УДК 550.8

ОБОСНОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА НЕФТЕГАЗОНАСЫЩЕННОСТИ ПЛАСТОВ-КОЛЛЕКТОРОВ

JUSTIFICATION OF HYDROCARBON SATURATION INDEX OF RESERVOIRS

Гаделева Диана Дамировна
магистр,
Башкирский государственный университет
mailGadeleva@mail.ru

Вахитова Гузель Ринатовна
кандидат технических наук,
доцент кафедры геофизики,
Башкирский государственный университет
guzel@geotec.ru

Аннотация. Изучено влияние степени смачиваемости на определение коэффициента нефтенасыщенности пластов-коллекторов путем построения стандартных зависимостей в пластовых условиях. Выполнена оценка характера насыщения с применением полученных петрофизических зависимостей.

Ключевые слова: смачиваемость, коэффициент водоудерживающей способности, параметр насыщения, коэффициент водонасыщенности (нефтенасыщенности), показатель насыщения, абсолютная отметка.

Gadeleva Diana Damirovna
Master,
Bashkir state university
mailGadeleva@mail.ru

Vakhitova Guzel Rinatovna
Candidate of technical sciences,
Associate professor of geophysics,
Bashkir state university
guzel@geotec.ru

Annotation. The effect of wettability on the determination of the oil saturation index ofreservoirs was studied by constructing normal dependencies in reservoir conditions. The saturation character is evaluated using the obtained petrophysical dependences.

Keywords: wettability index, water retention index,resistivity index, water saturation (hydrocarbon) index, saturation exponent, sea level.

Обоснование коэффициента нефтенасыщенности является одним из важнейших подсчетных параметров, как при подсчете запасов, так и в процессе промышленной разработки.Поэтому актуальной задачей, на сегодняшний момент,является не только нахождение коэффициента нефтнеасыщенности, но и определение с какой достоверностью был осуществленрасчет насыщения горных пород. Все вычисления осуществляются с использованием всех доступных данных: интерпретация ГИС, результаты лабораторных исследований на керне и испытания пластов.

Основным геофизическим параметром при расчете коэффициента водонасыщенности (нефтенасыщенности) является удельное электрическое сопротивление (УЭС) горных пород. Наибольшее влияние на УЭС пород-коллекторов оказывают следующие параметры: минерализация пластовой воды, температура, коэффициент пористости, геометрия порового пространства, пластовое давление, минеральный состав горной породы [1].

Помимо вышеперечисленных параметров, любопытным вопросом для исследования остается установление влияния различной степени смачиваемости образцов горных пород на электрическое сопротивление. В связи с тем, что смачиваемость влияет на насыщенность, многофазные течения, а также на параметры, определяемые по каротажу, информацию о смачивании пластов-коллекторов необходимо принимать во внимание в процессе исследования и разработки месторождений.

В данной статье на примере месторождения N Томской области была рассмотрена проблема гидрофильности и гидрофобности терригенных горных пород. На основании результатов анализа 140 образцов керна был произведен расчет показателя смачиваемости в лабораторных условиях. Значение показателя смачиваемости (M) варьируется от 0 до 1 доли ед. Принимая величину M = 0,5 за границу раздела между гидрофильными и гидрофобными породами, в работе был построен график зависимости газопроницаемости ($K_{пр}$) от коэффициента водоудерживающей способности ($K_{вс}$) (рис. 1). Из построенной зависимости прослеживается относительно четкое разделение образцов по предрасположенности к контактированию с определенным типом жидкости.

В связи с малым количеством образцов, на которых были определены показатели смачиваемости, и наибольшим числом результатов измерений газопроницаемости и коэффициента водоудерживающей способности (выборка состоит из 481 образцов), была рассмотрена возможность классификации на гидрофильные и гидрофобные породы без учета показателя смачиваемости (рис. 2).

В данном случае предположение об использовании $K_{вс}$ и $K_{пр}$ как дополнительного метода разделения пород по смачиваемости не оказалось верным. Таким образом, основным параметром деления пород по типу смачиваемости остается показатель смачиваемости.

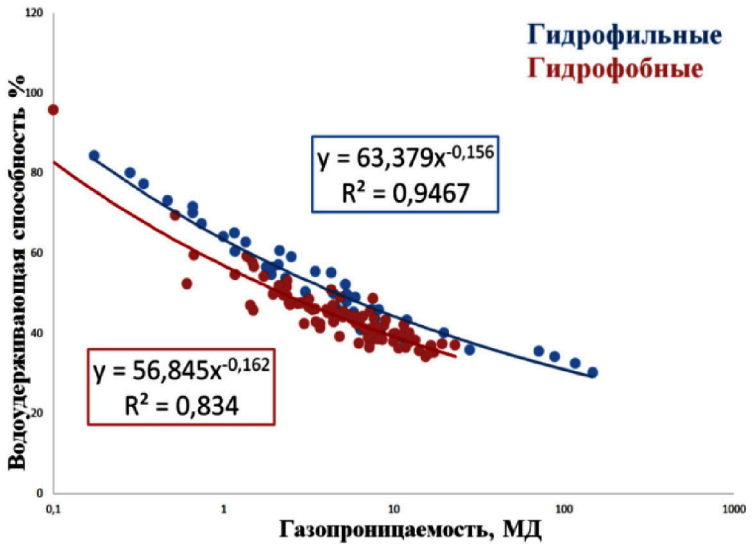

Рисунок 1 – Зависимость коэффициента водоудерживающей способности от газопроницаемости с учетом показателя смачиваемости

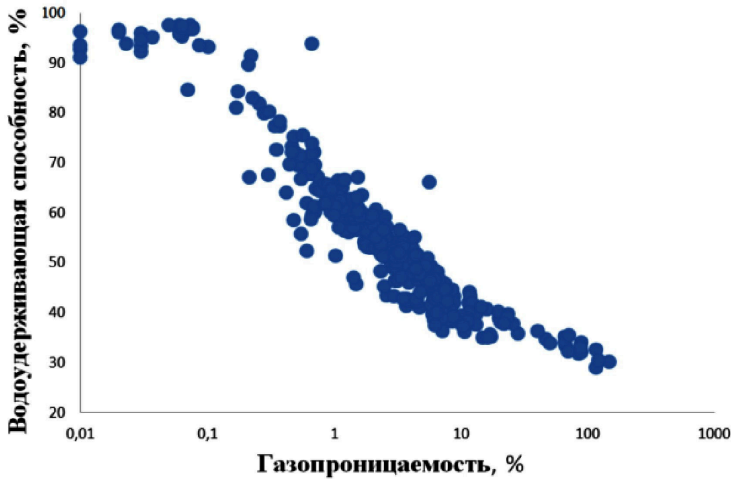

Рисунок 2 – Зависимость коэффициента водоудерживающей способности от газопроницаемости

С учетом вышеуказанного вывода применяем показатель смачиваемости и данные по УЭС для обоснования влияния гидрофильности и гидрофобности на коэффициент водонасыщенности.

Среди многочисленных моделей для расчета коэффициента водонасыщенности широкое применение получила формула Арчи-Дахнова:

$$K_в = \left(\frac{\alpha \cdot \rho_в}{\rho \cdot K_п^m} \right)^{1/n}, \quad (1)$$

где $K_в$ – коэффициент водонасыщенности; $K_п$ – коэффициент пористости; ρ – истинное сопротивление породы; $\rho_в$ – сопротивление пластовой воды; n – показатель насыщения; α – постоянная для определенного типа породы; m – структурный показатель или показатель цементации.

Применяя на практике формулу (1), строятся зависимости типа «керн – керн» следующего вида:

$$P_п = \frac{\alpha}{K_п^m}, \quad (2)$$

$$P_н = \frac{\beta}{K_в^{1/n}}. \quad (3)$$

Помимо всего прочего, образцы были отобраны по показателю смачиваемости в шести опорных скважинах, и для каждого типа смачиваемости строилась своя петрофизическая зависимость (рис. 3). Рисунок 3 показывает, что основной параметр, влияющий на зависимость $P_н = f(K_в)$ при учете смачиваемости – показатель насыщения.

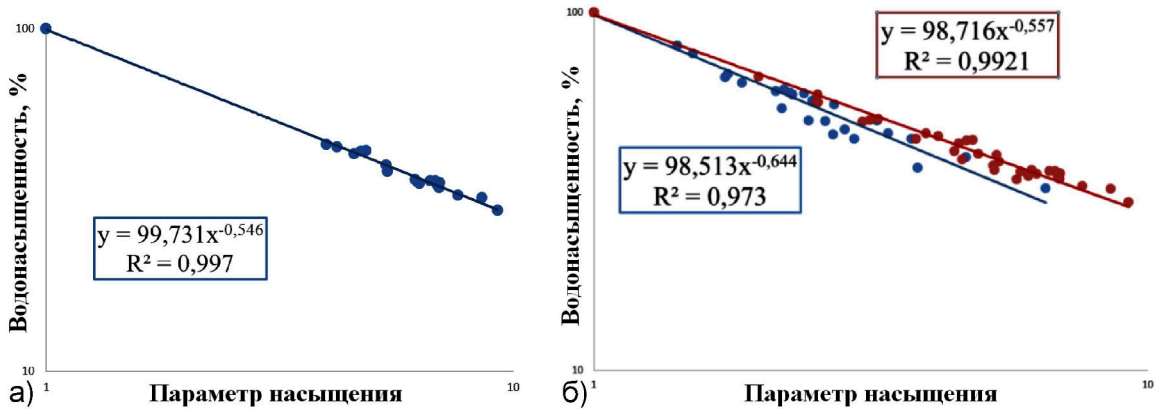

Рисунок 3 – Петрофизическая зависимость $P_н = f(K_в)$:
а) без учета смачиваемости по опорной скважине № 3;
б) с разделением по показателю смачиваемости по шести опорным скважинам

В работах Андерсона, Суини и Дженнингса, Лонтерона и Льюса [2] описывается влияние гидрофильности и гидрофобности на показатель насыщения. Основными выводами исследований Андерсона являются:

- для гидрофильных коллекторов показатель насыщения n приблизительно равен 2, а $K_в$ достаточно велик и образует непрерывную пленку воды на поверхности зерен;
- гидрофобные породы имеют низкий $K_в$, и n равен 10 или выше.

При наличии керновых данных по параметру насыщения $P_н$ и коэффициенту водонасыщенности становится возможным построение следующего типа зависимости: $M = f(n)$ (рис. 4). Из графика видно, что диапазон значений показателя насыщения включает n в пределах от 1,2 до 2. По графику можно судить и о граничном значении показателя насыщения по смачиваемости:

- $n < 1{,}6–1{,}7$ – гидрофильные образцы;
- $n > 1{,}6–1{,}7$ – гидрофобные образцы.

Стоит учесть, что классификация по типу смачиваемости пород-коллекторов, применяемая для месторождения N, является далеко не безупречной, что вполне может объяснить противоречие с выводами Андерсона относительно зависимости $M = f(n)$. Различные авторы помимо стандартной классификации используют следующие виды смачиваемости: нейтральная, избирательная и смешанная смачиваемость – которые более четко отражают реальные системы смачиваемости.

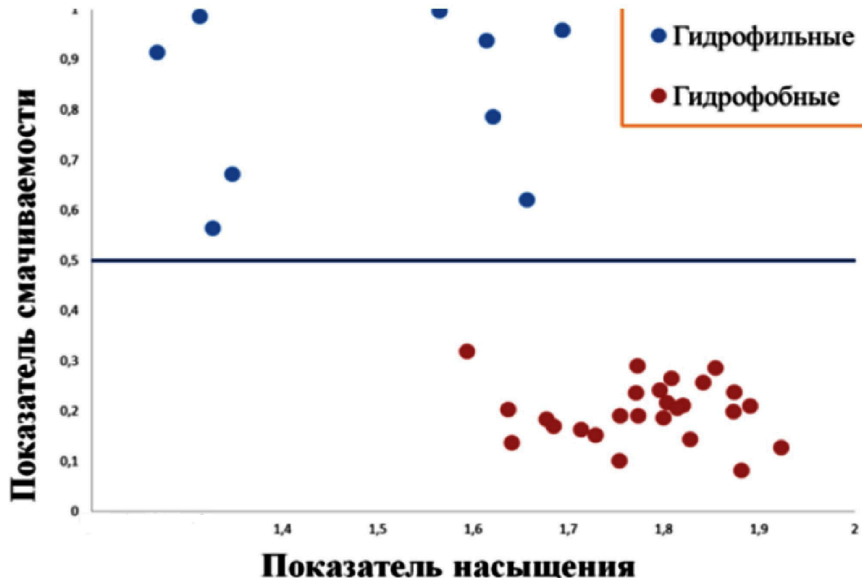

Рисунок 4 – Зависимость показателя смачиваемости от показателя насыщения

Для расчета коэффициента водонасыщенности, прибегая к рассчитанной зависимости $P_н = f(K_в)$ по керну, при интерпретации ГИС, следует найти зависимость показателя смачиваемости от такого геологического фактора, как гипсометрия (абсолютная отметка). Для построения такого рода зависимости были использованы пять опорных скважин месторождения N, учтено выявленное ранее граничное значение $M = 0{,}5$ и как итог определена абсолютная отметка, равная 2532 м, которую можно применить для разделения породы-коллекторы на гидрофильные и гидрофобные (рис. 5).

С учетом полученной гипсометрической отметки в 2532 м далее был рассчитан коэффициент нефтенасыщенности по ГИС. Эффективность использования петрофизической зависимости $P_н = f(K_в)$ по ГИС с учетом степени смачиваемости можно наблюдать, построив зависимость (рис. 6):

$$K_{н_смачиваемость} = f(K_{н_среднее}).$$

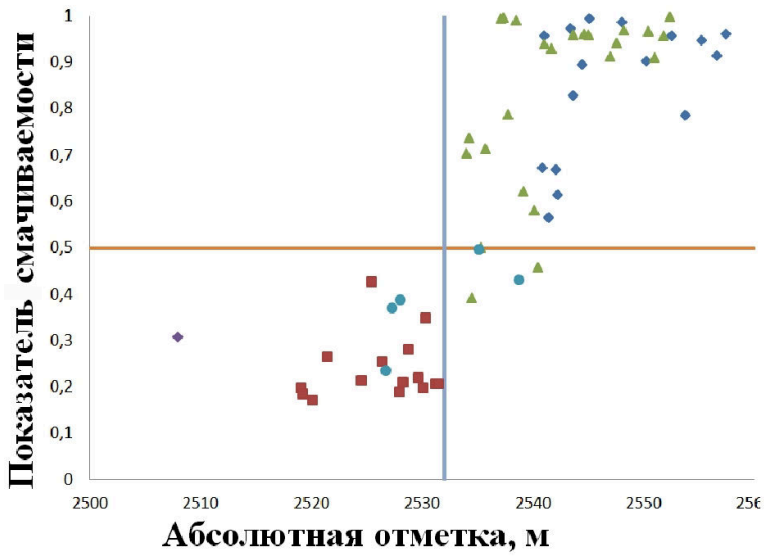

Рисунок 5 – Зависимость показателя смачиваемости от гипсометрии

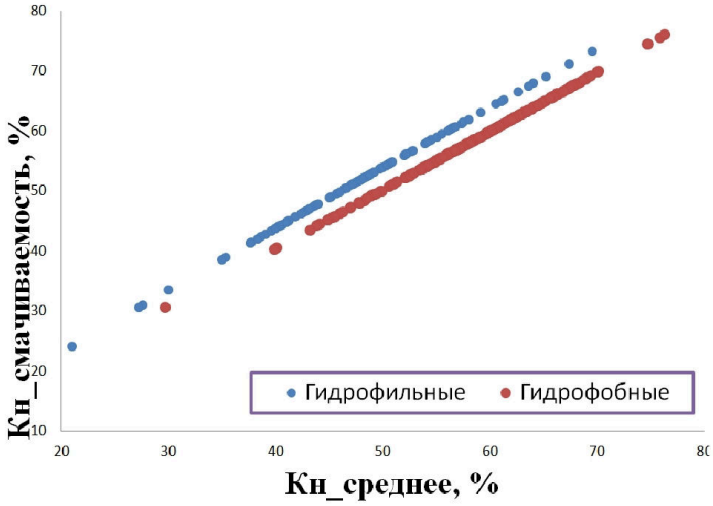

Рисунок 6 – $K_{н_смачиваемость} = f(K_{н_сред})$

Выводы

Таким образом, оказалось возможным показать влияние смачиваемости на коэффициент водонасыщенности пород-коллекторов месторождения N Томской области и построить стандартные петрофизические зависимости. Получена зависимость показателя смачиваемости от гипсометрии, которую в дальнейшем можно использовать как дополнительный критерий для разделения на гидрофильные и гидрофобные коллекторы результатов интерпретации ГИС.

Литература:

1. Меркулов В.П. Геофизические исследования скважин. – Томск : Изд-во ТПУ, 2008. – 139 с.
2. Джеббар Тиаб, Эрл Ч. Доналдсон. Петрофизика: теория и практика изучения коллекторских свойств горных пород и движения пластовых флюидов. – М. : Премиум Инжиниринг, 2009. – 838 с.

References:

1. Merkulov V. P. Geophysical surveys of wells. – Tomsk : TPU publishing house, 2008. – 139 p.
2. Dzhebbar Tiab, Earl Ch. Donaldson. Petrophysicist: theory and practice of studying of collection properties of rocks and movement of formation fluids. – M. : Premium Engineering, 2009. – 838 p.