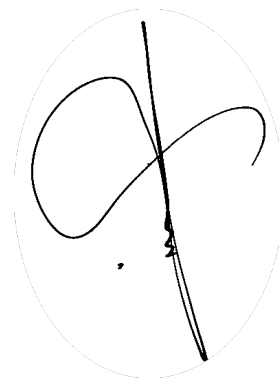


*На правах рукописи*



**ФАРХАН МАРВАН МОХАММЕД ФАРХАН**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ЛЕГКИХ  
ФРАКЦИЙ НЕФТИ В РЕЗЕРВУАРАХ СИСТЕМ ПРОМЫСЛОВОГО  
СБОРА И ПОДГОТОВКИ**

25.00.17 – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых  
месторождений

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Уфа – 2015

Работа выполнена на кафедре «Моделирование и управление процессами нефтегазодобычи» ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет»

Научный руководитель: доктор технических наук, старший научный сотрудник

**Карнаухов Михаил Львович**

Официальные оппоненты: **Ермолаев Александр Иосифович**  
доктор технических наук, профессор,  
ФГБОУ ВПО «Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина» / кафедра «Разработка и эксплуатация газовых и газоконденсатных месторождений», заведующий кафедрой

**Краснов Иван Игнатьевич**

кандидат технических наук,  
ООО Западно - Сибирский Аналитический Центр «Геоэкология» / главный научный сотрудник

Ведущая организация: АО «Сибирский научно-исследовательский институт нефтяной промышленности», (г. Тюмень)

Защита диссертации состоится «28» января 2015 года в 16 - 00 на заседании диссертационного совета Д 212.289.04 при ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» по адресу: 450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» и на сайте [www.rusoil.net](http://www.rusoil.net).

Автореферат диссертации разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ года.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Султанов Шамиль Ханифович

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Актуальность темы исследования**

Проблема сокращения потерь легких углеводородов при промышленной подготовке нефти на всем пути нефтепромыслового транспорта и сбора весьма актуальна, ее решение имеет не только экологический, но и экономический аспект. Одной из главных причин потерь является то, что не существует универсальных технологий промышленного сбора и хранения нефти в резервуарах, которые можно было бы использовать для всех климатических условий добычи нефтей различного состава.

Многочисленные исследования показали, что более 85% потерь нефти связано с испарением. Кроме материальных потерь испарение нефти часто сопровождается ухудшением некоторых физико-химических свойств нефти и нефтепродуктов и приводит к загрязнению окружающей среды. При испарении легких углеводородов изменяются физические характеристики нефти: увеличиваются плотность и вязкость, утяжеляется фракционный состав и т.д.

При испарении происходит вытеснение части паровоздушной смеси из газового пространства. В связи с этим разработка и исследование способов и методов снижения потерь легких углеводородов при сборе и подготовке нефти являются одними из приоритетных направлений современной нефтяной науки и практики. Поэтому актуальным является создание эффективных технологий снижения потерь нефти от испарения при промышленной подготовке нефти к транспорту.

### **Степень разработанности проблемы**

Проблемами потерь углеводородов при промышленном сборе и транспорте нефти занимались такие российские ученые как Абузова Ф.Ф., Бронштейн И.С., Н.Н. Константинов, Коршак А.А., Лутошкин Г.С., Магарил Р.З., Тронов В.П., Савватеев Н.Ю., Сахабутдинов Р.З. и др.

В качестве средств борьбы с испарением нефти в резервуарах на сегодняшний день применяются различные способы:

- плавающие крыши и понтоны, однако, их применение ограничено климатическими условиями и низкой эффективностью эксплуатации;

- система улавливания легких фракций (УЛФ) паров нефти на промыслах - одна из самых эффективных технологий, но требует наличия достаточного количества свободного газа;

- плавающие защитные эмульсии;
- микрошарики из пластмасс;
- струйно-компрессорные установки;
- низкотемпературные методы;
- абсорбционные и адсорбционные методы и др.

Как следует из приведенного в диссертационной работе анализа исследовательских работ по определению величины потерь из промысловых резервуаров, к настоящему времени нет совершенных технологий сокращения технологических потерь нефти и газа из резервуаров. Поэтому для каждого конкретного случая необходима своя технология.

### **Цель работы**

Разработка технологии снижения потерь легких фракций нефти поверхностно-активными веществами (ПАВ) в резервуарах, обеспечивающей повышение эффективности промышленной подготовки нефти к транспорту.

### **Основные задачи исследования**

1. Провести анализ основных причин потерь легких углеводородов в технологических резервуарах при промышленной подготовке нефти и выявить наиболее эффективные способы снижения потерь.

2. Провести исследования на модельных средах бензине и нефти с целью выявления закономерностей влияния ПАВ на их испарение и определить оптимальные концентрации ПАВ, обеспечивающие максимальное снижение давления насыщенных паров (ДНП).

3. Разработать технологии снижения потерь легких углеводородов с помощью ПАВ в технологических резервуарах при подготовке нефти на место-

рождениях и определить время действия ПАВ при замене нижнего слоя продукта на свежий (не содержащий ПАВ).

### **Научная новизна**

1. Установлено влияние поверхностно – активных веществ на процесс испарения легких углеводородов при подготовке нефти в технологическом резервуаре: показано, что от концентрации ПАВ в поверхностном слое нефти в нефтяных резервуарах зависят потери нефти.

2. Впервые научно обосновано применение поверхностно-активных веществ на основе синтетических жирных кислот (СЖК) и установлены концентрации, при которых происходит значительное снижение потерь легких углеводородов - на 15 - 34 %.

3. Выявлены составы ПАВ для нефтяных резервуаров месторождений России и Ирака в результате изучения влияния СЖК на основе калия, натрия и лития.

### **Теоретическая значимость работы**

1. По результатам лабораторных экспериментов обосновано применение ПАВ – солей жирных кислот на модельной среде – нефти, наиболее адекватно отражающей промысловые условия.

2. Установлена зависимость потерь бензина и нефти в технологических резервуарах от концентрации ПАВ в поверхностном слое.

### **Практическая значимость работы**

1. Исследован процесс влияния поверхностно-активных веществ на испарение легких углеводородов с поверхности модельной нефти в резервуаре.

2. Разработаны технологии применения калиевой, натриевой и литиевой солей синтетических жирных кислот для нефтяных резервуаров, которые рекомендованы для месторождений Западной Сибири в России. Рекомендации в настоящее время применяются в ООО «РН - Уватнефтегаз».

3. Способы снижения потерь легких углеводородов на основе калиевых, натриевых и литиевых солей запатентованы (патент RU № 2490315, патент RU № 2458973, подана заявка на выдачу патента № 2014114956).

## **Методология и методы диссертационного исследования**

В ходе проведения диссертационного исследования применялись методы теоретического и эмпирического познания, заключающиеся: – в классификации и анализе существующих способов снижения потерь углеводов; – в проведении эксперимента и анализе его результатов.

## **Основные защищаемые положения**

Технологии снижения потерь легких углеводов из нефтяных резервуаров, предусматривающие применение ПАВ.

## **Степень достоверности результатов проведенных исследований**

Достоверность, приведенных в диссертации результатов, подтверждена научными экспериментами, а также патентами, основанными на этих результатах - патент RU № 2490315, патент RU № 2458973, заявка на выдачу патента № 2014114956.

## **Соответствие диссертации паспорту научной специальности**

Выбранная область исследования соответствует паспорту специальности 25.00.17 – «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», а именно пункту 4: «Технологии и технические средства добычи и подготовки скважинной продукции, диагностика оборудования и промышленных сооружений, обеспечивающих добычу, сбор и промышленную подготовку нефти и газа к транспорту, на базе разработки научных основ ресурсосбережения и комплексного использования пластовой энергии и компонентов осваиваемых минеральных ресурсов».

## **Апробация результатов исследований**

Результаты исследований докладывались и обсуждались на:

– Международной научно-технической конференции, посвященной 55-летию Тюменского государственного нефтегазового университета «Нефть и газ Западной Сибири» (г. Тюмень, Тюменский государственный нефтегазовый университет, 2011 г.);

– V - й и VI - й заочных международных научно-практических конференциях «Система управления экологической безопасностью» (г. Екатеринбург,

Уральский федеральный университет, 2011 и 2012 гг.);

– Международной научно-технической конференции молодых ученых «Моделирование и управление процессами добычи и транспортировки нефти и газа» (г. Тюмень, Тюменский государственный нефтегазовый университет, 2014 г.).

### **Публикации**

По теме диссертационной работы опубликовано 11 печатных работ, в том числе 4 работы – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, выдано 2 патента: патент № 2458973 РФ, патент № 2490315 РФ. Подана заявка на выдачу патента № 2014114956.

### **Объем и структура работы**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, основных выводов и рекомендаций, списка использованных источников (168 наименований). Работа изложена на 111 страницах машинописного текста, содержит 25 рисунков и 42 таблицы.

### **Благодарности**

Автор выражает благодарность профессорам Уфимского государственного нефтяного технического университета Хафизову А.Р. и Пономареву А.И. за консультации и ценные советы по улучшению работы.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель, задачи исследования, её научная новизна, защищаемые положения и практическая ценность.

В **первой главе** выполнен обзор и сделан анализ мирового опыта по снижению технологических потерь легких углеводородов из технологических резервуаров на нефтяных месторождениях. Приведена классификация и подробно рассмотрены существующие технологии, проанализированы основные источники потерь легких углеводородов на нефтяных месторождениях. Сделан обзор работ российских и зарубежных ученых по данному направлению исследова-

ний. Приведена характеристика технологий, применяемых для сокращения выбросов углеводородов из резервуаров.

Показано, что изучение процесса массообмена в резервуаре и факторов, влияющих на потери легких углеводородов, позволят выбрать наиболее эффективную технологию сокращения потерь из технологических резервуаров.

Оценка величины потерь легких углеводородов в резервуарах показала, что основной причиной этих потерь является их испарение (до 65 %). Показано, что ежегодные потери углеводородов вследствие испарения в резервуарах в России достигают 3 млн. тонн, а в республике Ирак - до 1 млн. тонн. Так, д.х.н. Али Сами Исмаил из г. Анбар (Ирак) свидетельствует о том, что скорость потерь нефти от испарения в Ираке составляет до 0,5 кг/л (Министерство нефти Ирака № TQ 155/4020 на 01.08.2007).

Открытие новых месторождений, совершенствование технологий в системе сбора и подготовки нефти наряду с изменением режимов разработки месторождений приводят к изменениям не только величины, но и качества потерь продуктов. Необходимо знать величины и качество потерь на всем пути движения нефти от скважин до установок подготовки нефти. Поэтому исследования потерь на месторождениях должны проводиться регулярно. Своевременный учет потерь позволяет более точно определить количество извлеченного из недр продукта.

Во **втором** главе показано, что наиболее существенные потери происходят в резервуарах, в основном при больших дыханиях. При закачке в частично опорожненный резервуар продукта объемом  $V$  в воздух вытесняются пары легких углеводородов, масса вытесняемых легких углеводородов определяется по формуле:

$$G = \frac{V \cdot 273 \cdot p \cdot M}{22.4 \cdot T \cdot p_o}, \quad (1)$$

где  $p$  – упругость паров углеводородов, Па;  $p_o$  – атмосферное давление, Па;  $T$  – температура в резервуаре, К;  $M$  – средняя молекулярная масса углеводородов, г/моль.



Вес выбрасываемых углеводородов прямо пропорционален упругости паров. При  $T = 313\text{K}$ ,  $M = 60$ ,  $p/p_o = 2/3$  выброс углеводородов составляет  $1,5\text{ кг/м}^3$ . При непрерывной работе резервуаров выбросы углеводородов становятся значительными. Так, если при открытом клапане один раз в 10 дней в резервуар объемом  $5000\text{ м}^3$  закачивается  $4000\text{ м}^3$  продукта, то в течение года выбрасывается 216 тонн легких углеводородов.

### ***Возможности снижения упругости паров нефти***

Скорость испарения жидкости определяется, как известно, по формуле:

$$w_{\dot{E}} = ke^{-Q/RT} \cdot S, \quad (2)$$

где  $k$  – константа;  $Q$  – теплота, Дж;  $R$  – газовая постоянная, Дж/(моль·К);  $T$  – абсолютная температура жидкости, К;  $S$  – площадь поверхности жидкости,  $\text{м}^2$ .

Скорость конденсации паров на поверхности жидкости:

$$w_K = z \cdot p \cdot S, \quad (3)$$

где  $z$  – удельное число столкновений молекул паров с поверхностью жидкости,  $p$  – упругость паров, Па.

При равновесии:

$$w_{\dot{E}} = w_K, \quad (4)$$

$$p = \frac{ke^{-Q/RT}}{z}, \quad (5)$$

то есть упругость паров не зависит от площади поверхности жидкости.

В тоже время известно, что температура кипения нелетучего вещества выше температуры кипения чистого растворителя (явление эбуллиоскопии). Предполагая, что снижение упругости паров происходит в результате того, что часть поверхности жидкости занята молекулами растворенного вещества, то с введением в жидкость ПАВ оно конденсируется на поверхности, что должно оказывать большее влияние, чем в случае эбуллиоскопии.

Очевидно, существует оптимальная концентрация ПАВ, при которой будут образовываться его ассоциаты. Если доля  $f$  ( $f < 1$ ) не заблокирована молекулами ПАВ, то упругость паров, определенная по формуле:  $\frac{kfe^{-Q/RT}}{z} = p$ , будет понижаться. Полагая что, ПАВ концентрируется в поверхностном слое, то при замене большей части нижнего столба жидкости на ту же жидкость, не содержащую ПАВ, эффект снижения упругости будет сохраняться.

Все известные способы применения ПАВ ориентированы на использование для бензиновых резервуаров, но не для нефтяных. Известные ПАВ содержат токсичные компоненты. Основным недостатком ПАВ является ее высокая стоимость и высокая токсичность, обусловленная наличием в своем составе соединений фтора и хлора, что послужило основанием для запрета на производство четвертичных аммониевых солей и подтверждается отсутствием этих солей в перечне продуктов переработки нефти.

Поэтому выполнено обоснование применения  $C_nH_{2n+1}COOK$ ,  $C_nH_{2n+1}COONa$  и  $C_nH_{2n+1}COOLi$  для снижения давления насыщенных паров нефти. Проведен анализ новых нетоксичных и безводных ПАВ—( $C_nH_{n+1}COOK$ ), ( $C_nH_{n+1}COONa$ ) и ( $C_nH_{n+1}COOLi$ ). Используемые компоненты синтетических жирных кислот (СЖК) и различные металлы (KOH, NaOH и LiOH) намного дешевле, так как СЖК имеются в большом количестве и их компоненты меньше по стоимости, что и является основной причиной выбора данных ПАВ.

**Механизм подготовки ПАВ.** На рисунках 1, 2 и 3 представлены структуры молекул, которые необходимы для подготовки ПАВ. Анионные ПАВ используются в значительно больших объемах, чем ПАВ других типов. Причем, наилучшим действием обладают ПАВ с алкильными или алкиларильными группами, содержащими в гидрофобной цепи 9 – 15 атомов углерода. В качестве металлов использованы ионы натрия, калия и лития, усиливающие растворимость ПАВ в топливе.

Известны в основном физико-химические и технологические методы и приближенные критерии применимости ПАВ. Однако многие аспекты этой

проблемы до конца не изучены и требуют уточнения и дальнейшего исследования.

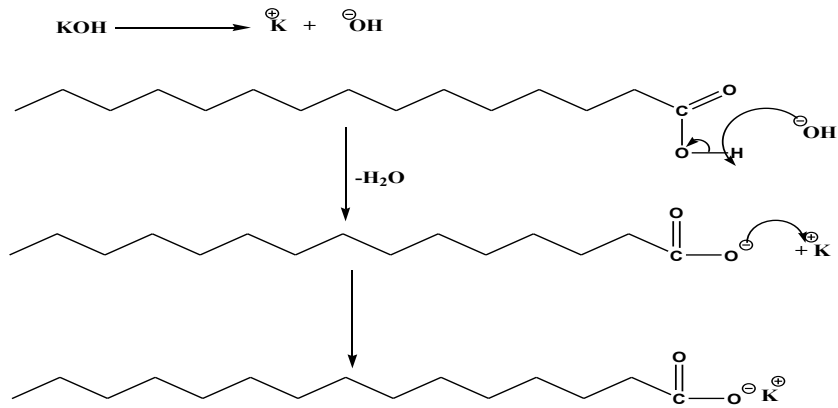


Рисунок 1 – Структура подготовки соли К СЖК

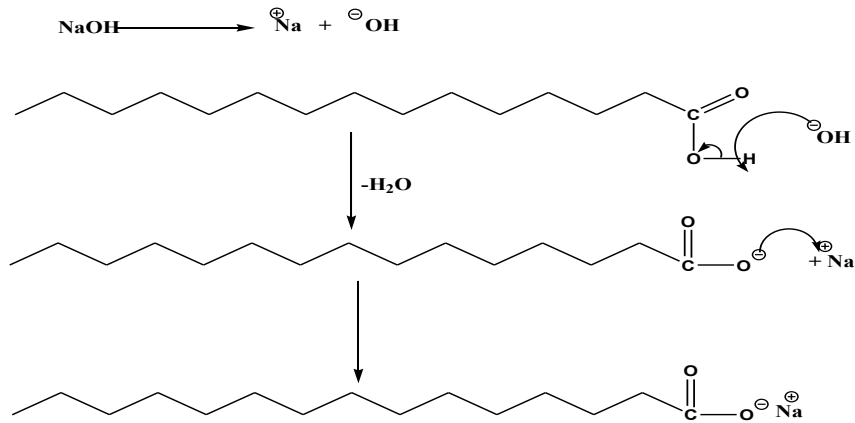


Рисунок 2 – Структура подготовки соли Na СЖК

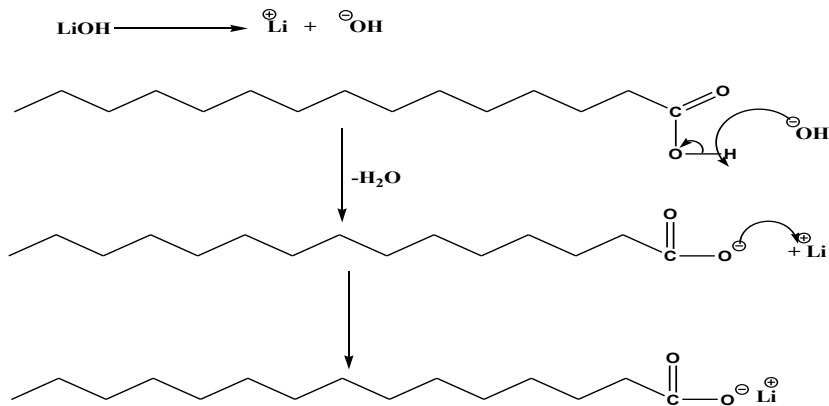


Рисунок 3 – Структура подготовки соли Li СЖК

Механизм воздействия растворов ПАВ на нефть, предупреждающих потери в резервуарах различных типов, сложен и многогранен, что и определяет необходимость специальных экспериментальных и промысловых исследований. Соединения, полученные в этой работе (соли жирных кислот), являются щелочными соединениями с  $\text{pH} = 8 - 9$ . При вводе этого соединения в «модельные» резервуары нефти предотвращается образование ионов водорода  $\text{H}^+$ . Это один из способов уменьшения испарения легких углеводородов ( $\text{C}_1 - \text{C}_5$ ).

В **третьей главе** приводятся методика, результаты и анализ экспериментальных исследований на модельной среде (бензин) и оценка эффективности работы ПАВ по снижению ДНП. В соответствии с методикой выполнялось измерение ДНП модельной среды по ГОСТ 1756-2000 и по методу Бударова (ГОСТ 6369-75) в зависимости от концентрации ПАВ и определялось сохранение свойств поверхностного слоя при замене нижнего (90% общего слоя) продуктом без ПАВ. В ходе экспериментов добавляли ПАВ к модельной среде в различных концентрациях (8, 9, 10, 11, 15 мг/кг). В результате экспериментов было выявлено, что минимальное ДНП достигается при концентрации  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOK}$  10 мг/кг. При повышении концентрации ПАВ давление насыщенных паров повышается (таблица 1, рисунок 4).

Таблица 1 – Давление насыщенных паров модельной среды

Концентрация $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOK}$ , мг/кг	0	8	9	10	11	15
Давление насыщенных паров бензина, кПа	40,2	36,5	35,9	34,8	37,2	37,9

Наблюдаемое явление объясняется тем, что ПАВ занимает часть поверхности испарения, не препятствуя конденсации, и при увеличении концентрации ПАВ выше оптимальной величины происходит ассоциация молекул ПАВ, что приводит к увеличению поверхности испарения. Поскольку минимальное давление насыщенных паров достигалось при концентрации  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOK}$  10 мг/кг, то следующие эксперименты были проведены при введении в 1-ю порцию модельной среды ПАВ в концентрации 10 мг/кг.

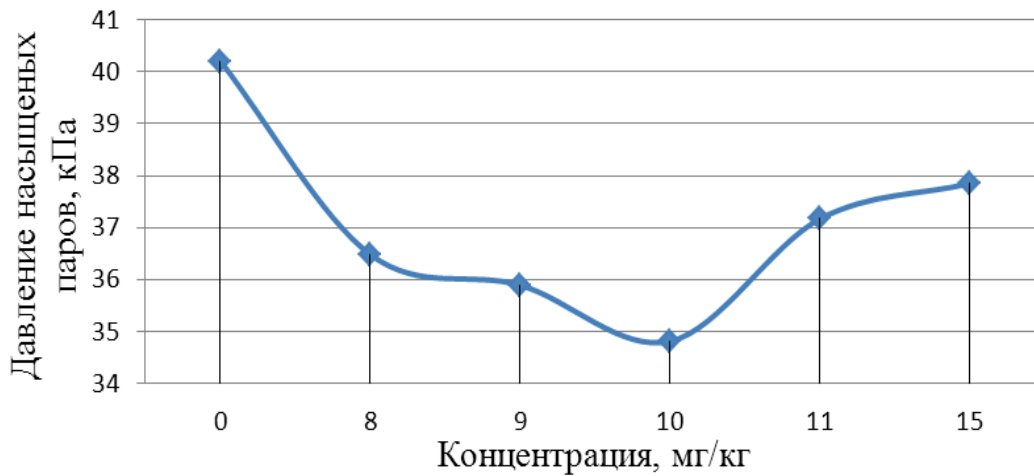


Рисунок 4 – Зависимость давления насыщенных паров модельной среды от концентрации  $C_nH_{2n+1}COOK$

Затем производилась замена нижнего слоя модельной среды (90% общего слоя) на модельную среду без ПАВ. Данные последующих таких замен (опытов) приведены в таблице 2 и на рисунке 5. Из приведенных данных видно, что ПАВ снижает ДНП, затем во всех опытах с каждой заменой величина ДНП увеличивается. Следующие исследования касались влияния ПАВ ( $C_nH_{2n+1}COONa$ ) на давление насыщенных паров модельной жидкости.

Таблица 2 – Давление насыщенных паров модельной среды в зависимости от номера опыта при добавлении в 1-м опыте 10 мг/кг присадки

№ опыта	Давление насыщенных паров, кПа	№ опыта	Давление насыщенных паров, кПа
1	40,2	10	37,8
2	34,8	11	38,5
3	35,3	12	38,7
4	35,9	13	38,7
5	35,9	14	39,0
6	36,1	15	39,4
7	36,3	16	39,7
8	37,1	17	40,2
9	37,1	-	-



Рисунок 5 – Зависимость давления насыщенных паров модельной среды от номера опыта

Также в ходе эксперимента добавляли присадку к бензину в различных концентрациях (7, 8, 9, 10, 15 мг/кг), в результате чего было выявлено, что минимальное давление достигается при концентрации  $C_nH_{2n+1}COONa$  8 мг/кг. При повышении концентрации ПАВ давление насыщенных паров повышается (таблица 3, рисунок 6).

Таблица 3– Давление насыщенных паров модельной жидкости

Концентрация $C_nH_{2n+1}COO Na$ , мг/кг	0	7	8	9	10	15
Давление насыщенных паров, кПа	40,2	36,5	34,3	35,3	36,6	37,8

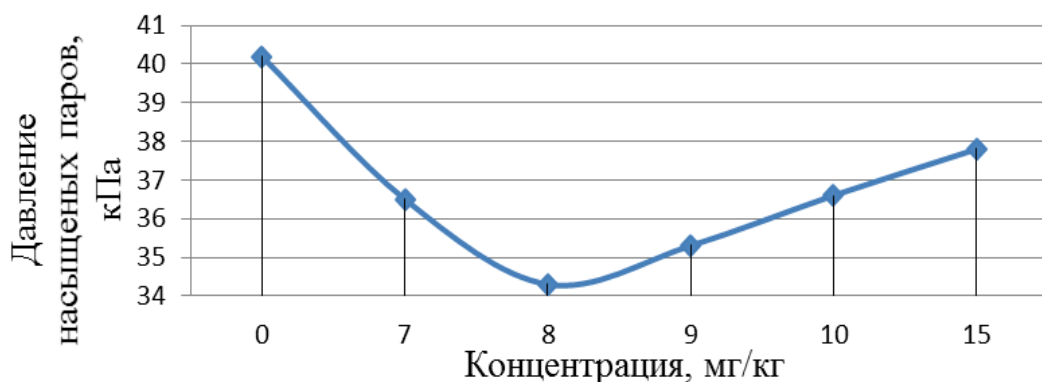


Рисунок 6 – Зависимость давления насыщенных паров модели от концентрации  $C_nH_{2n+1}COONa$

Также выполнена серия опытов при введении в 1-ю порцию модельной жидкости ПАВ в концентрации 8 мг/кг и заменой в последующих опытах нижнего слоя модельной жидкости (90% общего слоя) на модельную жидкость без ПАВ. Результаты опытов приведены в таблице 4 и на рисунке 7. Из данных, приведенных в таблице 4 и на рисунке 7, видно, что ПАВ снижает давление насыщенных паров, затем при каждой замене нижнего слоя ДНП растет.

Таблица 4 – Давление насыщенных паров модельной жидкости в зависимости от номера опыта при добавлении в 1-м опыте 8 мг/кг присадки

№ опыта	Давление насыщенных паров, кПа	№ опыта	Давление насыщенных паров, кПа
1	40,2	13	38,0
2	34,3	14	38,1
3	35,0	15	38,2
4	35,0	16	38,2
5	35,0	17	38,4
6	35,9	18	38,7
7	36,3	19	39,0
8	36,5	20	39,9
9	37,1	21	40,0
10	37,2	22	40,0
11	37,2	23	40,2
12	37,3	-	-



Рисунок 7 – Зависимость давления насыщенных паров модельной жидкости от номера опыта при добавлении в 1-м опыте 8 мг/кг присадки

Изучалось и влияние ПАВ на литиевой основе ( $C_nH_{2n+1}COOLi$ ) на давление насыщенных паров модельной жидкости. В ходе экспериментов добавляли присадку к модельной жидкости (бензин) в различных концентрациях (11, 12, 13, 14, 15, 20 мг/кг). В результате экспериментов было выявлено, что минимальное давление достигается при концентрации  $C_nH_{2n+1}COOLi$  13 мг/кг. При повышении концентрации ПАВ давление насыщенных паров повышается (таблица 5, рисунок 8).

Таблица 5 – Влияние присадки на давление насыщенных паров в модельной среде

Концентрация $C_nH_{2n+1}COO Li$ , мг/кг	0	11	12	13	14	15	20
Давление насыщенных паров, кПа	40,3	39,4	37,6	32,7	37,1	38,3	38,3

Таблица 5 и рисунок 8 показывают, что введение  $C_nH_{2n+1}COOLi$  в микроколичествах снижает давление насыщенных паров. Концентрация 13 мг/кг оптимальна, т.к. давление насыщенных паров минимально. Также выполнены опыты последовательной замены нижнего (90% общего) слоя, не содержащего присадки. В первом опыте вводилось 13 мг/кг  $C_nH_{2n+1}COOLi$  на 1 кг модельной среды.

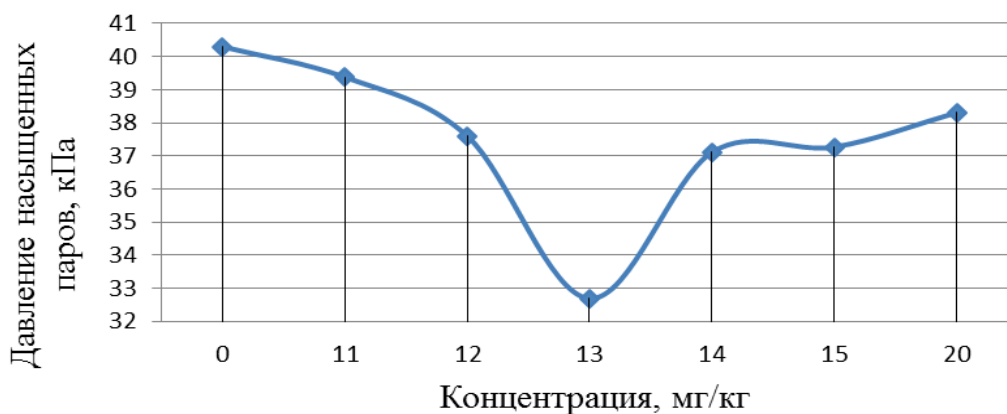


Рисунок 8 – Зависимость давления насыщенных паров модельной среды от концентраций  $C_nH_{2n+1}COOLi$

Изменение давления насыщенных паров при последовательных опытах приведено в таблице 6 и на рисунке 9. Полученные данные показывают, что од-



нократно введенное поверхностно-активное вещество снижает давление насыщенных паров, затем ДНП растет с каждой заменой нижнего слоя (90 % общего) в результате концентрирования присадки в верхнем слое.

Таблица 6 – Изменение давления насыщенных паров при последовательном опыте

№ опыта	Давление насыщенных паров, кПа	№ опыта	Давление насыщенных паров, кПа
1	40,3	12	36,9
2	32,7	13	37,1
3	34,3	14	37,6
4	34,9	15	38,1
5	34,9	16	38,3
6	35,0	17	38,7
7	35,3	18	38,7
8	35,4	19	39,0
9	36,1	20	39,9
10	36,8	21	40,2
11	36,8	22	40,3

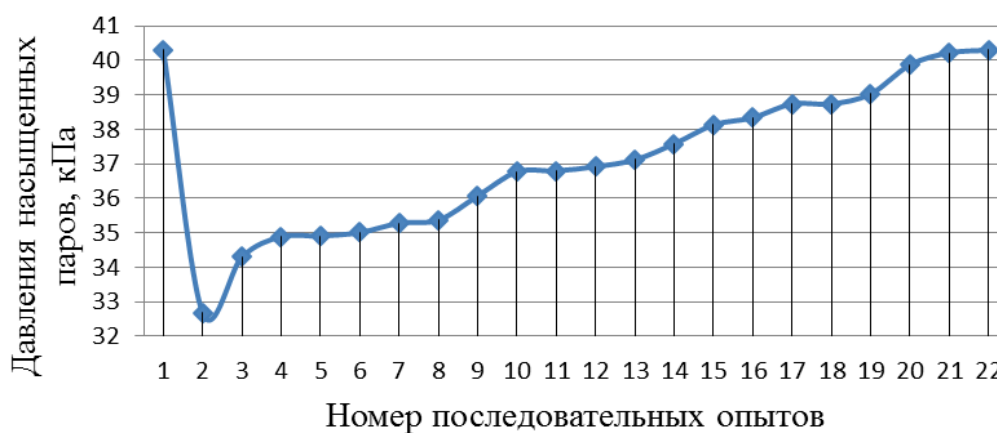


Рисунок 9 – Зависимость давления насыщенных паров модельной среды от номера опыта

Как видно из приведенных данных, эффективность литиевого и натриевого ПАВ выше, чем калиевого. Это объясняется тем, что литиевая и натриевая соли

СЖК менее растворимы, чем калиевая, и оптимальная концентрация ПАВ на поверхности достигается при значительно меньшей концентрации их в объёме.

В четвертой главе на основании результатов проведенных исследований на модельной среде и на нефти делается вывод о том, что в модельной среде (бензин) действуют те же закономерности влияния ПАВ на упругость паров, что и в нефти.

*Исследование влияния ПАВ  $C_nH_{2n+1}COOK$*  на давление насыщенных паров нефти показало следующее. Минимальное давление насыщенных паров наблюдается при концентрации солей калия СЖК 20 мг/кг. При дальнейшем увеличении концентрации ПАВ происходит увеличение давления насыщенных паров. Наблюдаемое явление объясняется тем, что ПАВ занимает часть поверхности испарения, не препятствуя конденсации, и при увеличении концентрации ПАВ выше оптимальной величины происходит ассоциация молекул ПАВ, что приводит к увеличению поверхности испарения. В таблице 7 и на рисунке 10 приводятся результаты влияния на давление насыщенных паров нефти солей калия СЖК.

Таблица 7 – Давление насыщенных паров нефти

Концентрация $C_nH_{2n+1}COOK$ , мг/кг	0	10	20	30	40
Давление насыщенных паров нефти, кПа	29	26	19	27	28

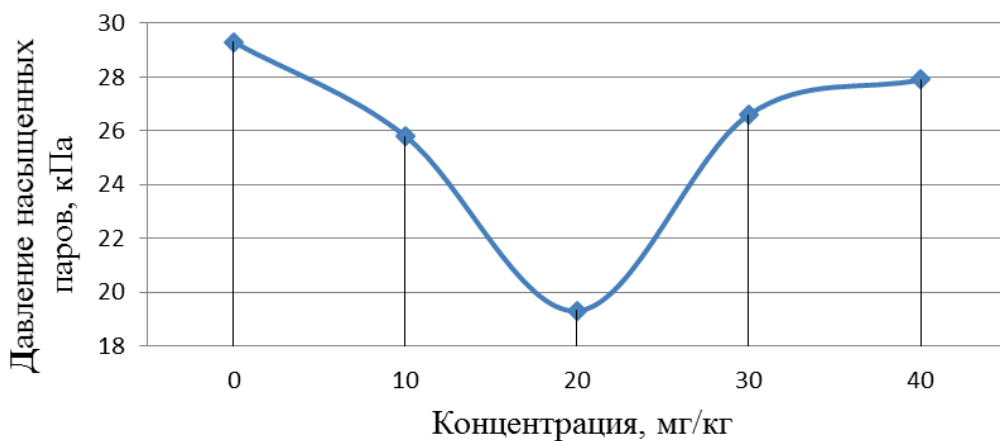


Рисунок 10 – Зависимость давления насыщенных паров нефти от концентрации  $C_nH_{2n+1}COOK$

Затем проведена серия экспериментов по определению давления насыщенных паров нефти с введением в первом опыте 20 мг/кг ПАВ и заменой в последующих опытах нижнего слоя (90% общего слоя) на нефть без ПАВ. Данные приведены в таблице 8 и на рисунке 11. Особенность этого эксперимента состоит в том, что во 2-м – 5-м опытах давление насыщенных паров оставалось на уровне оптимального. Это связано с тем, что данный ПАВ имеет меньшую растворимость в нефти при уменьшении концентрации.

Таблица 8 – Давление насыщенных паров нефти в зависимости от номера опыта при добавлении в 1-м опыте 20 мг/кг нефти присадки

№ опыта	Давление насыщенных паров, кПа	№ опыта	Давление насыщенных паров, кПа
1	29,3	11	26,5
2	19,3	12	26,5
3	19,5	13	27,5
4	19,6	14	27,6
5	19,6	15	28,0
6	21,6	16	28,4
7	22,6	17	28,6
8	25,5	18	28,9
9	26,0	19	29,2
10	26,0	20	29,3



Рисунок 11 – Зависимость давления насыщенных паров нефти от номера опыта

**Исследование влияния ПАВ  $C_nH_{2n+1}COONa$**  на давление насыщенных паров нефти. Исходя из того, что калий более дорогой металл, чем натрий, были проведены исследования влияния на давление насыщенных паров нефти с натриевой солью СЖК. В таблице 9 приведены данные по влиянию концентрации натриевой соли фракции СЖК на давление насыщенных паров нефти. Из полученных данных следует, что влияние микродобавки натриевой соли фракции СЖК существенно отличается от влияния калиевой соли фракции СЖК. Минимальное давление насыщенных паров нефти наблюдается при концентрации присадки 10 мг/кг (рисунок 12). При повышении концентрации присадки выше оптимальной эффективность её добавления снижается.

Таблица 9 – Давление насыщенных паров нефти

Концентрация $C_nH_{2n+1}COO Na$ , мг/кг	0	5	10	15	20
Давление насыщенных паров нефти, кПа	29	26	25	26	27

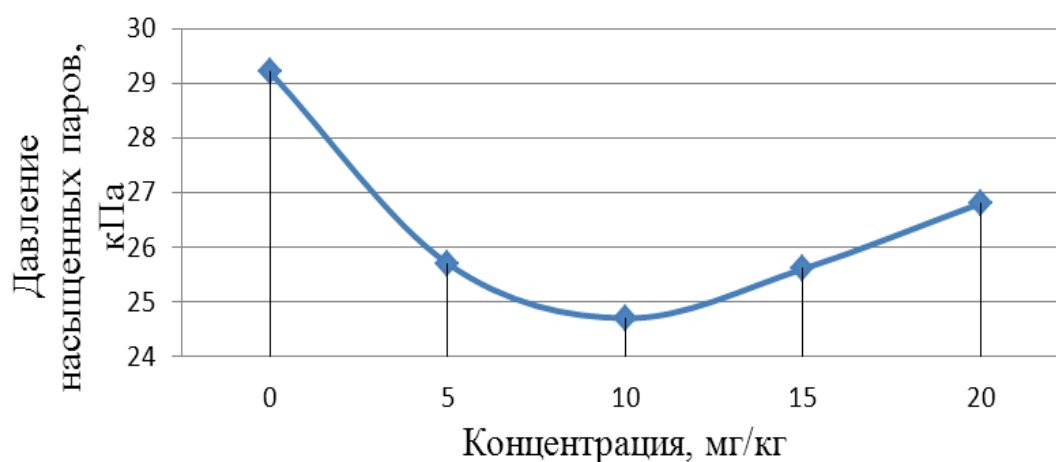


Рисунок 12 – Зависимость давления насыщенных паров нефти от концентрации  $C_nH_{2n+1}COONa$

Выполнена серия следующих опытов. В 1-м опыте в нефть вводилось 10 мг/кг присадки. В последующих опытах 90% нижнего столба нефти отводилось, и вводилась свежая нефть. Результаты приведены в таблице 10 и рисунке 13.

Таблица 10 – Давление насыщенных паров нефти в зависимости от номера опыта

№ опыта	Давление насыщенных паров нефти, кПа	№ опыта	Давление насыщенных паров нефти, кПа
1	29,2	12	26,8
2	24,7	13	26,9
3	24,9	14	27,0
4	24,9	15	27,0
5	25,1	16	27,3
6	25,3	17	27,6
7	25,8	18	28,6
8	26,0	19	28,8
9	26,0	20	29,1
10	26,0	21	29,1
11	26,7	22	29,2



Рисунок 13 – Зависимость давления насыщенных паров нефти от номера опыта

**Исследование влияния ПАВ  $C_nH_{2n+1}COOLi$  на ДНП нефти.** Далее был проведен ряд экспериментов на сырой нефти, в таблице 11 и на рисунке 14 приводятся результаты влияния на ДНП нефти солей лития СЖК. Минимальное ДНП наблюдается при концентрации солей лития СЖК 30 мг/кг. При увеличении концентрации ПАВ происходит увеличение ДНП. Наблюдаемое явление объясняется тем, что ПАВ занимает часть поверхности испарения, не препятствуя конденсации, и при увеличении концентрации ПАВ выше оптимальной

величины происходит ассоциация молекул ПАВ, что приводит к увеличению поверхности испарения.

Таблица 11 – Влияние присадки на давление насыщенных паров нефти

Концентрация $C_nH_{2n+1}COOLi$ , мг/кг	0	20	25	30	35	40
Давление насыщенных паров, кПа	29	27	25	21	28	27,9

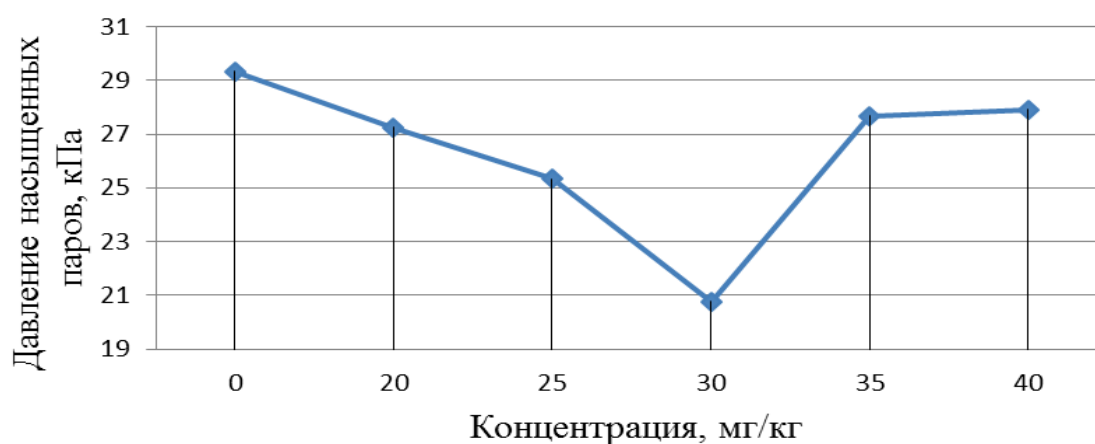


Рисунок 14 – Зависимость давления насыщенных паров нефти от концентрации ПАВ

На рисунке 15 и в таблице 12 приведены данные по ДНП нефти с введением в первом опыте 30 мг/кг ПАВ и заменой в последующих опытах нижнего слоя (90% общего слоя) на нефть без ПАВ.



Рисунок 15 – Зависимость давления насыщенных паров нефти от номера опыта

Таблица 12 – Изменение давления насыщенных паров в зависимости от номера опыта

№ опыта	Давление насыщенных паров, кПа	№ опыта	Давление насыщенных паров, кПа
1	29,3	14	27,4
2	20,8	15	27,7
3	23,2	16	27,9
4	23,5	17	28,4
5	25,0	18	28,4
6	25,3	19	28,8
7	25,5	20	28,8
8	25,5	21	29,0
9	26,1	22	29,0
10	26,2	23	29,1
11	26,8	24	29,2
12	26,9	25	29,2
13	27,4	26	29,3

Существенное влияние ПАВ проявляется в 10 последующих опытах. Из приведенных данных видно, что эффективность натриевого и литиевого ПАВ выше, чем калиевого. Это объясняется следующим: натриевая соль СЖК и литиевая соль СЖК значительно менее олеофильны, чем калиевая, оптимальная концентрация ПАВ на поверхности достигается при значительно меньшей концентрации их в объеме. При замене 90 % нижнего слоя нефти на нефть без ПАВ с каждой последующей заменой ДНП увеличивается.

### ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Анализ потерь углеводородов вследствие испарения показал, что в резервуарах России потери ежегодно достигают 3 млн. тонн в год, а в республике Ирак – 1 млн. тонн.

2. Экспериментальными исследованиями получены характеристики влияния ПАВ на испарение углеводородов и определены оптимальные концентрации ПАВ, обеспечивающие эффективное снижение потерь. Показано, что потери нефти в резервуарах зависят от концентрации ПАВ в поверхностном слое нефти. Установлено, что разработанные ПАВ снижают упругость паров нефти на 15 - 34 % и при заменах 90 % слоя нефти на нефть без ПАВ ДНП увеличивается.

3. Впервые для промысловых резервуаров разработаны способы снижения

потерь легких углеводородов (патент RU № 2490315, патент RU № 2458973). По- дана заявка на выдачу патента № 2014114956.

4. Разработаны технологии применения калиевой, натриевой и литиевой со- лей синтетических жирных кислот для нефтяных резервуаров, которые рекомен- дованы для нефтяных месторождений в России и Ираке.

### **Рекомендации**

Результаты диссертационного исследования рекомендуется применять на промыслах месторождений в России и Ираке при промысловой подготовке нефти к транспорту.

Содержание работы опубликовано в 10 научных трудах, в том числе:

*- в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, выпускаемых в РФ, в соот- ветствии с требованиями ВАК Минобразования и науки РФ:*

1. Фархан, М.М. Снижение потерь лёгких углеводородов при больших дыханиях нефтяных резервуаров / М.М. Фархан, Р.З.Магарил // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2011. –№ 5. – С. 81-83.

2. Фархан, М.М. Сокращение потерь лёгких углеводородов из нефти и бензина / М.М. Фархан, Н.В.Корзун // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2011.– № 6.– С. 95-98.

3. Фархан, М.М. Влияние поверхностно - активных веществ на упругость паров бен- зина / М.М.Фархан, Н.В.Корзун // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2012.– № 4. –С. 113-115.

4. Фархан, М.М. Разработка метода снижения упругости паров нефти / М.М. Фархан, Р.М. Галикеев // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2013. – № 6. –С. 75-79.

#### В других изданиях:

5. Фархан, М.М. Снижение потерь при больших дыханиях нефтяных резервуаров. / М.М. Фархан, Р.З. Магарил // Нефть и газ Западной Сибири: материалы международной научн - техн. конф., посвященной 55-летию Тюменского государственного нефтегазового университета. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. –С. 217-220.

6. Farhan, M.M. A review of the method of reduction of loss of slight hydrocarbons. // Сб. Трудов пятой междунар. науч. конф. (система управления экологической безопасностью). Екатеринбург, Том 2, –2011.–С. 97-102.

7. Фархан, М.М. Снижение загрязнения воздуха парами бензина / Н.В. Корзун, Р.З. Магарил // Сб. трудов Шестой заочной междунар. науч. конф. (система управления экологической безопасностью). Екатеринбург, Том 2, –2012. – С. 126-128.

8. Фархан, М.М., Карнаухов, М.Л. Разработка способа снижения потерь легких угле- водородов из УПН (установка подготовки нефти) //Новые технологии – нефтегазовому реги- ону. Сборник трудов. Международная научно- практическая конференция студентов, аспи- рантов и молодых ученых, секция «Моделирование и управление процессами добычи и транспорта нефти и газа» –21 – 25 апреля 2014. – С. 121-128.

9. Патент, № 2458973 РФ, Р.З. Магарил, М.М. Фархан / Способ снижения потерь лёгких углеводородов из нефти,–02августа 2012. –бюл.№23. –С. 1-3.

10. Патент, № 2490315РФ, Р.З. Магарил, М.М. Фархан / Способ снижения потерь лёг- ких углеводородов из нефти,– 20августа 2013. – С. 1-3.