

ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ТРЕЩИНОВАТЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ПЕЧОРСКОГО МОРЯ

Роман Сергеевич САУТКИН (МГУ имени М.В. Ломоносова), Ксения Ивановна БАГРИНЦЕВА (ВНИГНИ),
Антонина Васильевна СТУПАКОВА (МГУ имени М.В. Ломоносова)

OIL AND GAS POTENTIAL OF FRACTURED RESERVOIRS OF THE PECHORA SEA

Roman S. SAUTKIN (Lomonosov MSU), Kseniya I. BAGRINTSEVA (VNIIGNI),
Antonina V. STUPAKOVA (Lomonosov MSU)

Paleozoic carbonate reservoirs of the Pechora Sea region have oil and gas potential. It's very actual problem – to understand how the properties of carbonate reservoir were formed. There are HC fields in the area of aquatorial extension of the Sorokin high.

Early lithification of carbonate sediments, their fragility and selective solubility of their minerals cause a big variety of morphology and genesis of voids, as well as development of a wide range of reservoir types. Two fundamentally different types of cavernosity could be distinguished: "newly formed" - developing along cracks and "inherited". These two types of cavities have significantly different meanings for estimating reservoirs properties and calculating reserves.

Нефтегазоносность Печорского моря установлена в карбонатных резервуарах палеозойского возраста. Проблема изучения карбонатных отложений и их коллекторского потенциала относится к числу важнейших. Месторождения УВ открыты в пределах акваториального продолжения вала Сорокина. Условия осадконакопления менялись от прибрежных, мелководно-морских до относительно глубоководных, на приподнятых участках мелководного шельфа формировались биогермные постройки, к которым и приурочены основные перспективы нефтегазоносности.

Ранняя литификация карбонатных отложений, склонность к трещинообразованию и избирательная растворимость обуславливают разнообразие морфологии и генезиса пустот, развитие широкого спектра типов коллекторов. При изучении вторичной пустотности необходимо дифференцировать образование каверн по генезису, поскольку они оказывают различное влияние на формирование емкости и проницаемости. Необходимо выделять два принципиально различных типа кавернозности: «вновь образованная» – развивающаяся по трещинам и «унаследованная». Эти два типа каверн имеют существенно различное значение для оценки коллекторов и подсчета запасов.

Изучение строения резервуара проводилось методом неразрушающего контроля, который позволяет более достоверно оценить особенности строения сложного пустотного пространства карбонатных пород и выявить тип коллектора до изучения петрофизических свойств, а также определиться с методикой исследований.

Отличительная особенность метода неразрушающего контроля, это возможность выявления трещиноватости и кавернозности люминофором (пенетрантом) после обработки полноразмерного керна и фотографирование в ультрафиолетовом свете, до его распиловки, что позволяет выявить наиболее информативные участки для изготовления образцов кубической формы. Важность выявления пустотного пространства в породе до начала петрофизических и литологических исследований обусловлена тем, что во время обработки керна (изготовления образца) пропадает значительная часть трещиноватых участков и «теряется» большое количество секущих трещин. Обработка люминофором больших образцов керна позволяет выявить наличие открытых трещин и других видов пустот.

На рисунке 1 отчетливо видно, что после изготовления образца кубической формы была «потеряна» большая часть вертикальных секущих трещин, обеспечивающих фильтрацию флюидов в пласте. Показатели поверхностной плотности трещин также стали меньше, если на полноразмерном керне – 1,2-1,3 см/см², то в образце кубической формы – 1,06 см/см².

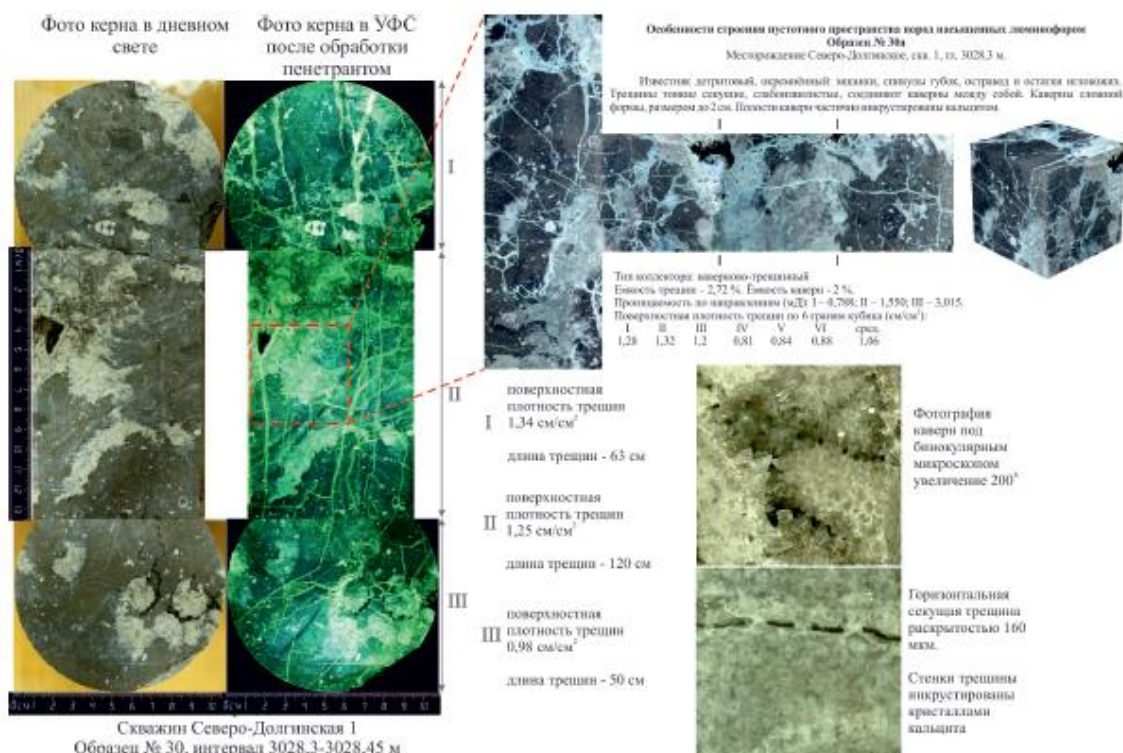


Рис. 1. Принципиальная схема выбора наиболее информативных образцов

В разрезе Приразломного месторождения преобладает каверново-поровый тип коллектора (пласт Ia, Ib и Ic1) разделенный плотными трещиноватыми пропластками мощностью до 3 м. В нижней части продуктивных отложений (пласт Ic2) коллектор сложного типа мощностью более 40 м. Исследования показали существенные различия этих коллекторов в характеристике фильтрационно-емкостных свойств.

В скважине Северо-Долгинская 1 потенциально продуктивные отложения четко делится на два типа коллектора: каверново-поровый мощностью 10 м (интервал 2993-3003 м) и сложный, преимущественно трещиноватый с кавернами разного размера, общей мощностью более 15 м (рис. 2).

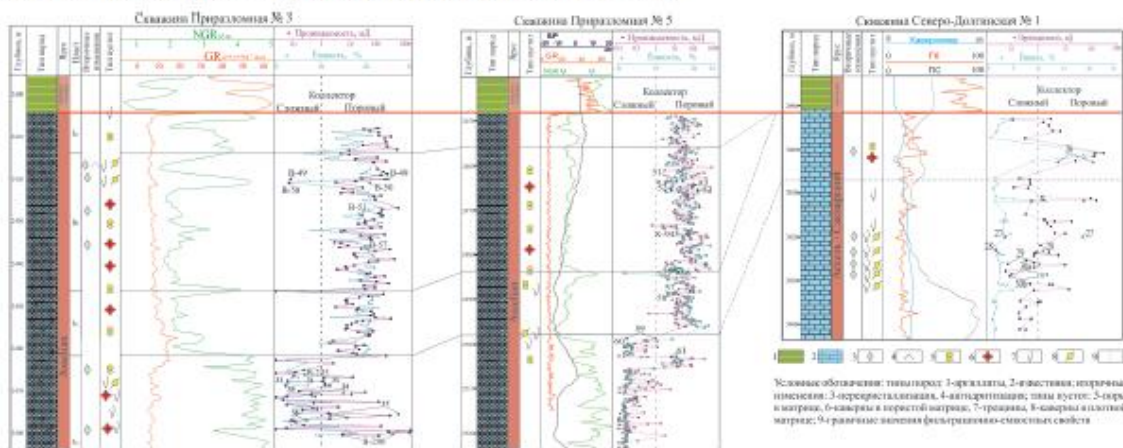


Рис. 2. Схема корреляции продуктивных пластов и морфология пустотного пространства скважин Приразломная 3 – Приразломная 5 – Северо-Долгинская 1.

На Приразломном месторождении пласты Ia и Ic представлены каверново-поровым типом коллектора, в котором пустотное пространство образовано хорошо сообщающимися порами сложных прихотливых форм. По первичной седиментационной пористости происходило интенсивное выщелачивание и растворение, что привело к увеличению радиусов поровых каналов за счёт формирования «унаследованной» кавернозности. Пористость достигает 25 %, проницаемость 865 мД.

Пласты Ia и Ic разделены плотными пропластками - известняками органогенно-обломочным, криноидно-мшан-

ковым. В них развита система секущих трещин, различной ориентировки и раскрытости. Раскрытость трещин непостоянна и меняется в широких пределах – от 10 до 150 мкм. Ёмкость пород достигает 3,5-4 %, за счёт сильного выщелачивания полостей трещин. Проницаемость таких разностей по трём направлениям высокая до 190 мД и обусловлена образованием системы крупных секущих трещин в горизонтальном и вертикальном направлениях (рис. 3). Такое строение пустотного пространства обеспечивает изотропность проницаемости и способствует перетоку флюида между пластами Ia и Ib.

Нижняя часть продуктивной толщи Приразломного месторождения (пласт Ic2) принципиально иная, в ней преобладает сложное строение пустотного пространства, характеризующееся существенно различным литологическим составом и фильтрационными свойствами. В пустотном пространстве пласта Ic2 имеется одновременное развитие трещин, пор и каверн – трещинно-каверново-поровый тип коллектора (рис. 4). В толще выявляется «унаследованная» кавернозность, развитая по первичным седиментационным порам. Различные типы пустот соединяются между собой короткими трещинами, с раскрытостью от 6 до 24 мкм. Ориентировка трещин разнонаправленная, их поверхностная плотность в среднем 0,9 см/см². Пористо-кавернозные участки обеспечивают пористость до 15,2 %, а трещины увеличивают ёмкость на 1,5 % и играют роль каналов фильтрации с проницаемостью по трём направлениям до 610 мД. Совокупное развитие трещин, пор и каверн обеспечивает неоднозначный характер пустотного пространства. Формируется сложный тип коллектора, где в образовании эффективной ёмкости большое долевое участие принимают поры и каверны, а фильтрацию обеспечивает наличие трещин в пористо-проницаемой матрице.

Особенности строения пустотного пространства пород насыщенных люминофором

Образец В-49

Приразломное месторождение, скв. 3, глубина 2421,0 м.

Известняк органогенно-обломочный, криноидно-мшанковый. Распределение цемента неравномерное, отмечается частичная ангидритизация. В известняке развита система секущих трещин, различной ориентировки. Полости трещин сильно выщелочены. Секущие трещины определяют фильтрационные свойства породы.

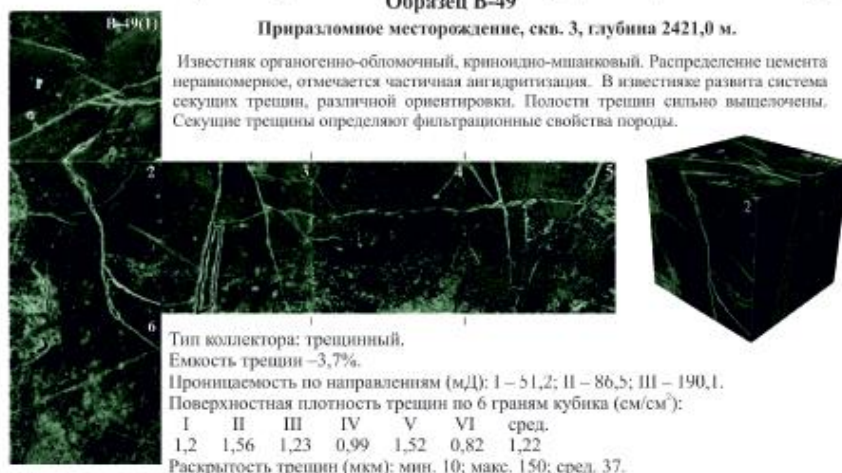


Рис. 3. Система секущих сильно выщелоченных трещин Приразломное месторождение.

Особенности строения пустотного пространства пород насыщенных люминофором

Образец В-290

Приразломное месторождение, скв. 3, глубина 2481,25 м.

Известняк оолитовый неравномерно перекристаллизованный, пористо-кавернозный. Трещины различной ориентировки и раскрытости развиты в пористо-проницаемой матрице. Отмечается выщелачивание полостей трещин, расширение седиментационных пор до каверн.



Рис. 4. Сложный тип коллектора – одновременное развитие трещин, пор и каверн. Приразломное месторождение

Исследование керна скважины Северо-Долгинская 1 методами неразрушающего контроля позволили изучить и выявить общую изменчивость литологических особенностей пород и произвести дифференциацию типа коллектора по разрезу.

Каверново-поровый тип коллектора мощностью 10 м (интервал 2993-3003 м) развит в известняках органогенно-обломочных и обладает высокими фильтрационно-емкостными свойствами, пористостью до 15 и проницаемостью до 150 мД (рис. 5, образец № 26). Наблюдается увеличение диаметров первично седиментационных пор до каверн. Каверны разнообразной формы, от изоморфных, до овальных, их размер меняется от первых долей мм, до 10 мм. По своему строению и свойствам описываемый интервал похож на продуктивный пласт Ic2 Приразломного месторождения.

Ниже по разрезу преобладает сложный тип коллектора представленный органогенными, в основном мшанковыми плотными известняками, сильно окремненными. Фациальная принадлежность – склоны и подножия склонов биогермных построек. В породе развиты каверны возможно связанные с обмелением бассейна и развитием карста. Стенки каверн инкрустированы крупнокристаллическим кальцитом.

В интервале 3015 – 3023 м трещины вертикальные секущие и наклонные (рис. 5, образец № 27), полости секущих трещин сильно выщелочены и опираются короткими тонкими трещинками горизонтальной ориентировки. Раскрытость трещин высокая до 170 мкм, средняя - 40 мкм. Средняя поверхностная плотность трещин 0,85 см/см². Емкость – 3,7 %, проницаемость практически одинакова в вертикальном и горизонтальном направлениях - 74 мД.

Ниже по разрезу в интервале 3023-3030 м преобладает хорошо развитая система взаимосвязанных трещин, секущих всю толщу. Трещины тонкие вертикальные, секущие, прямые и слабоизвилистые осложненные пустотами выщелачивания, часто соединяют большие «вновь образованные» каверны (до 2 см) сложной морфологии между собой (рис. 5, образец № 28-30). Каверны частично инкрустированы кальцитом. Большое число разноориентированных трещин (средняя поверхностная плотность – 1,2 см/см²) образуют сложное строение пустотного пространства, а мелкие тонкие трещины создают ажурную картину паутины. Раскрытость трещин от 5 до 100 мкм, средняя раскрытость 25-30 мкм.

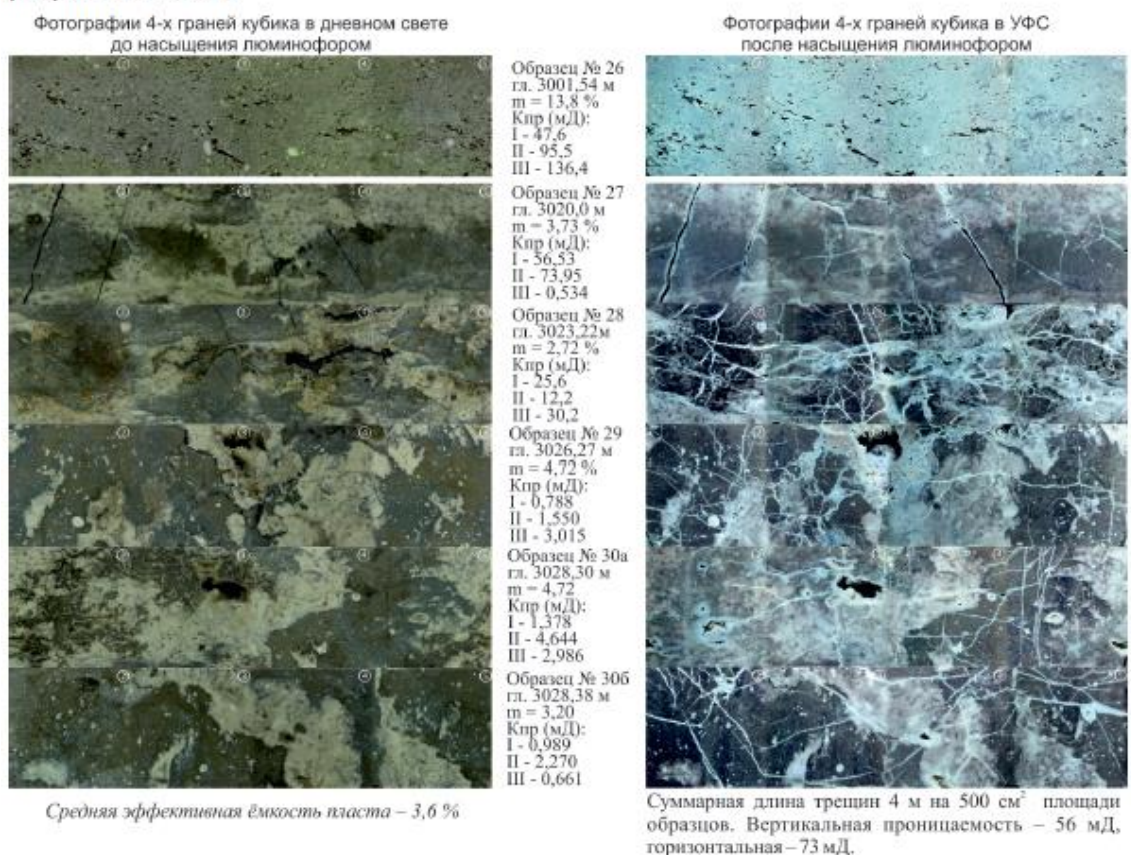


Рис. 5. Характеристика морфологии пустотного пространства скважины Северо-Долгинская 1 (интервал 3000-3030 м) где, m – емкость/пористость %; Кпр – проницаемость мД: I – вертикальная; II, III – горизонтальная (по напластованию пород).

Совокупность трещин различной морфологии, пустоты выщелачивания трещин и каверны определяют высокие емкостные и фильтрационные свойства толщи. Проницаемость таких разностей высокая 30 – 60 мД. Эффективная емкость 4,5 %, включая 2 % каверновой составляющей. Таким образом, изученный интервал характеризуется емкостью и проницаемостью достаточной для промышленного извлечения УВ из трещинных типов коллекторов, по аналогии с Юрубчено-Тохомским месторождением.

ВЫВОДЫ

Метод капиллярной дефектоскопии, по сравнению со стандартными методами изучения на цилиндрах, позволяет разделить пустотное пространство на трещины, каверны, поры и дифференцировать их по объёму, что является важной задачей при изучении сложных типов коллекторов.

Исследование морфологии пустотного пространства плотных известняков, позволило выявить сложную систему секущих извилистых трещин преимущественно вертикальной и наклонной ориентировки большой раскрытости. Полости трещин выщелочены до мелких каверн. Ёмкость таких пород достигает 3,5 – 5 %.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что ассел-сакмарские отложения Северо-Долгинской структуры потенциально продуктивны за счёт развития сложной системы сообщающихся трещин в толще мощностью более 15 м. Секущие трещины создают картину паутины, обеспечивают связь каверново-порвых участков между собой в пласте и увеличивают эффективное пустотное пространство (пористость).

Наличие вертикальной трещиноватости вблизи ВНК усложняет выбор системы разработки. При разбуривании месторождения горизонтальными скважинами существует риск быстрого обводнения околоскважинного пространства, поскольку при интенсивном отборе УВ из пласта по трещинам будет подтягиваться вода. Ситуацию усугубляет высокая плотность нефти Печорского моря – 0,908-0,928 г/см³.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Багринцева К.И., Чилингар Г.В. Роль трещин в развитии сложных типов коллекторов и фильтрации флюидов в природных резервуарах // Геология нефти и газа – 2007 - № 5.
2. Багринцева К.И., Стрельченко В.В., Ступакова А.В.. Типы и свойства карбонатных коллекторов нижней перми и девона на суше и в акватории Печорского моря // Геология нефти и газа – 2010 - № 5.
3. Рыжов А.Е., Виценовский М.Ю., Сауткин Р.С. Оценка коллекторских свойств карбонатных пород Приразломного нефтяного месторождения // Геология нефти и газа – 2012 - № 4.
4. Ступакова А.В. Структура и нефтегазоносность Баренцево-Карского шельфа и прилегающих территорий // Геология нефти и газа – 2011- № 6.