каверново-поровые, каверново-поровые и трещинные [1].

Для трещинного типа коллектора характерно наличие не только трещин, но и редко встречающихся пор и каверн в плотной матрице породы [1]. В связи с этим по результатам исследований был проведен подсчет запасов нефти залежей рифовых коллекторов с использованием подсчетных параметров, рассчитанных для каверново-порового и трещинно-кавернозного типов коллекторов. При применении данного способа запасы всех рифовых месторождений возросли, в основном за счет увеличения нефтенасыщенных толщин с коэффициентом пористости ниже граничного (для Волостновских рифов $K_n < 0,04$). Более подробно с оценкой эффективности данного способа можно ознакомиться в работе [2].

Для оценки литолого-фациальной неоднородности была проведена статистическая обработка пористости и проницаемости Волостновских рифов [2] по 49 скважинам. В целом по месторождениям пористость имеет нормальное распределение, распределение обладает значительной неоднородностью, если учитывать ряд распределения трещинно-кавернозного типа коллектора (рис.1).



Рис.1. Гистограмма распределения коэффициента пористости пласта Дфр₂ по Волостновской площади

Распределение проницаемости по пласту Дфр₂ обладает средней неоднородностью (рис.2). Среднее статистическое значение по массиву данных проницаемости составило $72,57 \text{ мкм}^2 \cdot 10^{-3}$.

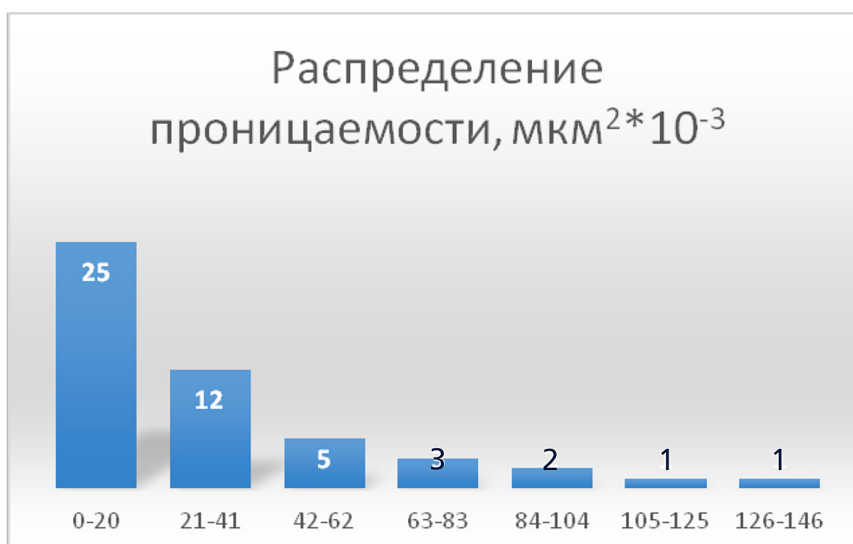


Рис. 2. Гистограмма распределения коэффициента проницаемости пласта Дфр₂ по Волостновской площади

Для расчета проницаемости продуктивного пласта Дфр₂ использовались установленные корреляционные зависимости вида $K_{пр} = f(K_p)$ (рис.3).

Зависимость для пласта Дфр₂ была получена по результатам исследования керна 10 скважин Волостновского лицензионного участка (ЛУ).

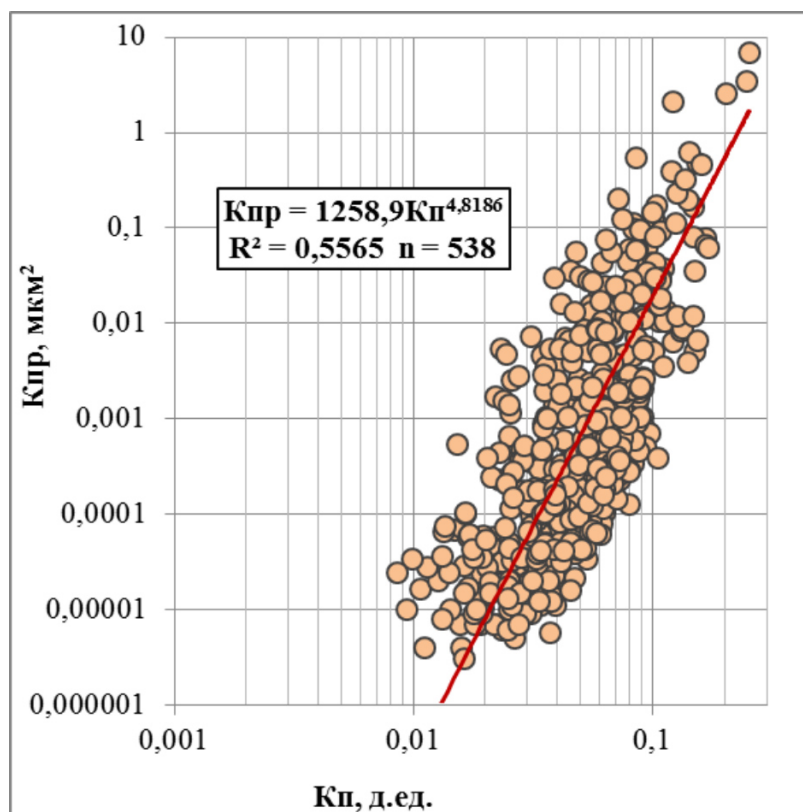


Рис. 3. Зависимость проницаемости от $K_{пр}$ пористости $K_{(п)}$ пород пласта Дфр₂ франского яруса

Франские одиночные рифы исследуемой площади приурочены к одному тектоническому элементу, обладают схожим геологическим строением. На всех рифах прослеживаются установленные зависимости между показателями работы скважин и фациальных зон. Различные типы пустотного пространства принимают участие в подсчете запасов нефти рифовых залежей. Также подробно изучены значения различных параметров данных месторождений. Таким образом рифы исследуемого участка (а также три рифа Рыбкинского ЛУ, находящегося в границах Волостновского ЛУ) необходимо классифицировать по степени неоднородности.

Существуют классификационные схемы, которые можно объединить в четыре группы:

- 1) морфологические и генетические (Авдусин и Цветкова, Калинин, Конюхов, Смахов, Леворсен, Вальдшмит, Сандер, Арчи, Максимович и Быков, и др.);
- 2) минералого-генетико-морфологические (Калинко, Карпов, Гурова, Марьенко и др.);
- 3) оценочные (Теодорович, Авдусин и Цветкова, Требин, Ханин, Кринари, Аширов, Алиев и Ахмедов, Котяхов, Прошляков, Мухаринская и др.);
- 4) смешанные классификации [3].

Из существующих классификаций в данной работе автором были использованы параметры оценочных классификаций на основе классификации коллекторов Авдусина и Цветковой (1943 г.), а также, Леворсена (1967 г.) (см. таблицу).

Класс	Площадь нефтеносности, тыс. м ²	Эффективная/Эффективная нефтенасыщенная толщина, м	Интервал коэффициента пористости, д.ед.	Интервал коэффициента нефтенасыщенности, д.ед.	Интервал коэффициента проницаемости, мкм ²	Названия месторождений
1	1424-4104	43,5-73,2/ 20,8-36,5	0,10-0,13 (достаточная пористость)	0,92-0,96	0,024-0,250	Волостновское, Восточно-Волостновское, Южно-Волостновское, Новожиховское
2	240-1007	14,1-71,3/ 5,8-34,8	0,06-0,09 (малая пористость)	0,85-0,92	0,002-0,046	Киндельское, Западно-Жоховское, Восточно-Кулагинское, Дедовое, Гусахинское, Казачинское, Кулагинское, Ржавское, Стрелецкое, Филичкинское, Южно-Кулагинское
3	131-952	11,9-43,0/ 5,3-34,8	0,05 (незначительная пористость)	0,82-0,87	0,0006-0,02	Западно-Кулагинское, Ключевое, Михайловское

При классифиции рифов Волостновской площади по величине эффективной пористости были отмечены следующие общие признаки рифовых массивов. Рифы, обладающие большей пористостью, также имеют высокая нефтенасыщенность, проницаемость и наибольшую площадь.

Введем относительные понятия для классификации рифов на Волостновском участке по площади:

- крупные по площади рифы – более 2000 тыс. м²;
- средние – 1000-2000 тыс. м²;
- мелкие – до 1000 тыс. м².

Крупные рифы, такие как Восточно-Волостновское, Южно-Волостновское, Новожиховское месторождения, имеют максимально большую по площади эффективную и эффективную нефтенасыщенную толщину. Они относятся к 1 классу оценочной классификации. Также к 1 классу относятся средние по площади рифы (Волостновское) с большими нефтенасыщенными толщинами.

Классу 2 (малые пористость и проницаемость) соответствуют мелкие и средние рифы, эффективная толщина уменьшается на 23 % относительно 1 класса. Уменьшаются также коэффициенты нефтенасыщенности и проницаемости.

Классу 3 соответствуют минимальные коэффициенты пористости, нефтенасыщенности, проницаемости. Рифы имеют меньшие площадь, эффективные и эффективные нефтенасыщенные толщины.

В восточной части Рубежинского прогиба на Волостновском участке в непосредственной близости к Волостновскому, Восточно-Волостновскому и Южно-Волостновскому месторождениям находится Рыбкинское месторождение (Рыбкинский ЛУ), к которому приурочены три поднятия, аналогичные рифам, представленным в данной работе.

оценочная классификация рифов Рыбкинской площади следующая:

Класс	Площадь нефтеносности, тыс. м ²	Интервал коэффициента пористости, д.ед.	Интервал коэффициента нефтенасыщенности, д.ед.	Интервал коэффициента проницаемости, мкм ²	Названия месторождений
1	1315-1571	0,11-0,13 (достаточная пористость)	0,95-0,96	0,024-0,105	Западно-Рыбкинское, Северо-Жоховское, Южно-Жоховское

Распределение пористости и проницаемости по исследуемым участкам представлены на рис. 4, 5.

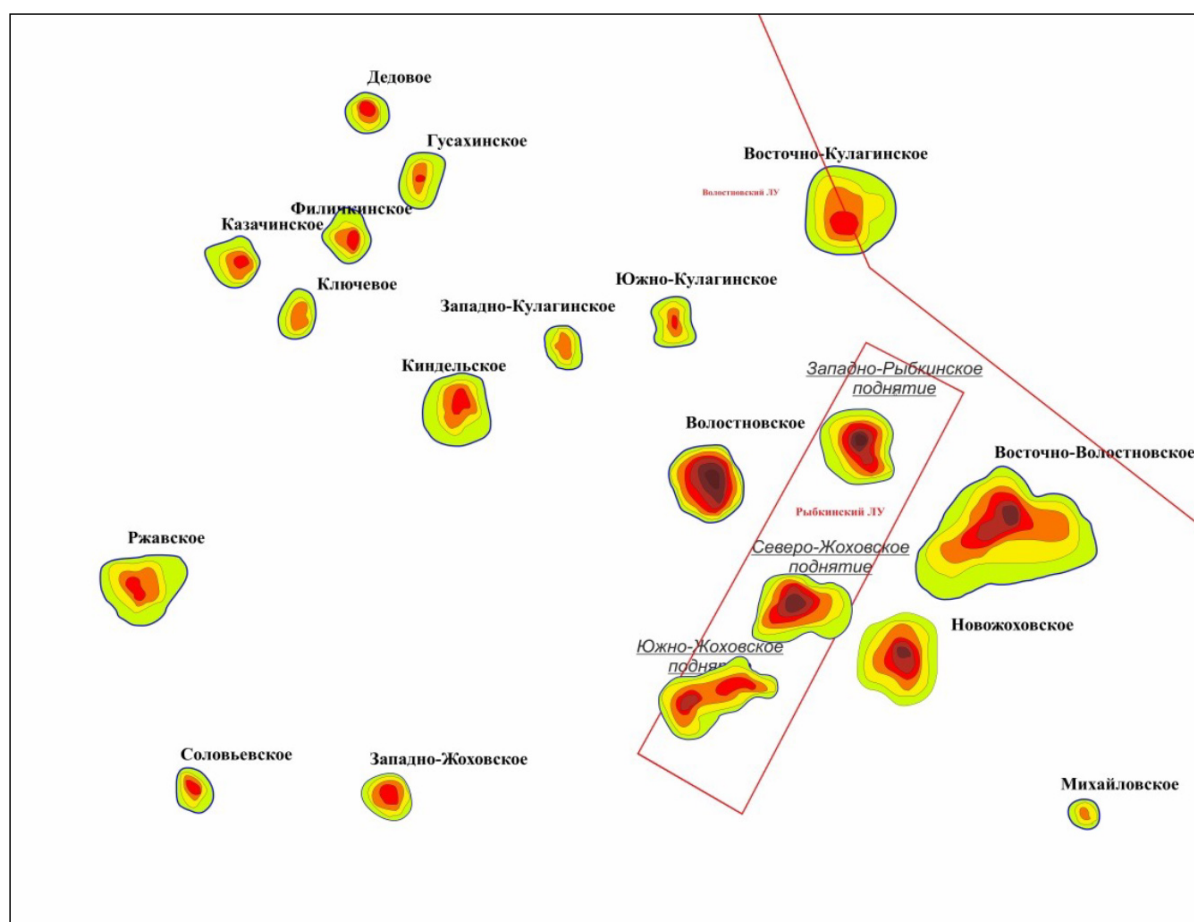


Рис. 4. Распределение пористости по рифам Волостовского и Рыбкинского ЛУ

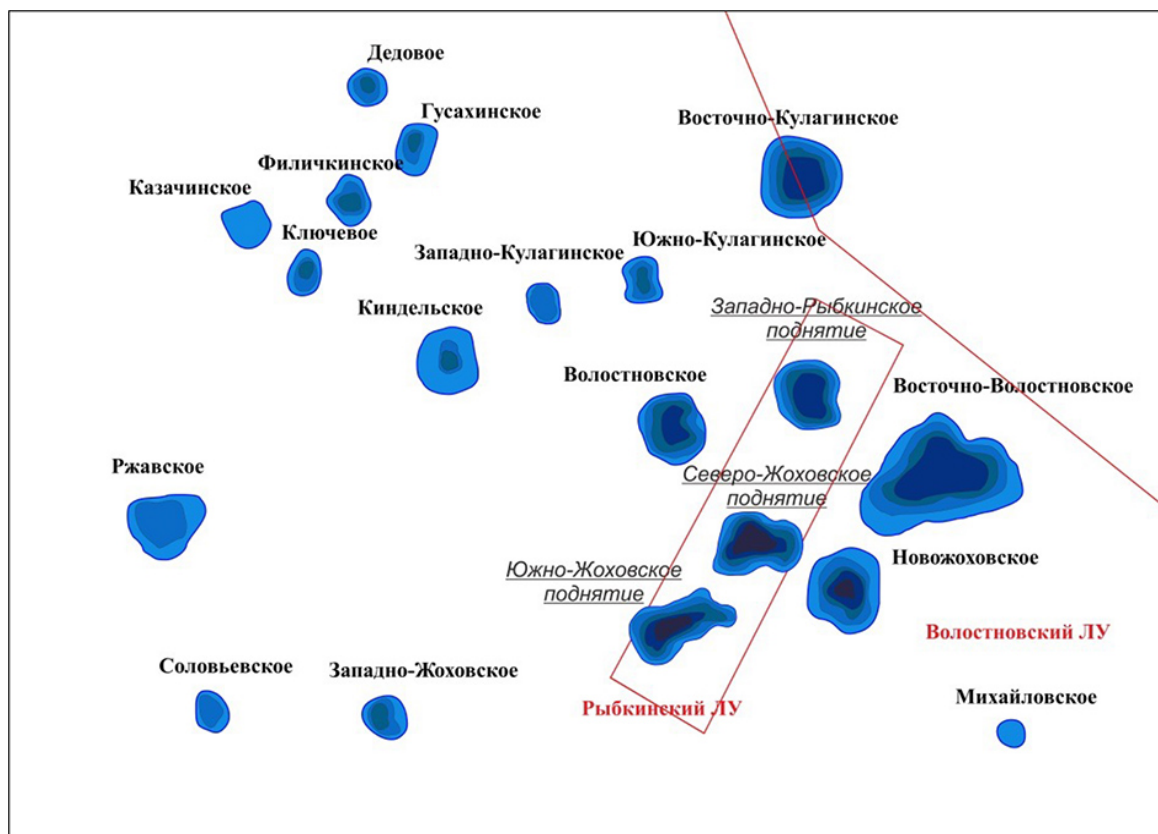


Рис. 5. Распределение проницаемости по рифам Волостновского и Рыбинского ЛУ

Таким образом, исходя из вышеизложенного, что рифовые месторождения обладают литолого-фациальной неоднородностью, имеют сложные геологическое строение и строение порового пространства. Особенности пустот в рифовых коллекторах определяют их высокую степень неоднородности, что необходимо учитывать при изучении аналогичных одиночных рифов.

Рифы Волостновского и Рыбинского ЛУ были классифицированы по оценочным признакам, таким как пористость, проницаемость, и отнесены к классам неоднородности. В соответствии с каждым классом были выявлены определенные закономерности.

Результаты данной работы могут быть использованы при различных видах работа на одиночных рифах. При подсчете запасов различные структурно-генетические типы пород играют определяющую роль в уменьшении остаточных запасов нефти. Значительную неоднородность по

фациальным зонам следует учитывать при разработке данных сложных геологических объектов.

Список литературы

1. *Распределение* запасов нефти в сложнопостроенных трещинных коллекторах франских рифов Волостновского участка Оренбургской области / В.А. Шакиров, А.П. Вилесов, К.Н. Чертина и др.// Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. –2019. – № 5 (329) – С. 13–21.
2. *Кузьмина В.В., Котенёв Ю.А.* Проблемы освоения нефтяных залежей франских одиночных рифов Оренбургской области / Нефтяное хозяйство. – 2021. – № 10 – с. 64–68.
3. *Головин К.Б., Головин Б.А., Калиникова М.В.* Типы и виды коллекторов /Саратов. – 2014. – 60 с.