

УДК 622.27

ПРОГНОЗ ПОКАЗАТЕЛЯ СМАЧИВАЕМОСТИ ПРОДУКТИВНЫХ ПЛАСТОВ ПО ОБЪЕМНОМУ СОДЕРЖАНИЮ ОСТАТОЧНОЙ ВОДЫ FORECAST OF WETTABILITY INDEX IN PRODUCTIVE FORMATIONS BY VOLUME OF RESIDUAL WATER CONTENT

Р. Т. Ахметов, Ю. В. Зейгман, В. В. Мухаметшин, А. В. Андреев, Ш. Х. Султанов
R. T. Akhmetov, Yu. V. Zeigman, V. V. Mukhametshin, A. V. Andreev, Sh. Kh. Sultanov

Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа

*Ключевые слова: гидрофильность; водоудерживающая способность; продуктивный пласт;
коллекторские свойства*

*Key words: hydrophilic behavior; water retaining capacity; productive reservoir;
reservoir properties*

При выборе методов повышения нефтеотдачи важно знать характер смачиваемости продуктивного пласта [1–5]. Для характеристики степени гидрофильности продуктивного пласта нами предложено использовать эффективную толщину пленки остаточной воды на поверхности фильтрационных каналов коллектора [6–8], которая вычисляется через коллекторские свойства пласта: пористость, проницаемость и остаточная водонасыщенность в соответствии с формулой

$$\sigma_э = \frac{K_{во}}{(1-K_{во})^2} \sqrt{\frac{2K_{пр}}{K_n^m}},$$

где K_n — коэффициент пористости; $K_{во}$ — коэффициент остаточной водонасыщенности; $K_{пр}$ — коэффициент абсолютной проницаемости; m — показатель цементации.

Очевидно, если продуктивный пласт является гидрофильным, то средняя толщина пленки остаточной воды на поверхности фильтрационных каналов макси-

мальная и почти неизменная. По мере увеличения степени гидрофобизации коллектора суммарная доля гидрофобных участков поверхности фильтрационных каналов возрастает, что приводит к снижению средней толщины пленки остаточной воды.

Если продуктивный пласт является полностью гидрофобным, то очевидно, что средняя эффективная толщина пленки остаточной воды равна нулю.

В гранулярных коллекторах наблюдается тесная связь между эффективной толщиной пленки остаточной воды на поверхности поровых каналов и водоудерживающей способностью (ВУС) коллектора. Таким образом, объемное содержание воды на микроуровне определяется эффективной толщиной пленки остаточной воды [9–11, 14].

В работе [12] представлены некоторые данные лабораторного определения показателя гидрофильности и коллекторских параметров (пористость, остаточная водонасыщенность) из продуктивных карбонатных отложений Пермского края.

Исследованы образцы керна из продуктивных пластов Кокуйского, Ножовского, Куединского, Гожано-Шагиртского и других месторождений.

В коллекции исследованных пород присутствуют образцы карбонатных отложений верейского, башкирского и намюрского возрастов, то есть различных продуктивных пластов.

Дано сопоставление водоудерживающей способности продуктивных пластов Пермского края с показателем их гидрофильности в логарифмических координатах (рис. 1).

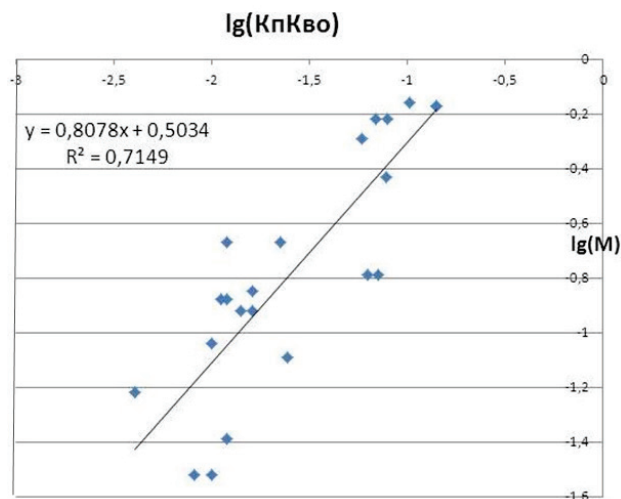


Рис. 1. Сопоставление показателя гидрофильности и водоудерживающей способности (ВУС) продуктивных коллекторов Пермского края

Несмотря на то что образцы керна принадлежат разным коллекторам самых различных месторождений, между показателем гидрофильности и ВУС коллекторов наблюдается достаточно тесная связь с коэффициентом корреляции, превышающим 0,8. Отсюда следует, что для конкретного продуктивного пласта можно ожидать еще более тесную (практически функциональную) связь между указанными параметрами.

В работе [13] представлены результаты лабораторных определений показателя гидрофобизации коллекторов газового месторождения Средний Тюнг, газоконденсатного месторождения Новый Уренгой и Ромашкинского нефтяного месторождения.

Степень гидрофобизации (θ_n) определялась как доля площади поверхности пор, занятая углеводородами [13].

Были исследованы 120 образцов нижнетриасовых и верхнепермских отложений месторождения Средний Тюнг, 60 нижнемеловых образцов месторождения Новый Уренгой и 40 девонских образцов Ромашкинского месторождения.

Далее эти образцы были разделены на классы в соответствии с эффективной пористостью согласно классификации А. А. Ханина.

В таблице 1 представлены данные о коллекторских свойствах и степени гидрофобизации образцов, заимствованных из работы [13]. Там же представлены наши расчетные данные о средней толщине пленки остаточной воды и величине водоудерживающей способности образцов (последние два столбца).

Таблица 1

Коллекторские свойства и степень гидрофобизации

Месторождение	Класс коллектора	Доли единиц, K_n	K_{np} , 10^{-15} м ²	Доли единиц от объема пор, $K_{во}$	Доли единиц площади поверхности пор, θ_n	Средняя толщина пленки остаточной воды, σ , мк	Водоудерживающая способность, $K_d K_{во}$
Средний Тюнг (газовое)	II	0,233	438	0,244	0,051	0,98	0,057
	III	0,171	65	0,354	0,101	0,75	0,061
	IV	0,142	14	0,535	0,203	0,63	0,076
Новый Уренгой (газоконденсатное)	II	0,190	158	0,176	0,052	0,52	0,034
	III	0,166	83	0,218	0,057	0,51	0,036
	IV	0,134	7,5	0,441	0,084	0,4	0,059
Ромашкинское (нефтяное)	II	0,183	569,4	0,07	0,258	0,41	0,013
	III	0,151	216	0,136	0,236	0,59	0,021
	IV	0,114	74,3	0,255	0,202	0,86	0,030

Как следует из анализа данных таблицы, с увеличением гидрофобизации образцов средняя толщина пленки остаточной воды закономерно уменьшается. В образцах Западной Сибири с улучшением коллекторских свойств гидрофобизация падает, а в образцах Ромашкинского месторождения, наоборот, наиболее гидрофобными являются образцы с наилучшими коллекторскими свойствами.

В образцах Ромашкинского месторождения наблюдается прямая связь между средней толщиной пленки остаточной воды на поверхности поровых каналов и водоудерживающей способностью коллекторов, а в образцах Западной Сибири связь между указанными параметрами обратная.

По величине показателя смачиваемости M породы классифицируются следующим образом [15]:

$M = 0-0,2$ — породы гидрофобные;

$M = 0,21-0,4$ — породы преимущественно фобные;

$M = 0,41-0,6$ — породы промежуточной смачиваемости;

$M = 0,61-0,8$ — породы преимущественно фильные;

$M = 0,8-1,0$ — породы гидрофильные.

В таблице 2 представлена характеристика смачиваемости пород башкирского яруса Бурейкинского месторождения Республики Татарстан, полученная в ТатНИПИнефть в лабораторных условиях.

Смачиваемость пород определялась по ОСТ 39-180-85 «Нефть. Метод определения смачиваемости углеводородосодержащих пород». Выполнено 46 определений на образцах керна башкирского яруса (скв. 4703, 4709, 4727, 4741, 7650, 9805, 7637). Там же представлены результаты расчета показателя M для образцов керна башкирского яруса по известным значениям коллекторских свойств (K_n , $K_{во}$, K_{np}). Коллекторские свойства получены также в лаборатории физики пласта ТатНИПИнефть на

образцах керна башкирского Бурейкинского месторождения в следующих скважинах: 4660 (4 обр.), 4709 (5 обр.), 4703 (1 обр.), 4727 (2 обр.), 7637 (1 обр.), 7650 (2 обр.), 9805 (3 обр.), 7650 (4 обр.), 9805 (17 обр.). Всего 28 образцов керна.

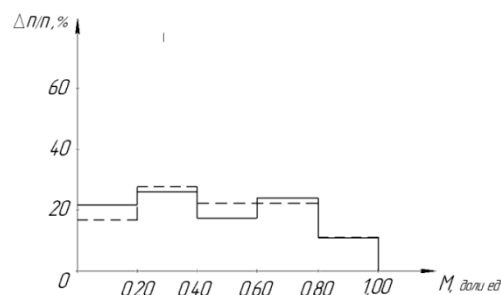
Анализируя данные таблицы 2 можно отметить, что значения показателя M , полученные в лабораторных условиях, хорошо согласуются с данными расчета показателя M по предлагаемой нами формуле.

Таблица 2

*Характеристика смачиваемости пород
Бурейкинского месторождения (башкирский ярус)*

Способ получения показателя M	Распределение образцов по величине показателя смачиваемости M , шт (%)				
	0–0,2	0,21–0,4	0,41–0,6	0,61–0,8	0,81–1,0
ОСТ 39-180-85	10 (21,7)	12 (26,1)	8 (17,4)	11 (23,9)	5 (10,9)
Расчет по предлагаемой формуле	3(16,7)	5 (27,7)	4 (22,2)	4 (22,2)	2 (11,1)

Данный вывод подтверждается также при сопоставлении гистограмм распределения показателя M (рис. 2), полученных по ОСТ 39-180-85 (сплошная линия) и по расчету по предлагаемой методике (пунктирная линия).



*Рис. 2. Сопоставление
показателей M , полученных
в лабораторных условиях
и по предлагаемой методике*

Выводы

- Показатель смачиваемости продуктивного пласта может быть с хорошей точностью оценен по величине водоудерживающей способности коллектора.
- Связь между показателем смачиваемости и ВУС коллектора желательно установить путем лабораторных исследований образцов керна, отобранного из продуктивного пласта.

Список литературы

1. Зейгман Ю. В., Мухаметшин В. В. Обобщение опыта заводнения залежей высоковязкой нефти в карбонатных коллекторах с целью повышения эффективности воздействия на пласт: учеб. пособие. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2009. – 134 с.
2. Зейгман Ю. В., Мухаметшин В. В. Обоснование соответствия систем заводнения особенностям геологического строения залежей // Нефтепромысловое дело. – 2009. – № 5. – С. 10–12.
3. Якупов Р. Ф., Мухаметшин В. Ш. Вопросы эффективности разработки низкопродуктивных карбонатных коллекторов на примере турнейского яруса Туймазинского месторождения // Нефтяное хозяйство. – 2013. – № 12. – С. 106–110.
4. Геолого-технологическое обоснование и прогнозирование применения методов увеличения нефтеотдачи для крупных нефтегазоносных территорий: учеб. пособие / Н. Ш. Хайрединов [и др.]. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 1997. – 116 с.
5. Термические методы увеличения нефтеотдачи: учеб. пособие / В. Е. Андреев [и др.]. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2004. – 195 с.
6. Ахметов Р. Т., Мухаметшин В. Ш., Андреев В. Е. Прогноз показателя смачиваемости продуктивных пластов по данным промысловой геофизики // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2016. – № 2. – С. 21–25.
7. Ахметов Р. Т., Мухаметшин В. Ш., Андреев В. Е. Фильтрационно-емкостные свойства и структура пустотного пространства продуктивных пластов: монография. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2015. – Ч. 1. – 94 с.
8. Математические методы обработки информации в нефтегазодобывающей промышленности: учеб. пособие / И. И. Абызбаев [и др.]. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2015. – 68 с.
9. Ахметов Р. Т. Остаточная нефтенасыщенность в рамках гантельной модели строения пустотного пространства породы // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2012. – № 12. – С. 39–42.
10. Ахметов Р. Т. Обоснование закона распределения поровых каналов гранулярных коллекторов // Нефтегазовое дело. – 2012. – Т. 10. – № 2. – С. 87–89.
11. Ахметов Р. Т. Гантельная модель пустотного пространства природных резервуаров нефти и газа // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2011. – № 5. – С. 31–35.

12. Сургучев М. Л., Колганов В. И., Гавура А. В. Извлечение нефти из карбонатных коллекторов: учеб. пособие. – М.: Недра, 1987. – 230 с.
13. Михайлов Н. Н., Семенова Н. А., Сечина Л. С. Условия формирования микроструктурной смачиваемости и их влияние на фильтрационно-емкостные свойства продуктивных пластов // Георесурсы, геознергетика, геополитика. – 2010. – № 1. – С. 30.
14. Ахметов Р. Т. Методика прогноза коэффициента вытеснения нефти водой по данным промысловой геофизики // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2011. – № 3. – С. 62.
15. Мухаметшин В. Ш., Андреев А. В., Ахметов Р. Т. Повышение эффективности использования ресурсной базы месторождений с трудноизвлекаемыми запасами нефти // Нефтегазовое дело. – 2015. – Т. 13. – № 4. – С. 122–125.

Сведения об авторах

Ахметов Расуль Тухбатулович, к. т. н., доцент, заместитель заведующего кафедрой разведки и разработки нефтяных и газовых месторождений, филиал Уфимского государственного нефтяного технического университета, г. Октябрьский, тел. 8(34767)65590, e-mail: vsh@of.ugntu.ru

Зейгман Юрий Вениаминович, д. т. н., профессор, заведующий кафедрой разработки и эксплуатации нефтяных и газонефтяных месторождений, Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, тел. 8(347)2420939, e-mail: jvzeigman@ya.ru

Мухаметшин Вячеслав Вячеславович, к. т. н., доцент кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и газонефтяных месторождений, Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, тел. 8(34767)65590, e-mail: vsh@of.ugntu.ru

Андреев Антон Вадимович, к. т. н., доцент кафедры разведки и разработки нефтяных и газовых месторождений, филиал Уфимского государственного нефтяного технического университета, г. Октябрьский, тел. 8(34767)65590, e-mail: vsh@of.ugntu.ru

Султанов Шамиль Ханифович, д. т. н., профессор кафедры геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений, Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, тел. 8(347)2416189, e-mail: ssultanov@mail.ru

Information about the authors

Akhmetov R. T., Candidate of Engineering, Associate-Professor at the Department of Exploration and Development of Oil and Gas Fields, Ufa State Petroleum Technological University, Oktyabrsky branch, phone: 8(34767)65590, e-mail: vsh@of.ugntu.ru

Zeigman Yu. V., Doctor of Engineering, Professor, Head of the Department of Development and Exploitation of Oil and Gas Fields, Ufa State Petroleum Technological University, phone: 8(347)2420939, e-mail: jvzeigman@ya.ru

Mukhametshin V. V., Candidate of Engineering, Associate Professor at the Department of Development and Exploitation of Oil and Gas Fields, Ufa State Petroleum Technological University, phone: 8(34767)65590, e-mail: vsh@of.ugntu.ru

Andreev A. V., Candidate of Engineering, Associate Professor at the Department of Exploration and Development of Oil and Gas Fields, Ufa State Petroleum Technological University, Oktyabrsky branch, phone: 8(34767)65590, e-mail: vsh@of.ugntu.ru

Sultanov Sh. Kh., Doctor of Engineering, Professor at the Department of Geology and Exploration of Oil and Gas Fields, Ufa State Petroleum Technological University, phone: 8(347)2416189, e-mail: ssultanov@mail.ru

УДК 608.2

ПРИМЕНЕНИЕ УСТРОЙСТВА ЗАПИСИ ДАННЫХ В ПРОЦЕССЕ ТЕСТИРОВАНИЯ И КАЛИБРОВКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ **USING A DATA LOGGER WHEN TESTING AND CALIBRATING MEASURING INSTRUMENTS**

Д. А. Бакин, С. Сриниваса Пай, Д. С. Леонтьев

D. A. Bakin, S. Srinivasa Pai, D. S. Leontiev

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень
Fluid Control Research Institute Under Ministry Of Heavy Industries & Public Enterprises,
Govt Of India, Kerala, India

Ключевые слова: устройство записи данных; калибровка; измерение; датчик давления; переменный ток; абсолютная погрешность

Key words: data logger; calibration; measurement; pressure transmitter; measurement; DC current; full scale error

Nowadays accuracy of measuring units is one of the most important industrial goals. In this case a proper testing and calibration plays a vital role. Pressure transmitters of different types are commonly used in production as well as treatment, transportation, storage, processing and distribution of oil and gas. These instruments convert the pressure sensed into proportional electrical signals like DC current, DC voltage etc. To facilitate and bring uniformity among wide-ranging industrial applications, currently such electrical outputs are standardized to certain fixed values like (4 to 20) mA, (0 to 10) V