

## ВОЗДЕЙСТВИЕ МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СЕПАРАЦИЮ ВОДОНЕФТЯНОЙ ЭМУЛЬСИИ

Мурадова П.А.

Институт катализа и неорганической химии им. М.Ф.Нагиева НАН Азербайджана  
AZ1143, Баку, просп. Г.Джавида, 113: [muradovaperi@rambler.ru](mailto:muradovaperi@rambler.ru)

### IMPACT OF MICROWAVE RADIATION ON THE SEPARATION OF OIL-WATER EMULSION

Muradova P.A.

M.F.Nagiyev Institute of catalysis and inorganic chemistry, National Academy of Sciences of Azerbaijan  
113 G. Javid Ave., Baku, Azerbaijan, AZ1143: [muradovaperi@rambler.ru](mailto:muradovaperi@rambler.ru)

**Keywords:** high-viscosity oil, thermolysis, microwave radiation, non-thermal effect, water-oil emulsion

**Summary.** The flooding of productive layers of oil fields causes serious complications in the oil production, collection and treatment associated with the formation of water-oil emulsions. This is particularly evident in the case of highly viscous oil fields at a late stage of development. Based on our previous results of the impact of microwave radiation on the rheological and physicochemical properties of samples of high-viscosity oil demulsified by the traditional thermal method from the Balakhani-Sabunchu-Ramany and Kyurovdag fields of Azerbaijan, this paper presents the results of a study of the effect of microwave radiation (2450 MHz) on aggregative stability and the destruction of the hydrophobic (reverse) water-oil emulsion of samples of crude oil of the mentioned fields. It was demonstrated, that under conditions of traditional thermal treatment of emulsion samples, containing various amounts of natural emulsifiers (resins + asphaltenes), the rate of water separation is almost constant, while under microwave exposure, the difference in the rate of separation of the water phase in oil from the Kurovdag field with a relatively high content of resins and asphaltenes is much higher than of oil from the Balakhani-Sabunchu-Ramany field. There was an established fact of the non-thermal effect of microwave action on the water-oil emulsion, which was its main advantage and difference from the common methods of traditional thermal and reagent separation of the emulsion, both in terms of reducing energy costs and eliminating the use of expensive emulsifiers.

© 2022 Earth Science Division, Azerbaijan National Academy of Sciences. All rights reserved.

### Введение

В настоящее время растущий спрос на углеводородные моторные топлива опережает добычу и переработку традиционных запасов нефти, характеризующихся благоприятными для извлечения геологическими условиями залегания. В значительной степени сократить этот разрыв удастся за счет вовлечения в баланс извлекаемой нефти продукции месторождений высоковязкой нефти, находящихся на поздней стадии разработки.

К таким месторождениям в Азербайджане относятся Балаханы-Сабунчу-Раманы (VI и XI горизонт) и Кюровдаг, характеризующиеся средненными значениями плотности 885 кг/м<sup>3</sup>, 908 кг/м<sup>3</sup> и 923кг/м<sup>3</sup> соответственно при 20<sup>0</sup>С и относительно высоким содержанием природных ассоциативных и кристаллизующихся коллоидных систем (Мир-Бабаев, 2009).

Одной из ключевых проблем добычи, транспортировки и переработки тяжелой высоковязкой нефти подобных месторождений с высокой степенью обводненности пластов (до 80%) являются трудности, связанные с образованием стойких водонефтяных эмульсий и отделением воды от углеводородной основы (Гумовский и др., 2008; Зиннатулин, Фатхулина, 2012).

Формированию трудно разрушаемых водонефтяных эмульсий и их стабилизации способствуют присутствующие в нефти природные эмульгаторы (асфальтены, нафтены, смолы) и диспергирующие механические примеси (частицы глины, песка, известняка, металлов и т.п.) (Антипов и др., 1987).

В связи с названными причинами транспортировка по трубопроводам высоковязкой нефти требует применения специальных технологий, позволяющих при ее движении снизить потери

полного напора на преодоление сопротивления высоковязкой среды.

Наиболее распространенным способом разбивания водонефтяных эмульсий является термическое воздействие на подвергаемую обезвоживанию нефть, причем по основным техническим характеристикам преимуществом обладает микроволновое термическое воздействие, позволяющее при относительно меньших энергетических затратах практически вдвое увеличить скорость нагрева эмульсии по сравнению с традиционными методами нагрева (Ковалева, Зиннатулин, 2010).

Ранее, в работах (Мурадова и др., 2014; 2016; Muradova et al., 2018) нами были приведены результаты исследования влияния микроволнового излучения с рабочей частотой 2450 МГц на реологические и физико-химические свойства деэмульгированных традиционным термическим методом образцов высоковязкой нефти месторождений Азербайджана: Балаханы–Сабунчу–Раманы и Кюровдаг, согласно которым наблюдаемые изменения физико-химических и реологических свойств образцов нефти в значительной мере обусловлены распадом лабильных надмолекулярных структур, образующихся в естественных условиях на основе склонных к ассоциации асфальтенов.

В данной статье с целью демонстрации эффективности применения микроволнового воздействия на деэмульсацию высоковязкой нефти приведены результаты исследования влияния СВЧ излучения (2450 МГц) на агрегативную устойчивость и разрушение гидрофобной (обратной) водонефтяной эмульсии образцов промышленной нефти с характеристикой, представленной в табл. 1.

### Экспериментальная часть

Исследования воздействия микроволнового излучения на образцы водонефтяной эмульсии

проводились на установке, сконструированной на базе лабораторной микроволновой печи марки NE-1064F (Panasonic) с объемом резонатора 14 л. Экспозиция образцов в поле СВЧ осуществлялась в прозрачном для микроволнового излучения кварцевом сосуде емкостью 60 мл, снабженном газоотводной линией и размещенном в резонаторе печи.

Выходная мощность магнетрона варьировалась в диапазоне 200-800 ватт при рабочей частоте 2450 МГц. Температура облучаемых образцов измерялась с помощью дистанционного бесконтактного инфракрасного пирометра марки VA6520, с диапазоном измерения  $-50 \pm 600^\circ\text{C}$ . Во избежание неожиданного перегрева образцов в резонаторе печи устанавливалась шунтирующая емкость с циркулирующей дистиллированной водой.

С целью определения влияния содержания водной фазы в образцах эмульсии на уровень поглощения энергии микроволнового излучения и динамику разделения фаз нефть–вода, в условиях искусственного эмульгирования на основе нефти месторождений Балаханы–Сабунчу–Раманы и Кюровдаг были приготовлены образцы, содержащие минерализованную пластовую воду с концентрацией 15, 30 и 60 объемных %.

Полнота разделения двухкомпонентной системы нефть–вода после экспозиции в резонаторе микроволновой печи и 3-5 минутного отстоя определялась в мерных цилиндрах.

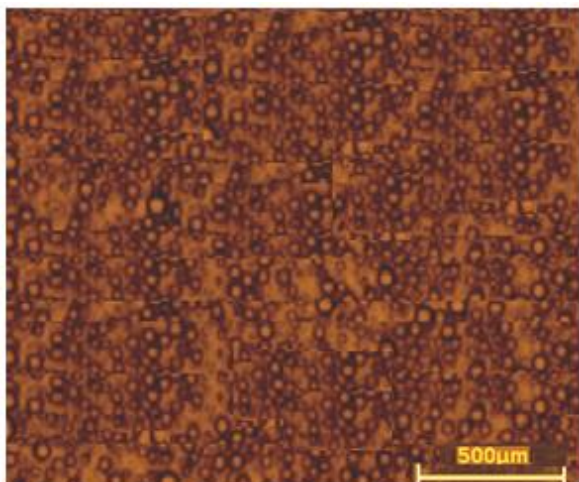
### Обсуждение результатов

На рисунках 1 и 2 приведены микрофотографии образцов водонефтяных эмульсий, в случае нефти месторождения Кюровдаг и Балаханы–Сабунчу–Раманы (XI горизонт), полученные с помощью оптического цифрового микроскопа Levenhuk D70L (40-1600 $\times$ ) с выводом изображения на монитор компьютера.

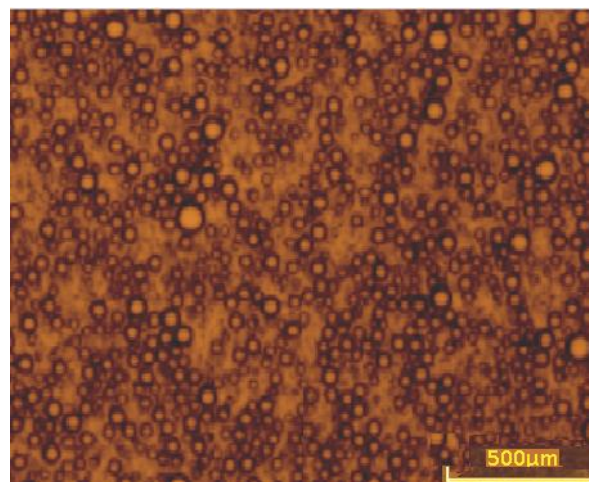
Таблица 1

Физико-химические характеристики исследуемых образцов высоковязкой нефти

Образец нефти	Температура застывания, °С	Плотность, $\rho$ кг/м <sup>3</sup> , при 20°С	Содержание компонентов, % масс.	
			Смоли	Асфальтены
Балаханы-Сабунчу-Раманы (VI горизонт)	+3	885	14.6	1.5
Балаханы-Сабунчу-Раманы (XI горизонт)	+5	908	17.4	2.2
Кюровдаг	+8	923	20.7	7.1



**Рис. 1.** Фотография микроструктуры образца водонефтяной эмульсии на основе нефти месторождения Кюровдаг с содержанием водной фазы ~ 60% (объемн.) до воздействия СВЧ излучения



**Рис. 2.** Фотография микроструктуры образца водонефтяной эмульсии на основе нефти месторождения Балаханы-Сабунчу-Раманы (XI горизонт) с содержанием водной фазы ~ 60% (объемн.) до воздействия СВЧ излучения

На рисунках видно, что образцы водонефтяной эмульсии представляют собой гетерогенную систему, состоящую из очень мелких (до 50 мкм) капель воды, диспергированных в нефти.

При этом каждая капля окружена так называемой бронирующей оболочкой толщиной приблизительно 50-100 нанометров, состоящей из полярных высокомолекулярных компонентов нефти, препятствующей коалесценции капель воды и расслоению эмульсии.

Естественно ожидать, что эффективность расслоения водонефтяных эмульсий при воздействии электромагнитного поля на образцы высоковязкой нефти зависит от толщины бронирующей оболочки, прочность которой в свою очередь определяется уровнем содержания в нефти высокомолекулярных компонентов – асфальтенов и смолообразных соединений.

Из-за большой разницы величины тангенса угла диэлектрических потерь для воды и углеводородов ( $\text{tg}\delta \text{ H}_2\text{O} = 80$  и  $\text{tg}\delta \text{ УВ} \approx 0.2-0.4$ ) при СВЧ электромагнитном воздействии на водонефтяную эмульсию энергия в основном поглощается водной фазой, и в глобулах воды возникают объемные источники тепла, за счет чего происходит их более интенсивный нагрев, приводящий к разрушению бронирующей оболочки и слиянию капель воды. Поэтому результат воздействия СВЧ излучения на подобные неоднородные по своему составу технологические среды в значительной степени определяется их термотрансформационными свойствами, т.е. уровнем поглощения энергии генерируемого электромагнитного поля ( $\Delta P_x$ ) и трансформации ее в теплоту (Валитов и др., 1984). При этом независимо от параметров электромагнитного излучения ре-

зультатом измерения будет среднее значение потери его мощности:

$$\Delta P_x = \frac{c \cdot m \cdot \Delta T}{0,24\tau} = \frac{4,17 \cdot c \cdot m \cdot \Delta T}{\tau} \text{ (Дж/с)}, \quad (1)$$

где: 0.24 – тепловой эквивалент работы,  $m$  – масса воды, (г);  $c$  – удельная теплоемкость воды, равная 4.187 кДж/кг·К;  $\Delta T$  – приращение температуры воды (К);  $\tau$  – время экспозиции в микроволновой печи (с).

Потеря рабочей мощности излучения ( $\Delta P_x$ ) при прохождении через слой анализируемого образца, определяемая по разнице скорости нагрева калориметрического тела – воды:  $\Delta T / \Delta \tau$  (К/с), эквивалентна количеству генерируемой теплоты в объеме образца.

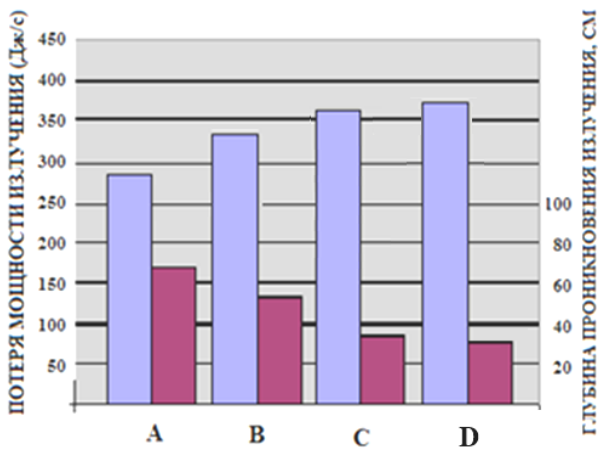
При оценке эффективности воздействия микроволнового излучения на разбиение водонефтяных эмульсий немаловажное значение имеет глубина его проникновения в объем образцов. Эмпирическое определение глубины проникновения электромагнитной волны в сложную по составу технологическую среду заключается в выявлении такой толщины слоя среды  $\delta_E$ , при которой обеспечивается практически полное поглощение воздействующей энергии СВЧ излучения (Бердоносков и др., 2000):

$$\delta_E \approx \frac{\lambda}{\pi \sqrt{2\varepsilon'(\sqrt{1+\text{tg}^2\delta}-1)}}, \quad (2)$$

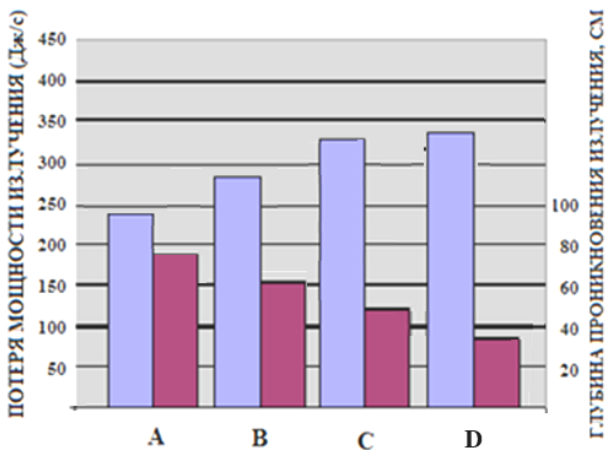
где  $\delta_E$  – расстояние, на котором амплитуда вектора напряженности электрического поля  $E_0$  уменьшается в  $e$  раз ( $e \approx 2,7$  – основание натурального

логарифма),  $\varepsilon'$  – действительная часть относительной диэлектрической проницаемости материала,  $tg\delta$  – тангенс угла диэлектрических потерь. Вычисление величины  $\delta_E$  также сводится к оценке максимальной разницы температур балластной загрузки воды без исследуемого образца и с ним при варьировании выходной мощности магнетрона.

Как видно из результатов измерения потерь мощности микроволнового излучения и глубины его проникновения в исходные образцы нефти и образцы, содержащие различное количество эмульгированной водной фазы, уровень поглощения излучения возрастает с увеличением содержания эмульгированной воды (рис.3 и 4).



**Рис. 3.** Термотрансформационные свойства и глубина проникновения излучения в исходные образцы нефти месторождения Кюровдаг (А) и образцы В, С, и D, содержащие 15, 30 и 60% (объемн.) эмульгированной воды. Условия: объем образцов – 60 мл, мощность излучения – 400 ватт, время экспозиции – 2 мин.



**Рис. 4.** Термотрансформационные свойства и глубина проникновения излучения в исходные образцы нефти месторождения Балаханы–Сабунчу–Раманы (А) и образцы В, С, и D, содержащие 15, 30 и 60 % (объемн.) эмульгированной воды. Условия: объем образцов – 60 мл, мощность излучения – 400 ватт, время экспозиции – 2 мин.

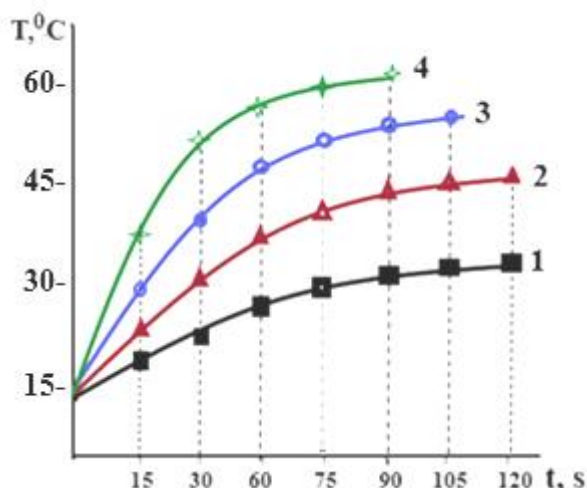
Относительно большой уровень потерь энергии излучения образцами водонефтяной эмульсии месторождения Кюровдаг (рис. 4), вероятно, связан с повышенным содержанием в нативной нефти смолисто-асфальтеновых компонентов (табл. 1), характеризующихся более высоким уровнем диэлектрических потерь в сравнении с насыщенными нефтяными углеводородами.

Эффект избирательного поглощения энергии СВЧ излучения водной фазой образцов водонефтяной эмульсии подтверждается динамикой возрастания их среднemasсовой температуры в зависимости от содержания эмульгированной воды (рис. 5).

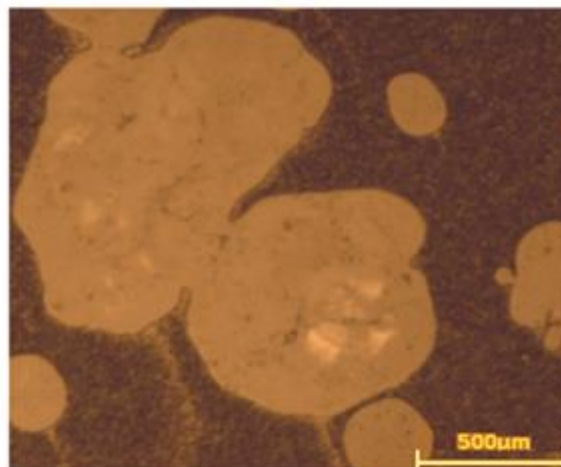
Поскольку углеводородные ингредиенты нефти на частотах, близких к используемой, поглощают СВЧ-энергию с низкими диэлектрическими потерями и обладают низким значением теплопроводности, а водная часть эмульсии поглощает излучение более интенсивно, то при воздействии СВЧ-поля на водонефтяную эмульсию с большей вероятностью происходит резкое нарастание температуры капель воды и ее бронирующих оболочек, что и приводит к разрушению последних при незначительном росте температуры основной массы нефти. Помимо этого, при воздействии переменного СВЧ-поля возникают колебательные процессы (Рахманкулов и др., 2003), следствием которых является значительная периодическая деформация капель воды и разрушение их оболочек. В результате внешнее электромагнитное поле, в котором находится водонефтяная эмульсия, ослабляет поверхностное натяжение пограничного слоя бронирующих оболочек и тем самым способствует интенсификации термоэнергетического и осцилляционного механизмов их разрушения и коалесценции укрупненных капель воды (рис.6).

Результат воздействия микроволнового излучения на сепарацию водонефтяной эмульсии ощутимо начинает проявляться уже при 2-х минутной экспозиции образцов в поле СВЧ при минимальном значении мощности магнетрона в изученном диапазоне – 200 ватт.

Повышение времени и мощности воздействия излучения на образцы после появления границы раздела нефтяной и водной фаз из-за различия скорости нагрева приводит к нежелательному образованию проникающих в слой нефти восходящих термо-конвективных потоков воды, способных препятствовать дальнейшему расслоению эмульсии. При этом нагрев образцов до температуры выше 50-55°C нежелателен.



**Рис. 5.** Динамика роста температур образца обезвоженной нефти месторождения Кюровдаг (1), и образцов 2, 3 и 4, содержащих 15, 30 и 60% (объемных) эмульгированной воды под воздействием микроволнового излучения ( $W = 200$  ватт)



**Рис. 6.** Фотография микроструктуры образца водонефтяной эмульсии на основе нефти месторождения Кюровдаг с содержанием водной фазы ~60% (объемн.) после воздействия СВЧ излучения в течение 2 минут при мощности 200 ватт

По истечении 5 минут микроволнового облучения образцов наблюдается практически полное расслоение водной и нефтяной фаз без образования промежуточных слоев на границе раздела нефть–вода, в то время как граница разделения фаз необлученных контрольных образцов эмульсии за счет проявления сил гравитации появляется через ~30-35 минут.

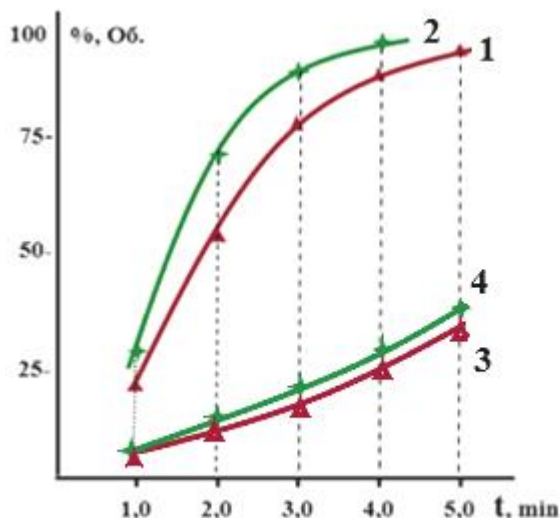
Результаты сравнения степени сепарации образцов водонефтяной эмульсии, содержащих одинаковые количества (60% объемных) эмульгированной воды, достигаемой в случае конвекционного нагрева и микроволнового воздействия при сопоставимых значениях среднемассовой температуры эмульсии  $45 \pm 5^\circ\text{C}$ , приведены на рис. 7.

Из рисунка видно, что при соблюдении одинакового времени выдержки образцов в резонаторе микроволновой печи и нагреваемом электроспиралью термостате, в последнем случае достигается гораздо меньший уровень сепарации водонефтяной эмульсии. При этом в условиях традиционной термической обработки образцов эмульсии, содержащих различные количества природных эмульгаторов (смолы + асфальтены), скорость отделения воды практически постоянна, в то время как в условиях микроволнового воздействия разница в скорости отделения водной фазы в образцах на основе нефти месторождения Кюровдаг с относительно высоким содержанием смол и асфальтенов значительно выше таковой для нефти месторождения Балаханы–Сабунчу–Раманы.

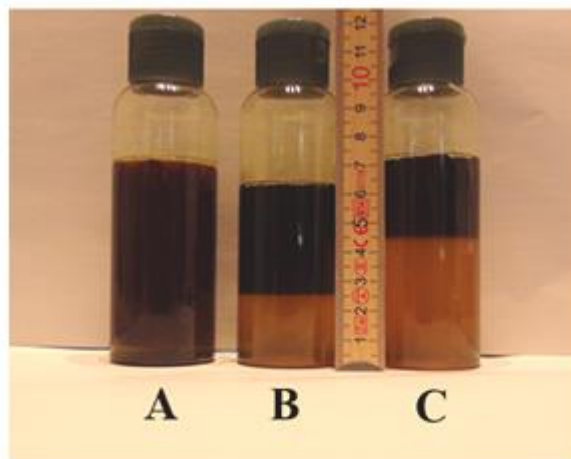
Данный факт, вероятно, связан с проявлением нетермического эффекта микроволнового воздействия на водонефтяную эмульсию (Muradova и др., 2016), а также возникновением локального перегрева на границе частиц эмульгированной воды и бронирующей высокомолекулярной оболочки, не свойственных проведению сепарации эмульсий в условиях традиционной термической обработки (Ковалева и др., 2008).

Как видно из приведенной на рис.8 фотографии образцов водонефтяной эмульсии на основе нефти месторождения Кюровдаг, после микроволнового воздействия достигается практически полное разделение водонефтяной эмульсии на нефтяную и водную фазу без образования так называемых «промежуточных слоев» между отделившимися слоями свободной нефти и воды.

Таким образом, полученные в рамках настоящей работы результаты исследования влияния микроволнового излучения на трудно разрушаемые водонефтяные эмульсии на основе высоковязкой нефти месторождений Балаханы–Сабунчу–Раманы и Кюровдаг с различным объемным содержанием водной фазы показали, что главным преимуществом и отличием этого способа от традиционного термического воздействия является проявление нетермического эффекта, интенсифицирующего разрушение бронирующей оболочки диспергированных капель воды, что существенно облегчает сепарацию нефтяной и водной фаз.



**Рис. 7.** Зависимость степени сепарации образцов водонефтяной эмульсии, термостатированных в условиях микроволнового воздействия (1,2) и традиционного нагрева (3,4). (1,3) – месторождение Балаханы-Сабунчу-Раманы; (2,4) – месторождение Кюровдаг



**Рис. 8.** Иллюстрация завершения процесса микроволновой сепарации образцов водонефтяной эмульсии на основе нефти месторождения Кюровдаг. А – образец, содержащий 60% (объемн.) эмульгированной воды до микроволнового воздействия; В и С – образцы, содержащие соответственно 30 и 60% водной фазы после 5 мин. экспозиции в поле СВЧ при мощности излучения 200 ватт

#### ЛИТЕРАТУРА

- Антипин Ю.В., Валеев М.Д., Сыртланов А.Ш. Предотвращение осложнений при добыче обводненной нефти. Башк. книжное изд-во. Уфа, 1987, 168 с.
- Бердоносоев С.С., Бердоносоева Д.Г., Знаменская И.В. Микроволновое излучение в химической практике. Хим. технология, No. 3, 2000, с. 2-8.
- Валитов Р.А., Дюбко С.Ф., Макаренко Б.И. и др. (под ред.). Измерения на миллиметровых и субмиллиметровых волнах. Радио и связь. Москва, 1984, 296 с.
- Гумовский О.А., Сахабутдинов Р.З., Космачёва Т.Ф. Патент РФ 2356596. Устройство для разрушения водно-нефтяной эмульсии при транспортировании по трубопроводу. Заявл. 2008105505/15, 2008.02.12.
- Зиннатуллин Р.Р., Фатхуллина Ю.И. Обезвоживание высокоустойчивых водо-нефтяных эмульсий электромагнитными полями высокочастотного и сверхвысоко-частотного диапазонов. Технологии нефти и газа, No. 1 (78), Москва, 2012, с. 24-29.
- Ковалева Л.А., Зиннатуллин Р.Р. Исследование устойчивости водонефтяной эмульсии в электромагнитном поле в зависимости от ее диэлектрических свойств. Нефть и газ, No 2, 2010, с. 59-62.
- Ковалева Л.А., Миннигалимов Р.З., Зиннатуллин Р.Р. К исследованию диэлектрических и реологических характеристик водонефтяных эмульсий. Теплофизика высоких температур, Т. 46, No. 5, 2008, 792-795 с.
- Мир-Бабаев М.Ф. Краткая история азербайджанской нефти. Азербешр. Баку, 2009, 376 с.
- Мурадова П.А., Стреков А.С., Литвишков Ю.Н. Влияние микроволнового излучения на реологию высоковязкой нефти. Автогазозаправочный комплекс + альтернативное топливо, No. 10, 2014, с. 7-11.
- Мурадова П.А., Зулфугарова С.М., Гасанкулиева Н.М., Шакунова Н.В., Третьяков В.Ф., Талышинский Р.М., Литвишков Ю.Н. и др. О влиянии микроволновой активации воды на деалкилирование толуола с водяным паром в присутствии Ni-Co-Cr/Al/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-катализатора. Нефтегазохимия, No. 3, 2016, с. 23-26.

#### REFERENCES

- Antipin Yu.V., Valeev M.D., Syrtlanov A.Sh. Prevention of complications in the production of flooded oil. Bashk. book publishing house. Ufa, 1987, 168 p. (in Russian).
- Berdonov S.S., Berdonov D.G., Znamenskaya I.V. Microwave radiation in chemical practice. Chem. technology, No. 3, 2000, p. 2-8 (in Russian).
- Gumovsky O.A., Sakhabutdinov R.Z., Kosmacheva T.F. Patent of the Russian Federation 2356596. Device for the destruction of water-oil emulsion during pipeline transportation. Appl. 2008105505/15, 2008.02.12 (in Russian).
- Kovaleva L.A., Minnigalimov R.Z., Zinnatullin R.R. On the study of dielectric and rheological characteristics of oil-water emulsions. High temperature thermophysics, Vol. 46, No. 5, 2008, pp. 792-795 (in Russian).
- Kovaleva L.A., Zinnatullin R.R. Investigation of the stability of an oil-water emulsion in an electromagnetic field depending on its dielectric properties. Oil and Gas, No. 2, 2010, pp. 59-62 (in Russian).
- Valitov R.A., Dyubko S.F., Makarenko B.I. et al. (ed.). Measurements on millimeter and submillimeter waves Radio and communication. Moscow, 1984, 296 p. (in Russian).
- Mir-Babaev M.F. Brief history of Azerbaijani oil. Azerneshr. Baku, 2009, 376 p. (in Russian).
- Muradova P.A., Strekov A.S., Litvishkov Yu.N. Effect of microwave radiation on the rheology of high-viscosity oil. Avtoga-zozapravochnyj kompleks plus al'ternativnoe toplivo (Autogas complex + alternative fuel), No. 10, 2014, pp.7-11 (in Russian).
- Muradova P.A., Zulfugarova S.M., Gasankulieva N.M., Shkunova N.V., Tretyakov V.F., Talyshinsky R.M., Litvishkov Yu.N. et al. On the effect of microwave activation of water on the dealkylation of toluene with water vapor in the presence of a Ni-Co-Cr/Al/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst. Oil and gas chemistry, No. 3, 2016, p. 23-26 (in Russian).
- Muradova P.A., Zulfugarova S.M., Graser E., Strekov A.S., Litvishkov Y.N. Microwave-induced thermolysis of petroleum under the action of heterogeneous catalysts. Chemie Inhalt Ingenieur Technik, Vol. 90, No. 3, 2018, pp. 1-6 (in German).

Рахманкулов Д.Л., Бикбулатов И.Х., Шулаев Н.С., Шавшукова С.Ю. Микроволновое излучение и интенсификация химических процессов. Химия. Москва, 2003, 220 с.  
Muradova P.A., Zulfugarova S.M., Graser E., Strekov A.S., Litvishkov Y.N. Mikrowelleninduzierte Thermolyse von Erdöl unter der Einwirkung von heterogenen Katalysatoren. Chemie Inhalt Ingenieur Technik, Vol. 90, No. 3, 2018, pp. 1-6.

Rakhmankulov D.L., Bikbulatov I.Kh., Shulaev N.S., Shavshukova S.Yu. Microwave radiation and intensification of chemical processes. Chemistry. Moscow, 2003, 220 p. (in Russian).  
Zinnatullin P.P., Fatkhullina Yu.I. Dehydration of highly stable water-oil emulsions by electromagnetic fields of high-frequency and ultra-high-frequency ranges. Oil and Gas Technologies, No. 1(78), Moscow, 2012, pp. 24-29 (in Russian).

## ВОЗДЕЙСТВИЕ МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СЕПАРАЦИЮ ВОДОНЕФТЯНОЙ ЭМУЛЬСИИ

Мурадова П.А.

*Институт катализа и неорганической химии им. М.Ф.Нагиева НАН Азербайджана  
AZ1143, Баку, просп. Г.Джавида, 113: muradovaperi@rambler.ru*

**Резюме.** Обводнение продуктивных пластов нефтяных месторождений вызывает серьезные осложнения при добыче, сборе и подготовке нефти, связанные с образованием водонефтяных эмульсий, что особенно проявляется в случаях эксплуатации месторождений высоковязкой нефти, находящихся на поздней стадии разработки. В последние годы в арсенале существующих методов разрушения стойких водонефтяных эмульсий произошли существенные изменения инновационного характера, связанные с заменой реагентной и термической технологии их обработки на технологии, основанные на использовании энергии физических полей, в частности сверхвысокочастотного электромагнитного излучения. Основываясь на ранее полученных нами результатах воздействия микроволнового излучения на реологические и физико-химические свойства деэмульгированных традиционным термическим методом образцов высоковязкой нефти месторождений Азербайджана Балаханы–Сабунчу–Раманы и Кюровдаг, в данной работе приведены результаты исследования влияния СВЧ излучения (2450 МГц) на агрегативную устойчивость и разрушение гидрофобной (обратной) водонефтяной эмульсии образцов промысловой нефти упомянутых месторождений. Показано, что в условиях традиционной термической обработки образцов эмульсии, содержащих различные количества природных эмульгаторов (смолы + асфальтены), скорость отделения воды практически постоянна, в то время как в условиях микроволнового воздействия разница в скорости отделения водной фазы в образцах на основе нефти месторождения Кюровдаг с относительно высоким содержанием смол и асфальтенов значительно выше таковой для нефти месторождения Балаханы–Сабунчу–Раманы. Установлен факт проявления нетермического эффекта микроволнового воздействия на водонефтяную эмульсию, что явилось его основным преимуществом и отличием от распространенных способов традиционной термической и реагентной сепарации эмульсии, как с точки зрения сокращения энергетических затрат, так и исключения использования дорогостоящих эмульгаторов.

**Ключевые слова:** высоковязкая нефть, термолит, микроволновое излучение, нетермический эффект, водонефтяная эмульсия

## MİKRODALĞALI ŞÜALANMANIN NEFT-SU EMULSİYASININ AYRILMASINA TƏSİRİ

Muradova P.A.

*AMEA-nın M.F.Nağıyev adına Kataliz və Qeyri-üzvi Kimya İnstitutu  
AZ1143, Bakı şəh., H.Cavid prospekti, 113: muradovaperi@rambler.ru*

**Xülasə.** Neft mədənlərinin məhsuldar laylarının su altında qalması su-neft emulsiyalarının əmələ gəlməsi ilə əlaqədar neftin hasilatı, yığılması və hazırlanmasında ciddi fəsadlar yaradır ki, bu da xüsusilə son hazırlıq mərhələsində olan yüksək özlüklü neft yataqlarının istismarı hallarında özünü büruzə verir. Son illər sabit su-neft emulsiyalarının parçalanması üsullarının arsenalında əhəmiyyətli innovativ dəyişikliklər baş vermişdir, bu da reagent və onların emalı üçün istilik texnologiyalarının fiziki sahələrin enerjisinin istifadəsinin mikrodalğalı elektromaqnit şüalanmasının istifadəsinə əsaslanan texnologiyalarla əvəz edilməsi ilə bağlıdır. Azərbaycanın Balaxanı–Səbunçu–Ramanı və Kürəvdağ yataqlarından ənənəvi termal üsulla demulsifikasiya olunmuş yüksəközlülüklü neft nümunələrinin reoloji və fiziki-kimyəvi xassələrinə mikrodalğalı şüalanmanın təsiri ilə bağlı əvvəlki nəticələrimizə əsaslanaraq, hazırkı işdə qeyd olunan yataqların kommersiya neft nümunələrinin hidrofobik (əks) su-neft emulsiyasının aqreqativ sabitliyə və parçalanmasına mikrodalğalı şüalanmanın (2450 MHz) təsirinin nəticələri təqdim olunur. Göstərilmişdir ki, tərkibində müxtəlif miqdarda təbii emulqatorlar (qatranlar+asfaltənlər) olan emulsiya nümunələrində ənənəvi termik emal şəraitində suyun ayrılma sürəti praktiki olaraq sabitdir, eyni zamanda, qatranların və asfaltənlərin nisbətən yüksək olduğu Kürəvdağ yatağından alınan neft nümunələrində mikrodalğalı sobanın təsiri altında su fazasının ayrılması sürəti Balaxanı–Səbunçu–Ramanı yatağından alınan neft nümunələrində sulu fazanın ayrılması sürəti ilə müqayisədə xeyli yüksəkdir. Su-neft emulsiyasına mikrodalğalı təsirinin qeyri-termik effekti faktı müəyyən edilmişdir ki, bu da onun geniş yayılmış ənənəvi termal və reagent separasiya ilə müqayisədə, həm enerji xərclərinin azaldılması və bahalı emulqatorlardan istifadə edilməsi nöqtəyi nəzərdən, əsas üstünlüyünü və fərqliliyini göstərir.

**Açar sözlər:** yüksəközlülüklü neft, termoliz, mikrodalğalı şüalanma, qeyri-termal effekt, su-neft emulsiyası