

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДОНЕФТЯНОЙ ЭМУЛЬСИИ

М.С. Зырянов, Е.В. Фомичев, Л.В. Чеканцева

Научный руководитель - доцент Л.В. Шишмина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Рост обводненности и продукции скважин и сопутствующие при этом осложнения заставляют вносить коррективы в технологию добычи нефти, системы сбора и подготовки продукции. Одной из наиболее сложных и часто встречающихся проблем при добыче механизированным способом является образование нефтяных эмульсий обратного типа. Процесс образования эмульсии носит сложный комплексный характер, определяемый большим числом влияющих факторов, в зависимости от которых подбирается метод предупреждения и борьбы.

В нефтяной промышленности самым распространенным из известных методов разделения эмульсий на нефть и воду является термохимическая деэмульсация [4]. При этом тратится тепло и огромное количество дорогостоящих деэмульгаторов, дозировка которых обычно варьируется в пределах от 20 до 200 г/т [4]. Одним из методов повышения эффективности термохимической обработки является использование магнитного поля. Метод магнитной обработки водонефтяной эмульсии изучается достаточно давно и получены результаты, доказывающие эффективность данного метода. Например, В.И. Лесин в своей работе [7] детально объяснил действие магнитного поля на водонефтяную эмульсию. Суть состоит в том, что происходит распад надмолекулярных агрегатов железа под влиянием магнитного поля или из-за влияния парамагнитных частиц, пребывающих на границе раздела фаз, взаимодействующих с внешним магнитным полем [4]. Энергия магнитного поля является одним из самых эффективных, экономичных и доступных видов энергии, ускоряющих различные процессы: увеличивается массо- и теплообмен, ускоряются химические реакции, снижаются механическое сопротивление и вязкость обрабатываемой среды.

Целью данной работы является исследование воздействия постоянного магнитного поля с различным расположением пар магнитов на реологические свойства исследуемой эмульсии и определение эффективности ее разделения на основании полученных результатов.

В качестве объекта исследования выбрана нефть Арчинского месторождения. В таблице 1 представлены физико-химические свойства нефти.

Таблица 1

Физико-химические свойства исследуемой нефти

Наименование	Ед. измерения	Значение
Плотность разгазированной нефти	кг/м ³	863
Вязкость разгазированной нефти: при 20 °С при 50 °С	мм ² /с	17,9 16,7
Массовое содержание:		
серы	%	0,44
смола	%	5,09
асфальтенов	%	1,60
парафинов	%	6,75

Согласно данной таблице можно отметить, что нефть относится к классу малосернистых и к типу средних нефтей [3].

Обводненность пробы была определена по ГОСТ 2477-2014 «Нефть и нефтепродукты. Метод определения содержания воды» по методу Дина и Старка и составила 36,8%. Эксплуатирующей компанией для разделения эмульсии используется деэмульгатор «Х». С целью снижения потребления деэмульгатора и увеличения скорости разделения эмульсии был применен комбинированный метод воздействия: постоянное магнитное поле и деэмульгатор «Х» [6].

Сотрудниками лаборатории отделения экспериментальной физики НИ ТПУ методом рентгеновской дифрактометрии было определено, что используемые магниты относятся к группе самарий-кобальтовых. Остаточная индукция – 0,2 Тл. Направление намагничивания – от большей по площади стороне к противоположной. Подтверждено известное из литературных источников [7] оптимальное расположение магнитов согласно линиям индукции магнитного поля вида N-S – S-N.

Для того чтобы определить эффективность воздействия магнитного поля на водонефтяную эмульсию были проведены опыты и выявлена оптимальная последовательность этапов обработки эмульсии. Порядок проведения эксперимента был следующий. Образец пробы объемом 150 мл пропустили по пластиковой трубке через магнетизатор, затем добавили химический реагент и перемешали в мешалке в течение 10 мин со скоростью 800 об/мин. Движение эмульсии проходило под действием гравитационных сил, время воздействия магнитного поля на эмульсию составило 7 с. Полученный образец исследовали методом оптической микроскопии. Намагниченную эмульсию в двух цилиндрах помещали в сушильный шкаф для термического обезвреживания, оставшуюся эмульсию использовали для определения вязкости и плотности. Измерение количества отделившейся воды проводилось через сутки [6]. Отметим, что в отличие от опыта в работе [6] настоящее исследование магнитного воздействия на реологические характеристики эмульсии проводилось через 180 суток хранения промысловой водонефтяной эмульсии.

СЕКЦИЯ 12. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ И ПЕРЕРАБОТКИ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ. ПОДСЕКЦИЯ 1 – УГЛЕВОДОРОДНОЕ СЫРЬЕ

Магнитную обработку эмульсии проводили при различном взаимном расположении магнитов (рис. 1). Для опытов были собраны пять пар магнитов на основе сплавов редкоземельных металлов неодим – железо – бор с габаритными размерами: длина – 40 мм, ширина – 20 мм. Далее номера экспериментов будут соответствовать номеру расположения пар магнитов.

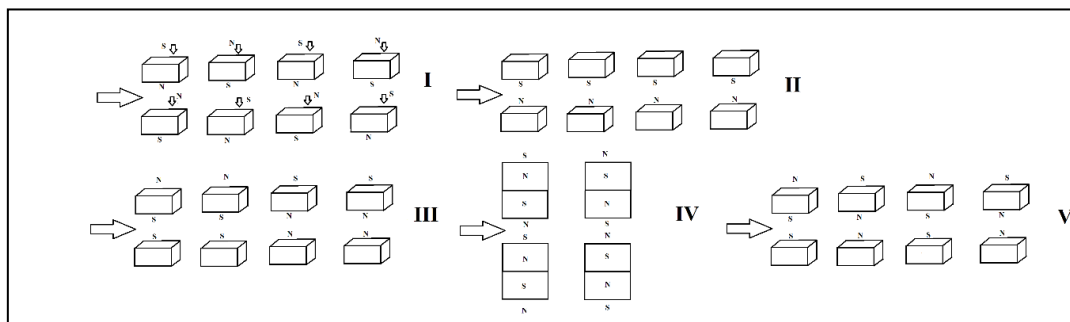


Рис. 1 Схемы расположения магнитов

Опыт, описанный в работе [6] с расположением магнитов по схеме №5, показал наилучший результат по количеству выделившейся воды после магнитной обработки эмульсии (таблицы 2 и 3). Это может быть связано с расположением пар магнитов, также происходит нарушение устойчивости эмульсии после добавления химического реагента, магнитное поле приводит к разрыхлению оболочек, бронирующих глобулы нефти, вследствие переориентаций в них соединений железа. Под воздействием магнитного поля глобулы воды могут изменять свою геометрическую форму, при изменении формы глобул будет увеличиваться площадь ее поверхности (так как происходит процесс растяжения), толщина бронирующего слоя уменьшаться, что является одной из составляющей процесса деэмульсации.

Эффективность магнитной обработки оценивали по количеству воды выделившейся из водонефтяной эмульсии в пробе.

Коэффициент эффективности деэмульгатора вычисляли по формуле:

$$K_{эф} = \frac{V_{выд}}{V_{\Sigma}};$$

где $V_{выд}$ – объем выделившейся воды, мл; V_{Σ} – содержание воды в пробе, мл.

Таблица 2

Доля выделившейся воды обработанной магнитным полем водонефтяной эмульсии

Номер схемы расположения магнитов	Объем выделившейся воды, мл	Коэффициент эффективности деэмульгатора, $K_{эф}$, %
1	10	27
2	10	27
3	8	21
4	4	11
5	36,8 [6]	100 [6]

После воздействия магнитным полем на водонефтяную эмульсию была определена плотность исследуемой эмульсии при разных расположениях магнитов (таблица 3) и с помощью ротационного вискозиметра Брукфильда получены значения динамической вязкости эмульсии, подвергшейся магнитной обработке и воздействию деэмульгатора (рис.2). Определение вязкости проводилось сразу после эксперимента.

Таблица 3

Результаты экспериментов по воздействию магнитного поля на водонефтяную эмульсию

Номер схемы расположения магнитов	1	2	3	4	5
Плотность эмульсии после обработки, г/см ³	0,880	0,886	0,883	0,891	0,891
Эффективная вязкость эмульсии после магнитной обработки при скорости сдвига 25с ⁻¹ , мПа•с	14,78	4,39	12,45	8,95	14,9
Среднеарифметический диаметр частиц, мкм	33	19	14	14	22
Среднеповерхностный диаметр, мкм	110	75	27	29	77
Микрофотография					

Измерения на вискозиметре проводились при температуре плюс 25 °С, при скоростях сдвига от 20 до 45 с-1. По данным, представленным на рисунке 2, можно видеть, что с увеличением скорости сдвига динамическая вязкость снижается. При использовании схем расположения магнитов №1 и №3 наблюдаются наиболее высокие значения вязкости (рис.2), что говорит об отрицательном эффекте магнитного поля. Опыт №2 показал лучший результат: вязкость образца обработанной эмульсии была наименьшей во всем диапазоне скоростей сдвига.

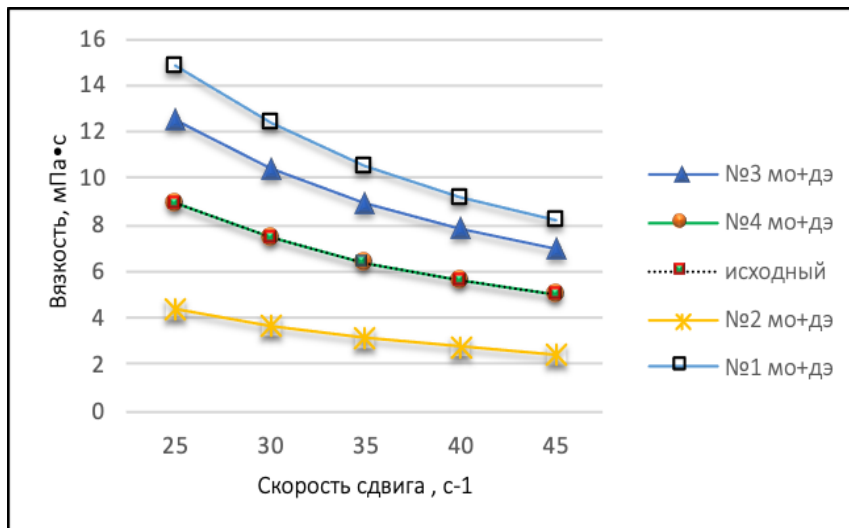


Рис. 2 Изменение вязкости исследуемой нефти в зависимости от скорости сдвига

Из графика (рис.2), мы видим, что в эксперименте №1 вязкость водонефтяной эмульсии после магнитной обработки самая высокая и превышает вязкость исходной эмульсии. Аналогичная зависимость установлена и для образца №3. В эксперименте с размещением магнитов по схеме №2 магнитная обработка оказала наиболее сильное влияние и привела к уменьшению вязкости по сравнению с исходным образцом.

Выбранный ранее метод магнитной обработки эмульсии с расположением магнитов N-S – S-N, описанный в работе [6], является более эффективным вариантом для создания магнитного поля и воздействия на водонефтяную эмульсию.

Литература

1. Будовая Е.А., Т.В. Новикова, Е.В. Бешагина, Ю.В. Лоскутова. Влияние химических реагентов и магнитной обработки на структурно-реологические свойства сборной нефти//Перспективы развития фундаментальных наук – Томск, 2012. – С. 327 – 329.
2. Вольцов А.А. Интенсификация процесса расслоения водонефтяных эмульсий путем их магнитно-вибрационной обработки: Автореф.дис.канд.техн.наук. - Уфа, 2006. – 122с.
3. ГОСТ Р 51858-2002. Нефть. Общие технические условия [Текст]. - Москва.: Госстандарт России, 2002. 16с
4. Доломатов М.Ю., Сабитов Р.С., Сафуанова Р.М., Телин А.Г. О разрушении углеводородных эмульсий под действием электромагнитных полей//Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов – Уфа, 2017. №2 – С. 39 – 51.
5. Ермеев А.М., Елпидинский А.А. О применении магнитного поля в процессах разрушения водонефтяных эмульсий//Вестник Казанского технологического университета – Казань, 2013. №2 – С. 170 – 173.
6. Зырянов М.С., Фомичев Е.В. Исследование способов воздействия магнитного поля на разделение водонефтяной эмульсии//Сборник трудов – Томск, 2019. – Том 2 – С. 107 – 109.
7. Лесин В.И., Дюнин А.Г., Хавкин А.Я. Изменение физико-химических свойств водных растворов под влиянием электромагнитного поля//Журнал физической химии. – 1993. – Т. 67. - №7. – С. 1561 – 1562.
8. Тудрий Г.А., Варнавская О.А., Хватова Л.К. Использование отечественного дезэмульгатора СНПХ-4810 в процессе подготовки нефти//Нефтяное хозяйство – 1998. №2 – С. 54 – 56.