

**УДК 622.276
МРНТИ 52.47.15
DOI 10.56525/YOFG1601**

**МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ
СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ
СВОЙСТВ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЕЙ**

***БАЯМИРОВА Р.У.**

Каспийский университет технологий
и инжиниринга имени Ш.Есенова,
Актау, Казахстан.

E-mail: ryskol.bayamirova@yu.edu.kz

ТОГАШЕВА А.Р.

Каспийский университет технологий
и инжиниринга имени Ш.Есенова,
Актау, Казахстан.

E-mail: aliya.togasheva@yu.edu.kz

ЖОЛБАСАРОВА А.Т.

Каспийский университет технологий
и инжиниринга имени Ш.Есенова,
Актау, Казахстан.

E-mail: akshyryn.zholbassarova@yu.edu.kz

САРБОПЕЕВА М.Д.

Каспийский университет технологий
и инжиниринга имени Ш.Есенова,
Актау, Казахстан.

E-mail: manshuk.sarbopelyeva@yu.edu.kz

ВОРОБЬЕВ А.Е.

Российский университет дружбы народов
Москва, Россия

E-mail: fogelal@mail.ru

***Автор-корреспондент: ryskol.bayamirova@yu.edu.kz**

Аннотация. В данной статье изучены структурно-механические свойства тяжелой нефти казахстанских месторождений при термической обработке. Наиболее важными и наименее изученными вопросами в технологии подготовки и сбора нефтепродуктов является оценка структурных и механических свойств тяжелых масел и эмульсий, а также способов регулирования их образования. Особенностью эксплуатации скважин месторождений с высоковязкими нефтями является резкое увеличение обводненности на начальной стадии разработки. Это связано с чрезмерно большой разницей в реологических характеристиках пластовой нефти и воды. Образование стабильных эмульсий не позволяет эффективно отделять нефть от воды и это соответственно приводит к ухудшению качества продукта. Существующие работы по термообработке нефти относятся для парафинистых нефтей, практически отсутствуют исследовательские работы по термической обработке высокосмолистых нефтей. В современных условиях интенсификации добычи углеводородов рассмотрение вариантов улучшения структурно-механических свойств тяжелых нефтей является необходимым условием эффективной эксплуатации сооружений промысловой подготовки нефти. При термообработке высокосмолистых нефтей происходят необратимые процессы, приводящие к значительному снижению предельного напряжения сдвига и частично пластической вязкости. Важным фактором в процессе разрушения эмульсии являются гидро-динамические воздействия. Исследования показали,

что на интенсивность разрушения эмульсии влияет не столько время отстоя, как фактор несмешивающихся жидкостей, всегда учитываемый при разработке проектов установок по подготовке нефти, сколько гидродинамический эффект, проявляющийся в разрушении глобул воды при интенсивной турбулизации потока. Результаты экспериментов показали, что гидродинамический фактор является более эффективным методом разрушения эмульсии. Таким образом, гидродинамический способ разрушения эмульсии может быть с высшей степенью эффективности использован в технологии подготовки нефти и при конструировании высокопроизводительных деэмульгаторов непрерывного действия. Поэтому актуальность исследования заключается в снижении безвозвратных потерь углеводородов при добыче систем, изучении физико-химических, структурно-механических свойства эмульсий тяжелых масел и разработки методы их регулирования, а также совершенствование устройств для обработки нефти.

Ключевые слова: тяжелая нефть; асфальтены; водонефтяные эмульсии; структурно-механические свойства; высокозастизывающие нефти; термическая обработка; асфальтено-смолистые вещества; реологические параметры; деэмульсия; глобула воды; гидродинамический эффект; резервуар; барбатирование; поверхностное натяжение.

Введение

Повышение значения вязкости и предельного напряжения сдвига тяжелых нефтей значительно осложняет подготовка нефти к транспорту, повышается пусковое давление насосов. Наиболее часто применяемой в отечественной и зарубежной практике подготовки к трубопроводному транспорту высоковязких и высокозастизывающих нефтей является их термообработка. Термическая обработка нефтей проводится с целью улучшения реологических свойств и заключается в нагреве нефти до определенной температуры с последующим ее охлаждением с постоянной скоростью до температуры перекачки в статических условиях.

В лаборатории «Гипровостокнефти» проведены работы по улучшению структурно-механических свойств парафинистых нефтей и эмульсий путем термообработки. [1]. Показано, что путем термообработки ($t=50^{\circ}\text{C}$) реологические свойства нефтей некоторых месторождений Пермской области существенно улучшаются. Например, Козубаевская нефть до термообработки имела вязкость 122,2 сст, после 8 с термообработки вязкость снизилась до 16,6 сст, т.е. в 7,54 раза.

Как отмечено в работе [2], термообработке поддается нефть только с аномальной вязкостью и пластическими свойствами. Термообработка ньютоновских нефтей эффекта не дает. Помимо температуры подогрева, большое влияние на термообработку оказывают скорость охлаждения и конечная температура. Для парафинистых нефтей быстрое охлаждение способствует образованию многих центров кристаллизации парафина, образуется мелкокристаллическая система, которая увеличивает вязкость и динамическое напряжение сдвига [3].

Результаты опытов по определению зависимости предельного напряжения сдвига от температуры для термообработанной Мангышлакской нефти при температуре термообработки 50°C , 70°C и 90°C показали, что Мангышлакская нефть, термообработанная при 90°C , обладает меньшим предельным напряжением сдвига, чем не подвергнутая термообработке. Причем, чем выше конечная температура охлаждения, тем больше эффект термообработки. Термообработка Узеньских нефтей показала, что термообработанные нефти, охлажденные после термообработки до 30°C , со скоростью охлаждения 20°C в час при всех температурах термообработки (50°C , 80°C , 90°C , 100°C) являются ньютоновской жидкостью. При всех остальных температурах (ниже 30°C) термообработанная Мангышлакская нефть является вязкопластичной жидкостью, подчиняющейся закону Шведова-Бингама.

При темпе охлаждения 10°C в 1 час (после термообработки 90°C) неньютоновские свойства Мангышлакской нефти начинают проявляться при более низких температурах

(ниже 20-15°C). Изменение эффективной вязкости при всех температурах термообработки, показывает, что нефть, подвергнутая нагреванию до температуры 50, 80 и 110°C с последующим охлаждением, имеет более высокую вязкость, чем при термообработке до 90°C. Наименьшие значения вязкости наблюдаются при темпе охлаждения 10°C в час. Термообработка нефти до 150° С приводит к снижению эффективной вязкости во всем интервале температур почти в три раза и отсутствию динамического напряжения сдвига при температуре выше 65 °C.

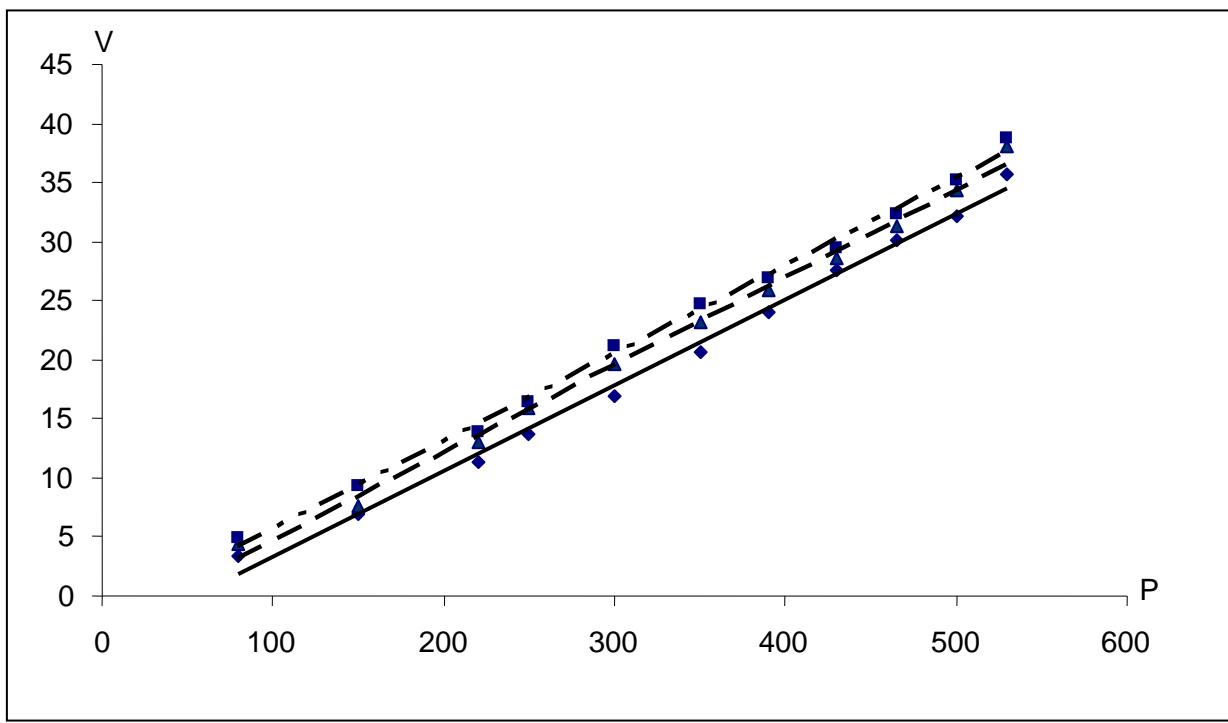
Механизм снижения вязкости при термической обработке парафинистых нефтей представляется следующим образом. При нагреве нефти выше температуры плавления парафина он полностью расплывается, и нефть представляет собой гомогенную ньютоновскую жидкость. При последующем охлаждении нефть в статическом состоянии в ней начинает образовываться кристаллы парафина, которые обволакиваются асфальтено-смолистыми веществами. Возникающий при этом на гранях кристаллов защитный слой из поверхностно-активных асфальтено-смолистых веществ препятствует отложению на поверхности кристаллов новых слоев парафина.

Следует отметить, что существующие работы по термообработке нефти относятся для парафинистых нефтей, практически отсутствуют исследовательские работы по термической обработке высокосмолистых нефтей.

В современных условиях интенсификации добычи углеводородов рассмотрение вариантов улучшения структурно-механических свойств тяжелых нефтей является необходимым условием эффективной эксплуатации сооружений промысловой подготовки нефти. Поэтому опыты по изучению влияния термообработки на структурно-механические свойства смолистых нефтей месторождений Западного Казахстана интересны не только для понимания их поведения, но и для сравнительного анализа с термообработкой парафинистых нефтей.

Материалы и методы исследования

В лаборатории проведены опыты по изучению влияния термообработки на структурно-механические свойства нефтей месторождений Северное Бузачинское, Каражанбасское и Каламкасско. Структурно-механические свойства термообработанной нефти изучали на капиллярном приборе. На эффективность термической обработки оказывает влияние начальная температура подогрева, а также скорость охлаждения, поэтому в одном опыте нефть подогрелась до 70°C и охлаждалась до 30°C со скоростью 12°C в час (кривая 2 на рисунке 1). Эффективность термической обработки определялась сравнением реологических параметров исходной и термообработанной нефти. На рисунке 1 представлены графики зависимости $P = k'V^n'$, построенные по результатам исследования их на капиллярном вискозиметре (таблица 1). Видно, что термообработка нефти месторождения Северное Бузачи незначительно влияет на вязкостные свойства и понижает предельное напряжение сдвига с 740 мГ/см² для исходной нефти до 40 мГ/см² для термообработанной (температура нагрева до 85°C), т.е. снижается до 18,5 раза. Известно, что изменение вязкости парафинистых нефтей после термообработки объясняется способностью парафина кристаллизоваться в различных формах после нагрева. При термообработке высокосмолистых нефтей, по нашему мнению, происходят необратимые процессы, приводящие к значительному снижению предельного напряжения сдвига и частично пластической вязкости.



◆ — - без термообработки; ▲ — - при температуре подогрева 70°C; ■ — - при температуре подогрева 85°C

Рисунок 1 - Реологические кривые исходной и термообработанной нефти (месторождение Северное Бузачи) (Р в Па, В в с^{-1})

Таблица 1 - Таблица значений реологических параметров (консистентные переменные) исходной и термообработанной нефти месторождения Северное Бузачи

Без термообработки, $t = 30^\circ \text{C}$		Temperatura подогрева - $T=70^\circ \text{C}$, конечная температура охлаждения - 60°C , скорость охлаждения - $12^\circ \text{C}/\text{час}$		Temperatura подогрева - $T=85^\circ \text{C}$, конечная температура охлаждения - 70°C , скорость охлаждения - до 60°C - 50° с/час, до 22°C - $10^\circ \text{C}/\text{час}$	
P, Па	V, с^{-1}	P, Па	V, с^{-1}	P, Па	V, с^{-1}
79,66	3,37	80,02	4,39	78,94	4,77
147,91	6,89	150,58	7,57	148,76	9,17
219,31	10,99	233,30	13,24	218,59	13,76
248,87	13,12	288,66	18,24	288,41	18,75
292,18	16,33	323,58	20,63	323,33	21,31
355,18	21,06	358,49	23,45	358,24	24,92
389,72	23,94	393,40	26,01	393,15	26,94
435,41	27,39	432,82	28,66	428,06	29,35
463,70	30,07	468,10	31,53	462,98	32,20
502,10	32,19	504,79	34,67	500,40	35,21
532,82	35,72	527,44	37,71	532,80	38,21

В таблице 2 приведены результаты опытных данных по термообработке некоторых тяжелых нефтей месторождений Западного Казахстана. Отметим, что для высокосмолистых нефтей термообработка практически незначительно влияет на вязкость, но значительно влияет на предельное напряжение сдвига (рисунок 1).

Таблица 2 - Результаты опытных данных по термообработке тяжелых нефтей некоторых месторождений Западного Казахстана

Месторождение	Условие опыта	Температура термообработки, °C	Скорость охлаждения, °C/час	Предельное напряжение сдвига при температуре 30°C, Па
Северное Бузачинское	до термообработки	-	-	72,50
	после термообработки	70	12	6,34
	после термообработки	85	12	3,92
Каражанбасское	до термообработки	-	-	66,80
	после термообработки	70	12	4,85
	после термообработки	85	12	2,80
Каратуринское	до термообработки	-	-	69,80
	после термообработки	70	12	4,85
	после термообработки	85	12	2,80
Каламкасское	до термообработки	-	-	69,70
	после термообработки	70	12	6,95
	после термообработки	85	12	5,50

В связи с результатами опытных данных, мы предлагаем усовершенствованную установку подготовки нефти для подогрева и деэмульсации тяжелых водонефтяных эмульсий. В нефтяной промышленности традиционным является разрушение эмульсий термохимическим способом, который постоянно совершенствуется и используется в комплексе с электрическими полями и гидродинамическими характеристиками потока. Тяжелые водонефтяные эмульсии, капли воды которых окружены прочными бронирующими оболочками, состоящими из асфальтено-смолистых веществ и механических примесей, являются чрезвычайно стабильными эмульсиями. Разрушение этих эмульсий обычными методами затруднительно.

Результаты исследования

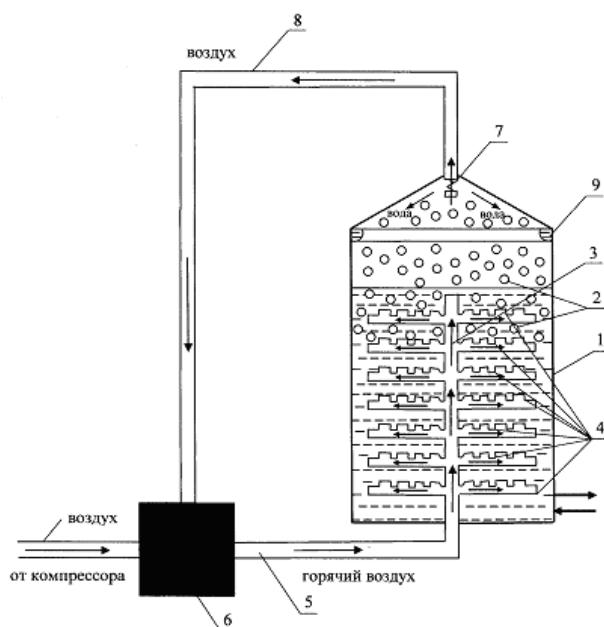
Важным фактором в процессе разрушения эмульсии являются гидродинамические воздействия. Исследования показали, что на интенсивность разрушения эмульсии влияет не столько время отстоя, как фактор несмешивающихся жидкостей, всегда учитываемый при разработке проектов установок по подготовке нефти, сколько гидродинамический эффект, проявляющийся в разрушении глобул воды при интенсивной турбулизации потока. Результаты экспериментов показали, что гидродинамический фактор является более эффективным методом разрушения эмульсии. Таким образом, гидродинамический способ разрушения эмульсии может быть с высшей степенью эффективности использован в технологии подготовки нефти и при конструировании высокопроизводительных деэмульгаторов непрерывного действия.

В связи с этим нами предлагается новый способ подогрева высоковязких нефтей и тяжелых эмульсий с учетом гидродинамического эффекта и предложена установка для его осуществления. Предлагаемая установка показана на рисунке 2 [4]. Установка состоит из резервуара 1, заполненного вязким нефтепродуктом 2, содержит воздуховод 3 с рукавами 4, подключенный к трубопроводу 5 для подачи подогретого воздуха высокого давления на узле подогрева концентратором или электронагревателем. Для отвода воздуха из резервуара 1 служит редукционный клапан 7 отрегулированный на 1,5–2 атм., через который использованный воздух поступает в подогрев. По основанию конусообразной крышки резервуара проведен желоб 9 для сбора и вывода конденсированной воды.

Работа установки осуществляется следующим образом. Сжатый воздух от компрессора поступает в узел подогрева 6, подогреваемый солнечным концентратором или электронагревателем до 90–100°C. При малой интенсивности солнечного излучения и недостаточном нагреве воздуха его нагрев производится электронагревателем. Далее горячий сжатый воздух по трубопроводу 5 подводится воздуховоду 3 резервуара 1 к рукавам 4, где струя горячего воздуха через отверстия в рукахах внедряется в нефтепродукт 2 и в виде паровоздушных пен пробивается на поверхность по пути наименьшего сопротивления.

Высокая интенсивность обусловлена нестационарным характером газодинамического воздействия сжатого горячего воздуха на меняющуюся вязкость нефтепродуктов, сопротивляющейся образованием на поверхности паровоздушных пен с последующим разрывом. В результате на конусообразной крышке резервуара 1 конденсируется от паровоздушных пен и истекает по наклонной поверхности желобу 9 по основанию крышки и удаляется. Отвод воздуха осуществляется через редукционный клапан 7, отрегулированный на давление 1,5–2 ат, и подается через канал 8, на узел подогрева 6, т.е. происходит рециркуляция использованного воздуха

Данная конструкция позволит более интенсивно подогревать нефтепродукт в резервуаре, обезвоживать и экономить энергетические ресурсы при подготовке и транспорте.



1 - резервуар; 2 - нефтепродукт; 3 - воздуховод; 4 -рукава;
5 – трубопровод; 6 – подогрев; 7 – клапан; 8 – отвод; 9 - желоб

Рисунок 2 - Схема установки для подогрева водонефтяной эмульсий

Движение газов, поступающих в емкость с нефтепродуктом обычно сопровождается образованием пузырей и толкает перед собой жидкость, которая находится перед выходом.

Слои жидкости, окружающие струю, приводятся в движение параллельно струе, вследствие чего часть количества движения жидкости передается окружающей жидкости. При этом скорость жидкости, захваченной движущейся струей, меньше, чем скорость струи, которой была захвачена жидкость.

Каждый слой жидкости, пришедший в движение, приводит на своем пути в движение соседние слои жидкости, которые до этого покоялись. Поэтому струя имеет тем больше сечение, чем дальше она удаляется от начала, а также чем меньше становится ее скорость. Когда окружающая жидкость захватывается струей и приводится в движение, на какой-то промежуток времени в пространстве, которое она перед этим занимала, создает разрежение. Снижение давления заставляет, окружающую и покоящую жидкость, подсасываться в эту часть пространства. Кинетическая энергия струи, которая проявляется в подсасывании жидкости из окружающей среды, зависит от начальной скорости вытекания от сопла.

При подъеме пузырьков жидкость, находящаяся в непосредственной близости к их поверхности, под действием тангенциального напряжения приводится в движении и устремляется к поверхности. За поднимающимися пузырьками образуется разрежение, обуславливающее подсасывание жидкости из окружающего объема. Размер пузырьков определяется давлением газа в пузырьке и внешним гидростатическим давлением, отвечающим высоте столба жидкости над пузырьком. По направлению к поверхности гидростатическое давление в жидкости непрерывно уменьшается, и соответственно величина пузырьков растет. Одновременно с увеличением объема пузырьков, форма их будет все более отличаться от шарообразной, путь движения отклоняться от вертикали, начнут происходить столкновения между пузырьками. Увеличение размеров пузырька приводит к тому, что между пузырьком и жидкостью образуется большая межфазная поверхность, вследствие чего приводится в движение по направлению к свободной поверхности все большее количество жидкости, т.е. происходит свободное барбатирование. После выхода газа на поверхность, жидкость, вытесненная газом, оттекает к периферии резервуара и опускается в желоб.

Рассмотрим условие возникновения пузырька в жидкости. Когда под давлением газ поступает в жидкость, образованию пузырька препятствует давление столба жидкости, которое может быть преодолено давлением газа, а также поверхностное натяжение. Как только начнет возникать пузырек, на него будет действовать подъемная сила. В тот момент, когда подъемная сила превысит поверхностное натяжение, пузырек оторвется от устья и начнет подниматься вверх.

Для шарообразного пузырька диаметром d подъемная сила определяется формулой:

$$G_1 = \frac{1}{6} \pi d^3 (\gamma_{ж} - \gamma_{г}), \quad (1)$$

где $\gamma_{ж}$ – удельный вес жидкости; $\gamma_{г}$ – удельный вес газа.

Если удельный вес жидкости значительно больше удельного веса газа, то членом $\gamma_{г}$ можно пренебречь.

$$G_1 = \frac{1}{6} \pi d^3 \gamma_{ж}. \quad (2)$$

Если поверхностное натяжение на устье σ , то сила действующая на поверхность при радиусе R будет равна:

$$G_2 = 2\pi R \sigma. \quad (3)$$

Пузырек оторвется, как только подъемная сила G_1 преодолеет силу G_2 , действующую на поверхность.

При условии, что эти силы равны, получим радиус r пузырька в момент отрыва:

$$r = \sqrt[3]{\frac{3}{2} \frac{R \sigma}{\gamma_{\text{ж}}}}. \quad (4)$$

Скорость подъема пузырьков при прохождении через слой жидкости зависит главным образом от ее вязкости, удельных весов газа и жидкости, предельного напряжения сдвига и от величины пузырька. Температура оказывает влияние на вязкость, предельное напряжение сдвига и удельный вес, а тем самым на скорость подъема пузырьков. Поэтому для определения скорости подъема пузырька используются различные формулы, отвечающие различным гидродинамическим условиям.

Приближенно скорость движения пузырька можно определить исходя из равновесия с сопротивлением против движения пузырька:

$$G_0 = \frac{\nu^2}{8} \psi \pi d^2 \gamma_{\text{ж}}. \quad (5)$$

Приравниваем (5) и (2), получаем:

$$\frac{1}{6} \pi d^3 \gamma_{\text{ж}} = \frac{\nu^2}{8g} \pi d^2 \gamma_{\text{ж}}.$$

Отсюда:

$$\nu = 2 \sqrt{\frac{dg}{3\psi}}, \quad (6)$$

где ψ - коэффициент сопротивления, зависящий от режима движения и числа Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{\nu d \rho}{\mu}. \quad (7)$$

При $\text{Re} \leq 2$ имеется ламинарный режим, и коэффициент сопротивления имеет значение:

$$\psi = \frac{24}{\text{Re}}. \quad (8)$$

Подставив это значение в уравнение (6) получим формулу Стокса:

$$v = \frac{d^2(\gamma_{\infty} - \gamma_e)}{18\mu} \quad (9)$$

Таким образом, для скорости всплывания коэффициент сопротивления при $Re \leq 2$ (ламинарный поток), так как и для пузырькового потока, будет равен $\psi = 24/Re$, так, что для определения скорости движения пузырьков действительна формула Стокса.

Для турбулентной области коэффициент сопротивления можно принять в виде $\psi = 8/3$. Подставив его в формулу (6), получим скорость всплывания, в тех случаях, когда можно пренебречь удельным весом газа по сравнению с удельным весом жидкости, формулу:

$$v = \sqrt{\frac{1}{2}dg} .$$

Формула (4) справедлива для скорости подъема пузырька в вязкой жидкости. Вопрос о скорости всплыvании пузырька газа в неильтоновской жидкости еще не выяснен. Однако, если исходить из существования аналогии между обтеканием вязкой жидкостью пузырька, то в определенных пределах условий движения можно поступить следующим образом.

При движении пузырька в вязкопластичной жидкости предположим, что суммируются сопротивления, обусловленные вязкостными и пластическими свойствами. Тогда формулу для силы сопротивления можно записать в виде [5]:

$$w_n = \pi d^2 \tau_0 + 3\pi\eta dv . \quad (10)$$

Приравнивая (10) равнодействующей силой:

$$R = \frac{4}{3}\pi d^3 (\rho_{\infty} - \rho_e) g, \quad (11)$$

Получим:

$$v = \frac{d}{3\eta} \left[\frac{(\rho_{\infty} - \rho_e)gd_e}{6} - \tau_0 \right]. \quad (12)$$

В частности, при $\tau_0=0$ получим формулу (9) для обтекания пузырька вязкой жидкости.

Сопротивление при обтекании шарообразного пузырька можно представить в общем виде:

$$w_n = c_w \frac{\pi d_e}{4} \rho_{\infty} \frac{v_e^2}{2} = \frac{\pi d_e}{8} c_w \rho_{\infty} v_e^2, \quad (13)$$

где c_w – коэффициент сопротивления.

$$c_w = \frac{8\tau_0}{\rho_{ж} v^2} + \frac{24}{Re},$$

или

$$c_w = \frac{24}{Re} \left(1 + \frac{He}{3Re} \right),$$

(14)

$$\text{где } He = \frac{\rho_{ж}\tau_0 d_e^2}{\eta^2} - \text{число Хедстрема.}$$

Для степенной жидкости в работе предложена следующая формула:

$$v = \frac{1}{3} \left[\frac{d_e (\rho_{ж} - \rho_e) g}{6k} - \tau_0 \right]^{\frac{1}{n}} d_e,$$

(15)

где n и k – показатели неньютоновского поведения (консистенции);

$$c_w = \frac{8 \cdot 3^n}{Re}, \quad Re = \frac{\rho_{ж} v_e^{2-n} d_e^n}{k}.$$

(16)

При $n=1$ формулы (15) и (16) переходят в формулу для вязкой жидкости.

Отметим, что если для подвода газа применяется система сопел, то приведенное соотношение не теряет значения при условии, что расстояние между центрами двух соседних устьев равно, по крайней мере, диаметру пузырьков.

Разность скоростей газового потока и нефтепродукта обуславливает появлению тангенциальных напряжений. Тангенциальные напряжения вызывают деформацию капель, после чего они начнут дробиться. Против деформации капель, происходящей за счет тангенциального напряжения, действует межфазное натяжение, которое заставляет капли предельно сократить поверхность. При этом содержание деэмульгаторов значительно облегчает понижение прочности тяжелой эмульсии и разрушение фонариющей оболочки эмульсии вода-нефть.

При достаточно большой скорости газа в устье отверстия образуются не отдельные пузырьки, а истекает струя газа, которая в последующем дробится на отдельные пузырьки. Условие формирования газовой струи определяется из следующего соотношения:

$$\frac{v_e \sqrt{\rho_e}}{[g\sigma(\rho_{ж} - \rho_e)]^{\frac{1}{4}}} > 1,25 \left[\frac{\sigma}{g(\rho_{ж} - \rho_e)R_0^2} \right]^{\frac{1}{2}},$$

(17)

где v_e – скорость газа в отверстии; $\rho_{ж}$, ρ_e – соответственно, плотность жидкости и газа; R_0 – радиус отверстия.

Попадая в поток теплого газа, жидкие капли деформируются и в них возникает внутреннее движение. Развитие этих процессов приводит к деформации и разрушению бронириющей оболочки капель эмульсии. В зависимости от скорости потока и физических параметров газа и капель эмульсии характер процесса их дробления может быть различным.

В работе [6] обсуждены деформации пузырьков и дробление капель в газовых потоках. Указывается, что процесс разрушения зависит от скорости потока газа, плотностей и вязкостей жидкой и газовой сред, поверхностного натяжения, времени воздействия, диаметра глобул и ускорения. Дробление капель характеризуется в основном числом Вебера We и числом Лапласа Lp :

$$We = \frac{2a\rho_e g v^2}{\sigma}, \quad Lp = \frac{2a\rho_{ж} \sigma}{\mu_{ж}^2}, \quad (18)$$

где a - радиус капли; v – скорость струи газа; $\mu_{ж}$ – динамическая вязкость жидкости.

Максимум дробления капли реализуется в некотором диапазоне чисел Вебера, ограниченном некоторыми критическими числами, зависящими от числа Лапласа жидкости. Например, режим дробления исходной капли газовым потоком на несколько более мелкие капли реализуется при околокритических числах Вебера:

$$We = 10(1 + 1,5Lp^{-0,37}). \quad (19)$$

Как известно, в нефтяной промышленности традиционным является разрушение эмульсии термохимическим способом, который постоянно совершенствуется и используется в комплексе с электрохимическими полями и гидродинамическими характеристиками потока.

Условия промысловой подготовки нефти в значительной степени зависят от содержания естественных эмульгаторов (асфальтены, смолы, парафины и др.), которые образуют мелкодисперсную высоковязкую эмульсию. Разрушение такой эмульсии в традиционных аппаратах подготовки сопровождается большим расходом деэмульгатора, тепла, электроэнергии и продолжительным временем отстоя, поэтому целесообразно комплексное воздействие на эмульсии, облегчающее деэмульсацию.

С целью изучения влияния гидроструйного воздействия на деэмульсации в лаборатории сконструирован гидросмесительный сосуд, внутри которого расположены трубы с отверстиями. Количество и диаметр отверстий обеспечивает скорость струи 1–3,5 м/с. Эксперименты проводились на эмульсии нефти месторождения Каражанбас, Исследования проводились с 20% -ной эмульсией при температуре 20°C и 40°C. Приготовление эмульсии осуществлялось на эмульсоре.

Результаты лабораторных испытаний показали, что гидроструйная деэмульсация намного эффективней обычного термохимического отстоя и разрушения эмульсии. Например, при термохимическом методе при расходе Диссолвана 4411 – 100 г/т, количество выделявшейся воды при температуре 40°C составляет 40%, а использование энергии струи - 90% .

Заключение

Таким образом, предложенный способ подогрева с использованием энергии струи является одним из эффективных путей интенсификации разрушения стабильных водонефтяных эмульсий.

В заключение можно привести вывод, что исследованием термического метода улучшения структурно-механических свойств тяжелых нефтей показано, что термообработка нефтей месторождений Северное Бузачи, Каражанбас, Каратурун и Каламкас незначительно влияет на их вязкостные свойства, однако значительно понижает предельное напряжение сдвига.

На основании результатов экспериментальных исследований предлагаем усовершенствованную установку подготовки нефти для подогрева тяжелых нефтей и

водонефтяных эмульсий. Предложенная установка подготовки нефти обеспечивает высокую степень подогрева и обезвоживания тяжелых нефтей и эмульсий вследствие комплексного воздействия на процесс температурных и гидродинамических факторов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Дытюк Л.Т. Исследование реологических характеристик нефтей и эмульсий некоторых месторождений Пермской области // Применение неньютоновских систем в нефтедобыче. – М., 1974. –с.61-72.
- [2]. Дегтярев В.И. Термообработка парафинистых нефтей Казахстана. НТС, Транспорт и хранение нефтепродуктов. -№ 6. –М.: ЦНИИТЭнефтегаз, 1964.
- [3]. Чернышков В.И. Перекачка вязких и застывающих нефтей. –М.: 1958. -218 с.
- [4]. Бисенгалиев М.Д., Баймиров М.Е., «Способ деэмульгации тяжелых водонефтяных эмульсий» Инновационный патент № 20504 25.09.2008год . Республика Казахстан.
- [5]. Штырбачек З., Тауск П. Перемешивание в химической промышленности. – Л.: Ленинградское отд. Госкомиздата, 1963. -416 с.
- [6]. Кутателадзе С.С., Стырикович М.А. Гидравлика газожидкостных систем. - М.-Л.: Госэнергоиздат, 1958.

REFERENCES

- [1]. Dytuk L.T. Investigation of rheological characteristics of oils and emulsions of Perm region some fields // Use of non-Newtonian systems in oil production. - M., 1974. pp. 61-72. [in Russian]
- [2]. Degtyarev V.I. Heat treatment of paraffin oil of Kazakhstan. NTS, Transport and storage of petroleum products. -№ 6. – M.: TSNIIITEneftgaz, 1964. [in Russian]
- [3]. Chernyshkin V.I. Pumping of viscous and stiffening oils. –M : 1958. -218 p. [in Russian]
- [4]. Bissengaliyev M.D., Baymirov M.E., “Method for demulsification of heavy water-oil emulsions” Innovative patent № 20504 09/25/2008. The Republic of Kazakhstan. [in Russian]
- [5]. Shtyrbachev Z., Tausk P. Mixing in the chemical industry. - L.: Leningrad Dep. Goskomizdat, 1963. -416 p. [in Russian]
- [6]. Kutateladze S.S., Styrikovich M.A. Hydraulics of gas-liquid systems. - M.-L : Gosenergoizdat, 1958. [in Russian]

*¹Баямирова Рыскуль Умаровна, ¹Тогашева Алия Ризабековна, ¹Жолбасарова Ақшырын Тангалиевна, ¹Сарбопеева Манишук Дағыстанқызы,
²Воробьев Александр Егорович*

*¹Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инженеринг университеті,
Ақтау қ., Қазақстан*

²Ресей халықтар достығы университеті, Мәскеу, Ресей

**АУЫР МҰНАЙДЫҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ-МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН
ЖАҚСАРТУ ӘДІСТЕРИ**

Аңдатпа. Бұл мақалада Қазақстан кен орындарындағы ауыр мұнайдың термиялық өндідеу кезіндегі құрылымдық-механикалық қасиеттері зерттелді. Мұнай өнімдерін дайындау және жинау технологиясының ең маңызды және аз зерттелген мәселелері ауыр мұнайлар мен эмульсиялардың құрылымдық-механикалық қасиеттерін, сонымен қатар олардың түзілуін бақылау тәсілдерін бағалау болып табылады. Тұтқырлығы жоғары мұнайлары бар кен орындарындағы ұнғымаларды пайдаланудың ерекшелігі игерудің бастапқы кезеңінде судың кесілуінің күрт артуы болып табылады. Бұл қабаттағы мұнай мен судың реологиялық сипаттамаларының шамадан тыс үлкен айырмашылығына байланысты. Тұракты эмульсиялардың түзілуі мұнайды судан тиімді бөлуге мүмкіндік бермейді және сәйкесінше өнім сапасының нашарлауына әкеледі. Көмірсутектерді өндіруді интенсификациялаудың заманауи жағдайында ауыр мұнайлардың құрылымдық-механикалық қасиеттерін жақсарту нұсқаларын қарастыру кен орны мұнай өндідеу қондырғыларының тиімді жұмыс істеуінің қажетті шарты болып табылады. Сондықтан зерттеудің өзектілігі жүйелерді өндіру кезінде көмірсутектердің қайтарымсыз

ысыраптарын азайтуда, ауыр мұнай әмульсияларының физика-химиялық, құрылымдық және механикалық қасиеттерін зерттеуде және оларды реттеу әдістерін әзірлеуде, сонымен қатар мұнай өндөу құрылғыларын жетілдіруде жатыр.

Түйінді сөздер: ауыр мұнай; асфальтендер; сумұнайлы әмульсии; құрылымдық-механикалық қасиеттері; жоғарықататын мұнайлар; термиялық өндөу; асфальтты-шайырлы заттар; реологиялық параметрлер; деэмульсация; су шары; гидродинамикалық тиімділік; резервуар; көпіршікті; беттік тартылу.

*¹Ryskol Bayamirova, ¹Aliya Togasheva, ¹Akshyryn Zholbassarova, ¹Manshuk Sarbopeyeva,
²Alexander Vorobyov*

¹Sh.Yessenov Caspian state university of technology and engineering, Aktau, Kazakhstan

²Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

METHODS OF DEVELOPING STRUCTURAL-MECHANICAL PROPERTIES OF HEAVY OIL

Abstract. Structural-mechanical properties of heavy oil from Kazakhstan deposits under the heat treatment were studied in this work. The most important and the least studied issues in the technology for the preparation and collection of oil products is the evaluation of the structural and mechanical properties of heavy oils and emulsions and ways to regulate formation them. A feature of the wells operation of fields with high viscosity oils is a sharp increase in water cut at the initial stage of development, which is associated with an excessively large difference in the rheological characteristics of reservoir oil and water. The formation of stable emulsions does not allow for the effective separation of oil from water and leads to a deterioration in product quality. In this regard, in modern conditions of intensification of hydrocarbon production, consideration of the options for the formation and destruction of complex emulsions is a prerequisite for the effective operation of oilfield treatment facilities. Therefore, the research relevance is of reducing the irretrievable losses of hydrocarbons in production systems and study the physical-chemical, structural-mechanical properties of heavy oils emulsions and to develop methods for their regulation, as well as improving oil treatment devices.

Keywords: heavy oil, asphaltene, water-oil emulsions, structural-mechanical properties, high-setting oils; heat treatment; asphaltene-resinous substances; rheological parameters; demulsification; water globule; hydrodynamic effect; reservoir; barbating; surface tension.