

Бурение скважин и разработка месторождений

Shkandratov V.V. General Director of "KogalymNIPIneft", phone: (3452) 792-199

Bochkarev O.Yu. Deputy Head of Department for monitoring of oil and gas fields development, TPP "Kogalymeneftegaz", phone: (34667) 6-40-57

Karimov A.A. Engineer-technologist, Department for oil and gas production, TPP "Langepasneftegas", phone: (34669) 3-36-51

УДК:537.311.32: 622.276.4

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ВОДОНЕФТЯНОЙ ЭМУЛЬСИИ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕЁ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Л.А. Ковалева, Р.З. Миннигалимов, Р.Р. Зиннатуллин
(Башкирский государственный университет, г.Уфа)

Водонефтяная эмульсия, электромагнитное поле, диэлектрические свойства, тангенс угла диэлектрических потерь, резонансная частота

Water-oil emulsion, electromagnetic field, dielectric properties, dielectric loss tangent, resonance frequency

UDC :537.311.32: 622.276.4

Study of water-oil emulsion stability in the electromagnetic field depending on its dielectric properties. Kovaleva L.A., Minnigalimov R.Z., Zinnatullin R.R.

A problem of water-oil emulsion dehydration and possibility of high frequency electromagnetic field application to solve the problem are reviewed. The results of experimental studies of water-oil emulsion samples dielectric characteristics are presented. A degree of the emulsion break at high frequency electromagnetic control depending on its dielectric parameters is determined. Fig. 5, ref. 6.

При традиционных технологиях обезвоживания нефти не всегда удается получить качественную нефть из сырья с повышенным содержанием воды, хлористых солей и механических примесей [1,2]. При обезвоживании такой нефти более эффективным может оказаться метод, основанный на применении электромагнитного поля высокой частоты (ВЧ), при котором, механизм снижения агрегативной устойчивости эмульсий обусловлен специфическим характером взаимодействия полярных молекул межфазной оболочки с ВЧ полем.

При помещении эмульсий в электрическое поле полярные молекулы – диполи будут ориентироваться вдоль силовых линий поля. Процесс ориентации диполей характеризуется временем релаксации τ . Время релаксации определяется в основном свойствами диполя и взаимодействием его с окружающей средой, обладающей определенной вязкостью. Экспериментально τ оценивается как величина, обратная значению частоты поля f , при которой тангенс угла диэлектрических потерь $tg\delta$ принимает максимальное значение [3].

Эффективность действия электромагнитного поля определяется частотой приложенного поля и диэлектрическими свойствами (тангенсом угла диэлектрических потерь $tg\delta$ и относительной диэлектрической проницаемостью ϵ') эмульсии, которые характеризуют его поведение во внешнем поле [4,5]. Поэтому детальное исследование зависимости диэлектрических свойств эмульсий от частоты поля дает возможность установить область частот наиболее эффективного электромагнитного воздействия.

Бурение скважин и разработка месторождений

Учитывая, что при реализации предлагаемого способа разрушения водонефтяной эмульсии можно использовать выпускаемые для промышленных целей ВЧ генераторы, имеющие фиксированную разрешенную частоту генерации, на исследуемые образцы воздействовали высокочастотным полем одной из таких частот, равной 13,56 МГц. Обработка образцов полем осуществлялась при отсутствии гидродинамических воздействий, связанных с течением, то есть в статическом режиме.

Подобраны водонефтяные эмульсии, для которых частоты, соответствующие максимуму тангенса угла диэлектрических потерь, близки по значению к рабочей частоте ВЧ генератора (13,56 МГц).

Результаты исследований частотных зависимостей $tg\delta$ образцов представлены на рис.1.

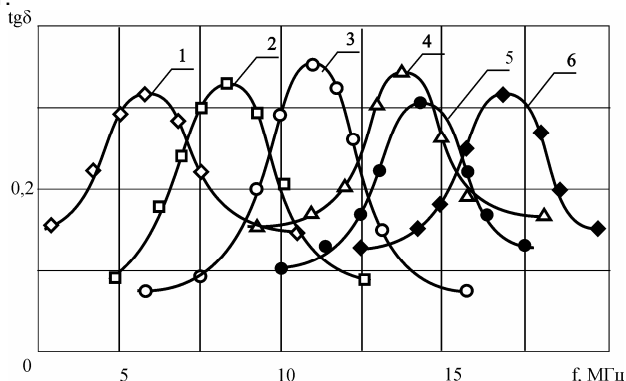


Рис. 1. Частотные зависимости $tg\delta$ для модельных водонефтяных эмульсий

Для исследованных образцов зависимость $tg\delta(f)$ имеет ярко выраженные максимумы в диапазоне частот 1-20 МГц (см.рис.1). Частоты, соответствующие максимумам $tg\delta$, с различной степенью приближены к рабочей частоте генератора, равной 13,56 МГц.

Для всех образцов предварительно определено индивидуальное время воздействия, при котором они нагревались до одинаковой температуры (80°C). Обработанные полем образцы сливались из рабочей ячейки в стеклянный отстойник, по истечении суток определялась доля выделившейся воды.

Результаты, полученные после воздействия на исследуемые эмульсии электромагнитным полем с частотой 13,56 МГц, представлены на рис. 2.

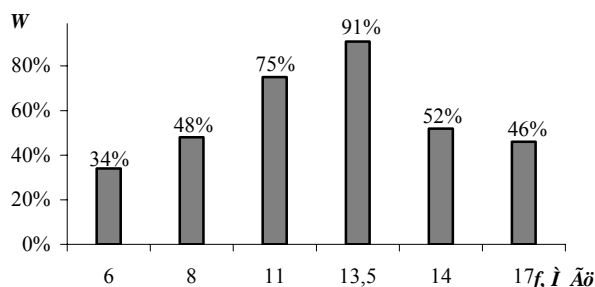


Рис. 2. Зависимость доли выделившейся воды из водонефтяной эмульсии в зависимости от её резонансной частоты

Анализ (см. рис.2) показывает, что эмульсия, у которой резонансная частота ближе к рабочей частоте ВЧ генератора (13,56 МГц), разрушается наиболее

Бурение скважин и разработка месторождений

эффективно. Это связано с тем, что при совпадении рабочей частоты генератора с собственной частотой молекул, из которых образована бронирующая оболочка эмульсии, происходит резонанс, вследствие чего идет резкое увеличение амплитуды молекул, приводящее к разрушению бронирующей оболочки.

Однако даже при совпадении резонансной частоты эмульсии с рабочей частотой генератора полного разрушения эмульсии не наблюдается. Это объясняется тем, что по мере нагрева среды и отслоения воды, резонансная частота для эмульсии смещается в область высоких частот. Тогда частота воздействия после выхода её из области ширины резонансной кривой эмульсии уже не оказывает ожидаемого эффекта. Для дальнейшего разрушения эмульсии необходимо выбрать иную частоту воздействия.

Такое смещение резонансной частоты, возможно, объясняется изменением диэлектрических свойств эмульсии и снижением её вязкости, во-первых, с увеличением температуры и, во-вторых, с уменьшением концентрации в ней воды, так как согласно теории Дебая, резонансная частота обратно пропорциональна вязкости жидкости [6]:

$$f_m = \frac{kT}{4\pi\eta\alpha^3}, \quad (1)$$

где f_m – частота, соответствующая максимуму тангенса угла диэлектрических потерь, k – постоянная Больцмана, T – температура, η – вязкость жидкости, α – радиус сферической молекулы.

Для проверки этого факта проведены исследования зависимости вязкости водонефтяной эмульсии от содержания воды в ней (рис. 3), откуда видно, что вязкость эмульсий увеличивается с повышением концентрации воды.

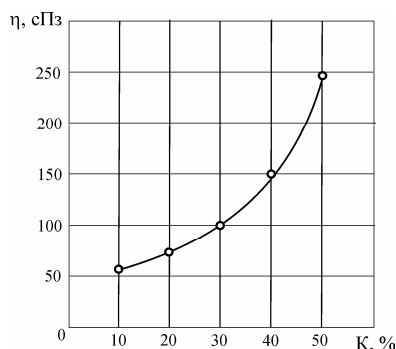


Рис. 3. Зависимость вязкости водонефтяной эмульсии от содержания воды в ней

Увеличение вязкости эмульсий с повышением концентрации воды в них обуславливается увеличением взаимодействия между каплями, благодаря более тесному сближению глобул воды, вследствие чего трение между слоями увеличивается и вязкость растёт, то есть с ростом концентрации резко возрастает агрегация капель, поскольку растет число капель, находящихся в тесной близости в каждый момент времени. При низких скоростях сдвига, не вызывающих серьезных изменений в структуре агрегатов, каждый агрегат ведет себя как отдельная сфера с объемом, большим, чем сумма объемов составляющих его капель, потому что внутри структуры удерживается некоторое количество непрерывной фазы. Это изменяет соотношение эффективных объемов дисперсной и непрерывной фаз. В условиях оптимальной упаковки агрегаты связываются в непрерывную сетку. Эти рассуждения подтверждаются фотоснимками микроструктуры водонефтяных эмульсий при различном содержании водной фазы (рис.4).

Для разработки методики контроля эффективности воздействия электро-

Бурение скважин и разработка месторождений

магнитного поля на эмульсию дальнейшие исследования проводили с одной конкретной эмульсией. Для водонефтяной эмульсии Варандейского месторождения с начальным содержанием воды 42% измерена частотная зависимость $\operatorname{tg} \delta(f)$, по которой определены частота $f_m = 14$ МГц, соответствующая максимальному значению тангенса угла диэлектрических потерь и частоты $f_1 = 10,1$ МГц и $f_2 = 17,5$ МГц для данной эмульсии из следующего соотношения:

$$\operatorname{tg} \delta(f_2, f_1) = 0,7 \operatorname{tg} \delta_m, \quad (2)$$

где $\operatorname{tg} \delta_m$ – максимальное значение тангенса угла диэлектрических потерь для эмульсии; f_1, f_2 – частоты электромагнитного поля при которых $\operatorname{tg} \delta = 0,7 \operatorname{tg} \delta_m$.

Далее исследованы зависимости $\operatorname{tg} \delta(f)$ для данной эмульсии при различном содержании воды K . По кривым $\operatorname{tg} \delta(f)$ для каждой эмульсии определены частоты f_m , соответствующие максимальным значениям тангенса угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg} \delta_m$. По зависимости $f_m(K)$ (рис. 5) определяется то количество воды K , после отслоения которой рабочая частота генератора не будет находиться в области ширины резонансной кривой для эмульсии.

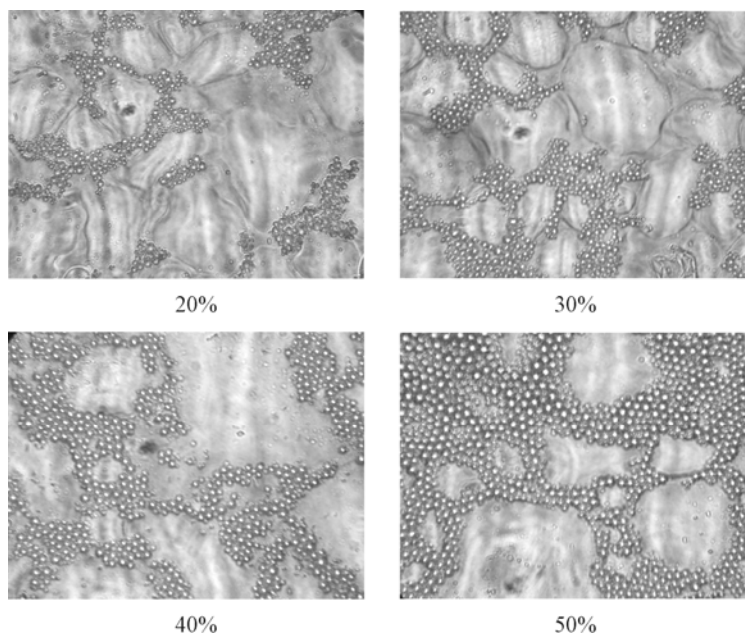


Рис. 4. Фотографии микроструктуры водонефтяной эмульсии при различном процентном содержании воды

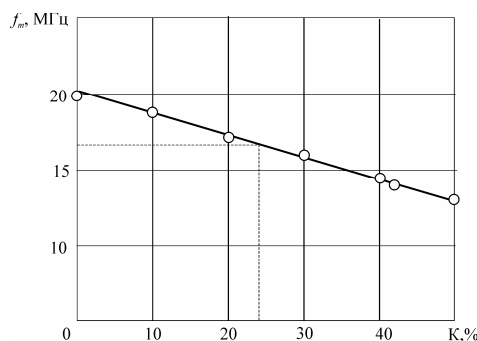


Рис. 5. Зависимость частоты, соответствующей максимуму тангенса

Бурение скважин и разработка месторождений

угла диэлектрических потерь для эмульсии, от концентрации в ней воды

Для исследуемой эмульсии $K=24\%$, поэтому после отслоения 24% воды заново исследовали зависимость $\operatorname{tg} \delta(f)$ и определили эффективную частоту воздействия, которая составила 18 МГц.

Таким образом, проведенные исследования показали, что для большинства образцов эмульсии диэлектрические параметры испытывают дисперсию в высокочастотном диапазоне частот 1–20 МГц, обусловленную наличием бронирующей оболочки на поверхностях капель воды, состоящих из АСВ. В этом диапазоне частот происходит резонансное взаимодействие полярных молекул нефти с электромагнитным полем, что приводит к разрушению бронирующих оболочек и расслоению эмульсии в целом.

На основе проведенных исследований разработана методика контроля эффективности действия электромагнитного поля, учитывающая изменение диэлектрических свойств эмульсии по мере отслоения воды.

Список литературы

1. Позднышев Г.Н. Стабилизация и разрушение эмульсий. – М: Недра, 1982.–222с.
2. Тронов В.П. Разрушение эмульсии при добыче нефти. – М: Недра, 1974. – 271с.
3. Дебай П., Закс Г. Теория электрических свойств молекул. – Л.-М.: ОНТИ, 1936. – 144 с.
4. Денисова Н.Ф., Чистяков С.И., Саяхов Ф.Л. К вопросу о диэлектрических свойствах эмульсий // Нефтяное хозяйство. 1972. № 9. – С. 58.
5. Саяхов Ф.Л., Хакимов В.С., Арутюнов А.И. и др. Диэлектрические свойства и агрегативная устойчивость водонефтяных эмульсий // Нефтяное хозяйство. 1979. №1. – С.36.
6. Ковалева Л.А., Миннигалимов Р.З., Зиннатуллин Р.Р. К исследованию диэлектрических и реологических характеристик водонефтяных эмульсий // Теплофизика высоких температур. 2008. Т.44. №5. – С.792.

Сведения об авторах

Ковалева Л.А., д.т.н., профессор, заведующая кафедрой «Прикладная физика», Башкирский государственный университет, г.Уфа, тел.:(3472)73-67-62

Миннигалимов Р.З., к.т.н., начальник департамента добычи нефти и газа ЗАО "Татойлгас", г.Альметьевск, тел.: (8553)25-02-85, Башкирский государственный университет, г.Уфа, тел.:(3472)73-67-62, e-mail: r1604@yandex. ru

Зиннатуллин Р.Р., к.т.н., доцент кафедры «Прикладная физика», Башкирский государственный университет, г.Уфа, тел.:(3472)73-67-62, e-mail: rasulz@yandex. ru

Kovaleva L.A. Doctor of Technical Sciences, Head of Department "Applied Physics", Bashkirski State University, Ufa, phone: (3472)73-67-62

Minnigalimov R.Z. Candidate of Technical Sciences, Head of Department for Oil and Gas Production, CJSC "TatOilgas", Almetievsk, phone: (8553)25-02-85

Zinnatullin R.R. Candidate of Technical Sciences, assistant professor of Department "Applied Physics", Bashkirski State University, Ufa, phone: (3472)73-67-62, e-mail: rasulz@yandex.ru

УДК 541.64

ОТКЛОНЕНИЕ СКОРОСТИ ДЕГАЗАЦИИ ЖИДКОСТИ ОТ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАВИСИМОСТИ В ВИХРЕВОМ ПОТОКЕ

Г.В. Бахмат, Н.С. Корнеева, Ю.В. Пахаруков, А.С. Симонов
(Тюменский государственный университет,
Тюменский государственный нефтегазовый университет)