

(a) (b)

Рис. 2. Динамика поля давлений, изобар (МПа) (а) и водосодержаний (б) в водной пене с начальным объемом содержанием воды $\alpha l_0 = 0,15$ [5]

Вывод. Математическая модель, исследуемая в [5] и критически оцененная в рамках данного анализа, имеет свои истоки из модели двухфазной газожидкостной среды, не включала уравнения сохранения энергии, движения и неразрывности, а также использовались термодинамические свойства компонентов при двухтемпературном и однодавленческом приближении уравнения состояния. Данная постановка и результаты представляют интерес для практики детального моделирования процессов в НГО.

Литература

1. Raspet R., Butler P. B., Jahani F. The reduction of blast overpressures from aqueous foam in a rigid confinement //Applied Acoustics. – 1987. – Т. 22. – №. 1. – С. 35-45.
2. Moxon N. T., Torrance A. C., Richardson S. B. Sound attenuation with foam //United Kingdom Patentlinebreak No. GB2199869A. – 1988.
3. Britan A. et al. Macro-mechanical modelling of blast wave mitigation in foams. Part I: review of available experiments and models //Shock Waves. – 2013. – Т. 23. – №. 1. – С. 5-23.
4. Ball G. J., East R. A. Shock and blast attenuation by aqueous foam barriers: influences of barrier geometry //Shock waves. – 1999. – Т. 9. – №. 1. – С. 37-47.
5. Агишева У. О. и др. Параметрический анализ режимов ударно-волнового воздействия на газожидкостные среды //Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа. – 2013. – №. 2. – С. 15-28.

К ВОПРОСУ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА РАЗРУШЕНИЕ ДИСПЕРСНЫХ СРЕД

Очиров Е.Э.

Научный руководитель профессор С.Н. Харламов
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Актуальность.

Электромагнитная обработка дисперсных сред, например, эмульсии типа «вода в масле» в динамическом режиме приводит к деэмульгированию структуры. Компоненты, присутствующие в исследуемых эмульсиях (асфальтены, смолы, парафины, сульфид железа и механические примеси), которые являются стабилизирующими агентами для сохранения оболочек и способствуют повышению их прочности, больше всего подвергаются воздействию электромагнитного поля, которое способствует рекомбинации процессов и значительных структурных преобразований в нефтяных системах.

Хорошо известно [1], что данный метод нетривиален, весьма специфичен, требует детального анализа при выяснении условий для эффективного использования, в силу чего актуальной представляется **цель работы:**

- определение достижений и критической оценке современного состояния результатов исследований эффективности влияния внешних полей на водонефтяную эмульсию;
- выработке предложений по совершенствованию методик их применения в практических приложениях, в частности, установления определяющих параметров, состава и структуры водонефтяной эмульсии, деталей схемы технологических установок.

Детали моделирования: проблемы и предложения.

Отметим, что важнейшей частью процесса разрушения водонефтяной эмульсии является деструкция «броневой» оболочки.

В частности в [1] было исследовано влияние различных режимов/видов постоянных магнитных и электромагнитных полей/параметров магнитной обработки (величина индукции, время, температура) на эффективность деэмульгации водонефтяных эмульсий.

Объектами исследования выступали образцы товарных эмульсий, полученные с объектов нефтедобычи, различающиеся по своему составу и свойствам. Представленные экспериментальные данные показали возможность разделения водной и масляной фаз промышленных эмульсий различного состава и содержания воды методом магнитной обработки.

Установлено, что как в режимах постоянного воздействия внешнего поля (магнитного/электромагнитного) формируются условия для интенсификации процесса деэмульгации эмульсий без применения деэмульгаторов. Подчеркивается, что в результате воздействия на образцы водонефтяной эмульсии постоянного магнитного и электромагнитного полей с индукцией 0,3–0,6 Тл может быть выделено до 99 % воды, содержащейся в исходном образце.

В таблице приведены отдельные характеристики исследуемых эмульсий, относящихся к распространенному типу обычных эмульсий «вода-в-масле», для которых нефть является сплошной диспергированной, а вода – дисперсной фазами.

Для подтверждения того, что масло является дисперсионной средой, был проведен тест с каплей эмульсии, помещенной в воду. Тест показал, что капля всплывает, но не растворяется.

Таблица

Характеристика эмульсий «вода-в-масле» [1]

Состав	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
Вода (мас.%)	54,0	15,0	37,5	9,7
Сульфид железа (мг/дм ³)	3230	1233	578	215
Механические примеси (масс.%)	1,35	0,32	0,64	1,17
Асфальтены (мас.%)	2,41	2,07	6,53	4,96
Смолы (мас.%)	6,92	12,17	10,42	9,63
Воски (мас.%)	2,16	0,92	0,38	1,03
Вязкость (сП)	230	174	197	216
Плотность (г/см ³)	0,9632	0,9845	0,9687	0,9706
Плотность водной фазы(г/см ³)	1,1082	1,0913	1,1205	1,1130

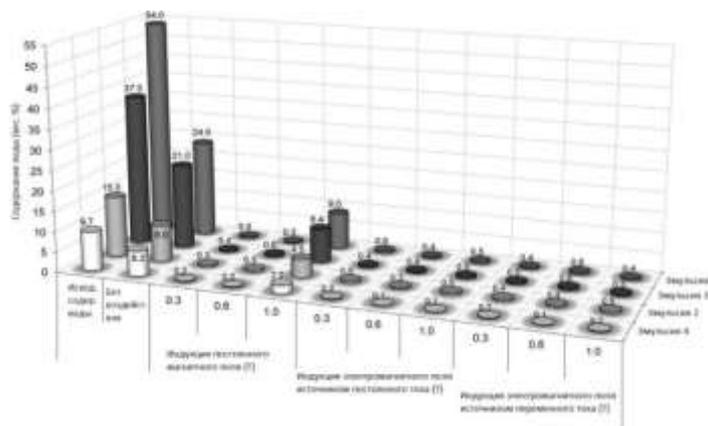


Рис. 1. Влияние индукции электромагнитного поля на содержание воды в масляной фазе, отделенной от эмульсии «вода-в-масле» [1]

Из рис.1 видно, что электромагнитное воздействие с индукцией 0,6 Тл в динамическом режиме обеспечивало отделение воды (до 99 %) от эмульсий «вода-в-масле» различного состава, в том числе обводненного, тогда как без электромагнитного поля, только при центрифугировании, отделение воды составило 56 %. Влияние постоянного и переменного электромагнитного поля было аналогично эффектам от действия постоянного магнитного поля. Важно отметить [1], что существенной разницы между эффективностью постоянного и переменного электромагнитного поля не обнаружено. Также установлено (см., например, [3]), что составы оболочек нефтяных эмульсий весьма разнообразны и включают такие стабилизирующие компоненты, как асфальтены, смолы, парафины, соли нафтеновых кислот и тяжелых металлов, твердые частицы минеральных и углеродистые суспензии с поверхностью,

СЕКЦИЯ 16. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ЧИСЛЕННО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССОВ В НЕФТЕГАЗОВОМ ДЕЛЕ

модифицированной полярными компонентами нефти; порфирины и их оксиды, содержащие тяжелые металлы. Весьма перспективным направлением совершенствования технологии подготовки нефти является внедрение в процесс методов, основанных на полях различной физической природы, например, электромагнитных, магнитных полях, а также применений технологии, включающих магнитную обработку добываемых водогазонефтяных смесей или воды с использованием магнитных наночастиц [3]. Системные эксперименты в [3] показали, что при низких температурах наночастицы снижают вязкость сырой нефти за счет смешивания с масляной фазой, то есть присутствие наночастиц в эмульсии В/М вызывает снижение температуры, что является очень важным экономическим фактором. Установлено, что в случае использования наночастиц с магнитными свойствами воздействие магнитного поля способно реально повысить эффективность деэмульгирования (см. рис. 2).



Рис. 2. Влияние магнитного поля на эмульсию [3]

Более того, из [1-3] следует, что в приложениях весьма эффективно для разделения водомасляной эмульсии функционирует устройство, создающее переменное электромагнитное поле во всем внутреннем объеме тела (см. рис.3), в котором интенсивность электромагнитного поля регулируется изменением напряжения питания электромагнитов.

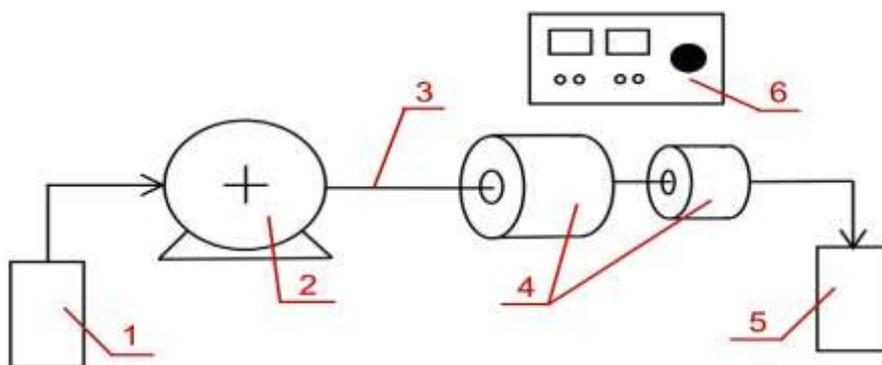


Рис. 3. Схема проточной лабораторной системы с электромагнитами: 1-контейнер для исходной пробы, 2-перистальтический насос, 3-фторопластовая трубка, 4-электромагниты (соленоиды), 5-контейнер для обрабатываемой пробы, 6-источник постоянного и переменного тока [1]

В [2] показано, что в ходе исследований образцы эмульсии обрабатывались постоянными магнитными и электромагнитными полями индукцией со значениями 0,3, 0,6 и 1,0 Тл. Действие магнитного поля на образцы оценивали путем сравнения результатов деэмульсации эмульсий, полученных с магнитным воздействием и без него.

Заключение. Детальный анализ современных проблем задачи позволяет утверждать, что магнитная обработка образцов водонефтяной эмульсии в динамическом режиме приводит к деэмульсации эмульсий. Компоненты, присутствующие в исследуемых эмульсиях, являющиеся стабилизирующими агентами для резервирования оболочек и способствующие повышению их прочности, больше всего подвергаются воздействию магнитного поля. Это способствует диффузионности в мелкомасштабных процессах переноса массы, нелинейности эффектов в смеси и формированию значительных структурных преобразований в нефтяных системах. Анализ этих эффектов требует применения термодинамического аппарата с учетом оценок влияния внешних полей на гетерогенные среды. А также дальнейшего выяснения эффектов разделения эмульсий в условиях, что магнитная обработка (воздействием постоянных магнитных и электромагнитных полей) образцов исследуемых эмульсий в динамическом режиме (с индукцией 0,3–0,6 Тл в течение 10 мин при температуре 20–60 °С) способна приводить к отделению воды до 99 %, в то время как при центрифугировании происходит отделение воды только до 56 %, при нагревании до 80 °С с последующим центрифугированием - до 67 %.

Литература

1. Зайковский В. В., Харламов С. Н., Муратов В. М. Экспериментальное исследование движения капель воды в водонефтяной эмульсии при разделении в неоднородном электрическом поле //Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2016. – Т. 327. – №. 10. – С. 22-34.
2. Сафин Д., Плеханов И., Сайфиев И., 2011. Способ разделения водонефтяной эмульсии и устройство для этого. Патент RU 2424844.

3. Юзефчак А., Влазло Р. Ультразвуковые исследования стабильности эмульсий в присутствии магнитных наночастиц // Успехи физики конденсированных сред. – 2015. – Т. 2015.

РАБОТЫ ГАЗОВЫХ СКВАЖИН В КОЛЛЕКТОРАХ С ВТОРИЧНЫМИ ФИЛЬТРАЦИОННО-ЕМКОСТНЫМИ СВОЙСТВАМИ

Русских А. С.

Научный руководитель профессор А. А. Орлов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В современных условиях запасы углеводородов, приуроченные к традиционным терригенным коллекторам «порового типа» находятся в стадии истощения. Потребность в добыче остается, поэтому добывающим компаниям приходится привлекать дополнительные ресурсы с продуктивными отложениями углеводородов, в частности, приуроченные к коллекторам с вторичными фильтрационно-емкостными свойствами. Низкая изученность фильтрационных процессов подобных залежей негативно сказывается на эффективности эксплуатации добывающих скважин и конечную отдачу углеводородов, связанную с низкой продуктивностью.

Технологические ограничения работы газовых скважин зависят не только от характеристик промыслового оборудования, но и от условий фильтрации в призабойной зоне, которые в свою очередь зависят от геологического строения, связанного с наличием вторичных пустотных пространств в коллекторах с вторичными фильтрационно-емкостными свойствами.

В отличие от нефтяных залежей, на успешность разработки газовых и газоконденсатных месторождений значительное влияние оказывает выбор оптимального технологического режима работы добывающих скважин, который включает в себя подбор (обоснование) таких параметров как:

- 1) величина максимально допустимой депрессии на пласт с учетом прочностных характеристик породы;
- 2) критическое значение скорости газа на забое, ниже которого в нем возникает скопление жидкости, в результате которого происходит «самозадавливание» скважин;
- 3) максимально допустимая скорость газа на устье газодобывающей скважины;
- 4) скорость коррозии оборудования.

При оптимизации технологических режимов работы газовых скважин все параметры, напрямую взаимосвязаны друг с другом – расширение границ максимально допустимой депрессии влечет за собой разрушение коллектора в призабойной зоне, увеличение дебита газовой скважины и, как следствие, увеличение устьевых скоростей, что негативно влияет на условия эксплуатации скважин и преждевременном износе промыслового оборудования.

Для решения данной проблемы целесообразно разработать аналитическую модель определения критических значений технологических параметров, при которых добывающий фонд газовых скважин будет работать стабильно, с минимальным выходом, связанным с низкодбитностью скважин, отсутствием дорогостоящего ремонта и отказов оборудования вследствие его коррозионного износа.

На примере месторождений Кандымской группы республики Узбекистан, продуктивные отложения которых представлены карбонатным коллектором авторами была разработана аналитическая модель для обоснования технологических ограничений работы газовых скважин, в основу которой легли известные уравнения из геомеханики и гидродинамики газожидкостных смесей.

Основываясь на полученных результатах работы по оценке прочностных характеристик пород [2], были рассчитаны величины максимально допустимой депрессии, учитывающие прочностные характеристики пород призабойной зоны скважин. Максимально допустимая депрессия на пласт, была рассчитана с учетом соблюдения устойчивости пород в призабойной зоне пласта.

По причине того, что призабойная зона пласта не обладает первоначальными прочностными характеристиками вследствие вскрытия продуктивного разреза бурением скважин, были исключены образцы, обладающие высокими значениями пределов прочности в интервале 70-168 МПа. В ходе расчетов полученная величина допустимой депрессии составила 10 МПа.

Поддержание скорости газа на входе в колонну насосно-компрессорной трубы с превышением минимально допустимого дебита необходимо для выноса твердых частиц и жидких капель критического диаметра и предотвращения самоглушения скважины [4].

Исходя из этого, критическим параметром, характеризующим минимально допустимое условие работы скважины, был выбран вынос жидкости с забоя скважины.

Минимальный дебит газа, при котором происходит вынос жидкости с забоя скважины, рассчитывался по формуле Точигина А. А. [5]. В ходе расчетов было получено значение скорости газа, обеспечивающее вынос жидкости с забоя скважины – 2,5 м/с, минимальный дебит газа составил 65 тыс. м³/сут (значение минимального дебита газа рассчитано при текущем значении забойного давления). Значения скорости газа при минимальном давлении на забое в бескомпрессорный период эксплуатации – 1,7 м/с и минимальном дебите газа – 55 тыс. м³/сут, значение скорости газа на конец разработки составит 1,5 м/с, при минимальном дебите газа – 8 тыс. м³/сут.

В основе известных методик [2], применяемых мировыми газодобывающими компаниями для обоснования выбора ограничения максимальной скорости газа на устье, заложен абразивный износ оборудования, связанный с выносом твердых частиц в газосборную сеть и эрозией стенки трубы.

Однако для Кандымской группы месторождений такой подход не применим по причине того, что продуктивные горизонты сложены карбонатными коллекторами, обладающими I классом абразивности. Вследствие