

ШЕМЕТОВ АЛЕКСЕЙ ВИКТОРОВИЧ

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОРБЕНТОВ ВОЛОКНИСТОЙ СТРУКТУРЫ
ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ**

Специальность 02.00.13. - Нефтехимия

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Уфа – 2002

Работа выполнена в	Уфимском государственном нефтяном техническом университете
Научный руководитель	доктор технических наук, профессор Хлесткин Р.Н.
Научный консультант	доктор технических наук, профессор Самойлов Н.А.
Официальные оппоненты	доктор химических наук, профессор Егуткин Н.Л., кандидат технических наук Доломатов М.Ю.
Ведущее предприятие	ГУП Институт нефтехимпереработки

Защита состоится __ февраля 2002 г. в __ часов на заседании диссертационного совета Д 212. 289. 01 при Уфимском государственном нефтяном техническом университете по адресу: 450062, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Уфимского государственного нефтяного технического университета.

Автореферат разослан __ января 2002 г.

Ученый секретарь диссертационного совета Д 212. 289. 01
кандидат химических наук, профессор

А.М. Сыркин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы работы

Разливы продуктов нефтехимии (нефтехимпродуктов) имеют место на всех стадиях обращения с ними, при: производстве, транспортировке, переработке, хранении, приеме, отпуске и использовании. Особенно актуальна эта проблема в России, где в связи с изношенностью оборудования, а также несоблюдением технологической дисциплины на территориях промышленных предприятий, а также в местах прохождения технологических эстакад, трубопроводов имеют место значительные разливы данных продуктов. Наряду с ними происходят разливы нефти и нефтепродуктов – сырья нефтехимических процессов, по масштабам распространения и количеству источников загрязнения окружающей среды, с которыми не может сравниться никакой другой вредный фактор.

Тем не менее, техногенное воздействие предприятий нефтехимии и смежных отраслей промышленности на окружающую среду не ослабевает, поэтому ликвидация разливов различных продуктов нефтехимии продолжает оставаться актуальной проблемой не только в настоящее время, но и в отдаленном будущем. Причем, наиболее сложным случаем являются разливы на поверхности воды.

Существующие методы и средства далеко не всегда оказываются способными достичь главную цель ликвидации разлива нефтехимпродукта – быстро и эффективно извлечь его с поверхности воды. Поэтому, сохраняется необходимость исследования, разработки и создания надежных методов извлечения нефтехимпродуктов с поверхности воды.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с планом межвузовской научно-технической программы “Комплексное решение проблем разработки, транспорта и глубокой переработки нефти и газа”, утвержденной приказом Госкомвуза РФ № 468 от 20.03.96 (Указание Госкомвуза РФ № 59-14 от 20.03.96), и в рамках единого заказа – наряда по тематическому плану НИР

УГНТУ (1996-2000 г.г.) Министерства общего и профессионального образования Российской Федерации.

Целью диссертационной работы является разработка методов использования новых сорбентов волокнистой структуры.

Основные задачи исследования:

1. Определение нефте- и водопоглощающих свойств различных сорбентов, оценка пригодности их использования для сорбции различных нефтехимпродуктов с поверхности воды. Определение эксплуатационных характеристик сорбентов волокнистой структуры.

2. Исследование физико-химических свойств продуктопоглощающих систем на основе сорбентов волокнистой структуры.

3. Апробация сорбентов волокнистой структуры в продукто-собирающих системах.

4. Моделирование процесса извлечения нефтехимпродуктов с применением сорбентов волокнистой структуры с поверхности воды, выявление и анализ основных закономерностей процесса извлечения нефтехимпродуктов.

5. Оценка влияния поверхностно-активных веществ (ПАВ) на тонкие пленки нефтехимпродуктов на поверхности воды применительно к проблеме интенсификации их извлечения.

Научная новизна заключается в следующем:

1. Произведен сравнительный анализ большой группы сорбентов нефтехимпродуктов по олеофильности, гидрофобности и регенерируемости, позволившие рекомендовать для решения задачи извлечения продуктов нефтехимии сорбенты волокнистой структуры: **ватин, синтепон и синтапэкс**.

2. Методом планирования экспериментов произведено математическое моделирование процесса извлечения нефтепродуктов различной вязкости с поверхности воды моделью устройства барабанного типа с нефтепоглощающими оболочками из волокнистых сорбентов (**ватин, синтепон**). Получены адекватные уравнения регрессии второго порядка в натуральной форме, описывающие производительность работы модели и селективность извлечения

нефтехимических продуктов в зависимости от основных физико-химических факторов.

3. Извлечение продуктов, в отличие от других методов, осуществляется нефтепоглощающими оболочками из волокнистых сорбентов при одновременном участии сил сорбции и адгезии, что позволяет существенно расширить возможности данного метода по извлечению нерастворимых в воде продуктов нефтехимии, а также других продуктов различной вязкости.

4. Получены уравнения, описывающие процесс растекания различных нефтепродуктов по поверхности воды. Рассмотрен аспект снижения производительности нефтеизвлекающих устройств, связанный с замедлением подвода пленки нефтепродуктов к рабочему элементу по мере уменьшения ее толщины.

5. Выявлены особенности процесса извлечения тонких пленок нефтехимпродуктов с поверхности воды при совместном применении ПАВ и сорбентов.

Практическая ценность работы

1. Даны рекомендации по изготовлению изделий из сорбентов волокнистой структуры для извлечения нефтехимпродуктов с поверхности воды и почвы.

2. Предложена новая конструкция олеофильной оболочки состоящей из сорбентов волокнистой структуры (**ватин, синтепон**) для опытно-промышленного четырехбарабанного устройства, защищенного патентом РФ, и используемого для извлечения нефтехимпродуктов.

3. Предложена технология совместного применения плавающих сорбентов волокнистой структуры и ПАВ для извлечения тонких пленок нефтехимпродуктов с поверхности воды.

Апробация работы

Основные результаты исследований, представленных в работе, докладывались на:

- 1) XXXXVII-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ, г. Уфа, 1996 г.;
- 2) Четвертой Всероссийской школе- коллоквиуме по стохастическим методам, г. Москва, 1997 г.;
- 3) Десятой Всероссийской конференции по химическим реактивам «Реактив-97», г. Уфа, 1997 г.;
- 4) 11-й Международной научной конференции «Математические методы в химии и технологиях», г. Владимир, 1998 г.;
- 5) II-ой Международной научно-технической конференции «Решение экологических проблем в автотранспортном комплексе», г. Москва, 1998 г.;
- 6) V-ой Международной научной конференции «Методы кибернетики химико-технологических процессов (КХТП-V-99)», г. Уфа, 1999 г.;
- 7) Научно-техническом семинаре «Проблемы, способы и средства защиты окружающей среды от загрязнений нефтью и нефтепродуктами», г. Москва, 1999 г.;
- 8) Международном экологическом конгрессе «Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности», г. С. Петербург, 2000 г.;
- 9) 6-й Международной научно-практической конференции «Нефть и газ Украины- 2000», г. Ивано-Франковск, 2000 г.

Публикации

По материалам диссертации опубликовано 14 работ, в том числе: одна книга, две статьи, один патент, 10 тезисов докладов.

Объем и структура работы

Диссертационная работа состоит из введения, семи глав, основных выводов, списка использованных источников и приложений. Содержание работы изложено на 197 страницах машинописного текста, 49 рисунках, 56 таблицах, список использованных источников включает 141 наименование.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы основные задачи исследований.

В первой главе приведен обзор методов локализации, сбора и извлечения нефтепродуктов с поверхности воды при их разливах. При составлении обзора использовалась также информация, полученная с использованием компьютерной сети «Интернет».

Важно отметить, что в открытых источниках информации практически не уделяется внимание проблеме ликвидации разливов продуктов нефтехимии из-за приоритетной борьбы с аварийными разливами нефти. Тем не менее, данная проблема весьма актуальна, особенно для российских предприятий, а принципы ее решения существенно отличаются от принципов ликвидации нефтяных загрязнений и требуют разработки специальных методов с учетом специфики природы нефтехимического загрязнителя.

Процесс ликвидации аварийного разлива продуктов нефтехимии и других нефтепродуктов условно состоит из трех стадий: первая – локализация разлива, вторая – собственно сбор и извлечение продукта с поверхности воды, и третья – транспортировка собранного продукта к месту переработки или утилизации.

Наибольшее внимание в обзоре уделено стадии сбора и извлечения нефтепродуктов с поверхности воды, произведены: классификация существующих методов (см. рис.1), анализ их эффективности с экологической и технологической сторон.

Оценка существующих методов позволяет выявить направления которые наиболее эффективны и перспективны. Это, прежде всего, механические методы – извлечение при помощи сорбентов и механизированных устройств.

Множество сорбентов, предлагаемых мировым рынком, таких как: Ресорб-3 (-4), Sorboil, Nurbo-GET, Peat-sorb, Униполимер-М, КПФ-сорбенты, пламилон и др. имеют достаточно высокую нефтеемкость, но не удовлетворя-

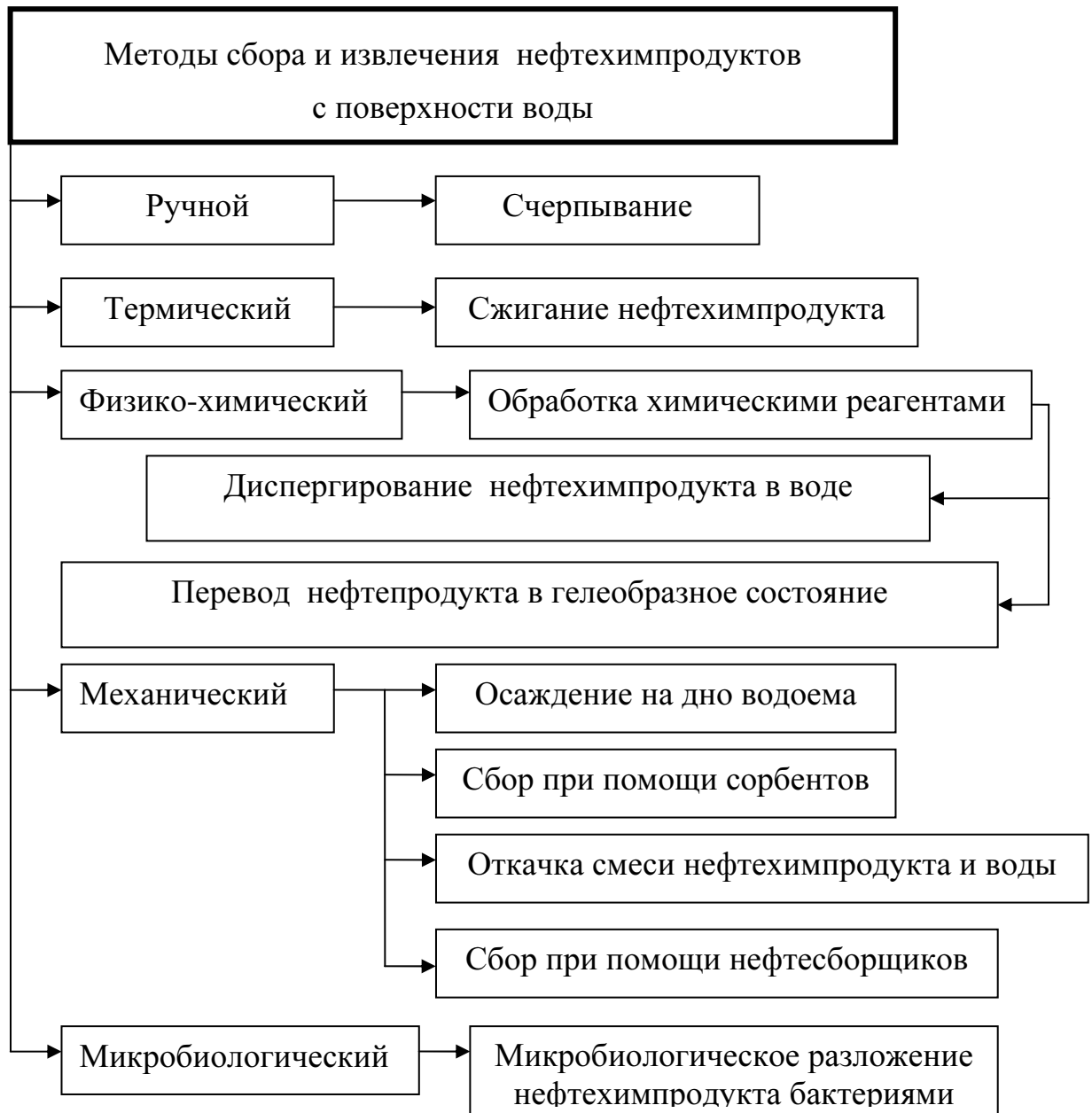


Рис. 1. Классификация методов сбора и извлечения нефтехимпродуктов с поверхности воды

ют всем требованиям, предъявляемым к сорбентам нефтепродуктов – олеофильность, гидрофобность, возможность легкой, многократной регенерации, технологичность применения, отсутствие отрицательных экологических эффектов, легкость утилизации и низкая стоимость.

Большое количество нефтесборщиков (скриммеров), предлагаемых для ликвидации разливов нефтепродуктов на поверхности воды, классифицированы в обзоре по различным признакам: по принципу работы, по исполнению рабочего органа, по способу подвода энергии, по габаритному исполнению, по

режиму работы. Такие, например, нефтесборщики, как: УСН-3 (-4) (Арсэко-нефть, г. Уфа), НД-1 (ИПТЭР), ПШН-1(-2) (ПО Приволжских магистральных нефтепроводов), СА 1-10, СА 2-15, СА 3-35 (НПЦ “Шарлык”, г. Салават, РБ), ACW-400 (Фирма Frank Mohn), TDS-136, Magnum 200 (Фирма Elastec, США), RO-DISC 15 (40) (Фирма RO-CLEAN DESMI) имеют тождественные недостатки: значительная обводненность извлекаемого продукта, работоспособность в узких вязкостных интервалах извлекаемой нефти, высокая стоимость, сложность квалифицированного обслуживания. Последние два замечания характерны в большей степени для зарубежных нефтесборщиков.

Таким образом, сохраняется необходимость разработки, исследования и создания надежных методов извлечения продуктов нефтехимии и других нефтепродуктов с поверхности воды.

Во второй главе дана характеристика сырья, методов эксперимента, лабораторных установок использованных для исследований.

Третья глава посвящена исследованию свойств сорбентов. На первой стадии были исследованы предельные нефте- и водопоглощающие свойства разнообразных синтетических сорбентов и сорбентов растительного происхождения. Их выбор осуществлялся на основе доступности к применению в реальных условиях. Анализировались также: возможность регенерации сорбента отжимом, селективность сорбции и степень очистки зеркала воды в условиях ликвидации загрязнения поверхности воды нефтепродуктом в количестве 5 л/м². Некоторые результаты исследований по извлечению различных продуктов нефтехимии представлены в таблице 1.

В связи с разнообразием продуктов нефтехимии, широким диапазоном их физико-химических свойств (состав, плотность, вязкость и др.) в качестве модельных систем, характеризующих совокупность больших групп индивидуальных углеводородов и продуктов нефтехимии, были использованы продукты первичной нефтепереработки - бензин, дизельное топливо, машинное масло, вакуумный газойль, далее обобщенно называемые нефтепродуктами.

Таблица 1

Поглощающие свойства сорбентов волокнистой структуры по отношению к различным продуктам нефтехимии

Продукт	Продуктопоглощение сорбентов, г/г сухого сорбента		
	Синтапэкс	Ватин	Синтепон
Этанол	12,64	16,55	25,82
Изопропанол	11,43	20,99	25,54
Ацетон	10,23	17,16	23,65
Трихлорметан	18,88	29,17	31,69
Дихлорэтан	22,21	25,77	30,05
Кумол	10,08	19,22	19,71
Толуол	11,95	19,63	21,26

В качестве обобщающей интегральной системы для характеристики сорбционных свойств различных поглотителей использовали западно-сибирскую нефть (см. таблицу 2).

Таблица 2

Сравнительные характеристики сорбентов*

Сорбент	Пределные		Очистка зеркала воды от нефти		
	продуктопоглощение, г/г	водопоглощение г/г	степень очистки, %	степень отжима сорбата, %	регенерация
Ватин	24,3-27,1	0,5	97,2	86,43	+
Торф-сырец	17,71	24,3	33,1	80,21	+
Лессорб	9,10	2,5	33,4	87,63	+
Камышовая сечка	2,66-8,20	4,7	22,1	19,22	+
Шелуха гречихи	3,05-3,50	2,2	24,5	60,56	+
Х/б волокно	3,24	0,3	93,0	31,7	+
Синтапэкс	24,4	0,2	100	82,65	+
Древесные опилки	1,72	4,31	4,31	-	+
Синтепон	46,31	42,3-52,0	89,7	95,66	+
Лавсан, образец 1	14,05	13,9	66,2	82,18	+
Лавсан, образец 2	7,27	7,1	69,3	65,13	+
Лавсан, образец 3	4,71	4,3	31,1	68,70	+
Поролон	34,20	25,0-35,6	85,4	89,23	+
Фенолформальдегидная смола	3,42	13,5	27,1	-	-
Резина измельченная	2,58	6,2	36,6	75,38	+
Пенопласт полистирольный	16,9-9,26	4,45	72,0	90,9	+

* Некоторые эксперименты выполнены совместно с Шаммазовым А.А.

Из рассмотренных сорбентов растительного происхождения наилучшими характеристиками обладают **ватин, синтапэкс** (отход производства), они удовлетворяют требованиям, предъявляемым к сорбентам нефтепродуктов, а их емкости по нефтепродуктам значительно выше емкости большинства табельных сорбентов: перлита – в 4,9 раза, ресорба – в 1,6-2,4 раза, сорбентов Sorboil – в 1,8-4,2 раза, Nurbo-GET – в 6,8 раз, Peat-sorb – в 6,1 раза. Из сорбентов синтетического происхождения наибольшим нефтепоглощением обладает **синтепон и поролон**, однако, для них характерно отсутствие селективности, поэтому их применение рекомендуется в оболочке из гидрофобного материала.

Целью второй стадии исследований являлась разработка конструкции сорбирующей ленты для пилотной модели ленточного устройства – типичного представителя механизированных систем сбора нефтепродуктов, использующих процесс сорбции в основе своей работы. В качестве сорбентов ленты рассмотрены **ватин, поролон и синтепон**. Из семи предложенных конструкций ленты рекомендуется ватин, заключенный в оболочку из капроновой сетки и закрепленный на жесткой ленте. Именно на такой конструкции ленты наблюдается наибольшее продуктопоглощение и сравнительно высокая степень отжима собранного продукта в условиях работы пилотной модели.

Третья стадия состояла в исследовании кинетики капиллярного подъема нефтепродуктов в сорбенте **синтепоне**, имеющим максимальную нефтеемкость – 46,31 г/г из всех рассмотренных ранее сорбентов и сравнительно высокую степень регенерации нефти – 94 %, с целью оптимизации толщины реальных изделий используемых для извлечения нефтепродуктов с поверхности воды.

В предварительно поставленных экспериментах было замечено, что кинетика подъема нефтепродуктов в сорбентах волокнистой структуры существенно зависит не только от времени их контакта и вязкости продукта, но и от плотности сорбента. Поэтому суть эксперимента свелась к определению зави-

симости высоты P подъема нефтепродуктов от вязкости ν , плотности сорбента $\rho_{сорб}$ и от времени их контакта τ :

$$P = P(\tau, \nu, \rho_{сорб}) \quad (1)$$

Данная зависимость была получена с использованием метода планирования экспериментов – по ортогональному плану второго порядка для трех независимых факторов.

На рис. 2 приведена одна из таких зависимостей при вязкости нефтепродукта $72,9 \text{ мм}^2/\text{с}$.

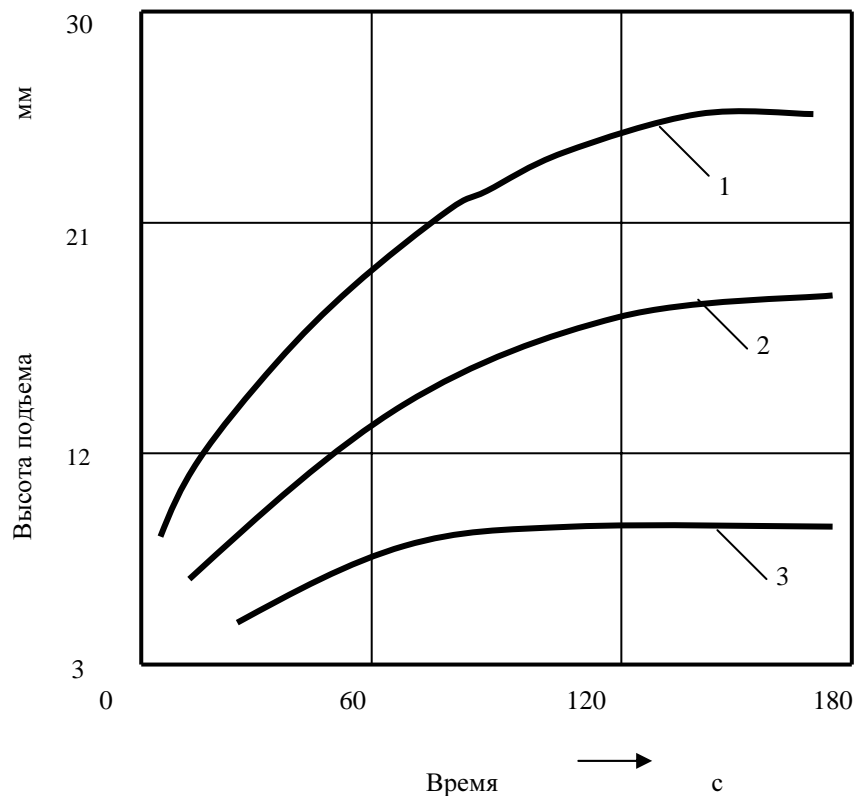


Рис. 2. Зависимость высоты подъема нефтепродукта в слое сорбента **синтепон** от времени контакта при вязкости нефтепродукта $72,9 \text{ мм}^2/\text{с}$: 1 – сорбент с плотностью $0,130$, 2 – $0,079$, 3 – $0,028 \text{ г/см}^3$ соответственно

Анализ (1) позволяет определить максимальную высоту подъема нефтепродуктов в сорбенте **синтепон** над слоем жидкости - она лежит в пределах от 7 до 34 мм в зависимости от плотности сорбента. В связи с этим рекомен-

дуемая толщина слоя синтепона – 29-30 мм. Максимальное время достижения насыщения 4 минуты, после чего следует регенерация сорбента мата отжимом и его повторное использование.

На основе проведенных исследований разработаны конструкции салфеток и матов из волокнистых сорбентов для извлечения нефтепродуктов с поверхности воды и грунта, некоторые характеристики которых приведены в таблице 3.

Таблица 3

Характеристики продуктособирающих салфеток и матов

Тип	Размеры, мм			Масса, кг	
	длина	ширина	толщина	исходная	после отжима
НС-4-015	20	20	4	0,15	1,65
НС-2-008	30	20	2	0,08	0,88
НС-10-060	50	30	10	0,6	6,6
НС-4-030	50	30	4	0,3	3,3
НС-10-120	50	50	10	1,2	13,2
НМ-4-06	50	50	4	0,6	6,6
НМ-3-04	50	50	3	0,4	4,4
НМ-10-38	100	75	10	3,8	41,8
НМ-4-18	100	75	4	1,8	19,8
НМ-3-12	100	75	3	1,2	13,2

В течение последних лет в УГНТУ изготовлено и передано потребителям более 4 т продуктопоглощающих матов, которые нашли применение при ликвидации аварийных разливов маловязких нефтепродуктов (дизельное топливо). При применении матов не только преодолеваются неблагоприятные экологические последствия аварий, но и благодаря их отжиму удалось вернуть в производство значительное количество нефтепродуктов.

Четвертая глава посвящена исследованию процесса извлечения модельной смеси - нефти с поверхности воды оболочками из сорбентов волокнистой структуры в механизированных системах.

Широкомасштабное применение плавающих сорбентов нефтепродуктов для ликвидации их разливов на поверхности воды в чистом виде, или в виде матов, салфеток и т.п. имеет существенный недостаток, т.к. необходимо проводить две операции: первая – нанесение сорбента на поверхность плавающего продуктового пятна, вторая – извлечение отработанного сорбента и последующая его регенерация или утилизация. Так как большинство сорбентов чрезвычайно легки, то распространять их на большой площади водоема трудоемко, также как и извлекать отработанный сорбент, который способен быстро перемещаться под действием ветров и течений. Поэтому было рассмотрено применение сорбентов волокнистой структуры в качестве рабочих элементов замкнутой ленты в механизированных устройствах.

Выбор конструкции ленты (**ватин** в оболочке из капроновой сетки) обоснован в третьей главе.

Было произведено два вида исследований на пилотной модели ленточного устройства: первый – процесса извлечения продуктов различной вязкости – шаимской (6,5 мм²/с), тюменской (8,8 мм²/с), кушкульской (42,5 мм²/с) нефтей с поверхности воды в стационарных условиях (постоянная толщина слоя нефти) и второй – процесса полного сбора различных нефтей от толщины 15 мм до радужных пятен на поверхности воды.

Результаты экспериментов обработаны методом наименьших квадратов с получением уравнений регрессии вида:

$$W_{ПМ} = C_0 + C_1 \cdot H_H + C_2 \cdot H_H^2, \quad (2)$$

где $W_{ПМ}$ – производительность пилотной модели, л/мин, C_0 , C_1 , C_2 – коэффициенты уравнений регрессии (различные для рассмотренных нефтей), H_H – высота слоя нефти на поверхности воды, мм.

Кривые, рассчитанные по (2), изображены на рисунке 3.

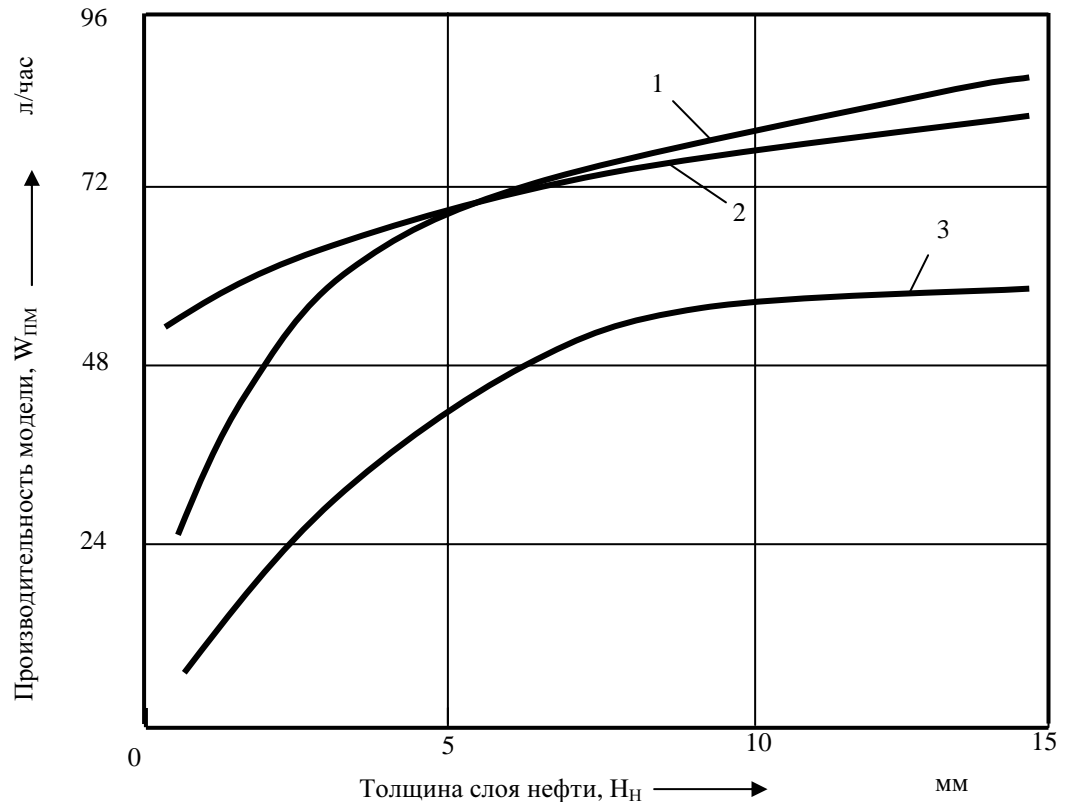


Рис.3. Зависимость производительности пилотной модели ленточного устройства от толщины слоя нефти на поверхности воды для 1 – шаимской, 2 – тюменской и 3 – кушкульской нефтей

Как видно из рис. 3 производительность пилотной модели существенно падает с уменьшением толщины слоя извлекаемого продукта. Селективность извлечения также уменьшается от 93,24÷98,46 % об., при толщине слоя нефти 15 мм, до 4÷5 % об. при извлечении радужных пятен нефтей с поверхности воды. Интегральная селективность процесса полного извлечения нефтей, составила от 81 до 88 % об. Разработана методика прогнозирования производительности пилотного устройства по результатам кинетики продуктобора небольшими фрагментами изучаемой ленты. Так, например, перенос данных сбора шаимской нефти, фрагментом ленты размером 8,0×10,5 см, позволил прогнозировать производительность пилотного устройства на уровне 90 л/час, при реальных условиях опытные данные составили 93 л/час.

Таким образом, можно сделать вывод, что сорбенты волокнистой структуры, в частности сорбент ватин, пригодны для применения в механизированных системах извлечения нефтехимпродуктов. Показана возможность проек-

тирования ленточных устройств на основе результатов лабораторных экспериментов.

Пятая глава посвящена разработке сорбирующих оболочек для барабанных механизированных устройств, на основе сорбентов волокнистой структуры. В барабанных устройствах сорбционная оболочка размещена на обечайке вращающегося барабана. Отжим собранного продукта обеспечивается роликом.

В качестве сорбента оболочки на барабане модели были применены **ватин** и **синтепон**^{*}. Установлено, что на показатели работы оболочек, на модели устройства, оказывают основное влияние четыре фактора: H – толщина слоя нефтехимпродукта на поверхности воды, V – скорость вращения оболочки на обечайке барабана, ν – вязкость собираемого нефтехимпродукта и M – масса сорбента в оболочке. Для исследования влияния этих факторов на производительность, селективность и другие показатели работы сорбирующих оболочек было произведено математическое моделирование процесса продуктобора моделью устройства барабанного типа методом планирования экспериментов по ортогональному плану второго порядка. Границы области исследований определены экспериментально – см. табл.3.

Таблица 3

Границы области исследования процесса нефтесбора сорбирующими оболочками на модели устройства барабанного типа

Сорбент оболочки	Толщина слоя нефтепрод. на воде, H , мм	Скорость вращения оболочки, V , см/мин	Вязкость нефтепродукта, ν , мм ² /с	Условная масса сорбента, M , г/м ²
Ватин	от 2 до 22	от 509 до 4421	от 0,88 до 307	от 94,8 до 915,8
Синтепон	от 2 до 22	от 509 до 4421	от 0,63 до 334	от 146,0 до 409,9

* Примечание: эксперименты с применением сорбента ватина выполнены совместно с Урманцевым У.Р., Егоровым Н.А., с применением сорбента синтепона с Шаммазовым А.А.

Эксперименты производились на лабораторной установке, где моделировался разлив того или иного продукта на поверхности воды; мощность разлива поддерживалась постоянной в течение всего времени эксперимента. В качестве результатов экспериментов фиксировались: общая производительность модели – Y_1 , л/час, селективность процесса извлечения по отношению к воде – Y_2 , %об. и еще восемь величин разносторонне описывающих работу сорбирующих оболочек в стационарных условиях.

После обработки экспериментальных данных, с применением ЭВМ, была получена математическая модель процесса извлечения нефтехимпродуктов с поверхности воды сорбирующими оболочками на модели устройства барабанного типа в виде групп из 10 уравнений регрессии второго порядка в натуральной форме. Например, производительность модели с применением оболочки из сорбента **ватина** описывается следующим уравнением регрессии:

$$Y_1 = -91,47479 + 9,97358 \cdot H + 4,24883 \cdot 10^{-2} \cdot V + 0,58295 \cdot v + 0,10009 \cdot M + 1,95030 \cdot 10^{-4} \cdot H \cdot V - 3,25993 \cdot 10^{-2} \cdot H \cdot v - 7,97609 \cdot 10^{-3} \cdot H \cdot M - 2,18169 \cdot 10^{-4} \cdot V \cdot v - 4,01386 \cdot 10^{-5} \cdot V \cdot M - 8,32454 \cdot 10^{-4} \cdot v \cdot M + 9,45306 \cdot 10^{-6} \cdot H \cdot V \cdot v + 2,92437 \cdot 10^{-7} \cdot V \cdot v \cdot M + 4,40481 \cdot 10^{-5} \cdot H \cdot v \cdot M + 1,68048 \cdot 10^{-6} \cdot H \cdot V \cdot M - 0,28269 \cdot H^2, \quad (3)$$

а с применением сорбента **синтепона**:

$$Y_1 = 146,16340 + 7,19988 \cdot 10^{-2} \cdot H - 1,80479 \cdot 10^{-2} \cdot V + 0,90540 \cdot v - 1,11542 \cdot M + 2,67972 \cdot 10^{-3} \cdot H \cdot V - 6,44794 \cdot 10^{-2} \cdot H \cdot v - 3,73134 \cdot 10^{-2} \cdot H \cdot M - 5,94244 \cdot 10^{-5} \cdot V \cdot v - 1,38815 \cdot 10^{-4} \cdot V \cdot M - 3,98902 \cdot 10^{-3} \cdot v \cdot M - 6,92164 \cdot 10^{-6} \cdot H \cdot V \cdot v + 3,55227 \cdot 10^{-7} \cdot V \cdot v \cdot M + 2,59452 \cdot 10^{-4} \cdot H \cdot v \cdot M + 0,32158 \cdot H^2 + 1,76878 \cdot 10^{-5} \cdot V^2 + 5,16884 \cdot 10^{-4} \cdot v^2 + 3,61036 \cdot 10^{-3} \cdot M^2. \quad (4)$$

Обработка экспериментальных данных включала в себя оценку значимости коэффициентов уравнений регрессии по критерию Стьюдента и оценку адекватности полученных уравнений эксперименту по критерию Фишера.

На рисунке 4 представлены зависимости производительности и селективности работы сорбирующих оболочек на модели устройства от вязкости собираемого продукта при высоте слоя на поверхности воды $H=12$ мм и скорости вращения внешней поверхности сорбента на барабане $V=2464,9$ см/мин для сорбента **синтепон**.

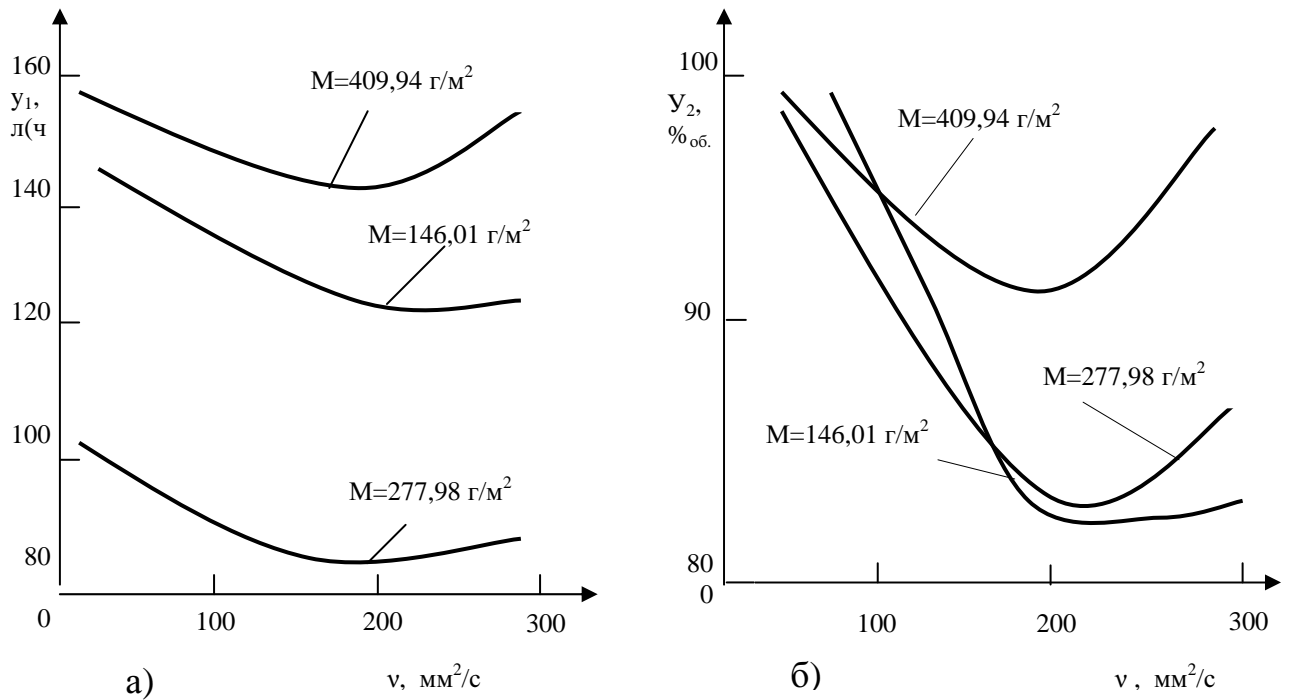


Рис. 4 Зависимость производительности (а) и селективности (б) модели барабанного устройства от вязкости продукта (сорбент мата – **синтепон**)

Одной из ряда важнейших закономерностей, выявленных в процессе моделирования, является смена механизма извлечения продукта при увеличении его вязкости: при низкой и умеренной вязкости происходит сорбция продукта в объем сорбента, а при высокой вязкости (более $200 \text{ мм}^2/\text{с}$) его адгезия на поверхности сорбента. Суперпозиция сорбции и адгезии приводит к появлению наблюдаемых экстремумов (см. рис. 4).

На основе анализа полученной математической модели были даны рекомендации по изготовлению сорбирующих оболочек для барабанных устройств. Определены оптимальные условия применения сорбционных оболочек волокнистой структуры на устройстве барабанного типа: условная масса сорбента на барабане для сорбента **ватина** – $915,8 \text{ г/м}^2$, **синтепона** – $409,9 \text{ г/м}^2$, линейная скорость вращения сорбирующей оболочки – $4,42 \text{ м/мин}$ для обоих сорбентов.

Данные, полученные в ходе анализа полученной математической модели, легли в основу проектирования и изготовления конструкции опытно-промышленного плавающего четырехбарабанного устройства, защищенного

патентом РФ, с сорбирующими оболочками, изготовленными из сорбента ватина.

Выполнение отжимного ролика в виде второго вращающегося барабана с сорбентом позволило на 80-90 % увеличить производительность устройства при тех же габаритах и энергоемкости. Устройство имеет габаритные размеры 2,6x1,75x0,75 м, мощность 2,95 кВт, скорость вращения барабанов – 960 об/час. При проведении полевых испытаний по извлечению продукта с вязкостью около 30 мм²/с и его толщине 6-8 мм с поверхности воды устройство развило производительность 600 л/ч (удельная производительность 0,05-0,07 м³/м²). Следует отметить, что другие, в том числе импортные, нефтесборщики, работающие на принципе адгезии, при сборе нефтепродуктов средней и малой вязкости с толщиной слоя 0,5-2,0 см на поверхности воды в реальных условиях развивают более низкую удельную производительность (нефтесборщик Komara-12 (Великобритания)- 0,034- 0,042 м³/м², Magnum-100 (США)–0,008-0,080 м³/м², УНСА-0.001(завод имени Хруничева)-0,011-0,024 м³/м² .

Приоритетное направление совершенствования барабанного устройства в настоящее время состоит в модернизации узла отжима собранного продукта из оболочки барабанов. Производство и испытания были произведены ОАО «Северо-западные магистральные нефтепроводы», после чего была выпущена опытная партия из 20 единиц устройств.

Шестая глава посвящена исследованию кинетики растекания продуктов по поверхности воды. Необходимость данного исследования возникает в связи с тем, что процесс извлечения нефтехимпродуктов с поверхности воды, при помощи механизированных систем и матов, в значительной степени ограничивается скоростью течения продукта от периферии разлива к месту его извлечения. На лабораторной установке было изучено растекание доз керосина, дизельного топлива, индустриального масла И-40А и шаимской нефти по горизонтальной поверхности воды. Получены регрессионные уравнения, описывающие скорость растекания данных продуктов различной вязкости в зависимости от толщины их слоя на поверхности воды. Установлено, что в случае

лимитирования процесса извлечения маловязких (до $6,48 \text{ мм}^2/\text{с}$) наиболее подвижных продуктов, скоростью их течения к неподвижному устройству с длиной рабочего элемента 1 м, его производительность не превысит $8,2 \text{ м}^3/\text{ч}$. Эти данные относятся к случаю извлечения продуктов с толщиной слоя 6-10 мм на поверхности воды.

Седьмая глава посвящена оценке влияния поверхностно-активных веществ (ПАВ) на пленки нефтехимпродуктов на поверхности воды применительно к проблеме интенсификации их извлечения.

Особую сложность при ликвидации разливов представляет извлечение тонких, толщиной порядка 0,1-1,0 мм, пленок нефтехимпродуктов, ввиду их распространения на значительной площади. Решить эту задачу предлагается совместным применением ПАВ и сорбирующих матов. Воздействием ПАВ можно перемещать пленку нефтехимпродукта, за счет поверхностных сил, непосредственно в зону сорбции матов.

Образец ПАВ для исследований предоставлен кафедрой «Водоснабжения и канализации» УГНТУ. Изучено влияние данного ПАВ на пленки бензина АИ-93, керосина, дизельного топлива, машинного масла И-40А, вакуумного газойля, модельных систем (шаимской нефти, западносибирской нефти) толщиной 0,1-1,0 мм.

В качестве сорбционных матов предложено использование сорбента синтапэкс в оболочке из капроновой сетки. Проведенные эксперименты с такими матами тороидной формы по извлечению пленки шаимской нефти толщиной 1 мм с поверхности воды позволяют наблюдать интенсификацию процесса сорбции нефти на 41,4 % масс. при воздействии ПАВ по сравнению с контрольными экспериментами без воздействия ПАВ (см. рис. 5).

Предложена технология извлечения тонких пленок продуктов с поверхности воды, состоящая в покрытии загрязненной акватории сорбирующей сеткой с последующим воздействием ПАВ, интенсифицирующим процесс очистки.

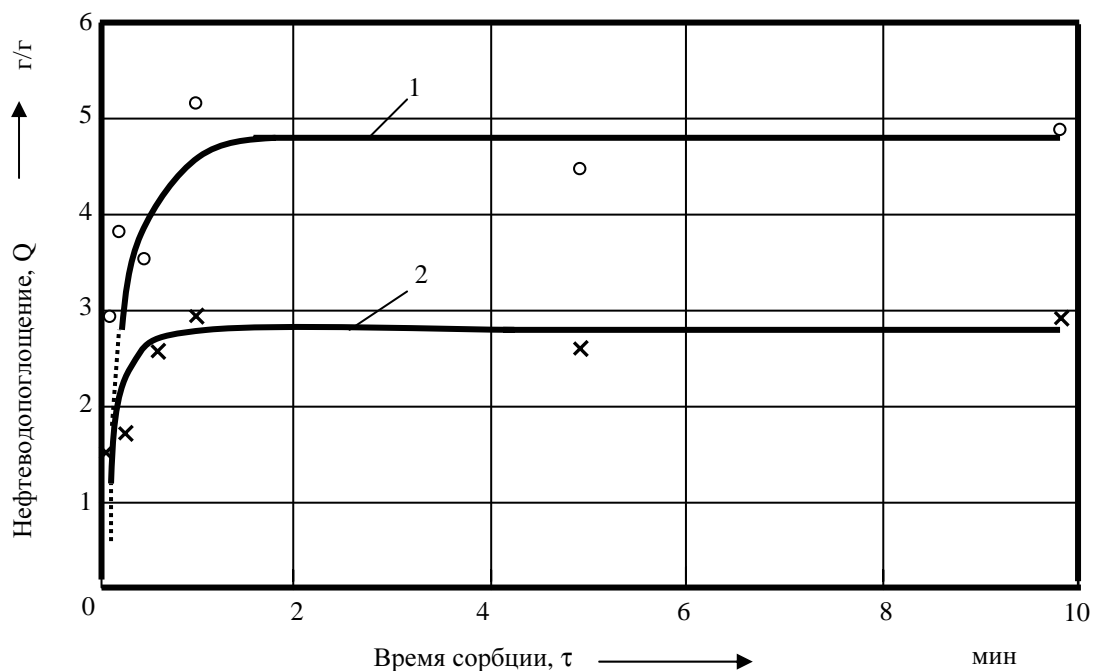


Рис. 5. Зависимость поглощающей способности торонидных матов от времени сорбции пленки нефтепродукта: 1 – при воздействии ППАВ, 2 – без воздействия ППАВ

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Исследованы физико-химические свойства группы сорбентов волокнистой структуры- **синтапэкса, ватина, синтепона**. Разработаны системы и изделия из сорбента **синтапэкс** для извлечения различных продуктов нефтехимии и нефтепродуктов. Рассмотрена возможность применения сорбентов **ватина** и **синтепона** в качестве сорбирующих оболочек в механизированных системах извлечения продуктов нефтехимии и нефтепереработки.

2. Обоснован подбор комбинированного сорбирующего материала волокнистой структуры для ленточного устройства.

3. Осуществлен новый – сорбционно-адгезионный способ извлечения продуктов нефтехимии и нефтепереработки с поверхности воды на модели устройства барабанного типа за счет использования сорбционных оболочек волокнистой структуры.

4. Произведено математическое моделирование процесса сорбционно-адгезионного способа извлечения нефтехимических продуктов с поверхности воды оболочками волокнистой структуры; проанализированы основные закономерности процесса – зависимости производительности и селективности от высоты слоя продукта на поверхности воды, скорости вращения сорбирую-

щей оболочки на барабане модели устройства, вязкости собираемого продукта, массы сорбента на барабане модели.

5. Определены оптимальные условия применения сорбционных оболочек волокнистой структуры на устройстве барабанного типа: условная масса сорбента на барабане для сорбента **ватина** – 915,8 г/м², **синтепона** – 409,9 г/м², линейная скорость вращения сорбирующей оболочки – 4,42 м/мин для обоих сорбентов. Эти условия реализованы в опытно-промышленном образце устройства барабанного типа внедренного в ОАО «Северо-западные магистральные нефтепроводы».

6. Получены кинетические зависимости растекания нефтехим-продуктов по поверхности воды.

7. Оценена возможность интенсификации извлечения тонких пленок нефтехимпродуктов с поверхности воды при помощи ПАВ. Предложена технология извлечения тонких пленок продуктов с поверхности воды сорбентами совместно с ПАВ.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Шеметов А.В., Дезорцев С.В., Хлесткин Р.Н., Самойлов Н.А. Исследование свойств поверхности поглотителя «СИНТАПЭКС» // Материалы XXXXVII научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Том 2. Уфа. УГНТУ - 1996 - С. 30.

2. Шеметов А.В., Дезорцев С.В., Хлесткин Р.Н., Самойлов Н.А. Исследование характеристик поглотителя «СИНТАПЭКС» для ликвидации разливов нефти.// Материалы XXXXVII научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Том 2. Уфа. УГНТУ - 1996 - С. 29.

3.Хлесткин Р.Н, Самойлов Н.А., Шеметов А.В., ШаммазовА.А. Анализ процесса механизированного нефтесбора с использованием сорбента «СИНТАПЭКС»././ Тезисы докладов Десятой Всероссийской конференции по химическим реактивам «Реактив-97». 1997. Уфа., «Реактив», 1997. – С.125.

4. Шеметов А.В., Самойлов Н.А., Хлесткин Р.Н. Стохастическое моделирование процесса механизированного сбора нефти и нефтепродуктов при их разливах.// Обзорение прикладной и промышленной математики. Серия «Ве-

роятность и статистика». Тезисы докладов Четвертой Всероссийской школы – коллоквиума по стохастическим методам. М.: ТВП, 1997, том 4, выпуск 3, часть I, С. 419-420.

5. Хлесткин Р.Н., Самойлов Н.А., Шеметов А.В., Мухутдинов Р.Х. Исследование поглощающих свойств сорбентов для ликвидации разливов нефтепродуктов.// Тезисы докладов II Международной научно-технической конференции «Решение экологических проблем в автотранспортном комплексе». М. 1998. – С. 76 – 78.

6. Хлесткин Р.Н., Шеметов А.В., Самойлов Н.А. Моделирование процесса механизированного сбора нефти и нефтепродуктов при их аварийных разливах.// Сборник тезисов докладов 11 Международной научной конференции «Математические методы в химии и технологиях». Владимир, 1998, том 2, С. 214-217.

7. Самойлов Н.А., Хлесткин Р.Н. Шеметов А.В. Физико-химические основы сбора нефти и нефтепродуктов, разлитых на поверхности воды, матами и поглощающими оболочками с волокнистыми сорбентами.// Тезисы докладов научно-технического семинара «Проблемы, способы и средства защиты окружающей среды от загрязнений нефтью и нефтепродуктами». М.: ГУП ВИМИ, 1999. – С. 122 – 126.

8. Устройство для удаления нефти и нефтепродуктов с поверхности воды.// Хлесткин Р.Н., Самойлов Н.А., Мухутдинов Р.Х., Лебедич С.П., Дворников В.П., Шаммазов А.А., Шеметов А.В./ Патент РФ на изобретение №2125138, 6 Е 02 В 15/10. Заявлено 08.12.97. Опубликовано 20.01.99. Бюл. №2.

9. Хлесткин Р.Н., Самойлов Н.А., Шеметов А.В. Ликвидация разливов нефти при помощи синтетических органических сорбентов.// Нефтяное хозяйство. – 1999. - №2. – С. 46-49.

10. Самойлов Н.А., Хлесткин Р.Н. Шеметов А.В., Шаммазов А.А. Моделирование работы механизированных нефтесборщиков при ликвидации аварийных разливов нефти.// Тезисы докладов V Международной научной конференции «Методы кибернетики химико-технологических процессов» (КХТП-V-99). Уфа. 1999, том 2, кн. 1, С. 97-99.

11. Хлесткин Р.Н., Самойлов Н.А., Шеметов А.В. Анализ процесса растекания нефти и нефтепродуктов по поверхности воды.// Труды Международного экологического конгресса «Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности». С.-Пб. 2000, том 1, С. 481.

12. Хлесткин Р.Н., Самойлов Н.А., Шеметов А.В., Лебедич С.П. Оценка сорбционных свойств потенциальных поглотителей нефти.// Труды Международного экологического конгресса «Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности». С.-Пб. 2000, том 1, С.163.

13. Хлесткин Р.Н., Самойлов Н.А., Шеметов А.В. Воздействие поверхностно-активных веществ на тонкие слои нефти, разлитой по поверхности воды.// Материалы 6-й Международной научно-практической конференции «Нефть и газ Украины- 2000», Ивано-Франковск, 2000, том 3, С.322-324.

14. Самойлов Н.А., Хлесткин Р.Н., Шеметов А.В., Шаммазов А.А. Сорбционный метод ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов. М.: Химия, 2001.- 192 с.

Соискатель

А.В. Шеметов