

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И СТРУКТУРУ ЖИДКИХ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

*Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины,
пр. Октябрьский, 43 а, Николаев, 54018, Украина, dioo@ipt.com.ua*

Введение

Возможность влияния на физико-химические свойства и структуру гетерогенных систем – смеси тел разной физической и химической природы – имеет большое значение в управлении свойствами дисперсных систем и выдвигает необходимость разработки принципов управления свойствами с учетом закономерностей физико-химических явлений и процессов в таких средах [1]. Разработка принципов управления физико-химическими, физико-механическими и другими свойствами дисперсных систем естественного, техногенного и синтетического происхождения весьма актуальна в связи с их значением в большинстве существующих технологий, а также при разработке новых технологических процессов.

Особую актуальность представляют проблемы, возникающие при эксплуатации нефтяных месторождений на стадии подготовки нефти и на нефтеперерабатывающих заводах. В частности, это проблемы, вызванные осложнением подготовки нефти, в которой сформированы мелкодисперсные высокоустойчивые эмульсии. Формирование высокоустойчивых эмульсий связано с широким применением эффективных химических и физико-химических технологий увеличения нефтеотдачи пластов, связанных с использованием поверхностно-активных веществ, приводящих к формированию мелкодисперсных высокоустойчивых эмульсий.

К наиболее эффективным и распространенным методам разрушения нефтяных эмульсий следует отнести воздействия электрическими полями [2–4]. Однако в электродегидраторах при разделении нефтяной и водной фаз между ними образуется промежуточный слой, представляющий собой мелкодисперсную высокоустойчивую эмульсию, загрязненную механическими примесями, выводимую в специальные амбары-накопители. Амбары-накопители, в которых собираются так называемые "ловушечные нефти", являются угрозой экологической безопасности окружающей среды.

На решение этой актуальной проблемы направлены работы многих ведущих фирм США, Англии, Японии, России и др. Однако и у них до сих пор нет достаточно эффективных методов регулирования свойств высокоустойчивых эмульсий – снижения вязкости, увеличения степени дисперсности твердых включений, ослабления коллоидной системы путем ослабления взаимодействия между структурообразующими компонентами без изменения исходного химического состава среды. Анализ современных литературных источников показывает, что в настоящее время практически отсутствуют исследования по использованию импульсного электроразрядного (ЭР) воздействия в процессах управления свойствами нефтяных дисперсных систем, в частности высокоустойчивых эмульсий.

В то же время исследования ЭР воздействия на различные дисперсные системы, выполненные специалистами ИИПТ НАН Украины, доказали принципиальную возможность изменения и регулирования их физико-химических свойств. Так, в работах [5–7] представлены результаты экспериментов по изучению влияния ЭР воздействия на высоковязкую гетерогенную грубодисперсную систему с большим количеством коксовых частиц. Оказывается, существует возможность стабильного ослабления коллоидной системы за счет диспергирования крупных коксовых частиц размером 10–25 мкм до размеров ниже 5 мкм и снижения вязкости примерно в 2 раза.

Цель настоящей работы – изучение влияния параметров импульсного электрического поля на физико-химические свойства и структуру высокоустойчивых эмульсий.

Методика экспериментов

Для исследований были выбраны два вида нефти, характеристики которых представлены в табл. 1.

Таблица 1. Физико-химические характеристики нефти

Происхождение нефти	Параметры нефти		
	Обводненность O , %	Плотность при 50 °С, кг/м ³	Солесодержание, %
1. Малодевичское месторождение (Украина, Черниговская обл.)	24	876	35
2. Каражанбасское месторождение (Казахстан)	Безводная	920	-

Из нефти готовились высокоустойчивые эмульсии обратного типа, величина глобул полярной жидкости – воды в нефти близка к размеру коллоидных частиц и составляла около 10 мкм. Данный тип эмульсий был выбран для исследования как наиболее характерный для реальных условий при добыче и в технологических операциях подготовки нефти.

Физико-химические характеристики эмульсий приведены в табл. 2. Номера эмульсий в табл. 2 совпадают с номерами нефти в табл. 1, на основе которых эти эмульсии приготовлены.

Приготовление эмульсии осуществлялось способом перемешивания компонентов, при котором учитывались оптимальная скорость и время перемешивания [8]. Известно [8], что для приготовления высококонцентрированных эмульсий необходимо ввести в систему третье вещество (эмульгатор, или стабилизатор). Но, поскольку дисперсионной средой в исследуемых эмульсиях служит нефть, которая уже содержит вещества (асфальтены, смолы, парафины, и др.), являющиеся стабилизаторами эмульсии, дополнительные эмульгаторы при этом не вводились.

Таблица 2. Физико-химические характеристики эмульсий

Характеристики	Эмульсии	
	№ 1	№ 2
Солесодержание, %	15,0	35,0
Обводненность, O %	25,0	25,0
Удельная электропроводность дисперсной фазы, Ом ⁻¹ м ⁻¹	3,21	5,02
Плотность эмульсии при температуре 50 °С, кг/м ³	971	934

Эмульсия № 1 была естественного происхождения (из добывающей скважины) и имела минерализацию 35% ($\sigma_1 = 5,2 \text{ Ом}^{-1}\text{м}^{-1}$). Воду минерализацией 15% (удельная электропроводность $\sigma_1 = 1,035 \text{ Ом}^{-1}\text{м}^{-1}$) использовали для приготовления эмульсии № 2. Перед перемешиванием компоненты подогрели до температуры 60 °С и заливали в мешалку объемом 450 см³ и перемешивали в течение 120 с при скорости вращения 12000 об/мин. Затем эмульсия помещалась в термостат при температуре 60 °С, так как при нагревании жидкой дисперсной системы увеличивается ее кинетическая энергия, что приводит к общему росту скорости движения молекул и частиц. Эмульсия считалась стабильной, если ее агрегативная устойчивость была более 120 часов, то есть эмульсия не расслаивалась после пяти суток отстоя.

После обработки эмульсия переливалась в стеклянную емкость и помещалась в термостат, где выдерживалась от 24 до 48 часов при температуре 60 °С, после чего устанавливалась остаточная обводненность O_1 , которая определяет количественно остаток дисперсной фазы.

Исследование закономерностей ЭР воздействия на изменение свойств высокоустойчивых эмульсий проводилось на стенде, показанном на рис. 1. В качестве источника питания электроразрядной схемы использовались автотрансформатор 1 типа РТТ-25/05 и высоковольтный трансформатор-выпрямитель 2 типа ВТМ-20/50-72. Напряжение на входе в ВТМ-20/50-72 изменялось посредством автотрансформатора РТТ-25/05, который получал питание от щита управления 3. Заданное с помощью высоковольтного трансформатора-выпрямителя напряжение подавалось на одну из электроразрядных схем 4, откуда импульсы следовали в рабочую камеру.

Измерительный комплекс 6 состоял из токоограничивающего резистора, делителя напряжения и киловольтметра, с помощью которого осуществлялись установка и контроль рабочего напряжения, подаваемого на ЭР схему. Кроме того, измерительный комплекс содержал делитель напряжения, шунт и осциллограф типа С 9 – 8. Благодаря им регистрировались напряжение между электро-

дами рабочей камеры и ток через эмульсию. Количество произведенных разрядов в каждом эксперименте фиксировалось счетчиком импульсов типа ПСО2–08А. Разряд импульсных конденсаторов через резистор и закорачивание электроразрядной схемы при снятии электропитания осуществлялись с помощью электроблокировок 7 и 8. Управление экспериментальным стендом осуществлялось с пульта управления 9.

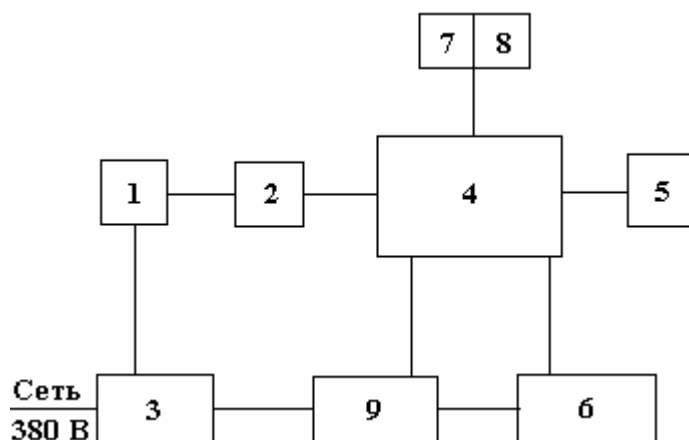


Рис. 1. Блок-схема экспериментального стенда: 1 – автотрансформатор РТТ-25/0,5 ТУ 16-517.739-76; 2 – высоковольтный трансформатор – выпрямитель ВТМ-20/50-72 ТУ 16.529.743-76; 3 – щит управления; 4 – электроразрядная схема; 5 – рабочая камера; 6 – измерительный комплекс; 7, 8 – электроблокировки; 9 – пульт управления

Реализация ЭР воздействия осуществлялась с помощью электрической схемы, представленной на рис. 2. Скорость нарастания импульсов воздействия регулировалась сменными индуктивностями в разрядной цепи накопительной емкости C , длительность импульса – изменением емкости C и сменными индуктивностями L . Амплитуда импульсов задавалась регулировкой напряжения самопробоя разрядника F , а частота следования импульсов – напряжения U_c . Чередование полярностей импульсов происходило при перестановке в схеме местами конденсатора C и разрядника F . В этом случае ток через эмульсию при зарядке конденсатора C шел в одном направлении, а при пробое воздушного разрядника F ток разряда конденсатора C через эмульсию менял свое направление.

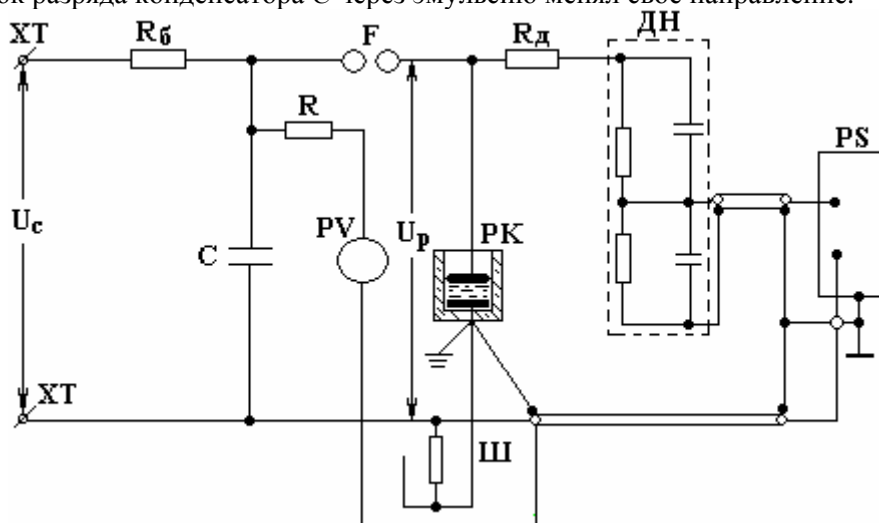


Рис. 2. Схема ЭР воздействия: U_c – напряжение источника питания; $R_б$ – балластный резистор (от 0,109 до 200 МОм); F – разрядник; C – рабочая емкость (0,025; 0,05; 0,1; 0,2; 0,4; 0,8 мкФ); U_p – рабочее напряжение (30,5; 22,5; 15; 12; 10; 7,5 кВ); R – токоограничивающий резистор; PV – киловольтметр; $Ш$ – коаксиальный шунт; $ДН$ – делитель напряжения; PK – рабочая камера (технологический узел); PS – осциллограф; $R_д$ – демпфирующий резистор

Количественное содержание воды в нефтяных эмульсиях O определялось методом Дина и Старка [9], который заключается в том, что определенное количество эмульсии нагревают в смеси растворителя в аппарате Дина и Старка. Растворитель, испаряясь, увлекает за собой содержащуюся в нефтепродукте влагу. Пары воды и растворителя конденсируются в холодильнике, и отогнанная вода оседает на дно приемника – градуированной ловушки. По количеству воды в ловушке рассчитывали процентное содержание воды в эмульсии.

Массовая (O^1) или объёмная (O) доля воды в эмульсии определяется из соотношений:

$$O^1 = \frac{V_0}{m} \cdot 100\% ; \quad (1)$$

$$O = \frac{V_0}{V} \cdot 100\% , \quad (2)$$

где V_0 – объём пробы воды в приемнике-ловушке, см^3 ; m – масса пробы, г; V_1 – объём пробы, см^3 .

Количество воды в приемнике-ловушке $0,03 \text{ см}^3$ и меньше считается следами. Отсутствие воды в испытуемом нефтепродукте определяется состоянием, при котором в нижней части приемника ловушки не видно капель воды. Точность метода: $0,1 \text{ см}^3$, или 2 % от среднего значения, при объеме воды до $1,0 \text{ см}^3$.

Микроструктуру дисперсности твердых включений исследовали на оптическом микроскопе "Неофит – 32".

Для качественного анализа дисперсности включений применяли точный метод А.А. Глаголева [10], по которому анализируемую структуру покрывают множеством точек и подсчитывают их число, попавшее на каждую из этих структурных составляющих в отдельности. Исследования проводили методом подвижного шлифа с использованием окуляра микрометра с сеткой с 64-мя узловыми точками.

Для того чтобы определить распределение включений по размерам, вначале устанавливали размер включений линейным методом [9]. Исследование проводили методом подвижного шлифа с использованием окуляра – микрометра со шкалой, разделенной на 100 частей. Линейный метод сводится к измерению длины отрезка прямой линии, проходящей через условный диаметр частицы. Полученные таким образом значения распределяли по размерным группам. Величину значений размеров частиц в каждой группе подбирали так, чтобы были включены все размеры от минимальных до максимальных. Объём статистической выборки во всех случаях был подобран таким образом, чтобы при доверительной вероятности $P = 0,95$ погрешность не превышала 5 %.

Результаты и их обсуждение

Исследование влияния параметров импульсного электрического поля на агрегативную устойчивость эмульсий проводилось путем варьирования длительности импульса от десятков и сотен микросекунд, амплитудных значений напряженности поля – от $0,3 \cdot 10^6$ до $1,2 \cdot 10^6$ В/м, амплитудных значений тока – от доли килоампера, при этом форма импульса была аperiodической (униполярной). Такой диапазон обеспечивался варьированием параметров контура при постоянной запасаемой энергии $22,5 \text{ Дж}$:

- накопительная емкость C_n от $0,05 \cdot 10^{-6}$ до $0,8 \cdot 10^{-6}$ Ф;
- индуктивность L_k от 10^{-5} до $9,4 \cdot 10^{-2}$ Гн;
- рабочее напряжение U_p от 7,5 до 30 кВ;
- число импульсов n от 50 до 8000;
- частота импульсов f от 0,5 до 4 Гц.

Системный анализ результатов серии экспериментов позволил выделить среди них 17 наиболее характерных, представленных в табл. 3.

Эксперименты показали, что в начале импульсного воздействия форма напряжения на электроде, находящемся под положительным потенциалом, имеет сложную кривую, обусловленную рядом накопительной емкости на нелинейное сопротивление эмульсии и индуктивность. Высокоустойчивая эмульсия вначале имеет большое сопротивление, так как мелкодисперсные глобулы минерализованной воды расположены хаотично и еще не образуют проводящих мостиков. Как только глобулы воды, вытянувшись вдоль силовых линий электрического поля, начинают образовывать проводящие мостики, сопротивление эмульсии снижается и ток в ней возрастает. Поэтому после нескольких импульсов напряжение приобретает форму, представленную на рис. 3. При этом напряже-

ние, воздействующее на эмульсию, складывается из напряжения на емкости и индуктивности, что приводит к повышению напряжения на электродах разрядной камеры (кривая 5 относительно кривой 4) по сравнению с напряжением срабатывания разрядника.

Таблица 3. Результаты исследований влияния параметров импульсного электрического поля на остаточную обводненность O_1 эмульсии

№ опыта	№ эмульсии	C, мкФ	U_p , кВ	n, имп.	f, Гц	L, мГн	O_1 , %	W_{Σ} , кДж
1	1	0,05	30	50	0,5	0,63	5,3	1,125
2	1	0,05	30	270	0,5	0,63	7,7	6,075
3	1	0,05	30	300	1	0,63	6	6,75
4	1	0,1	22,2	100	0,5	0,63	4,3	2,94
5	2	0,2	15	4000	0,5	0,63	10,5	90,0
6	2	0,2	15	4000	0,5	10	11	90,0
7	2	0,2	15	4000	0,5	94	9,5	90,0
8	2	0,2	15	6000	0,5	94	7,5	135,0
9	2	0,1	25	6000	0,5	94	9	135,0
10	2	0,2	15	6000	4	10	4,5	135,0
11	2	0,4	10	6000	4	10	2,5	135,0
12	2	0,8	7,5	4350	4	10	8,5	97,875
13	2	0,8	7,5	6000	4	10	6	135,0
14	2	0,8	7,5	8000	4	10	3,5	180,0
15	2	0,2	10	8000	4	10	4,2	80,0
16	2	0,4	10	4000	4	10	5,3	80,0
17	2	0,8	10	2000	4	10	6,5	80,0

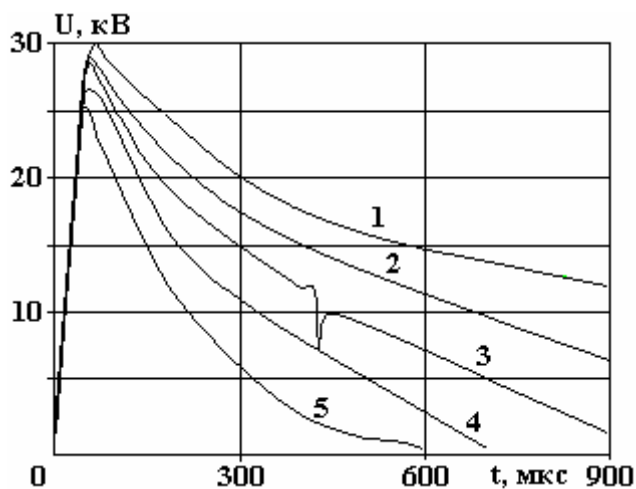


Рис. 3. Форма разрядного напряжения в эмульсии в начале обработки: 1-5 – номер серии импульсов

Коалесцирующие глобулы воды после определенного количества импульсов укрупняются настолько, что образуют в электрическом поле токопроводящую среду между электродами, в результате чего при разряде емкости наступает пробой эмульсии (образуется канал разряда). Таким образом, коалесценция дисперсной фазы и образование токопроводящей системы приводят к снижению сопротивления эмульсии. При этом изменяется и форма напряжения, прикладываемого к эмульсии.

Результаты исследований показали, что в диапазоне исследуемых параметров (см. табл. 3) и сравнительно небольших затратах энергии (1125 Дж) возможно снижение обводненности эмульсии № 1 от максимальных 25,0 до 3,5%. Продолжение обработки после наступления пробоев ухудшало результаты, остаточная обводненность составляла 7,7%. При этом затраты электрической энергии возрастали примерно в 5 раз. Увеличение в 2 раза частоты посылки разрядных импульсов практически не приводило к изменению результатов. Подобные результаты можно объяснить тем, что напряженность электрического поля в эмульсии была выше предельного значения ($E_{пр}$), и, как следствие, возникал обратный процесс – диспергирование укрупненных глобул.

Снижение напряжения от 30,0 до 22,2 кВ и соответственно амплитудных значений напряженности поля от $1,20 \cdot 10^6$ до $0,88 \cdot 10^6$ В/м, при увеличении длительности импульса и величины протекающего тока через эмульсию за счет увеличения емкости накопителя в два раза (от 0,1 до 0,2 мкФ), позволяет несколько улучшить результат. По сравнению со всеми предыдущими опытами, обводненность снижается до 4,3% при сравнительно небольших затратах энергии (2,94 кДж).

Исследования воздействия на эмульсию № 2, у которой вязкость примерно в три раза меньше вязкости эмульсии № 1, показали, что снижение рабочего напряжения до 15 кВ при емкости накопителя 0,2 мкФ приводит к ухудшению результатов ($O_1 = 10,5\%$), притом что затраты энергии в некоторых экспериментах увеличивались почти в 30 раз.

Повышение длительности импульса и существенное снижение амплитуды разрядного тока за счет увеличения в 15 раз индуктивности в разрядной цепи не оказывают положительного влияния на конечный результат.

Увеличение в 1,5 раза числа импульсов, а следовательно, и периода воздействия при одновременном повышении напряженности электрического поля до $1 \cdot 10^6$ В/м, а также снижение длительности импульса и величины разрядного тока за счет снижения емкости накопителя в два раза только ухудшают результат – он стал сравним с экспериментом, в котором затраты энергии были ниже в два раза.

Сравнение результатов показывает, что снижение длительности импульса от $3,5 \cdot 10^{-4}$ до $1,1 \cdot 10^{-4}$ с за счет уменьшения индуктивности от 94 до 10 мГн при увеличении частоты посылки импульсов от 0,5 до 4 Гц оказывает более эффективное воздействие на ход структурных процессов в дисперсионной среде ($O_1 = 4,5\%$). Увеличение длительности импульса до $1,3 \cdot 10^{-4}$ с и тока при снижении в два раза емкости и амплитуды напряженности электрического поля до $0,4 \cdot 10^6$ В/м приводит к еще лучшему результату – в этом случае остаточная обводненность эмульсии составляет 2,5%.

Экспериментальные исследования позволили в динамике, методом последовательного отбора проб, установить степень изменения агрегативной устойчивости дисперсной системы. Из представленных результатов экспериментов следует, что увеличение суммарной энергии в два раза позволяет в 2,5 раза повысить эффективность воздействия.

Анализ результатов показывает, что оптимальные значения амплитудной напряженности электрического поля, величины тока и длительности импульса, при которых достигается наиболее эффективное нарушение агрегативной устойчивости, зависят от физико-химических характеристик дисперсионной среды и минерализации дисперсной фазы при одинаковой обводненности (рис. 4).

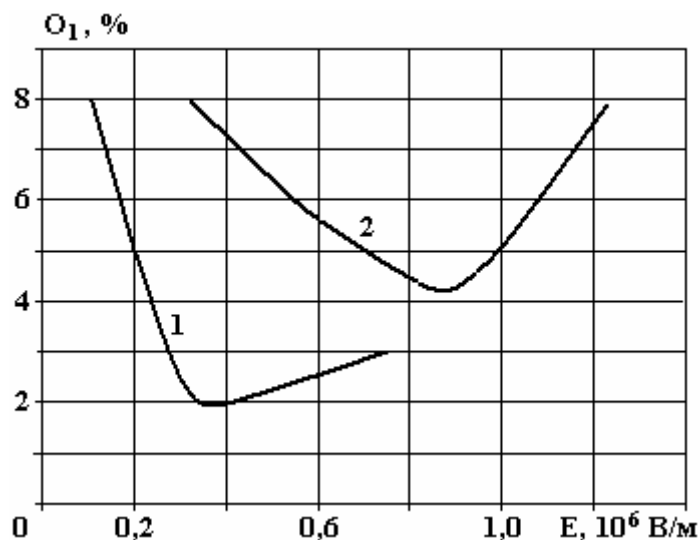


Рис. 4. Зависимость остаточной обводненности нефтяной эмульсии от амплитудной напряженности импульсного электрического поля при различной минерализации воды: 1 – эмульсия № 1, минерализация 35%; 2 – эмульсия № 2, минерализация 15%

Динамика изменения обводненности в процессе импульсного воздействия при постоянной напряженности поля 10 кВ/см и выделившейся энергии в эмульсии 80 кДж представлена на рис. 5.

Зависимость остаточной обводненности от времени отстоя (рис. б) указывает на то, что разрушение эмульсии продолжается и после воздействия, обводненность во всех пробах снизилась почти в

три раза. Это свидетельствует о том, что в процессе импульсного воздействия происходят слияние и укрупнение глобул водной фазы и их медленное последующее осаждение, то есть разложение водонефтяной эмульсии. Подтверждают это результаты микроструктурного анализа водонефтяной эмульсии (рис. 7).

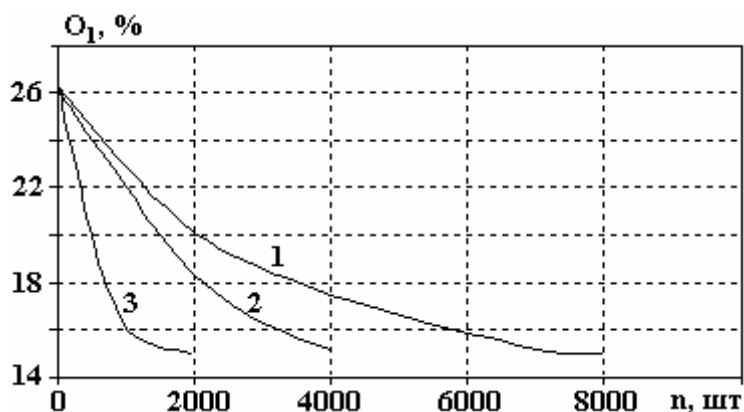


Рис. 5. Изменение обводненности эмульсии № 2 в процессе обработки: 1 – длительность импульса воздействия $\tau = 1,3 \cdot 10^{-4}$ с; 2 – длительность импульса воздействия $\tau = 1,9 \cdot 10^{-4}$ с; 3 – длительность импульса воздействия $\tau = 2,8 \cdot 10^{-4}$ с

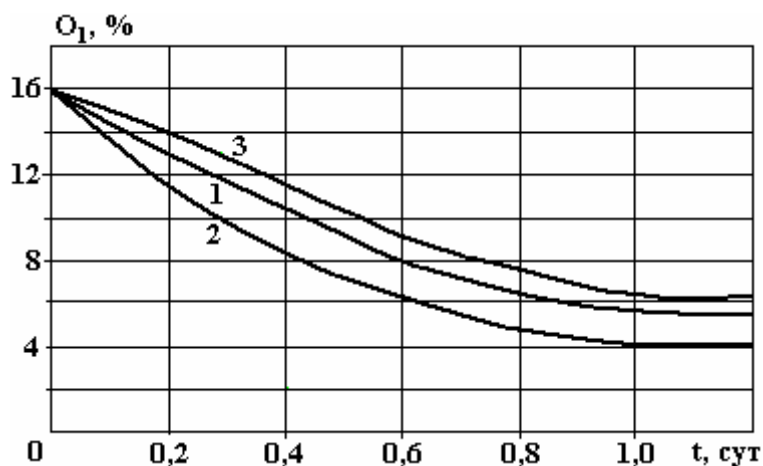


Рис. 6. Зависимость изменения остаточной обводненности эмульсии № 2 от времени отстоя: 1 – длительность импульса воздействия $\tau = 1,9 \cdot 10^{-4}$ с ($C=0,2$ мкФ); 2 – длительность импульса воздействия $\tau = 1,3 \cdot 10^{-4}$ с ($C=0,4$ мкФ); 3 – длительность импульса воздействия $\tau = 2,8 \cdot 10^{-4}$ с ($C=0,8$ мкФ)

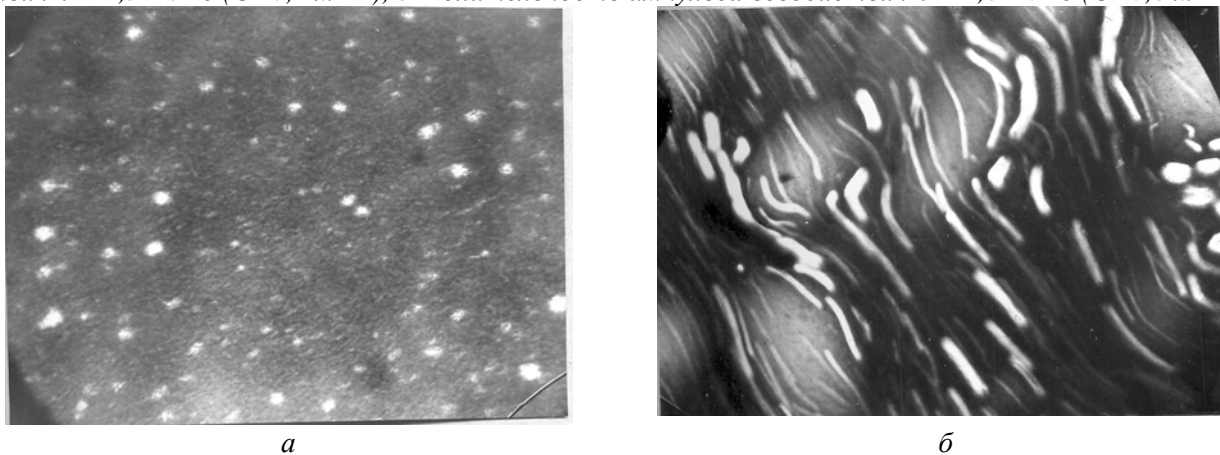


Рис. 7. Микроструктура нефтяной эмульсии № 2: а – эмульсия до воздействия $\times 100$; б – эмульсия после воздействия $\times 100$

Поэтому интересно проследить, как в процессе воздействия изменяется агрегативная устойчивость эмульсии, и определить скорость ее разложения. Согласно [8] агрегативная устойчивость эмульсии определяется временем ее полного разложения на составляющие фазы при отстое. Поэтому для оценки изменения агрегативной устойчивости в процессе воздействия мы поступили следующим образом.

Представим агрегативную устойчивость эмульсии в процессе воздействия как меру элементарной устойчивости в относительных единицах путем оценки изменения обводненности после определенного количества импульсов и при одинаковом количестве вложенной энергии за все время обработки:

$$A = \frac{O - O_2}{O}, \quad (3)$$

где O_2 – выделившаяся вода, $O_2 = O - O_1$.

Величина, обратная агрегативной устойчивости при воздействии, будет характеризовать скорость ее разложения:

$$V_p = \frac{1}{A}. \quad (4)$$

Экспериментальные данные по изменению обводненности при воздействии и расчетные данные по агрегативной устойчивости и скорости разложения эмульсии № 2 в опытах № 15–17 (табл. 3) приведены на рис. 8–10 соответственно. Необходимо отметить, что все пробы эмульсии отбирались из верхнего слоя рабочей камеры при одинаковом количестве вложенной энергии, но при разном времени воздействия (количестве импульсов). Во всех опытах суммарное количество энергии составляло 80 кДж.

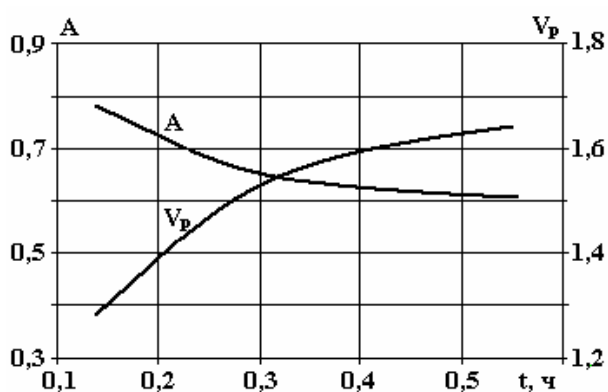


Рис. 8. Зависимость агрегативной устойчивости и скорости разрушения нефтяной эмульсии № 2 от времени воздействия в процессе обработки (табл. 3, опыт № 15)

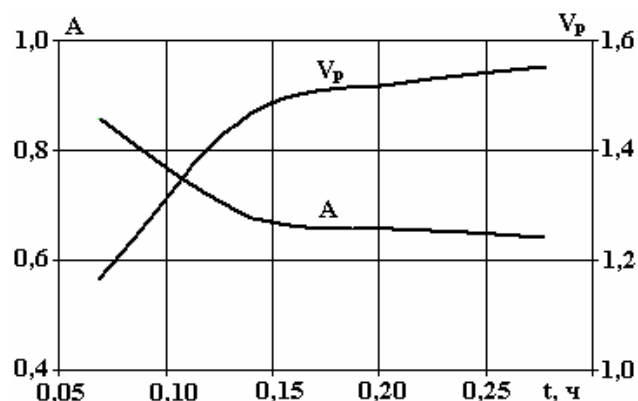


Рис. 9. Зависимость агрегативной устойчивости и скорости разрушения нефтяной эмульсии № 2 от времени воздействия в процессе обработки (табл. 3, опыт № 16)

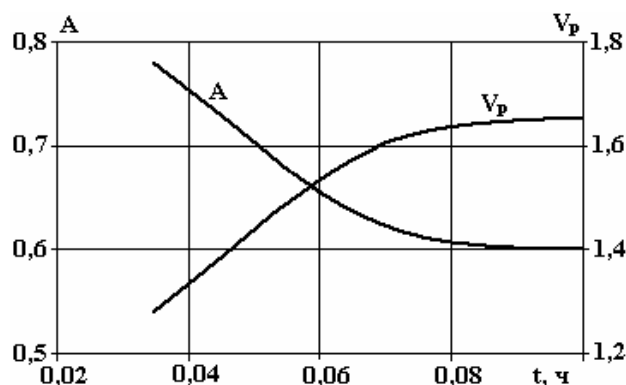


Рис. 10. Зависимость агрегативной устойчивости и скорости разрушения нефтяной эмульсии № 2 от времени воздействия в процессе обработки (табл. 4, опыт № 17)

Данные по агрегативной устойчивости и скорости разложения эмульсии, представленные на рис. 8–10, свидетельствуют о том, что агрегативная устойчивость эмульсии в процессе воздействия снижается, а скорость разрушения увеличивается. При этом наиболее существенно агрегативная устойчивость изменяется в начале воздействия, то есть когда первые мелкодисперсные глобулы воды начинают коалесцировать.

Микроструктурные анализы проб эмульсии до и после воздействия позволили установить распределение капель воды по размерам, которое характеризует дисперсность эмульсии (степень раздробленности дисперсной фазы). Размер капель воды в исходной эмульсии № 1 равен от 5 до 10 мкм, в эмульсии № 2 – от 10 до 15 мкм, распределены они хаотически (рис. 11). После воздействия мелкие капли воды сливаются в более крупные, размером от 60 до 240 мкм (табл. 3 опыты № 1 и 4) и от 80 до 480 мкм (опыты № 14 и 15), структура становится упорядоченной (рис. 12).

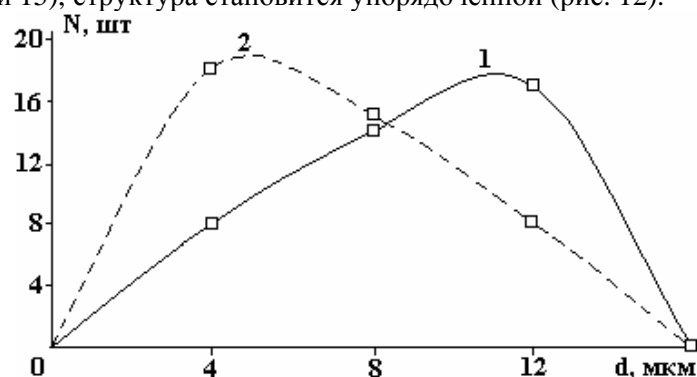


Рис. 11. Распределение воды по размерам в нефти до электроразрядного воздействия (d – диаметр глобул, N – число глобул): 1 – эмульсия № 1; 2 – эмульсия № 2

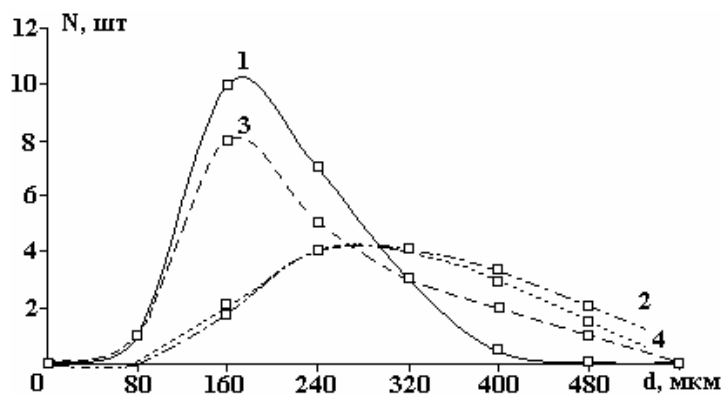


Рис. 12. Распределение воды по размерам в нефти после электроразрядного воздействия (d – диаметр глобул, N – число глобул): 1 – эмульсия № 2, опыт № 14; 2 – эмульсия № 1, опыт № 1; 3 – эмульсия № 2, опыт № 15; 4 – эмульсия № 1, опыт № 4

Таблица 4. Результаты микроструктурных анализов дисперсных систем до и после электроразрядного воздействия

Тип среды	АСП		Вода	
	Объем, %	Размер, мкм ²	Объем, %	Размер, мкм ²
Эмульсия № 1 до обработки	6,1	455,6	1,8	5,2
Эмульсия № 1 после обработки (табл. 3, опыт № 1)	5,9	43,5	0,8	177,2
Эмульсия № 2 до обработки	3,7	392,8	1,7	12,0
Эмульсия № 2 после обработки (табл. 3, опыт № 14)	3,5	32,7	0,9	320,0

Оптическая микроскопия позволила установить, что кроме нефти и воды во всех пробах присутствуют инородные включения. По всей видимости, эти включения являются конгломератами асфальтенов, смол и парафинов (АСП), которые влияют на реологические свойства эмульсий, причем их процентное содержание было примерно в два раза больше, чем воды, а размеры до обработки больше примерно на порядок (см. табл. 4). Как видно из табл. 4, после электроразрядных обработок нарушение агрегативной устойчивости дисперсных систем происходит не только в связи с коагуляцией дисперсной фазы, но и с распадом конгломератов АСП.

Выводы

Экспериментальные исследования влияния параметров импульсного электрического поля на изменение агрегативной устойчивости, дисперсного состава и структуры высоковязких нефтяных дисперсных систем позволили сделать следующие выводы:

– оптимальные значения амплитудной напряженности электрического поля, величины тока и длительности импульса, при которых достигается наиболее эффективное нарушение агрегативной устойчивости, зависят от физико-химических характеристик дисперсионной среды и минерализации дисперсной фазы при одинаковой обводненности;

– агрегативная устойчивость эмульсии снижается в процессе воздействия, а скорость разрушения увеличивается. При этом наиболее существенно агрегативная устойчивость изменяется в начале воздействия, когда первые мелкодисперсные глобулы воды начинают коалесцировать;

– электроразрядное воздействие приводит к качественным изменениям высокоустойчивых эмульсий, проявляющихся в разрушении надмолекулярных структур асфальтенов, смол и парафинов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Урьев Н.Б.* Физико-химические основы технологии дисперсных систем и материалов. М.: Химия, 1988.
2. *Левченко Д.Н., Бернштейн Н.В., Николаева Н.М.* Технология обессоливания нефти на нефтеперерабатывающих предприятиях. М.: Химия, 1985.
3. *Проскураков В.А., Смирнов О.В.* Очистка нефтепродуктов и нефтесодержащих вод электрообработкой. Санкт-Петербург: Химия, 1992.
4. *Мартыненко А.Г., Коноплев В.П., Ширяев Г.П.* Очистка нефтепродуктов в электрическом поле. М.: Химия, 1974.
5. Патент 67828 Украина С2 7 С10L1/32. Способ обработки высоковязкого топлива / О.Н. Сизоненко, И.С. Швец, Л.С. Дудукин, А.Ф. Головащенко. Оpubл. 15.07.2004. Бюл. №7.
6. *Сизоненко О.Н., Тафтай Э.И., Ткаченко А.К., Швец И.С.* Особенности ЭР воздействия на высоковязкие среды // Электронная обработка материалов. 2004. № 6. С. 37–43.
7. *Сизоненко О.Н., Тафтай Э.И., Ткаченко А.К., Швец И.С.* Влияние ЭР воздействия на физико-химические свойства высоковязких сред // Національний університет кораблебудування: Збірник наукових праць. Миколаїв, 2004. № 1. С. 154–162.
8. *Клейтон В.* Эмульсии, их теория и техническое применение / Пер. с англ. Н.А. Плетеновой, К.А. Попеловой; Под ред. акад. П.А. Ребиндера. М.: Изд-во иностр. лит., 1950.
9. *Боровая М.С.* Лаборант нефтяной и газовой лаборатории. М.: Недра, 1968.
10. *Салтыков С.А.* Стереометрическая металлография. М.: Металлургия, 1976.

Поступила 10.03.08

Summary

The results of experimental researches of influence of the impulsive electric field parameters on physical and chemical properties and structure of high-steady emulsions are represented. It is found that optimum values of the electric field peak tension, current and duration of impulse, at which the most effective influence is achieved, depend on physical and chemical descriptions of disperse environment and mineralization of dispersion phase, it is certain that aggregate stability of emulsion goes down in the process of influence, and speed of destruction is multiplied, here a disperse phase most substantially changes at the beginning of influence. It is discovered, that electro-discharge influence causes structural changes of high-steady emulsions, showing up in destruction of structures of asphaltens, resins and paraffin's, contained in disperse environment.