

Важными свойствами ПАВ являются:

- изменение межфазного натяжения на границе «вода – нефть» в зависимости от концентрации реагента;
- адсорбция;
- растворимость и совместимость растворов с пластовой и закачиваемой водами.

В результате выполненной работы после достижения приемлемой сходимости результатов гидродинамического моделирования с результатами фильтрационных исследований были уточнены форма относительных фазовых проницаемостей и ключевые параметры ПАВ-полимерной композиции. Уточненные параметры будут использованы для моделирования пилотного участка на полномасштабной модели и выбора оптимальной стратегии работ по повышению нефтеотдачи пласта.

### **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МАСШТАБНЫХ ЭФФЕКТОВ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫТЕСНЕНИЯ НЕФТИ ВОДОЙ НА ПОЛНОРАЗМЕРНОМ КЕРНОВОМ МАТЕРИАЛЕ**

А. А. Цагельник, Е. Н. Ходьков, А. А. Ерошенко

*РУП «Производственное объединение «Белоруснефть»*

*БелНИПИнефть, г. Гомель*

Изучение фильтрационных процессов на моделях пласта имеет важное значение в области нефтедобычи. Основными направлениями исследований являются: определение коэффициента вытеснения нефти различными флюидами, тестирование водоизоляционных составов, технологий по повышению нефтеотдачи пластов и тестированию технологических жидкостей различного назначения. Основным критерием, определяющим качество проводимых работ, является соблюдение принципа подобия путем создания условий максимально приближенных к естественным условиям выбранного объекта исследования. Ключевым при этом является подбор и подготовка кернового материала с необходимыми литологическими характеристиками и фильтрационно-емкостными свойствами (ФЕС).

Традиционные подходы к проведению исследований на стандартных образцах керна (диаметр 30 мм) ограничиваются главным образом изучением порового типа коллектора, при этом практически не учитывается сложное строение и неоднородности. Поэтому образцы полноразмерного керна (диаметр 60 мм и более), имеющие больший геометрический размер и объем, являются наиболее представительными объектами изучения и позволяют значительно снизить влияние масштабного фактора. Исследования на таких образцах более корректно отражают структуру порового пространства и фильтрующихся каналов, чем на образцах керна стандартного размера (рис. 1).

Исследования по определению коэффициентов вытеснения нефти водой в пластовых условиях были выполнены на полноразмерных образцах керна: № 6 (скв. 7 Давыдовского месторождения (D<sub>3el</sub>)); № 3 и 4 (скв. 299 Речицкого месторождения (D<sub>3sm</sub>)); № 5А и 5Б (скв. 238 Речицкого месторождения (D<sub>3ln</sub>)). Характеристики полноразмерных образцов представлены в таблице.



*Рис. 1.* Фотографическое изображение полноразмерных образцов керна и выпиленных из них образцов стандартного размера:

1 – полноразмерный образец № 6 и выпиленные из него стандартные образцы № 6А и 6Б (скв. 7 Давыдовского месторождения ( $D_{3el}$ )); 2 – полноразмерные образцы № 4 и 3 и выпиленные из них стандартные образцы № 3\* и 4\* (скв. 299 Речицкого месторождения ( $D_{3sm}$ )); 3 – полноразмерные образцы № 5А и 5Б и выпиленные из них стандартные образцы № 5А\* и 5Б\* (скв. 238 Речицкого месторождения ( $D_{3ln}$ ))

Для изучения влияния масштабных эффектов были также выполнены фильтрационные исследования по определению коэффициентов вытеснения нефти на моделях пласта, состоящих из образцов керна стандартного размера (диаметр 30 мм) и выпиленных из образцов полноразмерного керна, охарактеризованных выше. Направление выпиливания стандартных образцов керна из полноразмерных соответствовало направлению фильтрации флюидов. Подготовка к исследованиям как полноразмерных, так и стандартных образцов керна заключалась в экстрагировании от углеводородов и солей, сушке, создании остаточной водонасыщенности с последующим моделированием начальной нефтенасыщенности. Как видно из результатов исследований (см. таблицу), размер образцов керна, выбранных для экспериментов, оказывает заметное влияние на фильтрационно-емкостные свойства.

Так, на моделях пласта представленных терригенными отложениями (скв. 238 Речицкого месторождения ( $D_{3ln}$ )) с поровым типом пустотного пространства, фильтрация пластовых флюидов как на полноразмерных, так и на стандартных образцах происходит по сходной системе каналов. Фильтрационно-емкостные свойства образцов, а также значения коэффициентов вытеснения нефти сопоставимы. Достоверность получаемых результатов в данном случае не зависит от геометрического размера образца.

Для карбонатных сложнопостроенных коллекторов (скв. 7 Давыдовского месторождения ( $D_{3el}$ ), скв. 299 Речицкого месторождения ( $D_{3sm}$ )), ситуация не столь однозначная. Структуру пустотного пространства карбонатного коллектора, в общем случае, можно рассматривать как систему крупных пустот (каверны, трещины, очаги крупных пор), сообщающихся за счет системы более мелких пустот (микротрещины, мелкие поры). Таким образом, коэффициенты вытеснения нефти водой для сложнопостроенных в значительной степени могут зависеть как от подбора кернового материала (наличие неоднородностей), так и от геометрических размеров исследуемого образца.

Таблица

**Основные показатели вытеснения нефти водой из линейных моделей пласта, представленных полноразмерными и выпиленными из них стандартными образцами керна**

Наименование (обозначение) параметров	Значения параметров для моделей					
	Полноразмерные модели пласта			Стандартные модели пласта		
Номер модели	1	2	3	4	5	6
Номер скважины/месторождение/залежь	Скв. № 7, Давыдовское месторождение, D3el	Скв. № 299, Речицкое месторождение, D3sm	Скв. № 23, Речицкое месторождение, D3st	Скв. № 7, Давыдовское месторождение, D3el	Скв. № 299, Речицкое месторождение, D3sm	Скв. № 238, Речицкое месторождение, D3st
Структура порового пространства	Порово-трещинная	Порово-кавернозно-трещинная	Поровая	Порово-трещинная	Порово-кавернозно-трещинная	Поровая
Длина $l$ , см	11,093	10,040	12,770	10,306	3,653	10,651
Диаметр $D$ , см	5,85	6,26	6,20	2,90	2,89	2,90
Пористость $m$ , %	8,8	9,8	20,3	8,4	7,8	19,3
Газопроницаемость, мД	7,102	2,354	68,412	3,527	0,429	62,993
Начальная нефтенасыщенность, %	69,2	81,6	77,1	68,2	66,8	77,6
Остаточная нефтенасыщенность, %	35,7	33,4	32,3	37,5	33,7	32,0
Коэффициент вытеснения нефти, %	48,45	56,66	59,11	44,94	49,62	58,78

В результате выполненных экспериментов на полноразмерных образцах керна, а также выпиленных из них стандартных образцов установлено, что при определении коэффициента вытеснения нефти водой на керновом материале, имеющем сложную структуру порового пространства, следует учитывать масштабные эффекты, так как стандартные образцы керна не отражают полную картину фильтрационных свойств породы со сложнопостроенным типом коллектора, что может приводить к недостоверным результатам.

Так, на породах, представленных карбонатами и имеющих порово-трещинный и порово-кавернозно-трещинный тип, значения коэффициентов вытеснения водой на полноразмерных образцах на 3–7 % выше, чем на выпиленных из этого же материала стандартных образцах керна. Это объясняется высокой пространственной неоднородностью, выраженной в полноразмерных образцах, в то время как стандартные образцы в основном представлены плотной матричной частью породы, вытеснение нефти из которой возможно только при создании значительного перепада давления. При этом на образцах керна, представленных песчаниками и имеющих поровый тип коллектора, значения коэффициентов вытеснения нефти водой, определенные на стандартных и полноразмерных образцах керна, отличаются не значительно (в пределах погрешности измерений).

## Литература

1. Особенности изучения фильтрационных характеристик ориентированного керна сложнопостроенных карбонатных коллекторов / И. П. Гурбатова [и др.] // Вестн. ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2013. – № 9. – С. 79.
2. Нефть. Метод определения коэффициента вытеснения нефти водой в лабораторных условиях : ОСТ 39-195–86. – М., 1986.
3. Смехов, Е. М. Вторичная пористость горных пород-коллекторов нефти и газа / Е. М. Смехов, Т. В. Дорофеева. – Л. : Недра, 1987. – 96 с.
4. Ломизе, Г. М. Фильтрация в трещиноватых породах / Г. М. Ломизе. – М.–Л. : Госэнергоиздат, 1951. – 127 с.
5. Барентблатт, Г. И. Движение жидкостей и газов в природных пластах / Г. И. Барентблатт, В. М. Ентов, В. М. Рижик. – М. : Недра, 1984. – 208 с.
6. Породы горные. Методы определения коллекторских свойств : ГОСТ 26450.0–85.
7. Юрьев, А. В. Методические рекомендации по моделированию остаточной водонасыщенности в лабораторных условиях на образцах полноразмерного керна / А. В. Юрьев, Д. Б. Чижов // Arctic Environmental Research. – 2015. – № 1. – Р. 50–55.
8. С. McPhee, «Core Analysis: A Best Practice Guide» / J. Reed, I. Zubizarreta – Developments in Petroleum Science, 2015. – Vol. 64.
9. API RP 40 “Recommended Practices for Core Analysis” Recommended Practice, Second Edition, 1998.
10. Torsæter, O., Abtahi, M. «Experimental Reservoir Engineering Laboratory Work Book» Norwegian University of Science and Technology, Department of Petroleum engineering and Applied Geophysics, 2003.

УДК 622.276.5:550.064.45(476)

**НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ КЕРНА. ОСОБЕННОСТИ  
СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДИК ОТБОРА И ПОДГОТОВКИ КЕРНА  
К ЛАБОРАТОРНЫМ ИССЛЕДОВАНИЯМ**

**Д. А. Шенец, А. А. Ерошенко, В. В. Даниленко**

*РУП «Производственное объединение «Белоруснефть»*

*БелНИПИнефть, г. Гомель*

Керн – образец горной породы цилиндрической формы, извлеченный из скважины при бурении на стадии геологоразведочных работ. Важность изучения и исследования кернового материала заключается в получении первичной геологической информации – об особенностях строения нефтегазовых комплексов (залежей), литологического состава и генезиса, а также фильтрационно-емкостных и других свойствах пород-коллекторов. Комплексные лабораторные исследования, проводимые на керне, являются основой при интерпретации материалов геофизических исследований скважины (ГИС), сейсморазведки, а также открывают новые перспективные направления при поиске и разведке месторождений углеводородов.

Подготовка кернового материала к проведению лабораторных исследований должна соответствовать современным научным и производственным требованиям. Методики и схемы отбора образцов могут различаться в зависимости от степени изученности объекта, качества отобранного керна, а также планируемых видов лабораторных исследований.

На базе Центра обработки, исследования и хранения керна БелНИПИнефть РУП «ПО «Белоруснефть» при отборе образцов учитываются результаты комплексных работ, проводимых на этапе первичной обработки и изучения керна (рис. 1): измерение общей и спектральной гамма-активности керна; измерение объемной плот-