



УДК 537.311.32: 541.182: 622.276.4

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРУШЕНИЯ ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ ВЫСОКОЧАСТОТНЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

Л. А. Ковалева, Р. Р. Зинатуллин, Р. З. Миннигалимов

Башкирский государственный университет, Уфа

Аннотация. Обоснована возможность применения высокочастотного электромагнитного поля для разрушения водонефтяных эмульсий. Приведены результаты диэлектрических измерений водонефтяных эмульсий при различном содержании воды в эмульсии, а также результаты экспериментальных исследований разрушения водонефтяных эмульсий в высокочастотном (ВЧ) электромагнитном (ЭМ) поле.

Ключевые слова: водонефтяная эмульсия, электромагнитное поле, тангенс угла диэлектрических потерь, резонансная частота

Одним из основных источников загрязнения окружающей среды в результате техногенной деятельности человека являются предприятия нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности. В результате аварийных ситуаций в трубопроводном транспорте нефти и нефтепродуктов, а также в результате производственной деятельности предприятий нефтепереработки в нашей стране накопилось огромное количество нефтешламов, которые усугубляют экологическую ситуацию. Надо акцентировать внимание на том, что нефтешламовые амбары находятся в местах, недоступных полю зрения большинства населения страны, и поэтому не столь заметны, как, например, выбросы заводских газов в атмосферу, но, несмотря на это, они причиняют большой вред природе.

Актуальность проблемы утилизации нефтяных шламов обуславливается двумя основными задачами: во-первых, это охрана окружающей среды, а во-вторых, использование содержащегося в их составе вторич-

ного сырья (углеводородов, редких металлов и других полезных компонентов).

В процессе обследования нефтешламовых амбаров выявлены следующие слои:

- 1 — верхний слой, состоящий из нефтяной эмульсии с содержанием нефтепродуктов 0.81–0.98;
- 2 — слой воды, содержащий до 0.65 нефтепродуктов;
- 3 — донный слой, содержащий до 0.65 нефтепродуктов;
- 4 — загрязненный грунт, содержащий до 0.08 нефтепродуктов;
- 5 — чистый грунт.

Основной задачей при утилизации нефтешламовых амбаров является обезвоживание верхних слоев, представляющих собой устойчивую водонефтяную эмульсию. Агрегативная устойчивость эмульсий главным образом обуславливается присутствием в нефти тяжелых высокомолекулярных полярных компонентов (смолы, асфальтены и др.), которые, адсорбируясь на поверхности капелек воды, образуют бронирующие оболочки и препятствуют слиянию, укрупнению и оседанию капелек воды. Минерализация и наличие других механических примесей увеличивает устойчивость эмульсии [1, 2].

Следовательно, методы воздействия на водонефтяную эмульсию, направленные на снижение агрегативной устойчивости, эффективное разрушение бронирующих оболочек эмульсионных капелек и создание благоприятных условий для их коалесценции составляют основу технологии обезвоживания.

В связи с тем, что асфальтены и смолы, которые представляют основу бронирующей оболочки, являются полярными веществами [3], представляется возможным использование эффектов резонансного взаимодействия высокочастотных (ВЧ) электромагнитных полей (ЭМП) с полярными компонентами нефтей для ослабления бронирующей оболочки и, как следствие, разрушения высокоустойчивых водонефтяных эмульсий.

Можно выдвинуть следующие механизмы, играющие решающую роль в физике процесса снижения устойчивости эмульсий.

1. Возникновение в мощном ВЧ поле различных термо- и гидродинамических эффектов в эмульсии, диэлектрическая проницаемость которой имеет дисперсию из-за наличия в нефти полярных компонентов, образующих пленки межфазного раздела в водонефтяных эмульсиях.

2. Возникновение разнонаправленных и различных по величине сил, действующих на пленку межфазного раздела из-за резкого различия диэлектрических свойств дисперсной фазы и дисперсионной среды и разного характера поляризационных эффектов.

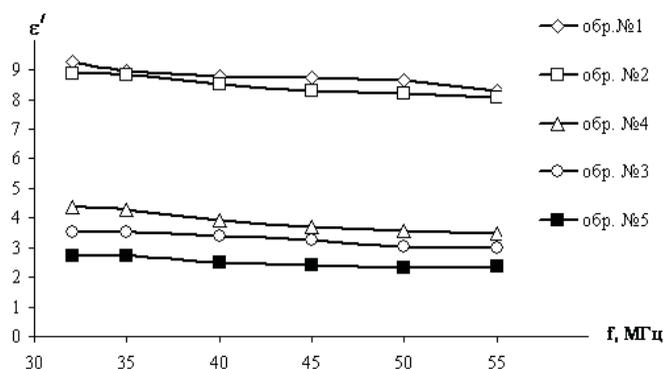


Рис. 1. Зависимость диэлектрической проницаемости образцов нефтешлама от частоты ЭМП

3. Появление сил давления на пленку межфазного раздела вследствие неравномерного нагрева отдельных фаз эмульсии в ВЧ поле.

4. Появление гидродинамических сил взаимодействия между каплями воды эмульсии в случае, когда частота внешнего поля соответствует собственной частоте колебания капель.

5. Изменение коэффициента межфазного натяжения в мощном ВЧ поле.

Степень проявления того или иного фактора определяется диэлектрическими свойствами водонефтяной эмульсии и частотой приложенного поля, которые характеризуют ее поведение во внешнем поле.

Поэтому необходимо детально исследовать зависимость диэлектрических свойств водонефтяных эмульсий от частоты поля. Полученные данные позволят установить область частот, в которых можно ожидать наиболее эффективного действия поля на эмульсию.

С этой целью были исследованы диэлектрические свойства образцов водонефтяных эмульсий с различным содержанием воды. Исследования проводились в диапазоне частот 30–300 МГц при температуре 293 К и атмосферном давлении. Полученные результаты приведены на Рис. 1, 2.

Из полученных графиков видно, что диэлектрическая проницаемость исследованных образцов в данном диапазоне частот имеет сравнительно большие значения, в то время как для обезвоженных нефтей диэлектрическая проницаемость колеблется в пределах $2.2 \div 2.4$ [4, 5]. Это говорит о том, что в образцах нефтешлама содержится вода, так как диэлектрическая проницаемость воды равна 81. Несмотря на это, исследуемые

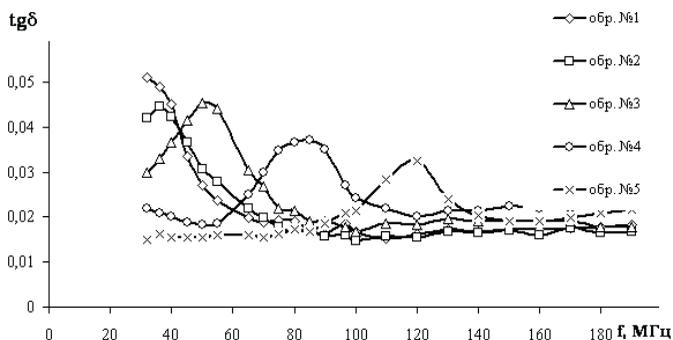


Рис. 2. Зависимость тангенса угла диэлектрических потерь для образцов нефтешлама от частоты ЭМП

образцы относятся к классу слабо проводящих диэлектриков и, следовательно, на эти вещества можно воздействовать ВЧ электромагнитным полем.

Из Рис. 2. видно, что для большинства исследованных образцов зависимость $\text{tg}\delta$ имеет ярко выраженные максимумы в рассматриваемом диапазоне частот. Это позволяет прогнозировать резонансное взаимодействие объектов с ВЧ полем. Наличие максимума в этих кривых говорит о том, что именно при той частоте, при которой tg имеет максимум, энергия поля особенно интенсивно поглощается полярными компонентами — асфальтенами, образующими бронирующие оболочки в эмульсии. Следовательно, при помещении такой эмульсии во внешнее поле с частотой, соответствующей максимуму поглощения, в ней могут возникнуть интенсивные термо- и гидродинамические эффекты, и прочность молекулярной связи между дипольными молекулами оболочки снизится. Это, в конечном счете, ослабит прочность всей оболочки, что, в свою очередь, приведет к разрушению водонефтяной эмульсии.

Далее на исследуемые образцы воздействовали высокочастотным полем промышленной частоты равной 13,56 МГц. Обработка эмульсии полем осуществлялась в отсутствие гидродинамических воздействий, связанных с течением эмульсии, то есть при статическом режиме.

Для каждого образца предварительно было определено индивидуальное время воздействия, при котором образцы нагревались до одинаковой температуры (80°С). Обработанные полем образцы сливались из рабочей ячейки в стеклянный отстойник и по истечении суток определялась доля

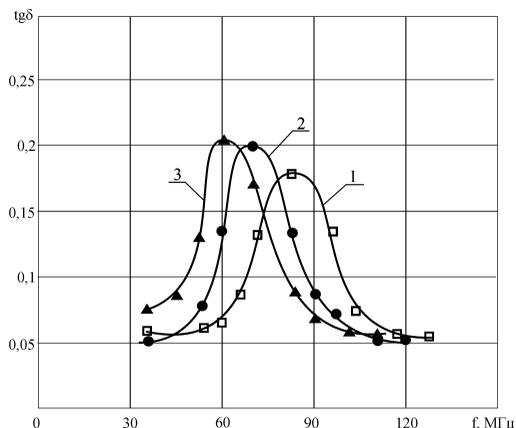


Рис. 3. Зависимость $\operatorname{tg} \delta$ от частоты внешнего ВЧ ЭМП для нефти (1) и эмульсий с различным содержанием воды: 2 — 0.2; 3 — 0.3

выделившейся из эмульсии воды. Результаты экспериментов приведены в Табл. 1.

Таблица 1

№ образца	1	2	3	4	5
Резонансная частота f_m , МГц	20	35	55	85	120
Кол-во отслоившейся воды, д.ед.	0.791	0.447	0.431	0.442	0.444

Из анализа Табл. 1 можно предположить, что при воздействии на образцы нефтешлама электромагнитным полем частотой 13.56 МГц эффективнее разрушается тот образец, для которого резонансная частота равна 13.56 МГц, либо частота воздействия входит в область ширины резонансной кривой для образца. Это наблюдается для образца № 1. В остальных случаях разделение воды, возможно, происходит за счет теплового воздействия.

По мере отслоения воды, согласно теории Дебая, резонансная частота для эмульсии будет смещаться в область высоких частот (Рис. 3), что объясняется уменьшением вязкости эмульсии по мере уменьшения количества воды в эмульсии. Тогда выбранная для данной эмульсии частота воздействия после выхода ее из области ширины резонансной кривой эмульсии уже не окажет ожидаемого эффекта.

Таким образом, для полного разрушения водонефтяной эмульсии под воздействием электромагнитного поля необходимо, чтобы на каждом этапе разрушения выполнялось условие нахождения рабочей частоты воздействия в области ширины резонансной кривой для эмульсии.

Список литературы

- [1] Бойков Н. М., Позднышев Г. Н., Мансуров Р. И. Сбор и промысловая подготовка нефти, газа и воды. М.: Недра, 1981. 261 с.
- [2] Тронов В. П. Разрушение эмульсии при добыче нефти. М: Недра, 1974. 271 с.
- [3] Денисова Н. Ф., Чистяков С. И., Саяхов Ф. Л. К вопросу о диэлектрических свойствах эмульсий // Нефтяное хозяйство. 1972. № 9. С. 58–60.
- [4] Саяхов Ф. Л., Хакимов В. С., Арутюнов А. И. и др. Диэлектрические свойства и агрегативная устойчивость водонефтяных эмульсий // Нефтяное хозяйство. 1979. № 1. С. 36–39.
- [5] Баширова Р. М., Саяхов Ф. Л., Хакимов В. С. Влияние высокочастотного поля на устойчивость водонефтяной эмульсии // Химия и технология топлив и масел. 1983. № 2. С. 23–28.