

Литература

1. Ясашин, В. А. Повышение эффективности добычи нефти за счет внедрения интеллектуального оборудования / В. А. Ясашин, А. А. Смирнова // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2019. – №. 3. – С. 17–22.
2. Шагиев, В. Р. Системы измерения технологических параметров механизированных нефтескважин / А. Р. Шагиев, М. И. Хакимьянов // Вестник молодого ученого УГНТУ. – 2015. – №. 2. – С. 5–9.
3. Фролов, В. В. Эффективность эксплуатации насосного оборудования нефтяных скважин в условиях повышенного солеотложения / В. В. Фролов, А. Б. Невзорова // Стратегия и тактика развития производственно-хозяйственных систем : сб. науч. тр. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, Ун-т им. Аджинкья Д. Я. Патила ; под ред. М. Н. Андриянчиковой. – Гомель, 2023. – С. 166–168.
4. Миловзоров, Г. В. Системы управления для интеллектуальных скважин, эксплуатируемых глубинно-насосным способом / Г. В. Миловзоров // Интеллектуальные системы в производстве. – 2015. – №. 1. – С. 55–58.
5. Ковшов, В. Д. Динамометрирование, моделирование и диагностирование состояния глубинной штанговой насосной установки / В. Д. Ковшов, М. Е. Сидоров, С. В. Светлакова // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2011. – №. 3. – С. 25–29.

УДК 550.84.08

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОСОДЕРЖАНИЯ ДИСТИЛЛЯЦИОННО-ЭКСТРАКЦИОННЫМ МЕТОДОМ НЕТРАДИЦИОННЫХ ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ СКВАЖИНЫ 452 РЕЧИЦКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В. С. Далба, Е. Н. Ходьков, А. А. Цагельник

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

Описан порядок проведения и результаты исследований в лабораторных условиях по моделированию остаточной водонасыщенности дистиляционно-экстракционным методом. Цель работы заключается в выявлении преимуществ и недостатков метода при определении количественного содержания пластовой воды в образцах керна в лабораторных условиях применительно к нетрадиционным породам-коллекторам. Отмечено, что данные исследования входят в число актуальных задач, решение которых обеспечивает высокую оценку надежности применяемых данных при подсчете запасов углеводородов.

Ключевые слова: остаточная водонасыщенность, аппарат Закса, керн, экстрагирование, пористость.

**DETERMINATION OF WATER CONTENT
BY DISTILLATION-EXTRACTION METHOD
OF NON-CONVENTIONAL RESERVOIRS WELL 452
OF THE RECHITSA FIELD**

V. S. Dalba, E. N. Khodkov, A. A. Cagelnik

BelNIPIneft RUF “Production Association “Belorusneft”, Gomel

The procedure and results of laboratory studies on modeling residual water saturation using the distillation-extraction method are described. The purpose of the work is to identify the advantages and disadvantages of the method in determining the quantitative content of formation water in core samples in laboratory conditions, in relation to unconventional reservoirs. These studies

are among the current problems, the solution of which provides a high assessment of reliability when calculating hydrocarbon reserves.

Keywords: residual water saturation, Sachs apparatus, core, extraction, porosity.

Образование залежи углеводородов сопровождается вытеснением поровой (пластовой) воды углеводородной фазой, при этом часть воды остается в порах горной породы вследствие действия поверхностно-молекулярных и капиллярных сил. Воду, содержащуюся вместе с нефтью или газом в залежи после ее формирования, в петрофизике принято называть остаточной водой, и характеризуется она величиной остаточной водонасыщенности (об. %) или остаточного водосодержания (мас. %) [1]. Лабораторные методы определения остаточного водосодержания нетрадиционных пород-коллекторов должны обеспечивать получение исходных данных для дальнейшего подсчета запасов и проектирования разработки месторождений углеводородов.

Образцы нетрадиционных пород-коллекторов из отложений петриковского и елецкого горизонтов Речицкого месторождения имеют слоисто-неоднородное строение, что при их первичной пропобоподготовке к исследованиям (выбуривание, экстрагирование, сушка, насыщение и т. п.) часто приводит к их расслаиванию и последующему нарушению целостности образцов или разрушению [4].

Для определения остаточной водонасыщенности в лабораторных условиях существуют прямые и косвенные методы оценки остаточного водосодержания. Прямые методы основаны на непосредственном измерении количества извлеченной поровой воды из образцов керна путем теплового воздействия, выщелачивания органическим растворителем, например, толуолом, метанолом и др. Косвенные методы предусматривают определение остаточной воды после тщательной экстракции образца породы растворителями (толуолом, бензолом и т. д.), сушки при постоянной температуре, вновь насыщение флюидом (пластовой либо дистиллированной водой) с последующим моделированием остаточной водонасыщенности методами центрифугирования, полупроницаемой мембраны или капиллярной вытяжки. В процессе исследования значений остаточной водонасыщенности косвенными методами на образцах породы часто появляются трещины или они полностью утрачивают консолидацию (в результате воздействия центробежных сил или перепадов давлений) и становятся непригодными для дальнейших лабораторных исследований.

Как показали результаты лабораторных исследований нетрадиционных пород-коллекторов Речицкого месторождения, значения величины остаточной воды в породе, полученные косвенными методами (центрифугирования, полупроницаемой мембраны и капиллярной вытяжки) завышены в наиболее продуктивной части пород и слабодифференцированы по разрезу [4]. Поэтому для использования данных для подсчета запасов были рекомендованы и опробованы прямые замеры остаточной водонасыщенности на образцах породы, отобранных из герметизированного керна.

Для получения максимально корректных результатов по определению остаточной водонасыщенности исследования проводились дистилляционно-экстракционным методом. В качестве образцов использовались пробы породы (обломки), которые отбирались из центральных частей полноразмерного керна, где насыщенность порового пространства наименее подвержена изменению (исключалось влияния бурового раствора на характер насыщения).

Исследования по определению водонасыщенности дистилляционно-экстракционным методом и открытой пористости осуществлялись на выборке из двадцати образцов (обломков) (рис. 1) из керна скважины 452 Речицкого месторождения.



Рис. 1. Обломки керна скважины 452 Речицкого месторождения

Определение остаточной водонасыщенности выполнялось прямым (дистилляционно-экстракционным) методом на аппарате Закса ВН-2 (рис. 2).

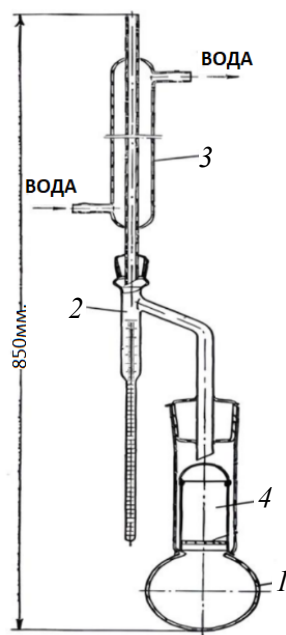


Рис. 2. Схема аппарата Закса ВН-2

Аппарат состоит из четырех частей: стеклянной круглодонной колбы 1, ловушки со шкалой 2, обратного стеклянного холодильника 3 и воронки Шотта 4. Колба, ловушка и холодильник соединяются между собой при помощи шлифов, затем собранный аппарат размещается на колбонагревателе.

Принцип работы аппарата Закса представлен следующим образом: в колбу 1 наливают до половины растворитель (толуол), затем устанавливают воронку Шотта 4 с предварительно взвешенным образцом в горловину колбы 1 и собирают весь прибор [2]. Установив циркуляцию воды в холодильнике, включается подогрев колбонагревателя. По мере закипания растворителя попавшая в колбу вода, содержащаяся в порах образца, вместе с толуолом поднимаются в холодильник, где происходит их конденсация. Конденсат воды, вытесняя толуол вследствие большего удельного веса, скапливается в нижней части ловушки, а растворитель – в верхней [3]. Окончание процесса устанавливают в момент, когда растворитель в ловушке и воронке Шотта становится совершенно прозрачным, а уровень воды стабилизируется. По окончании экстрагирования отключают колбонагреватель, аппарату дают остыть и затем, разобрав его, вынимают воронку Шотта с образцом, высушивают керн в сушильном шкафу до постоянного веса. Взвесив образец после экстрагирования и зная общую потерю в весе и ко-

личество воды, по разности определяют количество содержащейся в образце нефти [2]. После завершения определения количества воды также на испытуемых образцах породы проводилось измерение открытой пористости по ГОСТ 26450.1-85.

Проведенные исследования показали, что в среднем остаточная водонасыщенность по выборке исследуемых образцов составила 33,3 % (нефтенасыщенность – 67,7 %).

Зависимости остаточной водонасыщенности от пористости при этом не отмечается. Это свидетельствует о том, что полученные данные по содержанию остаточной воды отображают как матричную, так и слабоконсолированную часть породы, в то время как для исследования по определению остаточной водонасыщенности косвенными методами отбираются образцы преимущественно из матричной части породы.

Следует отметить, что, используя эти данные при обосновании величины нефтенасыщенности пород-коллекторов, которая необходима при подсчете запасов, необходимо учитывать данные, полученные как прямыми, так и косвенными методами. При этом для получения больших статистических данных, рекомендуется проводить дополнительные исследования на герметизированном керне (и здесь для коллекторов, имеющих слоисто-неоднородное строение, отбирать более масштабную выборку образцов по количеству и исследовать как матричную, так слабоконсолированную части).

Таким образом, после проведенных исследований можно выделить преимущества и недостатки дистилляционно-экстракционного метода. Преимуществами метода являются:

- возможность использования пробы породы (обломка), отобранного из центральной части керна, где коллекторские свойства, характер насыщения и смачиваемость имеют наилучшую сохранность. В то время как при применении косвенных методов невозможно использовать слабоконсолированные образцы, а также возможно изменение смачиваемости (в процессе пробоподготовки), что может напрямую влиять на значение остаточной водонасыщенности;

- простота пробоподготовки при отборе пробы породы и проведения опыта; возможно повторно использовать образец после определения остаточной водонасыщенности в последующих лабораторных испытаниях, таких как исследование фильтрационных емкостных свойств (использование микрообразцов для компьютерной томографии, пористость, капиллярная пропитка и пр.) [1]; определение минералогического состава.

К недостаткам метода можно отнести возможность незначительной потери части воды из-за конденсации в местах соединений прибора, что может повлиять на точность измеряемого параметра. Кроме проблем с точностью результатов к недостаткам относится длительное время эксперимента, которое может достигать до 3-х недель.

Л и т е р а т у р а

1. Казак, Е. С. Лабораторные методы определения водосодержания низкопроницаемых пород-коллекторов / Е. С. Казак, И. А. Родькина, Я. В. Сорокоумова // Вестник Московского университета. Серия 4, Геология. – 2022. – № 6. – С. 56–70.
2. Ковалева, Л. А. Физика нефтяного пласта / Л. А. Ковалева ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Башкир. гос. ун-т. – Уфа : РИЦ БашГУ, 2018. – 197 с. : ил.
3. Макфи, К. Лабораторные исследования керна: гид по лучшим практикам / К. Макфи, Дж. Рид, И. Зубизаретта. – Москва : Ин-т компьют. исслед., 2018. – 924 с.
4. Изучение дальнейшей перспективы освоения низкопроницаемых нетрадиционных пород-коллекторов отложений I–III пачки Речицкого месторождения : отчет о НИР / БелНИПИ-нефть, Гомель, 2022. – № 11-6.2021.