

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 665.637.73(043.3)

АЛЬ-РАЗУКИ
Ахмед Аднан Хайдер

**ЭФФЕКТИВНЫЕ КОМПОЗИЦИИ МОДИФИКАТОР – РАСТВОРИТЕЛЬ
ДЛЯ ПРОЦЕССА ДЕПАРАФИНИЗАЦИИ МИНЕРАЛЬНЫХ МАСЕЛ**

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности 05.17.04 – технология органических веществ

Минск 2021

Работа выполнена в учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет».

Научный руководитель

Грушова Евгения Ивановна,
доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии нефтегазопереработки и нефтехимии учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»

Официальные оппоненты:

Крутько Эльвира Тихоновна,
доктор технических наук, профессор, профессор кафедры полимерных композиционных материалов учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет».

Козлов Николай Гельевич,
доктор химических наук, доцент, ведущий научный сотрудник государственного научного учреждения «Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси».

Оппонирующая организация

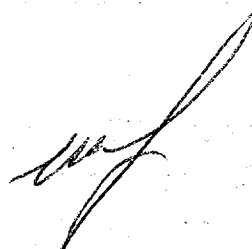
Учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Защита состоится «22» июня 2021 г. в 12⁰⁰ часов на заседании совета по защите диссертаций Д 02.08.04 при учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет» по адресу: 220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а; зал заседаний ученого совета (ауд. 240, корп. 4); тел. +375(17) 327-80-46; факс +375(17) 327-62-17; e-mail: Spak_S@rambler.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет».

Автореферат разослан «21» мая 2021 г.

Ученый секретарь
совета по защите диссертаций,
кандидат технических наук, доцент



С.И. Шпак

ВВЕДЕНИЕ

Надежная эксплуатация современных машин и механизмов не представляется возможной без использования высококачественных смазочных материалов. Поэтому в настоящее время большое внимание уделяется совершенствованию состава смазочных масел за счет интенсификации традиционного многостадийного производства масел из нефтяного сырья. Поскольку значительная доля затрат в данной технологии приходится на процесс депарафинизации нефтяных масел методом экстрактивной кристаллизации, то эффективность осуществления этого процесса определяет не только выход и качество целевого углеводородного продукта – базового масла, но и качество получаемых побочных продуктов, т. е. гача или петролатума – концентратов высокоплавких парафиновых углеводородов, из которых, соответственно, выделяют парафин (церезин).

Одним из оперативных параметров низкотемпературной сольвентной депарафинизации (экстрактивной кристаллизации), влияющих на эффективность процесса разделения, является природа среды (растворителя), где происходит выделение твердой фазы парафиновых углеводородов. Поэтому разработка рациональных методов регулирования свойств среды представляется весьма актуальной задачей, решение которой позволяет улучшить технико-экономические показатели производства базовых минеральных масел.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами (проектами) и темами

Тематика диссертационной работы соответствует приоритетному направлению научно-технической деятельности в Республике Беларусь на 2016–2020 гг. (п. 5 «Химические технологии, нефтехимия: производство новых химических продуктов; технологии нефтедобычи, нефтепереработки и нефтехимии» указа Президента Республики Беларусь № 166 от 22.04.2015). Исследования проводились в рамках задания ОАО «Белгорхимпром» «Подбор аполярных реагентов для флотации калийных руд Старобинского месторождения» (ХД 18-454, № гос. регистрации 20181074).

Цель и задачи исследования

Целью диссертационной работы является разработка композиций растворитель – модификатор для процесса депарафинизации минеральных масел методом экстрактивной кристаллизации, обеспечивающих увеличение отбора и улучшение качества базового масла (депарафинизата), а также побочного продукта – концентрата высокоплавких парафиновых углеводородов, используемых в качестве сырья для получения парафина.

Для достижения поставленной цели следовало решить следующие задачи:

- обосновать выбор модификаторов и новых растворителей для процесса депарафинизации масел;
- исследовать влияние новых модификаторов на процесс депарафинизации нефтяных масляных рафинатов, состав и свойства базового масла и гача;
- изучить влияние новых полярных компонентов растворителей и их смесей с новыми модификаторами на процесс низкотемпературной депарафинизации масел;
- разработать ресурсосберегающие способы депарафинизации нефтяных масел методом экстрактивной кристаллизации.

Объектами исследования являлись составы композиций растворитель – модификатор для низкотемпературной депарафинизации масел, включающие в качестве модификатора тетрагидрофурфуриловый спирт, циклогексанол, метил-трет-бутиловый эфир, этилацетат, а в качестве растворителя системы полярное органическое соединение (циклогексанон, изопропиловый спирт, тетрагидрофурфуриловый спирт) – толуол (или метил-трет-бутиловый эфир).

Предмет исследования – процесс низкотемпературной сольвентной депарафинизации нефтяных масел (или экстрактивной кристаллизации).

Научная новизна

Впервые в качестве модификаторов растворителей, используемых в процессе экстрактивной кристаллизации, предложен ряд полярных органических соединений, которые локально могут воздействовать на полярность среды и, соответственно, на структурное застывание депарафинируемого сырья. Впервые исследовано действие новых составов растворителей в процессе депарафинизации масляного сырья и установлено, что использование изопропилового спирта (ИПС), тетрагидрофурфурилового спирта (ТГФС), циклогексанона в качестве полярного компонента растворителя позволяет увеличить выход, качество масла и гача. Получены данные о влиянии новых составов композиций растворитель – модификатор на показатели депарафинизации, которые могут быть использованы при разработке малоэнергетических способов регулирования процесса экстрактивной кристаллизации. На базе исследованных растворителей и их композиций разработаны эффективные способы получения базового масла и гача, обеспечивающие повышение выхода депарафинированного масла до 3 мас.%, температуры плавления гача на 4°C.

Положения, выносимые на защиту:

- результаты исследования влияния новых модифицирующих полярных добавок на процесс сольвентной депарафинизации масляных рафинатов, вакуумных дистиллятов и качество получаемых нефтепродуктов;
- результаты воздействия новых составов растворителей и композиций растворитель – модификатор на эффективность депарафинизации масляного сырья и обезмасливания гачей;
- способы интенсификации процесса депарафинизации масляных фракций, позволяющие снизить потери масла с гачем на 1–12%, улучшить качество гача за

счет повышения содержания в гаче парафиновых углеводородов нормального строения и, соответственно, температуры плавления на 1–4°С при введении 1–2 мас. % тетрагидрофурфурилового спирта, циклогексанола в промышленный кетоно-ароматический растворитель и при замене кетоно-ароматического растворителя на системы ИПС – толуол, циклогексанон – толуол, ТГФС – толуол.

Личный вклад соискателя ученой степени

Соискатель ученой степени принимал непосредственное участие в анализе научно-технической литературы, выполнении эксперимента, интерпретации полученных результатов и подготовке их для публикаций, апробации на конференциях различного уровня. Постановка цели и задач диссертационной работы, планирование экспериментальных работ, обсуждение полученных результатов осуществлялись совместно с научным руководителем доктором технических наук, профессором Грушовой Е. И. Хроматографический анализ образцов гачей проводился вместе с ведущим инженером Карпенко О. В. Инфракрасная спектроскопия образцов рафинатов и масел осуществлялась совместно с инженером Трусовым К. И.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов

Результаты исследований были представлены в виде секционных и стендовых докладов и обсуждались на Международной научно-технической конференции «Новейшие достижения в области инновационного развития в химической промышленности и производстве строительных материалов» (Минск, 2015 г.); 3-м Белорусско-Прибалтийском форуме «Сотрудничество – катализатор инновационного роста» (Минск, 2017 г.); Международной научно-технической конференции «Нефтехимический синтез и катализ в сложных конденсированных системах» (Баку, 2017 г.); the International 6th Conference on Petroleum Engineering (Madrid, 2017 г.); Международном научно-практическом инновационном форуме «INMAX'18» (Минск, 2018 г.); научно-технических конференциях БГТУ (2013–2018 гг.); Международной научной конференции «Полифункциональные химические материалы и технологии» (Томск, 2019 г.); I – III Международных научно-технических и инвестиционных форумах по химическим технологиям и нефтегазопереработке «Нефтехимия – 2018–2020» (Минск 2018–2020 гг.). Результаты проведенных исследований внедрены в учебный процесс в виде дополнительного материала при проведении лабораторных практикумов и лекционных курсов по дисциплинам «Химическая технология исходных веществ для органического синтеза» и «Химия и технология переработки нефти и газа», что подтверждается актами об их практическом использовании, наличием справок, свидетельствующих о заинтересованности в представленных результатах исследований и направлений их применения.

Опубликование результатов диссертации

По материалам диссертации опубликовано 27 научных работ, в том числе 2 статьи в иностранных научных изданиях, 5 статей в отечественных рецензируемых научных журналах, включенных в Перечень научных изданий, рекомендо-

ванных ВАК Республики Беларусь, 9 материалов конференций, 9 тезисов докладов научных конференций, получено 2 патента Республики Беларусь. Общий объем опубликованных материалов составляет 4,86 авторского листа, что соответствует пункту 18 «Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь».

Структура и объем диссертации

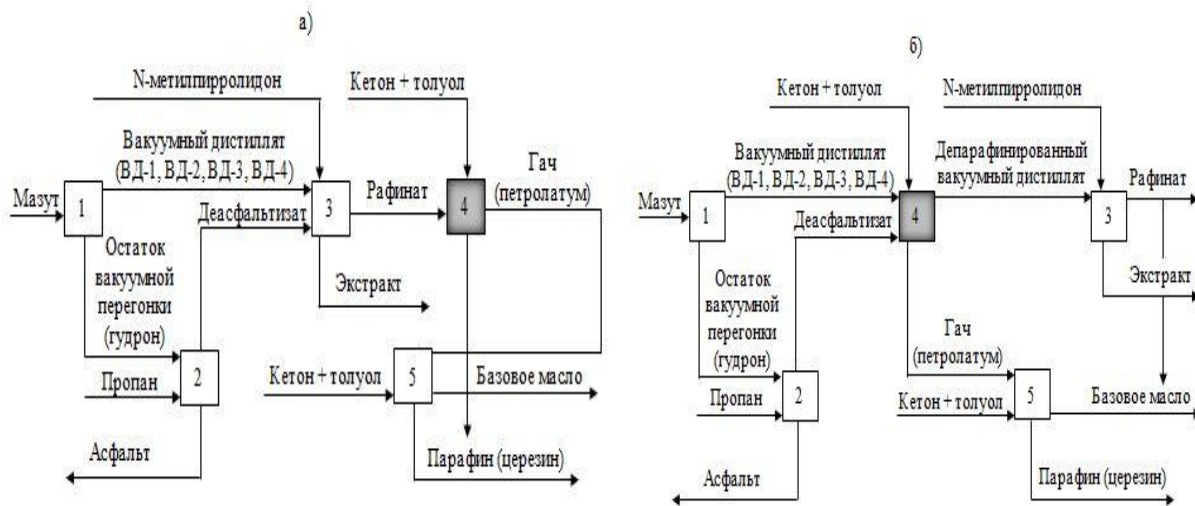
Диссертация (221 с.) состоит из перечня условных обозначений (1 с.), введения (3 с.), общей характеристики работы (3 с.), 5 глав (77 с.), заключения (3 с.), библиографического списка (11 с.), включающего 110 использованных источников и 27 публикаций соискателя, четырех приложений (119.). Результаты исследований изложены на 52 страницах текста и представлены на 24 иллюстрациях и в 36 таблицах.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В первой главе приведен анализ научно-технической информации о способах интенсификации сольвентной депарафинизации (экстрактивной кристаллизации) – традиционного процесса удаления из масляных рафинатов компонентов, повышающих температуру застывания базовых масел. Показано, что наиболее рациональным решением этой проблемы с точки зрения капитальных, материальных и энергетических затрат является использование в составе растворителей добавок реагентов-модификаторов. Рассмотрены проблемы, связанные с применением композиций растворитель – модификатор в реальных технологических процессах, определившие цель и задачи данного исследования.

Во второй главе представлены характеристики сырья (вакуумные дистилляты, масляные рафинаты различной вязкости), растворителей и модификаторов. Приведены методики депарафинизации нефтяного сырья, методы анализа исходных и очищенных масляных фракций. Выбор методов исследования для оценки качества получаемых нефтепродуктов основывался на использовании стандартов (ГОСТ, ASTM), а также современных лабораторных испытаниях, таких как сольвентно-адсорбционный метод, ИК-спектроскопия (Фурье-спектрометр Nexus ESP ThermoNicolet), вискозиметрия, рефрактометрия, хроматографический метод (газовый хроматограф «Хроматэк-Кристал 5000») и метод определения содержания серы (анализатор SLFA-20 фирмы Horiba). Экспериментальные данные обрабатывались статистически с привлечением программного обеспечения (Unichrom, MathCad, OMNIC).

Третья глава посвящена исследованию влияния на процесс сольвентной депарафинизации модифицирующих добавок (ТГФС, циклогексанол, метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ), этилацетат). Испытания проводили по «прямой» (схема I) и «обратной» (схема II) технологиям (рисунок 1).



**1 – вакуумная перегонка; 2 – сольVENTная деасфальтизация;
3 – сольVENTная экстракция; 4 – экстрактивная кристаллизация;
5 – обезмасливание**

**Рисунок 1. – Блок-схема производства минеральных масел:
а) «прямая» схема I; б) «обратная» схема II**

Согласно данным, представленным в таблицах 1 и 2, введение модифицирующих добавок положительно влияет на селективность разделения многокомпонентной смеси: изменяется показатель преломления депарафинированного масла, возрастает температура плавления концентрата твердых углеводородов – гача. При этом выход и температура плавления гача выше, если депарафинизацию проводили по схеме I. Аналогичные результаты получены и при депарафинизации рафинатов, выделенных из вакуумных дистиллятов ВД-1, ВД-2, ВД-3, ВД-4 фенолом в ОАО «Нафтан» (г. Новополоцк).

По методу Маркуссона и методом ИК-спектроскопии был исследован групповой и структурный состав полученных образцов депарафинированного масла. Выделенный из рафинатов и вакуумных дистиллятов гач анализировали хроматографическим методом с целью оценки в концентрате твердых углеводородов соотношения парафиновых углеводородов нормального строения к парафиновым углеводородам изостроения (n-/iso-). Кроме того, для гачей определяли параметр S_w (число симметрии), характеризующий соответствие структуры углеводородов, представляющих гач, структуре парафинового углеводорода нормального строения (таблицы 3,4).

Согласно данным таблицы 3, введение ТГФС в качестве модифицирующей добавки позволяет снизить содержание серы с 1,86 до 1,04–1,12%, содержание смол на ~9% и асфальтенов на ~0,2% в депарафинированном масле, а также повысить содержание нейтрального масла более чем на 9%.

Таблица 1. – Показатели депарафинизации рафинатов, полученных при селективной очистке N-метилпирролидоном вакуумного дистиллята ВД-3 ($n_D^{50} = 1,5320$ – образец 1, $n_D^{50} = 1,5019$ – образец 2), в присутствии растворителя ацетон – толуол

Номер опыта*	Добавка-модификатор	Депарафинированное масло			Гач	
		выход, мас. %	n_D^{50}	v_{t1}/v_{t2}	выход, мас. %	$t_{пл}, ^\circ\text{C}$
Сырье – рафинат ($n_D^{50} = 1,4721$, $v_{50}/v_{60} = 1,5$), выделенный из ВД-3 (образец 1)						
13	–	92,63	1,4764	1,68**	7,37	57
14	1,5 мас. % ТГФС	90,60	1,4749	1,70**	9,4	55
Сырье – рафинат ($n_D^{50} = 1,4820$), выделенный из ВД-3 (образец 2)						
15	–	91,07	1,4842	2,56***	8,93	62
16	0,5 мас. % циклогексанола	90,80	1,4825	–	9,20	64
17	1,5 мас. % циклогексанола	90,60	1,4840	–	9,40	62
18	2 мас. % циклогексанола	90,60	1,4828	–	9,40	61
19	0,5 мас. % МТБЭ	91,40	1,4854	–	8,60	62
20	1,5 мас. % МТБЭ	91,60	1,4855	–	8,40	63
21	2 мас. % МТБЭ	91,40	1,4856	–	8,60	62
22	1,5 мас. % этилацетата	91,64	1,4835	–	8,36	64
* В автореферате приведены результаты отдельных опытов, отражающих эффект воздействия новых композиций модификатор – растворитель на депарафинизацию.						
** v_{50}/v_{60} .						
*** v_{40}/v_{60} .						

Таблица 2. – Показатели депарафинизации вакуумного дистиллята ВД-3 в присутствии растворителя ацетон – толуол

Номер опыта	Добавка-модификатор	Выход депарафинированного масла (ВД-3), мас. %	Рафинат (базовое масло)		Гач	
			n_D^{50}	v_{50}/v_{60}	выход, мас. %	$t_{пл}, ^\circ\text{C}$
Сырье – ВД-3 (образец 1, $n_D^{50} = 1,5320$)						
23	–	95,14	1,4753	4,31	4,86	61
24	1,5 мас. % ТГФС	93,08	1,4752	4,54	6,92	58
Сырье – ВД-3 (образец 2, $n_D^{50} = 1,5019$)						
25	–	92,93	1,4859	–	7,07	57
26	1,5 мас. % циклогексанола	93,67	1,4845	–	6,33	63
27	0,5 мас. % МТБЭ	93,19	1,4859	–	6,81	57
28	1,5 мас. % МТБЭ	93,53	1,4871	–	6,47	58
29	2 мас. % МТБЭ	93,87	1,4865	–	6,13	60
30	1,5 мас. % этилацетата	93,19	1,4850	–	6,81	62

Таблица 3. – Групповой состав базовых масел, выделенных из вакуумного дистиллята ВД-3 (образец 1; $n_D^{50} = 1,5320$; содержание серы, мас.% – 1,86)

Номер опыта	Растворитель	Содержание, мас. %			Содержание серы, мас. %	
		нейтральные масла	смолы	асфальтены		
Схема I	13	Ацетон – толуол	76,4	19,7	3,9	0,98
	14	Ацетон – толуол + 1 мас. % ТГФС	86,9	10,2	3,7	1,04
Схема II	23	Ацетон – толуол	76,5	19,8	3,4	1,12
	24	Ацетон – толуол + 1,5 мас. % ТГФС	87,4	9,5	3,1	1,12

Введение модифицирующих добавок разной природы (таблицы 3 и 4) обеспечивает более высокое содержание в гаче парафиновых углеводородов нормального строения, т. е. именно тех компонентов нефтяных масляных дистиллятов, которые в первую очередь отвечают за повышение температуры застывания масла. С другой стороны повышение селективности выделения высокоплавких парафиновых углеводородов из масляных рафинатов является необходимым условием для получения аполярных реагентов высокого качества, которые в виде углеводородных суспензий можно использовать в составе реагентов – собирателей для флотационного обогащения калийных руд.

Выделение твердых углеводородов из масляной фракции отрицательно влияет на ее вязкостно-температурную характеристику, так как показатель v_{40}/v_{60} (или v_{50}/v_{60} , v_{60}/v_{70}) повышается у депарафинированного масла при введении в растворитель сольвентной депарафинизации модифицирующей добавки.

Таблица 4. – Характеристика базовых масел и гачей, полученных из рафината селективной очистки ВД-3 N-метилпирролидоном (схема I) и из ВД-3 по «обратной» схеме II

Номер опыта	Добавка-модификатор	Базовое масло					Гач		
		$A_1 = \frac{D_{1600}}{D_{720}}$	$\Pi = \frac{D_{720}}{D_{1600}}$	$P_1 = \frac{D_{1380}}{D_{1460}}$	$S = \frac{D_{1030}}{D_{1460}}$	$H = \frac{D_{960}}{D_{1460}}$	n-/iso-	S_w	
Схема I	15	–	1,60	0,62	1,39	3,39	3,39	1,33	5,7
	17	1,5мас. % циклогексанола	1,68	0,60	1,54	3,85	–	1,33	5,7
	20	1,5 мас. % МТБЭ	1,75	0,57	1,50	4,15	4,15	1,57	5,8
	22	1,5 мас. % этилацетата	2,26	0,44	1,39	3,87	3,78	1,17	5,8
Схема II	32	–	1,47	0,68	1,61	4,17	4,19	1,61	5,4
	33	1,5 мас. % МТБЭ	1,88	0,53	1,69	5,19	5,31	1,25	5,8
	34	1,5мас. % циклогексанола	1,71	0,59	1,45	3,68	3,70	1,79	5,5
	35	1,5 мас. % этилацетата	1,75	0,57	1,77	5,35	5,27	1,16	5,7

Модифицирующие добавки обеспечивают повышение содержания ароматических структур (A_1) в масле и его осерненности (S), при этом несколько возрастает доля полизамещенных моно- и полициклических ароматических структур, особенно если депарафинизации подвергали рафинаты, выделенные из вакуумных дистиллятов селективной очисткой фенолом. Для рафинатов, полученных селективной очисткой вакуумного дистиллята N-метилпирролидоном, наблюдается обратная зависимость. Значения параметра S_w , характеризующего степень соответствия структуры твердых парафинов структуре алкана нормального строения, для полученных образцов гачей составляет 5,1–6,1 пункта, что свидетельствует о присутствии в гачах не только твердых парафинов линейного строения, но и нафтеновых углеводородов с алкильными цепочками. При этом в гачах, выделенных по схеме II, содержание нафтеновых структур меньше.

Данные модифицирующие добавки по эффективности воздействия на процесс низкотемпературной депарафинизации можно расположить в следующий ряд:

ТГФС > МТБЭ > циклогексанол > этилацетат.

В четвертой главе приведены результаты исследования воздействия ряда новых растворителей и их смесей с добавками-модификаторами на процесс низкотемпературной депарафинизации как рафинатов, полученных при селективной очистке масляных дистиллятов базовыми промышленными экстрагентами – фенолом и N-метилпирролидоном, так и масляных дистиллятов перед стадией селективной очистки от низкоиндексных компонентов. Согласно данным, представленным в таблицах 5 и 6, наиболее эффективно протекает выделение твердых углеводородов из рафината в среде растворителей ИПС – толуол (60:40) и ТГФС – толуол (60:40): возрастает выход базового масла, селективнее протекает процесс разделения и, соответственно, возрастает температура плавления гача на 2–5°C.

Таблица 5. – Показатели депарафинизации рафината ($n_D^{50} = 1,4740$), выделенного из вакуумного дистиллята ВД-3 экстракцией фенолом

Номер опыта	Растворитель	Депарафинированное масло			Гач	
		выход, мас. %	n_D^{50}	v_{50}/v_{60}	выход, мас. %	$t_{пл}$, °C
3	Ацетон – толуол (60:40)	91,22	1,4760	1,38	8,78	60
39	Изопропиловый спирт – толуол (60:40)	92,88	1,4750	1,41	7,12	62
40	Изопропиловый спирт – МТБЭ (60:40)	91,37	1,4744	1,47	8,63	61
41	Циклогексанон – толуол (60:40)	92,32	1,4725	1,46	7,68	62

Как показано на рисунке 2, указанные зависимости соблюдаются при переработке нефтяного сырья различной вязкости.

Таблица 6. – Показатели депарафинизации рафината ($n_D^{50} = 1,4820$), выделенного из вакуумного дистиллята ВД-3 экстракцией N-метилпирролидоном

Номер опыта	Растворитель	Депарафинированное масло			Гач	
		выход, мас. %	n_D^{50}	v_{40}/v_{60}	выход, мас. %	$t_{пл}$, °C
15	Ацетон – толуол (60:40)	90,30	1,4842	2,56	9,70	62
42	Изопропиловый спирт – толуол (60:40)	90,50	1,4835	1,94	9,50	65
43	ТГФС – толуол (60:40)	90,75	1,4832	2,34	9,25	67
44	Циклогексанон – толуол (60:40)	90,21	1,4830	–	9,79	65
45	Ацетон – этилацетат (60:40)	83,12	1,4825	–	16,78	60

С увеличением пределов выкипания перерабатываемого нефтяного сырья выход депарафинированного масла уменьшается как при использовании промышленного растворителя ацетон – толуол, так и нового растворителя ИПС – толуол. Снижается отношение температур плавления гачей, выделяемых по предлагаемому и известному способам (рисунок 3).

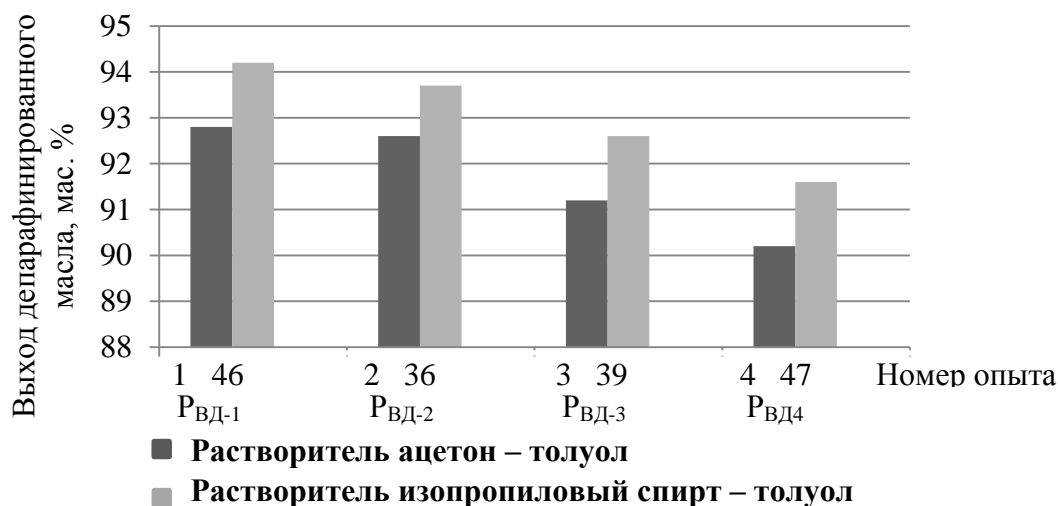
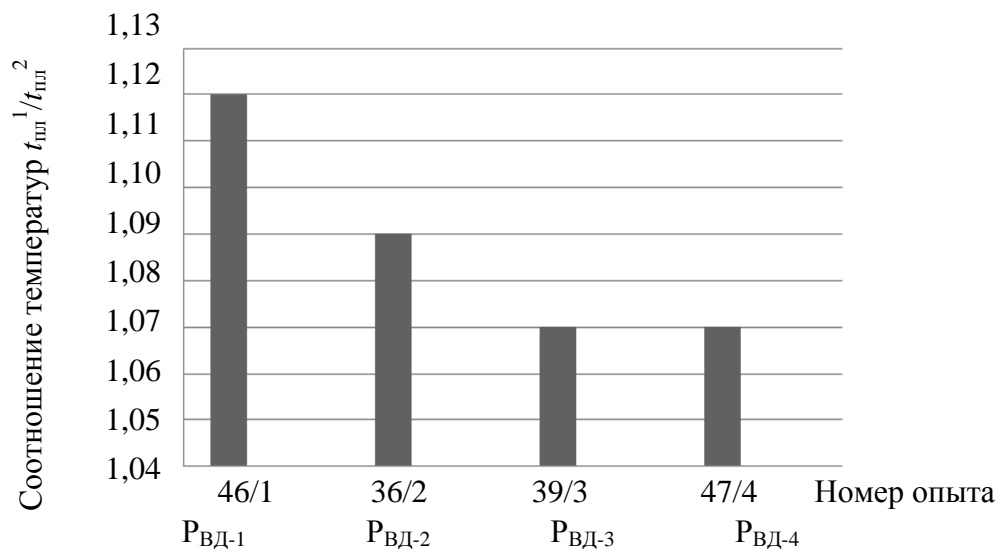


Рисунок 2. – Зависимость выхода депарафинированного масла от природы перерабатываемого рафината (РВД-*i*)

Аналогичные результаты были получены и при депарафинизации дистиллятных масляных фракций (таблица 7).

Как видно, при использовании в качестве растворителя системы ТГФС – толуол температура плавления выделяемых твердых углеводородов на 14% выше, чем при использовании растворителя ацетон – толуол. Для образцов базовых масел, представляющих лучшие результаты испытаний, методом ИК-спектроскопии был исследован структурно-групповой состав (рисунки 4).

Введение в растворитель вместо ацетона ИПС или ТГФС повышает эффективность выделения твердых углеводородов, так как возрастает отношение аро-



$t_{пл}^1$ – температура плавления гача при его выделении в среде
изопропиловый спирт – толуол, °С

$t_{пл}^2$ – температура плавления гача при его выделении в среде
ацетон – толуол, °С

Рисунок 3. – Зависимость отношения $t_{пл}^1/t_{пл}^2$ от природы перерабатываемых рафинатов

матических структур к парафиновым структурам (рисунок 4а). При этом в масле ароматические структуры преобладают над полизамещенными ароматическими структурами (рисунок 4б), возрастает доля парафиновых структур разветвленного строения (рисунок 4г).

Таблица 7. – Показатели депарафинизации вакуумного дистиллята ВД-3 ($n_D^{50} = 1,4820$) и ВД-2 ($n_D^{50} = 1,4970$)

Номер опыта	Растворитель	Депарафинированный вакуумный дистиллят	Гач	
		выход, мас. %	выход, мас. %	$t_{пл}, °C$
25	Ацетон – толуол	92,90	7,10	57
49	Циклогексанон – толуол	92,09	7,91	62
50	ТГФС – толуол	90,87	9,13	65
51	Изопропиловый спирт – толуол	94,34	5,51	63
52*	Изопропиловый спирт – толуол	93,64	6,36	60

* Сырье – депарафинированный дистиллят ВД-2.

Таким образом, все исследованные составы растворителей позволяют улучшить показатели депарафинизации по сравнению с промышленным растворителем ацетон – толуол. Однако учитывая наличие промышленного производства, наибольший практический интерес представляют системы ИПС – толуол, циклогексанон – толуол.

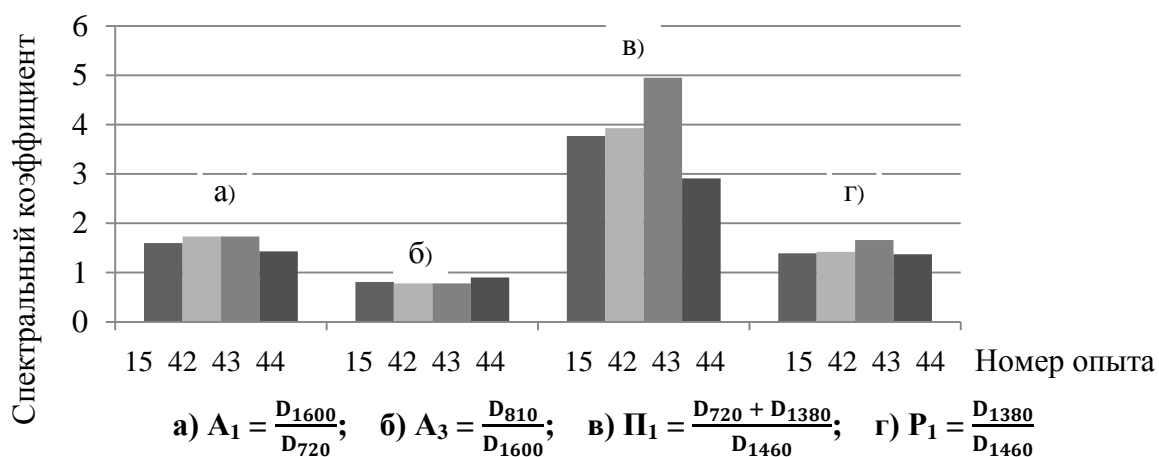


Рисунок 4. – Спектральные коэффициенты депарафинированных рафинатов, выделенных из вакуумного дистиллята ВД-3 N-метилпирролидоном

Эффективность действия растворителей была исследована и в присутствии добавок реагентов-модификаторов: циклогексанола, МТБЭ, этилацетата (таблица 8).

Таблица 8. – Показатели депарафинизации в среде изопропиловый спирт – толуол рафината, выделенного из вакуумного дистиллята ВД-3 методом жидкостной экстракции N-метилпирролидоном

Номер опыта	Расход модификатора, мас. %	Депарафинированное масло		Гач	
		выход, мас. %	n_D^{50}	выход, мас. %	$t_{пл}, ^\circ\text{C}$
42	–	90,80	1,4835	9,20	65
57	0,5 мас. % МТБЭ	91,90	1,4840	8,10	65
58	1,5 мас. % МТБЭ	93,94	1,4830	6,06	66
59	2 мас. % МТБЭ	93,40	1,4844	6,60	62
60	1,5 мас. % циклогексанола	93,74	1,4833	6,16	66
61	1,5 мас. % этилацетата	95,54	1,4829	4,46	67

Введение модификаторов повышает отбор депарафинированного масла на 1–3%, температуру плавления гача. При этом добавка циклогексанола эффективно воздействует на депарафинизацию более вязких масляных рафинатов.

Согласно данным, представленным в таблице 9, использование в процессе депарафинизации композиции циклогексанон – толуол + 1,5 мас. % циклогексанола позволяет увеличить содержание ароматических структур в масле по отношению к парафиновым структурам. Кроме того, возрастает доля разветвленных парафиновых структур в составе депарафинированного масла.

Можно отметить улучшение вязкостно-температурных характеристик образцов депарафинированного масла, полученных по схемам I и II, так как показа-

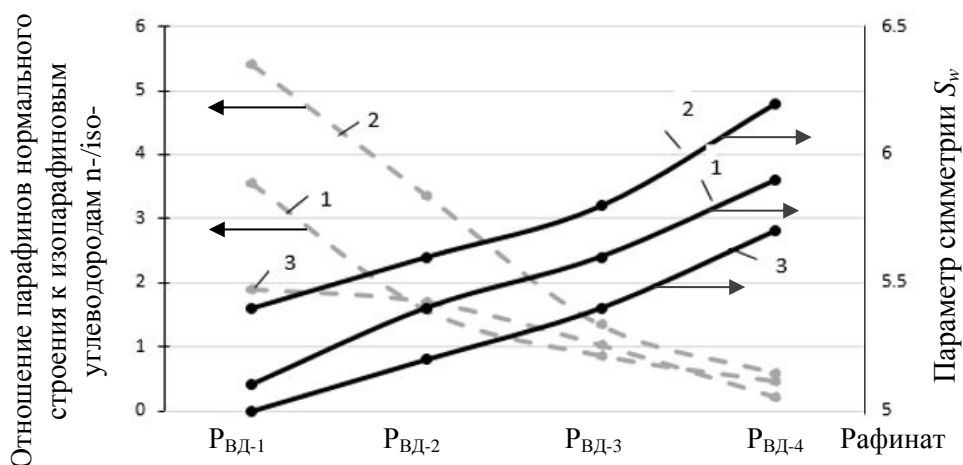
тель v_{40}/v_{60} снижается по сравнению с этой же характеристикой для промышленного растворителя ацетон – толуол.

Новые растворители положительно влияют на качество выделяемого гача: возрастает отношение парафинов нормального строения к парафинам изостроения (показатель n -/ iso -) с 1,33 до 2,84 (схема I) и с 1,61 до 2,87 (схема II). Твердые углеводороды гача в основном представлены парафиновыми структурами нормального строения и в весьма малых количествах могут содержать циклоалкановые структуры, поскольку число симметрии S_w не превышает 6,1.

Приведенные на рисунке 5 зависимости показывают, что новый растворитель ИПС – толуол позволяет повысить долю парафиновых углеводородов нормального строения в гаче по сравнению с промышленным вариантом.

Таблица 9. – Спектральные коэффициенты и вязкостно-температурные характеристики образцов базовых масел

Номер опыта		Состав растворителя	A_1	A_2	P_2	P_1	v_{40}/v_{60}
Схема I	15	Ацетон – толуол	1,60	0,81	3,77	1,39	2,56
	44	Циклогексанон – толуол	1,43	0,90	2,91	1,37	2,34
	71	Циклогексанон – толуол + 1,5 мас. % циклогексанола	1,64	0,85	2,46	2,81	2,26
Схема II	32	Ацетон – толуол	1,52	0,86	4,46	4,58	2,69
	53	Циклогексанон – толуол	1,48	0,89	4,79	1,69	–
	72	Циклогексанон – толуол + 1,5 мас. % циклогексанола	1,65	0,86	6,88	2,25	2,58



1 – ацетон – толуол; 2 – изопропиловый спирт – толуол; 3 – изопропиловый спирт – МТБЭ

Рисунок 5. – Зависимость показателей n -/ iso - и S_w от природы депарафинируемых рафинатов фенольной очистки

Согласно характеру изменения числа симметрии S_w , указывающего степень соответствия структуры реальных углеводородов структуре парафина нормального строения процесса, при увеличении молекулярной массы (или пределов выки-

пания фракции, вязкости) перерабатываемого вещества в парафиновых структурах нормального строения в незначительных количествах увеличивается содержание нафтеновых структур ($6,2 > S_w > 5$).

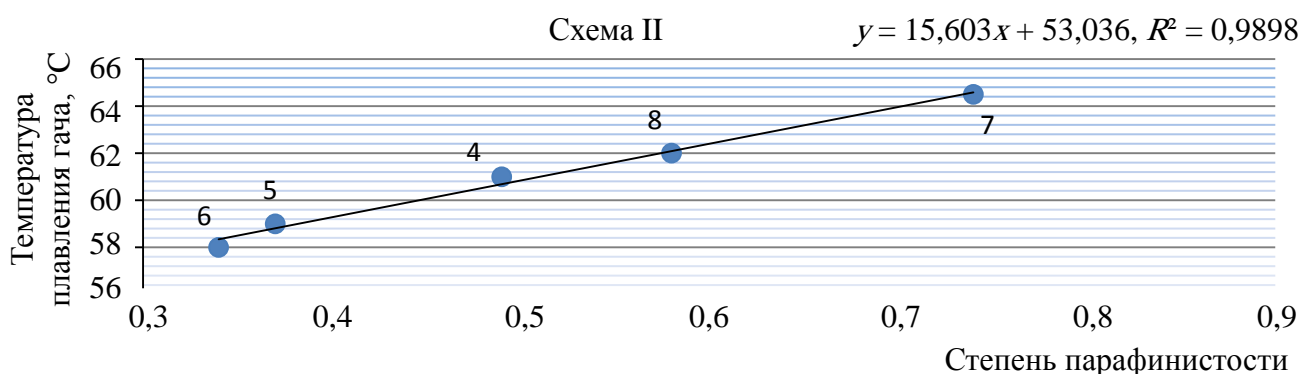
Таким образом, новые растворители по эффективности воздействия на процесс низкотемпературной депарафинизации превосходят промышленный растворитель ацетон – толуол. Введение в новые растворители добавок-модификаторов позволяет улучшить наблюдаемый эффект.

В пятой главе рассмотрены возможные механизмы воздействия добавок-модификаторов и новых базовых компонентов растворителей низкотемпературной депарафинизации на процесс. Полярные добавки-модификаторы локально ограничивают растворимость структурно-застывающих компонентов масла (циклических структур) с длинными алкильными заместителями нормального и изостроения. В результате снижается показатель преломления депарафинизата, возрастает температура плавления гача за счет повышения содержания в нем твердых парафинов.

Вязкостное застывание масляных фракций тормозят новые полярные базовые компоненты растворителей низкотемпературной депарафинизации. При этом совместное действие нового растворителя с новыми добавками-модификаторами позволяет в большей степени повысить эффективность отделения высокоплавких компонентов масел.

Установлено, что разные методы испытаний практически идентично отражают влияние исследуемых композиций растворителей на содержание соединений серы (S) в масляном продукте и парафиновых структур в гаче. Это можно использовать на практике для оценки одного показателя по значению другого (рисунки 6, 7).

Лучшие растворители и композиции растворитель – модификатор запатентованы (таблица 10,11).



4 – ацетон – толуол; 5 – изопропиловый спирт – толуол; 6 – ацетон – толуол + ТГФС;
7 – ацетон – МТБЭ; 8 – метилэтилкетон (МЭК) – толуол

Рисунок 6. – Зависимость температуры плавления $t_{пл}$ гача от степени парафинистости гача

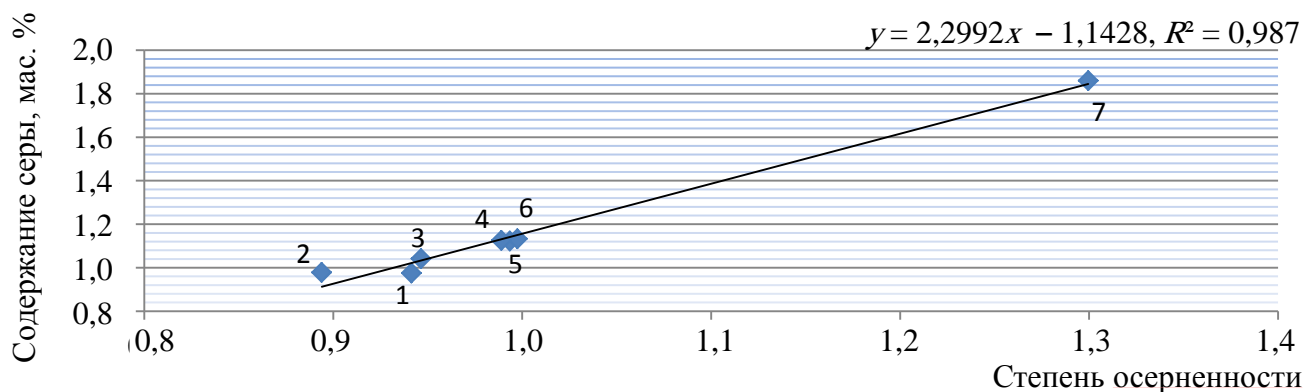


Схема I: 1 – ацетон – толуол; 2 – изопропиловый спирт – толуол; 3 – ацетон – толуол + ТГФС;
схема II: 4 – ацетон – толуол; 5 – изопропиловый спирт – толуол;
 6 – ацетон – толуол + ТГФС; 7 – ВД-3

Рисунок 7. – Взаимосвязь между показателями содержания серы в масле и степенью осерненности масла

Таблица 10. – Характеристика продуктов, полученных при очистке вакуумного дистиллята ВД-3 ($n_D^{50} = 1,5320$) по схеме II

Растворитель	Рафинат (базовое масло)			Гач	
	выход, мас. %	n_D^{50}	v_{50}/v_{100}	$t_{пл}, ^\circ\text{C}$	n-/iso-
Ацетон – МТБЭ (60:40)	95,7	1,4752	4,62	60	5,03
ИПС – толуол (60:40)	97,8	1,4749	4,38	59	4,97
ИПС – МТБЭ (60:40)	96,5	1,4751	4,54	61	5,21

Таблица 11. – Результаты депарафинизации рафината, выделенного из ВД-2 фенолом

Растворитель	Депарафинированный рафинат			Гач	
	выход, мас. %	n_D^{50}	v_{40}/v_{60}	$t_{пл}, ^\circ\text{C}$	n-/iso-
Ацетон – толуол	90,5	1,4735	2,11	57	1,57
Ацетон – толуол + 1,5 мас. % ТГФС	91,6	1,4730	1,98	58	1,61

Использование новых композиций растворителей в промышленной технологии практически не влияет на технологическую схему процесса, так как для депарафинизации с растворителями ИПС – толуол и ИПС – МТБЭ полярный компонент промышленного растворителя ацетон заменяется на ИПС, а толуол на МТБЭ. А вот при использовании добавок-модификаторов в схему вводятся дополнительные емкости для их хранения и дозирующий насос в тройник смешения. Разработанные новые композиции растворитель – модификатор позволяют не только интенсифицировать процесс депарафинизации, но и, во-первых, установить новые направления практического использования МТБЭ, ИПС, циклогексана, циклогексанола, во-вторых, использовать отечественные растворители – МТБЭ, циклогексанон, циклогексанол.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Впервые исследовано влияние промышленно выпускаемых реагентов (тетрагидрофурфуриловый спирт, метил-трет-бутиловый эфир, циклогексанол) в качестве модифицирующих добавок на эффективность выделения парафинового концентрата из масляного сырья в процессе низкотемпературной сольвентной депарафинизации. Установлено, что введение модификатора в промышленный растворитель (ацетон – толуол, метилэтилкетон – толуол) в количестве 0,5–2,0 мас. % влияет на структурно-групповой состав, выход и качество масла и гача. Эффективность воздействия модификатора зависит от схемы очистки: депарафинизация по схеме II позволяет снизить содержание смол и асфальтенов в 2 и 1,2 раза соответственно, а по схеме I снизить содержание серы в масле в 1,1 раза [1, 4, 6–8, 11, 12, 16, 18, 22–24, 26].

2. Установлено, что повысить эффективность воздействия среды, в которой происходит выделение твердых углеводородов, можно за счет использования в качестве полярных компонентов изопропилового спирта, тетрагидрофурфурилового спирта, метил-трет-бутилового эфира, циклогексанона, обладающих более высокой растворяющей способностью по отношению к изопарафиновым, нафтеновым, ароматическим соединениям с длинными алкильными заместителями. Выход депарафинированного масла при использовании растворителя состава изопропиловый спирт – толуол возрастает на 2 мас. % при переработке сырья любой вязкости и на 1–3,5 мас. % при переработке сырья высокой вязкости в среде циклогексанон – толуол [5, 7, 10, 13–15, 20, 21].

3. Установлено, что при депарафинизации в среде изопропиловый спирт – толуол, тетрагидрофурфуриловый спирт – толуол вязкостно-температурный показатель v_{II}/v_{I} снижается в 1,3 и 1,1 раза соответственно за счет увеличения содержания в депарафинизате циклических структур с длинными алкильными заместителями. Доля в гаче парафиновых структур нормального строения возрастает в 1,2–1,7 раза, температура плавления гача на 5–8°C при депарафинизации по «обратной» схеме, а выход базового масла может быть увеличен на 1–12 мас. % [7, 8, 21–23].

4. Показано, что добавки-модификаторы, которые усиливают влияние промышленных растворителей на процесс низкотемпературной депарафинизации, оказывают аналогичное влияние и на новые растворители. Добавка циклогексанола к системе циклогексанон – толуол позволяет повысить селективность разделения, увеличить температуру плавления на 4°C, а выход депарафинированного масла на 3 мас. %. Введение метил-трет-бутилового эфира в растворитель изопропиловый спирт – толуол дает возможность повысить содержание парафиновых структур в гаче, так как отношение n-/iso- возрастает с 2,69 до 2,84 (схема I) и с 2,74 до 2,87 (схема II) [2, 3, 10].

5. Установлено, что использования изопропилового спирта, тетрагидрофурфурилового спирта, циклогексанона положительно влияет на вязкостное застывание системы при низких температурах, увеличивает селективность разделения депарафинируемого сырья на твердую и жидкую фазы, так как показатель $n_{\text{D}}/i_{\text{D}}$ возрастает для гачей в 2 раза, а в масле, соответственно, увеличивается содержание изопарафиновых углеводородов [3, 7, 11, 14, 16, 20–22].

Рекомендации по практическому использованию результатов

Установлены новые направления практического использования промышленных растворителей отечественного производства (МТБЭ, циклогексанона, циклогексанола), а также растворителей ИПС, ТГФС – для интенсификации технологии низкотемпературной сольвентной депарафинизации.

Разработан новый способ получения базовых масел, основанный на использовании в качестве основных компонентов растворителя низкотемпературной депарафинизации изопропилового спирта и метил-трет-бутилового эфира. На данный способ получения базовых масел получен патент РБ [26].

Разработан способ депарафинизации нефтяного сырья, согласно которому предлагается использовать композицию ацетон – толуол, содержащую в качестве модификатора ТГФС (или МТБЭ, циклогексанол). Способ запатентован [27]. Данная композиция может использоваться для разделения нефтяного сырья любой вязкости.

В рамках договора с ОАО «Белгорхимпром» «Подбор аполярных реагентов для флотации калийных руд Старобинского месторождения» ХД 18-454 (№ гос. регистрации 20181074) установлено, что суспензия твердых парафинов в углеводородном растворителе в процессе сильвиновой флотации увеличивает степень извлечения хлорида калия из руды, позволяет заменить импортный аполярный реагент – жидкие парафины на отечественный – твердые парафины.

Разработан лабораторный технологический регламент процесса депарафинизации минерального масла, утвержденный 25.08.2020, необходимый для регулирования состава, расхода растворителя в процессе депарафинизации в зависимости от природы перерабатываемого сырья.

Результаты диссертационного исследования внедрены в учебный процесс при изучении дисциплины «Химия и технология переработки нефти и газа» студентами специальности 1-48 01 02 «Химическая технология органических веществ, материалов и изделий» специализации 1-48 01 02 01 «Технология основного органического и нефтехимического синтеза» (справка о внедрении в образовательный процесс от 24.02.2020 г.).

Практическая значимость работы подтверждается справками, предоставленными нефтяными компаниями Ирака, в которых отмечается эффективность и доступность реализации мероприятий, разработанных в диссертации и обеспечивающих увеличение выхода, улучшение качества базового масла и концентрата парафиновых углеводородов.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ*Статьи в научных журналах*

1. Совершенствование технологии получения базовых минеральных масел и парафинов / Е. И. Грушова, О. В. Карпенко, О. В. Лабкович, А. А. Аль-Разуки // Труды БГТУ. – 2015. – № 4 : Химия, технология орган. в-в и биотехнология. – С. 126–128.

2. Применение аддитивов-модификаторов в процессе депарафинизации рафинатов / Е. И. Грушова, А. А. Аль-Разуки, О. А. Милосердова, Е. С. Чайко // Труды БГТУ. – 2016. – № 4 : Химия, технология орган. в-в и биотехнология. – С. 21–24.

Applying additive-modifiers in dewaxing raffinate process / E. I. Grushova, A. A. Al-Razuki, O. A. Miloserdova, E. S. Chaiko // Proceedings of BSTU. – 2016. – Issue 4 : Chemistry, Organic Substances Technology and Biotechnology. – P. 21–24.

3. Применение ИК-спектроскопии в исследовании минеральных масел / Е. И. Грушова, А. А. Аль-Разуки, Е. С. Чайко, О. А. Милосердова // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2017. – № 1. – С. 91–95.

4. Растворитель для депарафинизации рафинатов, выделенных из масляных дистиллятов нефти / Е. И. Грушова, А. А. Аль-Разуки, О. В. Карпенко, А. Р. Алрашеди, А. В. Полешко // Труды БГТУ. – Сер. 2, Хим. технологии, биотехнологии, геоэкология. – 2017. – № 2. – С. 60–63.

5. Grushova, Evgeniya I. The Effect of Cyclohexanol in Extraction Processes in the Production of Mineral Oils / Evgeniya I. Grushova, Ahmed A. Al-Razoqi, Aymen R. Alrashedi // International Journal of Petroleum and Petrochemical Engineering (IJPPPE). – 2017. – Vol. 3, issue 4. – P. 78–80.

6. Грушова, Е. И. Использование метил-трет-бутилового эфира в экстракционных процессах переработки масляных фракций нефти / Е. И. Грушова, О. А. Ушева, А. А. Аль-Разуки // Труды БГТУ. – Сер. 2, Хим. технологии, биотехнологии, геоэкология. – 2019. – № 1. – С. 32–36.

7. Грушова, Е. И. Новый растворитель для низкотемпературной депарафинизации масляных рафинатов / Е. И. Грушова, А. А. Аль-Разуки // Труды БГТУ. – Сер. 2, Хим. технологии, биотехнологии, геоэкология. – 2021. – № 1. – С. 51–56.

Материалы конференций

8. Алрашиди, А. Р. Влияние низкомолекулярных спиртов как сорреагентов N-метилпирролидона на селективную очистку масляных дистиллятов / А. Р. Алрашиди, А. А. Аль-Разуки Хайдер // 65-я науч.-техн. конф. студентов и магистрантов : сб. науч. работ, Минск, 21–26 апр. 2014 г. : в 3 ч. / Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск, 2014. – Ч. 2. – С. 105–108.

9. Ленчевский, Д. А. Выбор оптимального способа депарафинизации рафинатов селективной очистки масел / Д. А. Ленчевский, А. Р. Алрашиди,

А. А. Аль-Разуки Хайдер // 65-я науч.-техн. конф. студентов и магистрантов : сб. науч. работ, Минск, 21–26 апр. 2014 г. : в 3 ч. / Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск, 2014. – Ч. 2. – С. 108–110.

10. Карпенко, О. В. Влияние состава гачей на процесс выделения парафинов методом статической кристаллизации / О. В. Карпенко, Е. И. Грушова, А. А. Аль-Разуки // Новейшие достижения в области инновационного развития в химической промышленности и производстве строительных материалов : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 18–20 нояб. 2015 г. / Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск, 2015. – С. 455–458.

11. Использование аддитивов органических растворителей для активирования процессов разделения нефти и нефтепродуктов / Е. И. Грушова, А. А. Аль-Разуки, О. В. Карпенко, А. Р. Алрашеди // Сотрудничество – катализатор инновационного роста : материалы III Белорус.-Прибалтийск. форума, Минск, 19–20 окт. 2017 г. / Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2017. – С. 87–88.

12. Аль-Разуки, А. А. Повышение эффективности селективной очистки, депарафинизации и обезмасливания нефтепродуктов при получении базовых масел и парафинов / А. А. Аль-Разуки, О. А. Ушева, О. В. Карпенко // Первый шаг в науку – 2018 : сб. материалов Междунар. форума студенческой и учащейся молодежи в рамках Междунар. науч.-практ. инновацион. форума «INMAX'18», Минск, 4–5 дек. 2018 г. : в 4 ч. / Центр молодежных инноваций, Минский городской технопарк. – Минск, 2018. – Ч. 4. – С. 130–131.

13. Применение модифицирующих добавок для интенсификации экстракционных процессов в производстве минеральных масел / А. А. Аль-Разуки, Е.И. Грушова, О.А. Ушева, А.Р. Алрашиди // Нефтехимия – 2018 : материалы I Междунар. науч.-техн. и инвестицион. форума по хим. технологиям и нефтегазопереработке, Минск, 27–30 нояб. 2018 г. / Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск, 2018. – С. 32–33.

14. Al-Razoqi, A. A. Regulation of extraction properties of solvents used in the manufacture of mineral oils / A. A. Al-Razoqi, E. I. Grushova, O. A. Usheva // Полифункциональные химические материалы и технологии : материалы Междунар. науч. конф., Томск, 22–25 мая 2019 г. / Нац. исслед. Томск. гос. ун-т. – Томск, 2019. – С. 161–162.

15. Intensification of petroleum oils production technological processes / A. A. Al-Razoqi, E. I. Grushova, Ashraf S. Shareef, O. A. Usheva // Нефтехимия – 2019 : материалы II Междунар. науч.-техн. и инвестицион. форума по хим. технологиям и нефтегазопереработке, Минск, 16–18 окт. 2019 г. / Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск, 2019. – С. 1–4.

16. Перспективные растворители для интенсификации процесса низкотемпературной депарафинизации / А. А. Аль-Разуки, Е.И. Грушова, А.С. Шариф, О.В. Карпенко, В.И. Жолнеркевич // Нефтехимия – 2020 : материалы III Междунар. науч.-техн. и инвестицион. форума по хим. технологиям и нефтегазопереработке, Минск, 2–3 дек. 2020 г. / Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск, 2020. – С. 42–46.

Тезисы докладов

17. Алрашиди, А. Р. Перспективы процесса селективной очистки масел / А. Р. Алрашиди, А. А. Аль-Разуки Хайдер // Наука – шаг в будущее : тез. докл. VII науч.-практ. конф. студентов, магистрантов и аспирантов факультета «Технологии органических веществ», Минск, 5–6 дек. 2013 г. / Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск, 2013. – С. 8.

18. Grushova, E. I. Selective Purification of oil distillates by N-methylpyrrolidone which contain co-extractant / E. I. Grushova, A. R. Alrashedi, A. A. Al-Razoqi // High-Tech in Chemical Engineering-2014 : Abstract of XV International Scientific Conference, Zvenigorod, September 22–26, 2014 / Lomonosov Moscow State University of Fine Chemical Technologies. – Moscow, 2014. – P. 87.

19. Аль-Разуки, А. А. Влияние соэкстрагентов N-метилпирролидона на процесс депарафинизации рафинатов / А. А. Аль-Разуки, О. В. Карпенко, О. В. Лабкович // Наука – шаг в будущее : тез. докл. VIII науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов факультета «Технологии органических веществ», Минск, 4–5 дек. 2014 г. / Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск, 2014. – С. 7.

20. Парафиновые углеводороды и возможности увеличения ресурсов для их получения и улучшения качества / О. В. Карпенко, Е. И. Грушова, А. А. Аль-Разуки, А. И. Юсевич, О. В. Лабкович // Технология органических веществ : тез. докл. 79-й науч.-техн. конф. профессорско-преподават. состава, науч. сотрудников и аспирантов, Минск, 2–6 фев. 2015 г. / Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск, 2015. – С. 49.

21. Improving the process of dewaxing petroleum oil / E. I. Grushova, A. A. Al-Razoqi, A. A. Milaserdava, E. S. Chaiko // High-Tech in Chemical Engineering – 2016 : XVI International Scientific Conference, Moscow, October 10–15, 2016 / Moscow Technological University. – Moscow, 2016. – P. 82.

22. Интенсификации экстракционных процессов в производстве минеральных масел / Е. И. Грушова, А. А. Аль-Разуки, А. Р. Алрашеди, О. В. Карпенко // Нефтехимический синтез и катализ в сложных конденсированных системах : тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 100-летию юбилею акад. Б. К. Зейналова, Баку, 29–30 июня 2017 г. / Ин-т нефтехим. процессов Нац. акад. наук Азербайджана. – Баку, 2017. – С. 100.

23. Grushova, E. I. Intensification processes of refining petroleum, petroleum distillates and residual petroleum products with additives of polar solvents / Evgeniya I. Grushova, Ahmed A. Al-Razoqi, Aymen R. Alrashedi // The 6th International Conference on Petroleum Engineering, Madrid, June 29–30, 2017 / Oil & Gas Journal. – Houston, Texas, 2017. E-poster.

24. Интенсификация процессов жидкостной экстракции и экстрактивной кристаллизации в производстве базовых масел / Е. И. Грушова, А. А. Аль-Разуки, О. В. Карпенко, А. Р. Алрашеди // Технология органических веществ : тез. докл. 81-й науч.-техн. конф. проф.-преподават. состава, науч. сотрудников и аспирантов

(с междунар. участием), Минск, 1–12 фев. 2017 г. / Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск, 2017. – С. 67–68.

25. Аль-Разуки, А. А. Влияние модификаторов на процессы депарафинизации и обезмасливания гачей / А. А. Аль-Разуки, Е. И. Грушова // Технология органических веществ : тез. докл. 82-й науч.-техн. конф. профессорско-преподават. состава, науч. сотрудников и аспирантов, Минск, 1–14 февр. 2018 г. / Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск, 2018. – С. 64.

Патенты на изобретение

26. Способ получения базового минерального масла : пат. ВУ 23113 / Е. И. Грушова, А. А. Аль-Разуки, Е. С. Чайко. – Оpubл. 25.06.2020.

27. Способ депарафинизации нефтяного сырья : пат. ВУ 23231 / Е. И. Грушова, А. А. Аль-Разуки. – Оpubл. 20.10.2020.

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping letters and a long horizontal stroke extending to the left.

РЭЗІЮМЭ

Аль-Разукі Ахмед Аднан Хайдер

Эфектыўныя кампазіцыі мадыфікатар – растваральнік для працэсу дэпарафінацыі мінеральных маслаў

Ключавыя словы: нафтавы вакуумны дыстылят, селектыўная ачыстка, рафінат, растваральнік, мадыфікатар, нізкатэмпэратурная дэпарафінацыя, дэпарафінацат, гач, структурна-групавы састаў, вязкасна-тэмпэратурная характарыстыка, тэмпэратура плаўлення, каэфіцыент сіметрыі, вязкаснае застыванне, структурнае застыванне.

Мэта працы: распрацоўка кампазіцый растваральнік – мадыфікатар для працэсу дэпарафінацыі мінеральных маслаў метадам экстрактыўнай крышталізацыі, якая забяспечвае павелічэнне адбору і паляпшэнне якасці базавага масла (дэпарафінацату), а таксама пабочнага прадукту – канцэнтрату высакаплаўкіх парафінавых вуглевадародаў, якія выкарыстоўваюцца ў якасці сыр'я для атрымання парафіну.

Метады даследавання і выкарыстаная апаратура: сальвентна-адсарбцыйны метад, ІЧ-спектраскапія (фур'е-спектрометр Nexus ESP Thermo Nicolet), вісказіметрыя (капілярны вісказіметр ВПЖ-2), рэфрактаметрыя. Эксперыментальныя даныя апрацоўвалі статыстычна з прымяненнем праграмнага забеспячэння (Unichrom, Mathcad, OMNIC).

Атрыманыя вынікі і іх навізна: для інтэнсіфікацыі традыцыйнай прамысловай тэхналогіі нізкатэмпэратурнай сальвентнай дэпарафінацыі масленай сыравіны выкарыстаны дабаўкі-мадыфікатары і новыя базавыя кампаненты растваральнікаў: метыл-трэт-буцілавы эфір, цыклагексанол, тэтрагідрафурфурылавы спірт, ізапрапілавы спірт, цыклагексанон. Даследаваны ўплыў названых злучэнняў на структурна-групавы састаў мэтавага прадукту дэпарафінацыі (базавага масла) і пабочнага прадукту – гачу. Прапанаваны новыя эфектыўныя саставы кампазіцый растваральнік – мадыфікатар.

Рэкамендацыі па выкарыстанні: распрацаваны саставы кампазіцый растваральнік – мадыфікатар (ізапрапілавы спірт – талуол, ізапрапілавы спірт – метыл-трэт-буцілавы эфір, ацэтон – талуол – тэтрагідрафурфурылавы спірт, цыклагексанон – талуол – цыклагексанол), якія могуць быць выкарыстаны для забеспячэння інтэнсіфікацыі працэсу дэпарафінацыі і атрымання прадуктаў з палепшанымі характарыстыкамі на нафтаперапрацоўчых прадпрыемствах.

Галіна выкарыстання: прадпрыемствы, якія ажыццяўляюць выраб мінеральных маслаў, парафіну.

РЕЗЮМЕ

Аль-Разуки Ахмед Аднан Хайдер

Эффективные композиции модификатор – растворитель для процесса депарафинизации минеральных масел

Ключевые слова: нефтяной вакуумный дистиллят, селективная очистка, рафинат, растворитель, модификатор, низкотемпературная депарафинизация, депарафинизат, гач, структурно-групповой состав, вязкостно-температурная характеристика, температура плавления, коэффициент симметрии, вязкостное застывание, структурное застывание.

Цель работы: разработка композиций растворитель – модификатор для процесса депарафинизации минеральных масел методом экстрактивной кристаллизации, обеспечивающих увеличение отбора и улучшение качества базового масла (депарафинизата), а также побочного продукта – концентрата высокоплавких парафиновых углеводородов, используемых в качестве сырья для получения парафина.

Методы исследования и использованная аппаратура: сольвентно-адсорбционный метод, ИК-спектроскопия (фурье-спектрометр Nexus ESP Thermo Nicolet), вискозиметрия (капиллярный вискозиметр ВПЖ-2), рефрактометрия. Экспериментальные данные обрабатывали статистически с привлечением программного обеспечения (Unichrom, Mathcad, OMNIC).

Полученные результаты и их новизна: для интенсификации традиционной промышленной технологии низкотемпературной сольвентной депарафинизации масляного сырья использованы добавки-модификаторы и новые базовые компоненты растворителей: метил-трет-бутиловый эфир, циклогексанол, тетрагидрофурфуриловый спирт, изопропиловый спирт, циклогексанон. Исследовано влияние указанных соединений на структурно-групповой состав целевого продукта депарафинизации (базового масла) и побочного продукта – гача. Предложены новые эффективные составы композиций растворитель – модификатор.

Рекомендации по использованию: разработанные составы композиций растворитель – модификатор (изопропиловый спирт – толуол, изопропиловый спирт – метил-трет-бутиловый эфир, ацетон – толуол – тетрагидрофурфуриловый спирт, циклогексанон – толуол – циклогексанол), могут быть использованы для обеспечения интенсификации процесса депарафинизации и получения продуктов с улучшенными характеристиками на нефтеперерабатывающих предприятиях.

Область применения: предприятия, осуществляющие производство минеральных масел, парафина.

SUMMARY

Al-Razoqi Ahmed Adnan Hayder

Effective composition modifier – solvent for the dewaxing process of mineral oils

Key words: oil vacuum distillate, selective refining, raffinate, solvent, modifier, low-temperature dewaxing, dewaxing agent, slack wax, structure-group composition, viscosity-temperature characteristic, melting point, symmetry coefficient, viscous solidification, structural solidification.

The purpose of the work: development of solvent-modifier compositions for the mineral oil dewaxing process by extractive crystallization method, providing an increase in the selection and improvement in the quality of the base oil (dewaxing product), as well as the by-product – a concentrate of high-melting paraffinic hydrocarbons used as sulfur to obtain paraffin.

Research methods and the used equipment: solvent-adsorption method, infrared spectroscopy (Fourier spectrometer Nexus ESP Thermo Nicolet), viscometry (capillary viscometer VPG-2), refractometry. The experimental data were processed statistically using software (Unichrom, Mathcad, OMNIC).

The obtained results and their novelty: to intensify the traditional industrial technology of low-temperature solvent dewaxing of oil raw materials, modifying additives and new basic components of solvents were used: methyl tert-butyl ether, cyclohexanol, tetrahydrofurfuryl alcohol, isopropyl alcohol, cyclohexanone. The these compounds' effect on the structural-group composition of the target product of dewaxing (base oil) and the by-product - slack was investigated. New effective compositions of solvent-modifier compositions are proposed.

Recommendations for use: the developed compositions of the solvent – modifier compositions (isopropyl alcohol – toluene, isopropyl alcohol – methyl tert-butyl ether, acetone – toluene – tetrahydrofurfuryl alcohol, cyclohexanone – toluene – cyclohexanol) can be used to ensure the intensification of the dewaxing process and to obtain products with improved characteristics at oil refineries.

Scope: enterprises engaged in the production of mineral oils, paraffin.

Научное издание

Аль-Разуки Ахмед Аднан Хайдер

**ЭФФЕКТИВНЫЕ КОМПОЗИЦИИ МОДИФИКАТОР – РАСТВОРИТЕЛЬ
ДЛЯ ПРОЦЕССА ДЕПАРАФИНИЗАЦИИ МИНЕРАЛЬНЫХ МАСЕЛ**

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук
по специальности 05.17.04 – технология органических веществ

Ответственный за выпуск Аль-Разуки Ахмед Аднан Хайдер

Подписано в печать 18.05.2021. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Печать ризографическая.
Усл. печ. л. 1,5. Уч.-изд. л. 1,0.
Тираж 60 экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение:
УО «Белорусский государственный технологический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/227 от 20.03.2014.
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.

ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ

к автореферату диссертации Аль-Разуки Ахмеда Аднана Хайдера

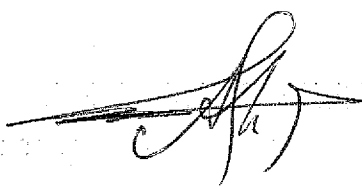
«Эффективные композиции модификатор – растворитель для процесса депарафинизации минеральных масел» на соискание ученой степени

кандидата технических наук по специальности

05.17.04 – технология органических веществ

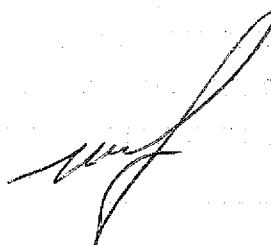
Оборотная сторона обложки напечатано	Следует читать
«Защита состоится «22» июня 2021 г. в 12 ⁰⁰ часов на заседании...»	«Защита состоится «29» июня 2021 г. в 12 ⁰⁰ часов на заседании...»

Соискатель



А.А.Х. Аль-Разуки

Ученый секретарь
совета по защите диссертаций
кандидат технических наук, доцент



С.И. Шпак