УДК 550.8.028

ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЛОЖНОПОСТРОЕННЫХ ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ СЕМИЛУКСКОЙ КАРБОНАТНОЙ ЗАЛЕЖИ РЕЧИЦКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

А. С. Емельянчиков, И. В. Лымарь, Е. Н. Ходьков, А. А. Цагельник

БелНИПИнефть РУП «Производственное объединение «Белоруснефть», г. Гомель

Посвящена изучению петрофизических свойств сложнопостроенных карбонатных пород-коллекторов по материалам комплексных лабораторных исследований в атмосферных условиях на цилиндрических образцах керна разного геометрического объема – стандартных и полноразмерных. Представлены методика отбора образцов и анализ полученных результатов, предложены наиболее подходящие методы исследования сложнопостроенных пород-коллекторов.

Ключевые слова: петрофизические свойства, горные породы, лабораторные исследования, пористость, абсолютная проницаемость.

PECULIARITIES OF THE STUDY OF PETROPHYSICAL PROPERTIES OF COMPLEXLY BUILT RESERVOIR ROCKS OF THE SEMILUK CARBONATE DEPOSIT OF THE RECHITSA FIELD

A. S. Emelyanchikov, I. V. Lymar, E. N. Khodkov, A. A. Cagelnik

BelNIPIneft RUF "Production Association "Belorusneft", Gomel

The work is dedicated to the study of petrophysical properties of complexly structured carbonate reservoir rocks based on materials from comprehensive laboratory investigations conducted under atmospheric conditions on cylindrical core samples of varying geometric volumes – standard and full-sized. The methodology for sample selection and analysis of the obtained results are presented, along with the proposed most suitable methods for investigating complexly structured reservoir rocks.

Keywords: petrophysical properties, rocks, laboratory studies, porosity, absolute permeability.

Комплексные лабораторные исследования на керновом материале – единственный прямой способ получения достоверной информации о емкостных свойствах вмещающих пород коллекторов. При проведении лабораторных испытаний на керне, отобранном из сложнопостроенных карбонатных отложений, особенно важной является оценка коллекторских свойств как в матричной, так и в кавернозно-трещиноватой части породы [1, 2].

При выбуривании стандартных цилиндрических образцов (30 × 40 мм) из неоднородных (кавернозно-порово-трещинных) участков керна часто происходит их разрушение или отбраковка из-за нарушения геометрии. В результате часть стандартных образцов отражают лишь относительно плотные участки отложений без учета всех типов неоднородностей (крупные поры, каверны, трещины), участвующих в формировании емкостного пространства сложнопостроенного коллектора. Кроме того, часто элементы емкостного пространства сложнопостроенного карбонатного коллектора могут быть сопоставимы по размеру с самими образцами, поэтому также не могут быть охарактеризованы стандартным цилиндрическим образцом. Все указанные выше факторы приводят к занижению фильтрационно-емкостных свойств пород и запасов

углеводородов. Решением указанной выше проблемы является выполнение комплекса лабораторных исследований на полноразмерных образцах керна исходного при отборе керна диаметра (но не менее 60 мм), позволяющих значительно снизить влияние масштабного фактора применительно к сложнопостроенным породам-коллекторам [3–5].

Целью работы является изучение сложнопостроенных карбонатных пород-коллекторов с применением полноразмерного керна (диаметр 80 мм) для повышения точности и достоверности петрофизических свойств на примере семилукских отложений Речицкого месторождения (скважины № 601, 337, 385).

В рамках данной тематики была разработана программа работ, включающая методику отбора разноразмерных образцов, последовательность и методы исследований. Для полного охвата и равномерности распределения петрофизических данных по разрезу из отобранного кернового материала изготавливалось максимально возможное количество полноразмерных образцов диаметром 80 мм и длиной 80 мм. Их количество определялось консолидированностью и кондиционностью керна. Разметка точек выбуривания стандартных образцов проводилась непосредственно рядом с полноразмерными. Кроме того, из части изученных полноразмерных образцов выбуривалось по два стандартных образца керна параллельно напластованию. Всего было исследовано 166 полноразмерных и 205 стандартных образцов керна.

Комплексные базовые лабораторные исследования включали в себя определение литолого-минералогического состава, пористости (методами жидкостенасыщения и газоволюметрии) и абсолютной проницаемости по газу.

По данным определения минерального состава методом XRD (230 обр.) породы являются мономинеральными – содержание доломита в среднем составляет 97–99 %. Преобладающие некарбонатные минералы: ангидрит (0,5–1 %), кварц (0,5–0,7 %), галит (0,2–0,3 %). В единичных случаях (пятнистых включениях, участках кристаллизации, тонких прослоях) имеют высокое их содержание.

Выполнено сопоставление петрофизических параметров стандартных (30 мм) и полноразмерных (80 мм) образцов, по результатам проведенных экспериментальных исследований в атмосферных условиях, а также методик их определения:

1. Средняя открытая пористость, определенная газоволюметрическим методом, для стандартных образцов составляет 9,5 %, полноразмерных – 11,4 %, разница – 1,9 % (на 20 %) (см. таблицу).

Результаты определения пористости различными методами

Тип образцов	Метод исследования	Скважина 601	Скважина 337	Скважина 385	Среднее значение
Стандартные образцы	Жидкостенасыщение	5,45	9,67	7,37	7,32
	Газоволюметрический	7,0	11,56	10,44	9,51
Полноразмерные образцы	Жидкостенасыщение	6,55	11,23	8,82	9,0
	Газоволюметрический	8,09	12,83	12,63	11,37

2. Открытая пористость, определенная газоволюметрическим методом, отличается бóльшими значениями по сравнению с методом жидкостенасыщения и эта разница увеличивается с ростом пористости и кавернозности образцов (рис. 1). Данные отличия объясняются методологическими особенностями определения – при исследовании кавернозных пород методом жидкостенасыщения флюид еще до взвешивания вытекает из керна под действием собственного веса, тем самым занижая порис-

тость. Кроме того, результаты определения пористости газоволюметрическим методом, полученные на полноразмерных образцах, в сравнении со стандартными образцами обладают большей корреляционной связью с данными ГИС [5].

3. Результаты по определению абсолютной проницаемости представлены на рис. 2 в виде гистограмм распределения частотности. По скважинам 337 и 385 можно выделить следующие закономерности: 1) в диапазоне от 1 до 100 мД – значения абсолютной проницаемости полноразмерных образцов относительно стандартных смещены вправо, в сторону большего значения данного показателя; 2) стандартные образцы в диапазоне низкой проницаемости (0–1 мД) и относительно высокой (более 100 мД) встречаются чаще чем полноразмерные, что объясняется методикой отбора стандартных образцов и масштабными эффектами.

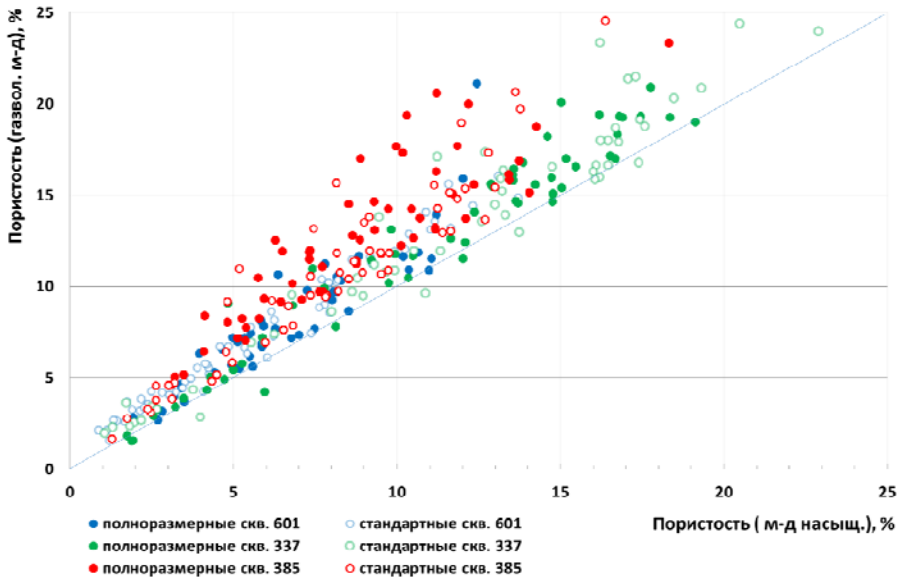

Рис. 1. Зависимость открытой пористости, определенной газоволюметрическим методом и методом жидкостенасыщения

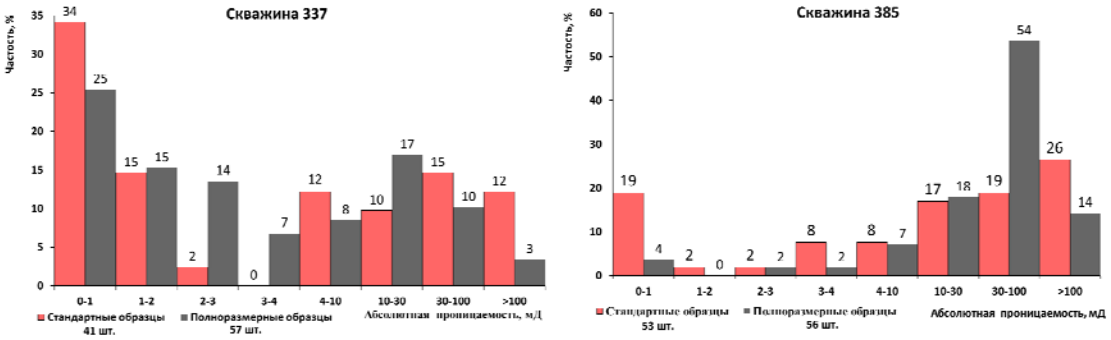

Рис. 2. Статистический ряд распределения по абсолютной проницаемости образцов кернового материала из скважин Речицкого месторождения

4. Сопоставление значений пористости и проницаемости указывает на отсутствие зависимостей, но значения по полноразмерным образцам сгруппированы пре-

имущественно в относительно ограниченном поле, тогда как стандартные образцы имеют существенный разброс значений ФЕС (рис. 3).

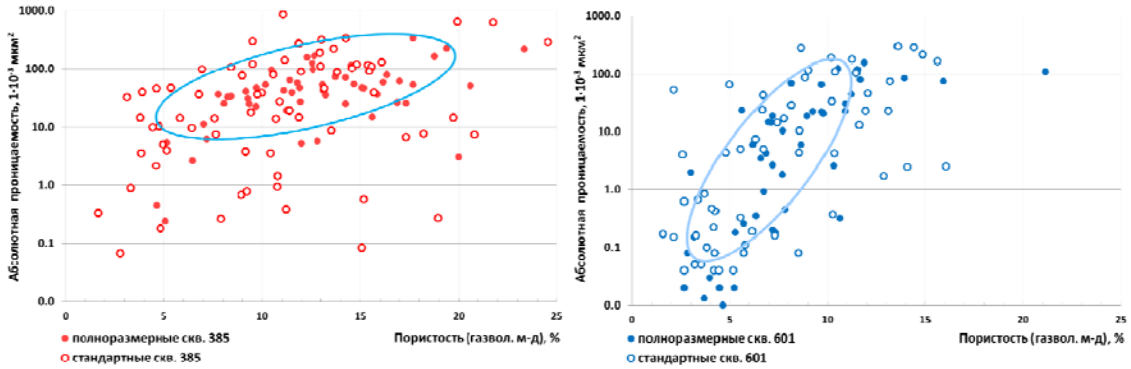

Рис. 3. Зависимость абсолютной проницаемости от пористости стандартных и полноразмерных образцов

Исходя из полученных результатов можно сделать вывод, что для наиболее полного и качественного изучения залежей с кавернозно-порово-трещинным типом коллектора необходимо проводить стандартные петрофизические исследования на полноразмерных цилиндрических образцах.

Разработанные и опробованные методики комплексных лабораторных исследований на стандартных и полноразмерных образцах керна успешно реализованы и в дальнейшем могут применяться на подобных отложениях других месторождений.

Литература

1. Гурбатова, И. П. Особенности изучения петрофизических и упругих свойств керна в сложнопостроенных коллекторах нефти и газа при моделировании термобарических пластовых условий / И. П. Гурбатова, С. В. Мелехин, А. В. Юрьев // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2010. – № 5. – С. 67–72.
2. Костин, Н. Г. Влияние размеров исследуемых образцов керна на величину коэффициента пористости карбонатных и терригенных коллекторов / Н. Г. Костин, М. Г. Губайдуллин // Геологические опасности : материалы XV Всерос. конф. с междунар. участием / РАН, УрО, Арханг. науч. центр, Ин-т экол. проблем Севера [и др.]. – Архангельск, 2009. – С. 248–250.
3. Путилов, И. С. Эпоха полноразмерного керна при лабораторных исследованиях технологий повышения нефтеотдачи пластов / И. С. Путилов, П. Н. Рехачев, И. П. Гурбатова [и др.] // Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2016. – Т. 19, № 19. – С. 155–164.
4. Гурбатова, И. П. Влияние структуры порогового пространства на масштабный эффект при изучении фильтрационно-емкостных свойств сложнопостроенных карбонатных коллекторов / И. П. Гурбатова, В. А. Кузьмин, Н. Н. Михайлов // Геология нефти и газа. – 2011. – № 2. – С. 74–82.
5. Изучение фильтрационно-емкостных свойств сложнопостроенных пород-коллекторов семилукской карбонатной залежи на полноразмерном керне Речицкого месторождения / А. С. Емельянчиков, И. В. Лымарь, Е. Н. Ходьков, А. А. Цагельник // Тенденции и проблемы развития наук о земле в современном мире : материалы II Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 25–26 апр. 2024 г. / Гомел. гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель, 2024. – С. 62–67.