

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки (специальность) 18.03.01 «Химическая технология», профиль
«Химическая технология переработки нефти и газа»

Отделение химической инженерии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование асфальтенов в качестве сырья для производства углеродных материалов

УДК 665.6.033.28

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д8Б	Мамец Анна Сергеевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Научный сотрудник ОХИ ИШПР	Францина Евгения Владимировна	К.Т.Н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Аспирант, инженер ИШХБМТ	Петров Илья Сергеевич	-		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Рыжакина Татьяна Гавриловна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гуляев Милий Всеволодович	—		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Мойзес Ольга Ефимовна	К.Т.Н.		

Томск – 2022 г.

ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

(ООП 18.03.01 Химическая технология)

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ПК-1,2,3,19,20), Критерий 5 АИОР (п.1.1), CDIO (пп. 1.1, 4.1, 4.3, 4.8)
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач.	Требования ФГОС (ПК-7,11,17,18, ОК-8), Критерий 5 АИОР (пп.1.1,1.2), 12, CDIO (пп. 1.1, 3.2, 4.2, 4.3,4.5, 4.6)
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии	Требования ФГОС (ПК-1,5,8,9, ОК-2,3), Критерий 5 АИОР (п.1.2), CDIO (1.2, 2.1, 4.5)
P4	Разрабатывать новые технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии, проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия, общества и окружающей среды	Требования ФГОС (ПК-11,26,27,28), Критерий 5, АИОР (п.1.3), CDIO (пп. 1.3, 4.4, 4.7)
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий	Требования ФГОС (ПК-4,21,22,23,24,25, ОК-4,6), Критерий 5 АИОР (п.1.4), CDIO (п. 2.2)
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, выводить на рынок новые материалы, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды	Требования ФГОС (ПК-6,10,12,13,14,15, ОК-6,13,15), Критерий 5 АИОР (п.1.5), CDIO (пп. 4.1, 4.7, 4.8, 3.1, 4.6)
<i>Общекультурные компетенции</i>		
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-5,9,10,11), Критерий 5 АИОР (пп. 2.4, 2.5), CDIO (п. 2.5)
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-1,2,7,8,12), Критерий 5 АИОР (2.6), CDIO (п. 2.4)
P9	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-14), Критерий 5 АИОР (п.2.2), CDIO (пп. 3.2, 3.3)
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве, ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре	Требования ФГОС (ОК-3,4), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3), CDIO (пп. 4.7, 4.8, 3.1)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки (специальность) 18.03.01 «Химическая технология», профиль
«Химическая технология переработки нефти и газа»

Отделение химической инженерии

Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП/ОПОП

_____ Мойзес О.Е.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

ВКР бакалавра

(ВКР бакалавра/ ВКР специалиста/ ВКР магистра)

Студенту:

Группа	ФИО
2Д8Б	Мамец Anne Сергеевне

Тема работы:

Исследование асфальтенов в качестве сырья для производства углеродных материалов	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.01.2022, 28-92/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2022
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Образец нефти, различные органические растворители (толуол, бензол, дихлорметан, хлороформ).
---------------------------------	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1 Литературный обзор 1.1 Асфальтены 1.2 Способы переработки тяжелых нефтяных остатков 1.3 Лазерная обработка углеродных материалов 1.4 Графен 2 Объект и методы исследования 2.1 Объект исследования 2.2 Методика получения образцов 2.3 Методы испытания образцов 3 Результаты исследования 3.1 Подбор растворителя 3.2 Подбор концентрации асфальтенов 3.3 Изучение строения полученного материала
Перечень графического материала	Нет
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	к.э.н., доцент ОСГН ШБИП Рыжакина Т.Г.
«Социальная ответственность»	старший преподаватель ООД ШБИП Гуляев М.В.
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	
Нет	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	28.01.2022
---	------------

Задание выдал руководитель / консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Научный сотрудник ОХИ ИШПР	Францина Евгения Владимировна	к.т.н.		
Аспирант, инженер ИШХБМТ	Петров Илья Сергеевич	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д8Б	Мамец Анна Сергеевна		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки (специальность) 18.03.01 «Химическая технология», профиль
 «Химическая технология переработки нефти и газа»
 Отделение химической инженерии
 Период выполнения весенний семестр 2021 /2022 учебного года

Форма представления работы:

ВКР бакалавра

(ВКР бакалавра/ ВКР специалиста/ ВКР магистра)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающегося:

Группа	ФИО
2Д8Б	Мамец Анне Сергеевне

Тема работы:

Исследование асфальтенов в качестве сырья для производства углеродных материалов

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2022
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.03.2022 г.	Введение	10
15.03.2022 г.	Литературный обзор: асфальтены (физико-химические свойства, строение, проводимость, получение и применение); способы переработки тяжелых нефтяных остатков; лазерная обработка углеродных материалов; графен (физико-химические свойства, способы получения, области применения).	15
01.04.2021 г.	Объект и методы исследования: объект исследования (определение массовой доли асфальтенов); методика получения образцов (выделение асфальтенов, получение пленок, лазерный отжиг); методы испытания образцов (определение сопротивления цифровым мультиметром, определение химической структуры методами РФЭС и КРС).	15

18.04.2021 г.	Результаты исследования: подбор растворителя; подбор концентрации асфальтенов; определение структуры полученного материала.	20
15.05.2022 г.	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение». Раздел «Социальная ответственность».	10
01.06.2022 г.	Выводы	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Научный сотрудник ОХИ ИШПР	Францина Евгения Владимировна	к. т. н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Аспирант, инженер ИШХБМТ	Петров Илья Сергеевич	-		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП/ОПОП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Юрьев Е.М.	к. т. н.		

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д8Б	Мамец Анна Сергеевна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2Д8Б	Мамец Анна Сергеевна

Школа	ИШПР	Отделение	Химическая инженерия
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 Химическая технология

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	Определение структуры работы. Расчет трудоемкости выполнения работ. Подсчет бюджета исследования
3. Планирование процесса управления НИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Рассчитать показатели финансовой эффективности, ресурсоэффективности и эффективности исполнения
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. График проведения НИ 4. Определение бюджета НИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ	
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2022

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	Кандидат экономических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д8Б	Мамец Анна Сергеевна		01.03.2022

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
2Д8Б		Мамец Анна Сергеевна	
Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	ОХИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 Химическая технология

Тема ВКР:

Исследование асфальтенов в качестве сырья для производства углеродных материалов	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p><i>Объект исследования</i> – образцы асфальтенов, их растворы в органических растворителях и пленки данных растворов на ПЭТ.</p> <p><i>Область применения</i> – нефтехимическая и полимерная промышленность, электроника, лаборатории</p> <p><i>Рабочая зона:</i> лаборатория</p> <p><i>Размеры помещения:</i> 6*5 м</p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> шкаф вытяжной, весы аналитические, плитка электрическая, ультразвуковая ванна, лазер, компьютер</p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> взвешивание сырья, приготовление растворов, выпаривание растворов, обжиг образцов.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения/при эксплуатации</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда. СанПиН 2.2.4.548-96. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ ГОСТ Р 50923-96 ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ СП 60.13330.2020 СП 52.13330.2016 Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* ГОСТ 31581-2012 ГОСТ 1510-84</p>
<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения/при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов 	<p><i>Опасные факторы:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Производственные факторы, связанные с неионизирующим излучением, таким как лазерное излучение; 2. Опасные и вредные производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека, называемые для краткости химическими веществами, представляют из себя физические объекты (или их составные компоненты) живой и неживой природы, находящиеся в определенном физическом состоянии и обладающие такими

	<p>3. химическими свойствами, которые при взаимодействии с организмом человека в рамках биохимических процессов его функционирования приводят к повреждению целостности тканей организма и (или) нарушению его нормального функционирования;</p> <p>4. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий.</p> <p>Вредные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Повышенный уровень общей вибрации; 2. Повышенный уровень ультразвуковых колебаний; 3. Повышенный уровень шума; 4. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения; 5. Производственные факторы, связанные со световой средой (некогерентными неионизирующими излучениями оптического диапазона электромагнитных полей) и характеризующиеся чрезмерными (аномальными относительно природных значений и спектра) характеристиками световой среды, затрудняющими безопасное ведение трудовой и производственной деятельности; 6. Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего. <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: Вытяжной шкаф, вентиляция, спецодежда, перчатки, очки, респиратор</p>
<p>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения/при эксплуатации</p>	<p>Воздействие на литосферу: выбросы вредных веществ (ПЭТ, асфальтены, отходы облучения)</p> <p>Воздействие на гидросферу: загрязнение водостоков в результате отмывания химических отходов в канализационную сеть (хлороформ, толуол, бензол, ацетон, дихлорметан)</p> <p>Воздействие на атмосферу: выбросы из вентиляционных систем, содержащие пары углеводородов</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения/при эксплуатации</p>	<p>Возможные ЧС: пожар, взрыв, выброс в атмосферу химически опасных веществ</p> <p>Наиболее типичная ЧС – возникновение пожара</p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Гуляев Милий Всеволодович	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д8Б	Мамец Анна Сергеевна		01.03.2022

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 92 страницы, 19 рисунков, 26 таблиц, 45 источников, 1 Приложение.

Ключевые слова: асфальтены, углеродные материалы, лазерный отжиг, проводящие пленки, переработка нефтяных остатков.

Работа представлена введением, 5 разделами и выводами, приведен список использованных источников.

Объект исследования – образец нефти, полученные из него асфальтены и пленки растворов асфальтенов в различных растворителях.

Цель работы – исследование возможности использования асфальтенов в качестве сырья для получения углеродных материалов.

В ходе работы проводились исследования по получению углеродного материала из асфальтенов, содержащихся в тяжелых нефтяных остатках, путем лазерного отжига пленок, полученных из растворов асфальтенов нанесенных на полимерную подложку. Для этого из нефти были выделены асфальтены; приготовлены растворы асфальтенов в различных растворителях и в различных концентрациях, подобраны оптимальные растворитель и концентрация асфальтенов для обеспечения максимальной проводимости пленки; осуществлен лазерный отжиг образцов асфальтеновых пленок с получением углеродного материала; проведено исследование состава и структуры полученного материала инструментальными методами.

В результате исследования был подобран наиболее подходящий растворитель и концентрация асфальтенов; выявлена зависимость проводимости отожженных лазером пленок от концентрации асфальтенов; обнаружены изменения в структуре пленок после лазерного воздействия и выдвинуты предположения появления проводимости.

Экономическая значимость работы заключается в поиске альтернативных источников использования остатков переработки тяжелого нефтяного сырья и получения дешевого полупроводникового материала.

ОГЛАВЛЕНИЕ

РЕФЕРАТ.....	1
ВВЕДЕНИЕ	14
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	16
1.1 Асфальтены	16
1.1.1 Физико-химические свойства	16
1.1.2 Строение	16
1.1.3 Проводимость асфальтенов	17
1.1.4 Получение и применение	18
1.2. Способы переработки тяжелых нефтяных остатков	20
1.2.1 Деасфальтизация гудрона пропаном	21
1.2.2 Висбрекинг	22
1.2.3 Каталитический крекинг	23
1.2.4 Современные технологии	25
1.3 Лазерная обработка углеродных материалов	25
1.4 Графен.....	27
1.4.1 Физико-химические свойства графена.....	27
1.4.2 Способы получения графена.....	28
1.4.3 Области применения	29
2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	31
2.1 Объект исследования	31
2.1.1 Определение массовой доли асфальтенов	31
2.2 Методы получения образцов	32
2.2.1 Выделение асфальтенов	32
2.2.2 Получение пленок	33
2.2.3 Лазерный отжиг	34
2.3 Методы исследования образцов	34
2.3.1 Определение поверхностного сопротивления цифровым мультиметром..	34
2.3.2 Определение химической структуры методом спектроскопии комбинационного рассеяния	34

2.3.3	Определение химической структуры методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии	35
3.	РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	37
3.1	Подбор растворителя	37
3.2	Подбор концентрации асфальтенов	40
3.3	Изучение строения полученного материала	43
3.3.1	РФЭ спектры	43
3.3.2	КР спектр	47
4	ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	49
4.1	Потенциальные потребители результатов исследования	49
4.2	Анализ конкурентных технических решений	50
4.3	SWOT-анализ	51
4.4	Планирование работ по научно-техническому исследованию	54
4.4.1	Структура работ в рамках научного исследования	54
4.4.2	Определение трудоемкости выполнения работ	55
4.4.3	Разработка графика проведения научного исследования	56
4.5	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	57
4.5.1	Расчет материальных затрат НТИ	57
4.5.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ	58
4.5.3	Основная заработная плата исполнителей темы	60
4.5.4	Дополнительная заработная плата исполнителей	61
4.5.5	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	61
4.5.6	Накладные расходы	62
4.5.7	Формирование бюджета затрат научно-исследовательской работы	63
4.6	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	64
	Выводы по разделу	66
5	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	67
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	67

5.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства	67
5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	68
5.2 Производственная безопасность	69
5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта исследования	69
5.2.2 Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов	76
5.3 Экологическая безопасность	77
5.3.1 Воздействие на атмосферу	77
5.3.2 Воздействие на гидросферу	77
5.3.3 Воздействие на литосферу	77
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	78
5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований	78
5.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	79
Выводы по разделу	80
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	81
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА	83
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	85
Приложение А	91

ВВЕДЕНИЕ

Асфальтены – наиболее высокомолекулярные компоненты сырой нефти. Твердые, хрупкие вещества способные к самоассоциации и вызывающие проблемы при добыче нефти. Однако, несмотря на всю сложность добычи и переработки тяжелых нефтей и их остатков, эти не самые востребованные компоненты «черного золота» имеют высокую перспективу использования в качестве сырья для производства углеродных материалов.

Углерод – один из самых распространенных химических элементов, а использование углеродных материалов – перспективное направление развития различных отраслей промышленности. В частности, материалы на основе углерода могут заменить кремний в качестве полупроводника в электронике и вывести ее на новый уровень.

Однако главным фактором, тормозящим распространение и массовое использование углеродных материалов, является высокая себестоимость и сложность производства. Асфальтены, как отходы глубокой переработки нефти с низкой стоимостью и строением схожим с уже известными углеродными материалами является перспективным сырьем для их производства.

Целью данной работы является исследование возможности использования асфальтенов в качестве сырья для получения углеродных материалов.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- 1) Выделить асфальтены из нефти;
- 2) Подобрать растворитель;
- 3) Разработать методику нанесения раствора на подложку;
- 4) Подобрать концентрацию асфальтенов в растворителе для достижения максимальной проводимости углеродных пленок;
- 5) Провести лазерную обработку полученных углеродных пленок;

- 6) Установить зависимость проводимости углеродных пленок от концентрации асфальтенов;
- 7) Изучить структурные изменения в углеродной пленке после лазерного отжига;
- 8) Сделать вывод о возможности использования асфальтенов для получения углеродных материалов.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Асфальтены

Асфальтены – одни из наиболее тяжелых компонентов нефти. Являются темными, твердыми и одновременно хрупкими высокомолекулярными веществами. В нефти асфальтены находятся в количестве от 0 до 10 %, иногда их содержание может достигать до 21 % масс [1].

1.1.1 Физико-химические свойства

Асфальтены представляют из себя сложные органические вещества, состоящие преимущественно из углерода и водорода, а также гетероатомов серы, кислорода и азота. Среди функциональных групп наиболее распространены карбонильная, карбоксильная и меркаптогруппы. Также на долю асфальтенов приходится большая часть металлов, содержащихся в нефти, таких как никель, железо и ванадий [2].

Благодаря своему строению асфальтены практически не растворяются в алифатических растворителях, таких как пентан, гексан, гептан, этиловый спирт, но растворимы в хлороформе, сероуглероде и ароматических толуоле, бензоле, пиридине [3].

Молекулярную массу молекул асфальтенов однозначно определить нельзя из-за их способности к самоассоциации. Средняя молекулярная масса варьируется от 500 до 2000 г/моль [4].

1.1.2 Строение

Исследования с помощью углеродной ядерной магнитно-резонансной спектроскопии показали, что асфальтены на 50 % состоят из ароматических углеводородов соединения которых содержат от 2 до 7 колец [5]. На основании этого было предложено две модели строения асфальтенов, такие как «архипелаг» и «остров». В первой модели несколько ароматических фрагментов соединены друг с другом с помощью алифатических цепей. Во второй - молекулы асфальтенов состоят из центрального полиароматического ядра с боковыми алифатическими цепями. Благодаря своей структуре асфальтены могут быть

использованы в качестве богатого углеродом субстрата для синтеза передовых углеродсодержащих материалов.

Асфальтены можно рассматривать как полинуклеарные ароматические соединения, обладающие проводимостью полупроводникового типа [6].

1.1.3 Проводимость асфальтенов

Проводимость асфальтенов меняется в ходе длительной термической обработки образцов. Поверхность не обожженной пленки однородна и обладает низкой проводимостью, в отличие от обработанных образцов. Увеличение проводимости пропорционально потери однородности образца. Это связано с тем, что на поверхности появляющихся трещин и проколов сконцентрированы носители заряда. Следовательно, в твердых асфальтенах перенос заряда происходит вдоль открытых поверхностей макроструктурных дефектов, а не через объем.

Также изменение проводимости наблюдается во время фазовых переходов вещества в процессе его нагревания. Наибольшие значения проводимости были замечены при нагревании образца до 70-80 и 105 °С. Изменение проводимости в результате нагревания образцов происходит из-за объемного изменения структуры образца. В время фазового перехода, начиная с 40-50 °С асфальтены, ранее соединившиеся боковыми цепями и остановившие движение полярных фрагментов, таких как пиридиновый и пиролитический азот, фенольный гидроксил, карбоксильные группы начинают соединять ароматические кольца π -связями, определяющими дальнейшую структуру вещества. В результате трансформации высвобождаются полярные группы, обуславливающие проводимость вещества.

Основным механизмом проводимости в асфальтенах является, скорее всего, электронная проводимость. Данный вывод сделан на основании того, что проводимость не зависит от адсорбированных на поверхности молекул воды и кислорода, ввиду их незначительного количества, ионной проводимости не было замечено. Основным механизмом переноса носителей заряда на асфальтеновых

поверхностях, является однонаправленный скачок электронов “ближайшего соседа” между пространственно близкими мелкими локализованными ловушками [7].

Поверхностная проводимость и полная растворимость асфальтенов в растворителях, таких как толуол, позволяет получать гладкие пленки различной толщины и оптической прозрачности. Данные параметры варьируются концентрацией асфальтенов, а также типом и условиями нанесения на подложку [8].

Благодаря этому возможно применение пленок в дисплеях, прозрачном нагреве, тонкопленочных фотоэлектрических контактах и других прозрачных электрических устройствах.

1.1.4 Получение и применение

Получают одни из наиболее высокомолекулярных компонентов нефти методом колоночной жидкостно-адсорбционной хроматографии, а также на установках деасфальтизации. Принцип действия таких установок основан на многократной экстракции асфальтенсодержащего сырья под действием органических растворителей.

Первостепенное значение для использования асфальтенов в различных отраслях промышленности имеют их физические и химические свойства. Изучение свойств с использованием передовых аналитических методов способствовало появлению новых способов применения. К наиболее перспективным направлениям относятся:

- 1) создание полимерных композитов с добавлением асфальтенов;

Так, например, при введении асфальтенов в полистирол, полипропилен, полиэтилен низкой и высокой плотности значительно улучшаются механические, термические и вязкоупругие свойства полимерных матриц. Добавление асфальтенов в эпоксидные и полистирол–бутадиен–стирольные сополимерные матрицы улучшило их термомеханические свойства.

Также асфальтены влияют на кристаллическую природу матриц из полиэтилен низкой плотности и полипропилен. Они увеличивают кристалличность и температуру плавления композитных образцов.

- 2) использование в качестве сорбентов;
- 3) использование в качестве сырья для создания углеродных материалов, таких как активированный уголь, углеродные микросферы, волокна, нанотрубки и графеновые нанослои;
- 4) стабилизация эмульсий;

Асфальтены являются наиболее полярным компонентом сырой нефти. Многие исследования показали межфазную адсорбцию асфальтенов. Межфазные характеристики асфальтенов коррелируют с их поверхностной активностью и двойной природой, происходящей из полярных гетероатомов в полиароматических ядрах и неполярных боковых цепях молекул асфальтенов. Уникальные межфазные свойства асфальтенов важны для создания новых эффективных способов сбора и обработки нефти для самосборки асфальтенов и производства асфальтеновой пленки [6].

- 5) применение в электронике.

Современные углеродные материалы, такие как графен, фуллерен, углеродные нанотрубки получают в результате дорогостоящих технологических процессов экономически выгодно найти более дешевые углеродные материалы для электроники. Сырьем для производства таких материалов могут служить асфальтены. В составе асфальтенов есть такие же фрагменты углеродных цепей, что и в ранее известных электропроводных материалах [9].

Асфальтены могут использоваться в качестве электродных материалов для создания суперконденсаторов. Углеродные нанослои полученные из асфальтенов показывают превосходные емкостные характеристики. Суперконденсаторы на основе асфальтенов имеют электрохимическую емкость до 197,3 Ф/г, и сохраняют до 89,9% своей емкости после 10 000 циклов зарядки,

что свидетельствует о выдающейся стабильности устройств хранения энергии [6].

б) В качестве ингибиторов коррозии

Асфальтены также используются в качестве ингибиторов коррозии, сырья для получения никеля, ванадия и битуминозных материалов, применяемых в строительстве, в создании дорожных и гидроизоляционных покрытий.

Асфальтены могут использоваться для создания клея-расплава путем смешения различных органических компонентов. Однако степень переработки асфальтенов в данном процессе не более 0,84 % масс., а сам клей имеет ограниченный срок использования [10].

1.2. Способы переработки тяжелых нефтяных остатков

Асфальтены входят в состав тяжелых нефтяных остатков и составляют значительную долю в них. К наиболее популярным способам их переработки относят:

- каталитический крекинг;
- гидрокрекинг;
- висбрекинг;
- коксование;
- деасфальтизация;
- вакуумная перегонка;
- использование slurry-реакторов;
- наногетерогенный катализ с использованием реакторов с суспензированным слом катализатора.

Рассмотрим некоторые из наиболее используемых технологий переработки тяжелых нефтей и нефтяных остатков.

1.2.1 Деасфальтизация гудрона пропаном

Деасфальтизация – процесс удаления смолисто-асфальтовых веществ из нефтяных остатков путем растворения ценных компонентов в растворителе.

Сырьем для данного процесса являются остаток вакуумной перегонки – гудрон.

В ходе процесса получают асфальты и деасфальтизат [11].

Технологическая схема установки представлена на рисунке 1.1.

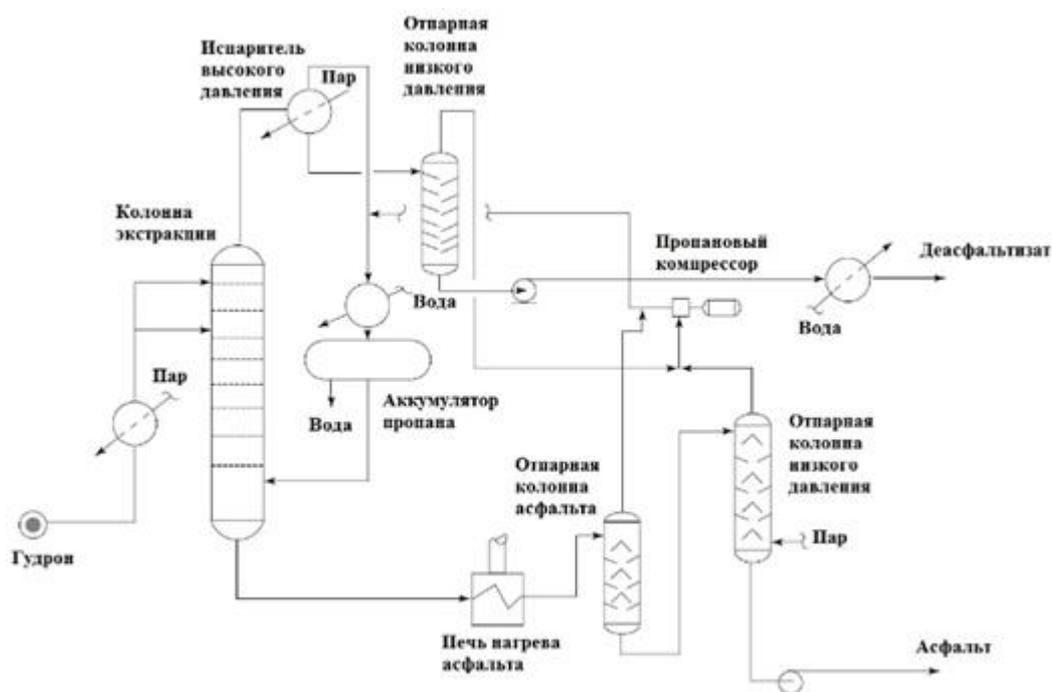


Рисунок 1.1 – Технологическая схема установки деасфальтизации

Процесс проходит в экстракторе при противоточном контакте сырья с растворителем. Сырье подается в верхнюю часть экстракционной колонны при температуре 60 °С и давлении 3,5 МПа. Жидкий пропан вводится под нижнюю тарелку колонны. В результате противоточного движения сырья и растворителя происходит осаждение смолисто-асфальтовых фракций не растворимых в растворителе. Из куба колонны удаляется асфальт и отправляется на отпарку. В процессе отпарки из асфальта удаляется захваченный пропан. Из верха экстракционной башни удаляется деасфальтизат, который под высоким давлением подается в испаритель для удаления большей части

пропана. Удаленный пропан направляется на отпарную колонну низкого давления, где происходит разделение на чистый пропан и масляную фракцию.

Качество деасфальтизата и содержание в нем парафинов регулируется температурным режимом установки. Полученный деасфальтизат направляется в сепаратор для отделения от растворителя. Очищенный деасфальтизат является сырьем для процессов получения нефтяных битумов, висбрекинга, получения масел [12].

1.2.2 Висбрекинг

Висбрекинг – один из наиболее легких видов термического крекинга, проводимый при пониженных давлении и температурах [13].

Целью процесса висбрекинга является снижение вязкости остаточных нефтепродуктов для их дальнейшего использования в производстве топочного мазута.

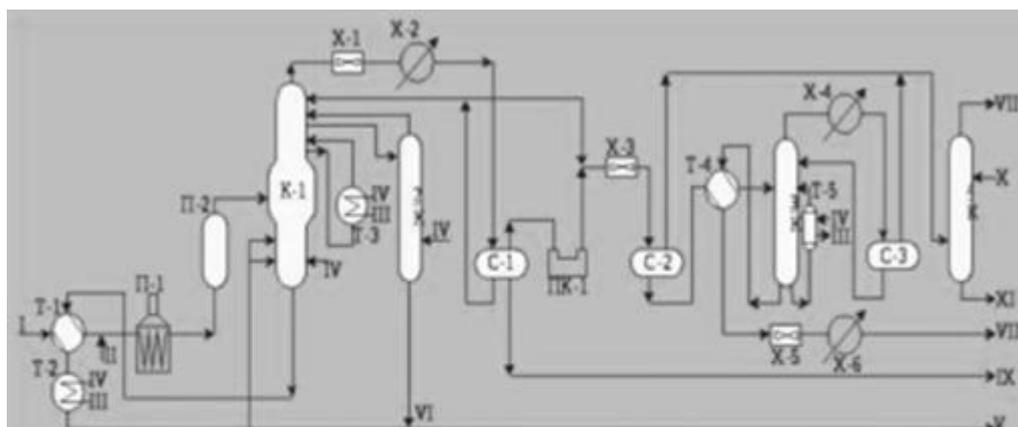
Технологическая схема процесса представлена на рисунке 1.2.

В качестве сырья используются смесь гудрона и мазута, гудрон с установок вакуумной перегонки, асфальты, тяжелые нефти.

Продуктами являются углеводородный газ, стабильный бензин и крекинг-остаток.

Поступающее сырье нагревается в теплообменниках, а далее в трубчатой печи до 350 °С. Нагретое сырье отправляется в реакционные камеры, где идет углубление крекинга из-за выдерживания получившихся в ходе расщепления продуктов при высоких температурах. Сырье проходит по камере снизу-вверх в течение 30 минут и выводится в ректификационную колонну.

С верха ректификационной колонны отводится газ и пары бензина, которые разделяются в сепараторе. Нестабильный бензин отправляется в колонну стабилизации.



I – сырье, II – химически чистая вода, III – конденсат, IV – водяной пар, V – остаток висбрекинга, VI – газойль, VII – бензин, VIII – углеводородный газ, IX – кислая вода, X – регенерированный раствор диэтанолamina, XI – насыщенный раствор диэтанолamina. T-1,2,3,4,5 – теплообменник, П-1 – печь, П-2 – сокинг-камера, К-1 фракционирующая колонна, X-1,2,4,5 – конденсатор-холодильник, ПК-1 – компрессор, С-1,2,3 – сепаратор, X-3 – холодильник, К-2 – отпарная колонна, К-3 – колонна стабилизации, К-4 – абсорбер.

Рисунок 1.2 – Технологическая схема установки висбрекинга

С низа ректификационной колонны выводится крекинг-остаток, который насосами прокачивается через холодильники и при температуре 130 °С выводится в товарно-сырьевой цех в качестве компонента топочного мазута [12].

1.2.3 Каталитический крекинг

Каталитический крекинг – это термokatалитический процесс переработки тяжелых нефтяных фракций с целью получения ценных нефтепродуктов. Является наиболее распространенным из всех процессов углубленной переработки нефти.

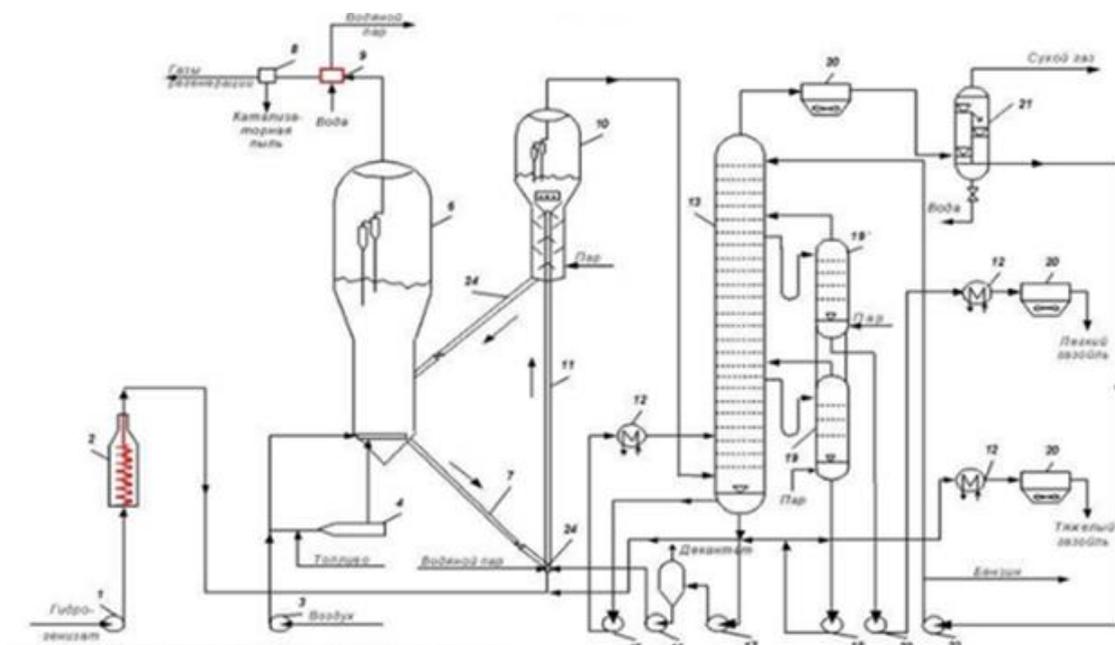
Процесс проводится с целью получения высокооктановых бензинов, сухого газа, ББФ и ППФ, легкого и тяжелого газойля.

Сырьем процесса каталитического крекинга являются: газойли и мазуты с блоков вакуумной и атмосферной перегонки, газойли висбрекинга и коксования, остатки гидрокрекинга.

Процесс проводится при температуре 450-525 °С и давлении 0,1-0,3 МПа на цеолитных катализаторах. Активным компонентом катализатора является

цеолит-алюмосиликат с трехмерной кристаллической структурой. Общая формула катализатора: $\text{Na}_2\text{O}(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{SiO}_2)$.

Технологическая схема процесса каталитического крекинга представлена на рисунке 1.3.



1, 15-18, 22, 23 – насосы, 2 – трубчатая печь, 3 – воздуходувка, 4 – топка, 5 – линия транспорта закоксованного катализатора, 6 – регенератор, 7 – линия транспорта регенерированного катализатора, 8 – электрофильтр, 9 – котел-утилизатор, 10 – реактор-сепаратор, 11 – прямоточный реактор, 12 – теплообменник, 13 – ректификационная колонна, 14 – шламоотделитель, 19 – отпарные колонны, 20 – аппараты воздушного охлаждения, 21 – сепараторы, 24 – узел смешения.

Рисунок 1.3 – Технологическая схема установки каталитического крекинга

Гидроочищенное сырье подогревается в теплообменнике и печи, смешивается с водяным паром и рециркулятом и отправляется в узел смешения, где соединяется с потоком катализатора и попадает в лифт-реактор. При контакте сырья с горячим катализатором оно испаряется и подвергается катализу в лифт-зоне, после чего поступает в зону кипящего слоя реактора. Продукты реакции отделяются от катализатора в двухступенчатых циклонах и отправляются в нижнюю часть ректификационной колонны. Закоксованный катализатор по линии транспорта поступает в зону кипящего слоя регенератора,

где выжигается кокс. Регенерированный катализатор отплавляется в зону смешения лифт-реактора.

Продукты разделяются в ректификационной колонне. С верха колонны выводится смесь углеводородных газов, паров бензина и воды, которая после охлаждения разделяется в сепараторе. Водный конденсат очищается от сернистых соединений и выводится с установки. Газ отправляется на разделение в газофракционирующую установку, а нестабильный бензин в блок стабилизации.

Отбор легкого и тяжелого газойля проводится через отпарные колонны. Часть тяжелого газойля подается в узел смешения лифт-реактора как рециркулят [14].

1.2.4 Современные технологии

Современные же технологии характеризуются нетрадиционным подходом к переработке углеводородного сырья. К ним можно отнести использование ультразвука, радиолиза, кавитационно-акустического воздействия [15].

Одной из стремительно развивающихся технологий облагораживания нефтей основанных на процессе деасфальтизации является процесс «SELEX" Asp» (Selective Asphaltene Extraction). Данная технология позволяет селективно удалять асфальтены из тяжелого нефтяного сырья и извлекать из него ценные компоненты.

Эффективность удаления асфальтенов и металлов из сырья составляет 56% и 90 % соответственно.

Главным недостатком данного процесса является высокий расход растворителя [16].

1.3 Лазерная обработка углеродных материалов

Лазерная обработка позволяет создать на поверхности материалов слои различной толщины с измененными физико-химическими и механическими

свойствами в результате изменения структурно-фазового состава вещества. В соответствии с этим, лазерная обработка углеродных материалов используется для изменения упорядоченности молекул, увеличения пористости и стойкости материалов к окислению, уменьшения модуля упругости [17].

Лазерная обработка используется для графитизации углеродных материалов, получения углеродных наноструктур из полиимидной пленки и композитов из двустенных углеродных нанотрубок и фуллеренов [18].

Одно из наиболее перспективных направлений лазерной обработки углеродных материалов – это получение графена. Данный материал привлекает к себе внимание исследователей благодаря своим уникальным физическим и химическим свойствам. Однако изучение и использование столь перспективного материала осложнено отсутствием универсального и недорогого метода синтеза графена.

Облучение графита фемтосекундным лазером позволяет получать тонкие (10 нм) листы чистого графена. А лазерная обработка графита в криогенных жидкостях, таких как жидкий азот, позволяет формировать на поверхности графита вертикальные массивы углеродных наностержней [19].

Однако при использовании лазера в подобных процессах важны характеристики лазерного излучения. Физические явления, происходящие при взаимодействии лазерного луча с веществом, сильно зависят от длительности импульса и энергии лазерного излучения. Если слой материала будет слишком тонким или скорость и мощность облучения высокими, то образец разрушится, частично или полностью. Также верно подобранная подложка для материала не будет плавиться от лазерного воздействия [20].

Лазерный отжиг является возможным способом формирования вертикально ориентированной углеродной пленки. Когда углеродные пленки отжигаются с использованием надлежащей лазерной энергии, образуется предпочтительное расположение кластеров sp^2 , которые могут действовать как электропроводящий путь для проведения тока. Луч лазера преобразует sp^3 связи

в sp^2 , а эти связи sp^2 преобразуются в упорядоченные кластеры графита, расположенные перпендикулярно подложке. Этот вид графитового упорядоченного листа, богатого sp^2 углеродными связями, обладает очень высокой электропроводностью в плоскости. Но если лазерная энергия слишком высока, состояние поверхности отожженной пленки значительно ухудшится, а электропроводность уменьшится. Вольтамперная характеристика отожженной пленки типична для полупроводников. Кроме того, наблюдается увеличение проводимости пленки, когда плотность энергии лазера при отжиге увеличивается до 510 МДж/см^2 но уменьшается, когда плотность энергии лазера изменяется с 510 до 665 МДж/см^2 . Предположительно, это происходит из-за увеличения шероховатости поверхности пленки, которое влияет на условия контакта электродов [21].

Лазерный отжиг является более универсальным методом изменения физико-химических свойств материалов, чем термический отжиг. Лазерное излучение более экологичное, требует меньшего расхода энергии и позволяет получать участки материала с измененными свойствами произвольной формы, что чрезвычайно актуально при создании микроэлектронных схем [22].

1.4 Графен

Графен представляет собой монослой атомов углерода в sp^2 гибридизации, плотно связанных в гексагональную ячеистую решетку с длиной молекулярной связи $0,142 \text{ нм}$. Является аллотропной модификацией углерода [23].

1.4.1 Физико-химические свойства графена

Графен является невероятно ценным материалом с удивительными свойствами. Он является самым тонким, легким и прочным материалом из известных. 1 квадратный метр графена весит около $0,77$ миллиграмма, а его предел прочности при растяжении и модуль Юнга равняются 130 ГПа и 1 ТПа соответственно. Графен обладает рекордными значениями теплопроводности от $4,84$ до $5,30 \text{ кВт/(м*К)}$ при комнатной температуре, что делает его лучшим

проводником тепла [24]. Также он является лучшим проводником электричества благодаря подвижности электронов более $20 \text{ м}^2/(\text{в} \cdot \text{с})$. Помимо всего вышеперечисленного графен является гибким, прозрачным веществом, способным поглощать свет в видимой и ближней инфракрасной частях спектра. Все эти свойства делают графен современным суперматериалом [25].

Основным и единственным химическим элементом в составе графена является углерод - один из самых распространенных элементов в мире. Соответственно можно считать графен потенциально экологически чистым веществом, а его применение - рациональным решением для неограниченного количества направлений применения. Однако основная проблема заключается в том, что производство чистого и качественного графена чрезвычайно долгий и дорогостоящий процесс.

1.4.2 Способы получения графена

Одним из первых крупномасштабных методов получения графена было химическое осаждение из паровой фазы. В ходе процесса графен выращивается в виде монослоя путем воздействия этилена или бензола на пластину из платины, никеля или карбида титана при высоких температурах. Недостатками данного метода являются использование токсичных химикатов, возможность использования только металлических подложек, а также сложность удаления графена с поверхности металла без повреждения кристаллической решетки.

Позднее появились методы микромеханического и жидкофазного отслаивания графена. Микромеханическое отслаивание основано на расслоении пиролитического графита с использованием клейкой ленты. После завершения процесса на ленте остаются многослойные графеновые пленки [26]. В ходе жидкофазного отслаивания происходит расслоение графита, находящегося в растворителе, под действием ультразвука. В качестве растворителя используются перекись водорода, уксусная и серная кислоты [27]. Эти методы являются довольно простыми, однако не подходят для крупномасштабного производства.

Наиболее перспективными методами крупномасштабного производства графена являются пламенный и лазерный синтез графена. В основе пламенного синтеза лежит сжигание углеводородного реагента, послепламенные частицы которого могут быть направлены на подложку для выращивания графена. Уникальность способа заключается в использовании горелки с многократным обратным диффузионным пламенем. Данный метод является простым, быстрым и эффективным способом выращивания больших площадей графена [28].

Одним из наиболее современных и перспективных методов производства графена является лазерный отжиг. Ранее он использовался только для восстановления оксида графена и обработки графена. Однако вскоре обнаружилось, что лазер может индуцировать образование графена посредством карбонизации облучаемого материала. Данный метод является весьма перспективным благодаря своей дешевизне и простоте, но пока уступает по качеству получаемого материала ранее описанным методам [29].

1.4.3 Области применения

Благодаря большому количеству уникальных свойств существует множество областей применения графена:

— Очистка воды. В настоящее время ученые разрабатывают усовершенствованную систему фильтрации на основе оксида графена, которая используется для того, чтобы сделать загрязненную воду пригодной для питья [30].

— Медицина. Поскольку графен не является ядовитым для человеческого организма, проводятся исследования по возможности использования графена для транспортировки лекарств в организме путем прикрепления их к графену. Также графен препятствует росту и образованию бактерий, что делает его идеальным веществом для покрытия имплантатов [31]. Хорошая электропроводность графена позволяет сделать временные татуировки, являющиеся сенсорами для снятия жизненно важных показателей организма [32].

— Энергетика. Благодаря отличной электропроводности графен может быть использован для хранения энергии. Проводятся исследования по созданию компактных графеновых батарей с высокой емкостью, способных заряжаться за пару секунд [33].

— Текстильная промышленность. Графен может быть использован для встраивания электроники в ткань и создания эффективных, высокоточных сенсоров. Кроме того, могут быть изготовлены графеновые антикоррозийные покрытия и токопроводящие чернила [34].

— Электроника. Благодаря хорошей электро- и теплопроводности графен обладает потенциалом для создания электроники следующего поколения, в настоящее время ограниченной научной фантастикой, такой как более быстрые транзисторы, полупроводники, платы, гибкие телефоны и другая электроника [35].

— Композитные материалы. Графен - материал с множеством полезных свойств. Добавление его в широко известные материалы поможет вывести их качество и области применения на новый уровень [36].

2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Объект исследования

Объектом исследования служили асфальтены, полученные из нефти, добываемой на севере Томской области. Был проведен полный анализ нефти. Полученные характеристики представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики нефти

Наименование показателя	Результат
Массовая доля воды, об. %	0,03
Плотность при температуре 15 °С, кг/м ³	851,0
Плотность при температуре 20°С, кг/м ³	847,0
Вязкость кинематическая при 20°С, мм ² /с	5,7553
Вязкость кинематическая при 50°С, мм ² /с	2,9400
Массовая доля мех. примесей, мас. %	0,48
Массовая доля серы, мас. %	0,604
Концентрация хлористых солей, мг /дм ³	145,3
Массовая доля парафинов, мас. %	0,41
Температура плавления парафина, °С	50,0
Доля насыщенных паров (по ГОСТ 1756-2000), кПа	12,1
мм. рт. ст.	91
Температура застывания, °С	минус 55
Массовая доля асфальтенов, мас. %	0,91
Массовая доля смол, мас. %	10,77
Фракционный состав:	
температура начала кипения, °С	47
выход фракций: при 100 °С, об. %	10,0
при 200 °С, об. %	38,0
при 300 °С, об. %	61,0

Исходя из найденных характеристик можно сказать, что данная нефть является сернистой, относится к 3 типу по плотности, ко 2 группе по концентрации хлористых солей. Наиболее значимой характеристикой нефти для проведения исследования и получения образцов является массовая доля асфальтенов.

2.1.1 Определение массовой доли асфальтенов

Данный параметр определяется методом жидкостно-адсорбционной хроматографии.

Подготавливается хроматографическая колонка. Берется бюретка, в кончик которой плотно помещается белая медицинская вата, после чего засыпается силикагель, предварительно просушенный при 180 °С в течение 4 часов. Силикагель должен занимать примерно 2/3 объема колонки. Бюретка фиксируется на штативе, а под нее ставится круглодонная колба для слива.

Силикагель смачивается гексаном. В смоченную колонку помещается навеска нефти, масса которой должна составлять $1/40 \div 1/80$ массы сухого силикагеля.

Когда вся нефть впиталась в силикагель начинается поочередное смывание масел смол и асфальтенов. Масла смываются гексаном. Оконсание смывания масел определяется по формалитовой реакции: в фарфоровую чашку последовательно добавляют 6-8 капель концентрированной серной кислоты, 3-4 капли формалина и 2-3 капли парафино-нафтеновой фракции. При отсутствии ароматических углеводородов смесь не изменяет окраску или становится бледно-желтой. Появление яркого красно-бурого окрашивания будет свидетельствовать о присутствии ароматических углеводородов в фракции.

Далее проводится выделение смол спирто-бензольной смесью. Объемное отношение спирта к бензолу равняется 1:1. После окончания десорбции смол проводится выделение асфальтенов хлороформом [37].

По результатам опыта было выяснено, что в исследуемой нефти содержание асфальтенов равняется 0,91 %. Определение содержания асфальтенов помогло выбрать количество нефти, отбираемое для получения асфальтенов.

2.2 Методы получения образцов

2.2.1 Выделение асфальтенов

Выделение асфальтенов проводится методом отстоя нефти с растворителем и последующим отмыванием в аппарате Сокслета.

Для этого берется навеска нефти 5 г, разбавляется 30 кратным объемом петролейного эфира, перемешивается и оставляется в темном месте на 16 часов для выделения осадка. После выдержки в темноте раствор фильтруется через 2

фильтра синяя лента с диаметром пор 1-2,5 нм в круглодонную колбу. Остаток на фильтре – асфальтены с сосажденными парафинами, нафтенами и смолами.

Удаление парафинов, нафтенов и смол проводится в аппарате Сокслета. Фильтр с асфальтенами и сосажденными веществами складывается и помещается в экстрактор, а колба с фильтратом на водяную баню. К системе подключается обратный холодильник. Проводится поочередная экстракция смол, парафинов и асфальтенов.

Смолы и парафины экстрагируются петролейным эфиром до тех пор, пока петролейный эфир в экстракторе не станет прозрачным. После экстракции из экстрактора сливаются остатки растворителя и заменяется колба.

Проводится экстрагирование асфальтенов хлороформом. Для этого небольшой объем хлороформа заливается в экстрактор с фильтром и колбу так, чтобы уровень жидкости в сифоне немного не доходил до максимальной отметки. Экстракция асфальтенов проводится до тех пор, пока растворитель в экстракторе не будет прозрачным.

Фильтр с асфальтенами достается из экстрактора и высушивается под вытяжкой до полного выветривания растворителя. Получившийся остаток является асфальтенами [38].

2.2.2 Получение пленок

Пленки получают путем нанесения тонкого слоя раствора асфальтенов на полиэтилентерефталат (ПЭТ).

Сначала готовится раствор асфальтенов. Для этого асфальтены отвешиваются на аналитических весах и смешиваются с необходимым объемом растворителя. Полученная смесь взбалтывается до растворения асфальтенов.

На плитку, нагретую до 50 °С, кладется ПЭТ с предварительно снятой защитной пленкой. Раствор асфальтенов наносится на ПЭТ в количестве 50 мкл/см² и выдерживается в течение 2 минут на плитке. Далее для лучшего распределения раствора по подложке она вращается до высыхания раствора. После полного высыхания процедура повторяется еще раз.

2.2.3 Лазерный отжиг

Полностью высушенные пленки подвергаются лазерному отжигу на лазере NEJE 3W с длиной волны 450 нм и мощностью 3 Вт.

Лазер подключается к компьютеру. В программе Laser engraving machine задается форма и площадь лазерного отжига, а также параметры лазерного излучения. Отжиг проводится при мощности лазера 60 % и глубине гравировки 40 %.

После отжига полученные образцы промываются растворителем с использованием ультразвуковой ванны.

2.3 Методы исследования образцов

2.3.1 Определение поверхностного сопротивления цифровым мультиметром

Мультиметр – прибор для измерения электрических показателей, сочетающий в себе амперметр, вольтметр и омметр.

Для проведения измерений к прибору присоединяют щупы и исходя из предполагаемого значения сопротивления ставят предел измерения. Далее щупами прикасаются к разным концам образца и записывают показания прибора.

2.3.2 Определение химической структуры методом спектроскопии комбинационного рассеяния

Спектроскопия комбинационного рассеяния (КРС или Рамановская спектроскопия) - это метод неразрушающего химического анализа дающий информацию о химической структуре материала, основанный на взаимодействии света с связями внутри молекул.

КРС является как качественной методикой.

Изучая положение пика и относительную пиковую интенсивность можно идентифицировать определенный материал или химическую связь [39].

К преимуществам рамановской спектроскопии относится то, что она позволяет различать химические структуры, даже если они содержат одни и те же атомы в разных расположениях; не разрушает образец; позволяет

анализировать образцы размером менее 1 мкм; чувствительна к небольшим изменениям в структуре материала; применима ко многим материалам [40].

Спектр комбинационного рассеяния представляет собой ряд пиков, характерных для конкретной молекулы или материала и показывающих интенсивность и положение длины волны рассеянного комбинационного света. Каждый пик соответствует определенной вибрации молекулярной связи, включая отдельные связи, такие как C-C, C = C, N-O, C-H и т.д.

Принцип действия:

Под действием лазерного излучения высокой интенсивности молекула исследуемого вещества рассеивает падающий свет. Большая часть рассеянного света остается неизменной. Оставшиеся 10^{-7} % света рассеивается на разные длины волн. По получившемуся спектру различных длин волн изучают химическую структуру материала [41].

2.3.3 Определение химической структуры методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии

Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС или XPS) — полуколичественный метод неразрушающего анализа элементного состава, химического и электронного состояния пленок и поверхностей, основанный на явлении внешнего фотоэффекта [42].

XPS широко используется для количественного элементного анализа состава и степеней окисления элементов на поверхности и может обнаруживать все элементы, за исключением водорода и гелия. Кроме того, данным методом могут быть определены химические сдвиги. Это связано с тем, что энергия связи зависит не только от оболочки электрона, но и от связей, в которых участвует рассматриваемый атом. Следовательно, первичный углерод будет иметь несколько иную энергию связи, чем, например, карбоксильный углерод.

Принцип действия:

Образец облучается моноэнергетическими мягкими рентгеновскими лучами [43]. Внутренние орбитальные и связующие электроны возбуждаются от воздействия сфокусированным рентгеновским пучком, и когда электроны в

образце поглощают достаточно энергии, они выбрасываются из образца с определенной кинетической энергией [43]. Спектр XPS получается путем измерения кинетической энергии и количества электронов [44].

Анализ кинетической энергии электронов, испускаемых с поверхности, дает информацию об электронных состояниях атомов в поверхностной области [45].

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

В настоящее время проблемы эффективного ресурсопотребления и ресурсосбережения стоят наиболее остро. Большинство технологических процессов сопровождается потреблением первичных, материальных и трудовых ресурсов. Поэтому важнейшей целью стратегического менеджмента является контроль и стратегия ресурсосбережения на всех уровнях управления.

Оценка рентабельности и экономической привлекательности разработки является необходимым источником при поиске источников финансирования научного исследования и выведения его результатов на рынок.

Данный раздел дипломной работы посвящен обоснованию целесообразности исследования асфальтенов в качестве сырья для производства современных углеродных материалов.

Целью раздела является определение перспективности и успешности научного исследования, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) Оценить коммерческий потенциал и перспективность разработки научного исследования;
- 2) Осуществить планирование этапов выполнения исследования;
- 3) Рассчитать бюджет затрат на исследования;
- 4) Произвести оценку научно-технического уровня исследования и оценку рисков.

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В ходе исследования потребителей углеродных материалов из асфальтенов был проанализирован целевой рынок и проведено его сегментирование.

Таблица 4.1 – Сегментирование рынка

Размер предприятия	Отрасль		
	Электроника	Полимерная промышленность	Энергетика
Малое	+		
Среднее	+		+
Крупное	+	+	+

Как видно из таблицы 4.1, наиболее перспективной отраслью является электроника, так как внедрить новый материал в производство смогут компании любых размеров, что обусловлено широким спектром вариантов применения в данной области.

4.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Получение углеродных материалов из асфальтенов возможно различными способами. В данной работе рассмотрена технология получения проводящих пленок путем лазерного отжига. В качестве конкурентных технологий рассмотрены метод эпитаксального роста и химического газофазного осаждения.

В таблице 4.2 представлен сравнительный анализ конкурентных технических решений.

Таблица 4.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений.

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Бл	БЭп	Бх	Кл	КЭп	Кх
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Простота проведения	0,12	5	4	5	0,6	0,48	0,6
2. Толщина пленки	0,15	3	5	5	0,45	0,75	0,75
3. Гибкость пленки	0,15	5	3	3	0,75	0,45	0,45

Продолжение таблицы 4.2

4.Диэлектрическая подложка	0,15	5	1	3	0,75	0,15	0,45
5. Большой выход продукта	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
Экономические критерии оценки эффективности							
6. Цена	0,13	5	4	4	0,65	0,52	0,52
7.Конкурентоспособность	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,5
8.Уровень проникновения на рынок	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
Итого	1	38	28	35	4,7	3,45	4,27

Где B_L – получение пленок методом лазерного отжига;

$B_{ЭП}$ – получение пленок методом эпитаксального роста;

B_X – получение пленок методом химического газофазного осаждения.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \times B_i$$

где K – конкурентоспособность вида;

V_i – вес критерия (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Исходя из таблицы 4.2 можно сделать вывод, что исследуемая технология получения углеродных пленок является наиболее конкурентоспособной, дешевой, простой и при этом получается качественный продукт.

4.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Таблица 4.3 – Матрица SWOT

Сильные стороны:	Слабые стороны:
С1. Простота эксперимента	Сл1. Дорогостоящие анализы
С2. Уникальность разработки	Сл2. Зависимость от поставщиков сырья
С3. Использование современного высокоточного оборудования	Сл3. Значительные интеллектуальные и временные затраты

Продолжение таблицы 4.3

С4. Использование отходов нефтепереработки в качестве сырья	
Возможности:	Угрозы:
В1. Высокий потенциал использования разработки В2. Регенерация отходов В3. Дополнительный источник дохода для нефтеперерабатывающих предприятий В4. Создание уникального производства	У1. Отсутствие спроса на продукт У2. Опровержение практикой полученных экспериментальных данных У3. Нехватка финансирования

Далее выявим соответствие сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Для этого создадим интерактивную матрицу проекта, где «+» - сильное соответствие сторон возможностям; «-» - слабое соответствие; «0» - сомнение между «+» и «-», что будет являться вторым этапом SWOT-анализа.

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица планирования «Сильные, слабые стороны и возможности»

Сильные стороны проекта					Слабые стороны проекта		
	С1	С2	С3	С4	Сл1	Сл2	Сл3
В1	+	+	0	+	+	+	+
В2	-	-	-	+	-	-	-
В3	+	+	+	+	+	-	-
В4	0	+	+	+	+	-	+

Таблица 4.5 – Интерактивная матрица планирования «Сильные, слабые стороны и угрозы»

Сильные стороны проекта					Слабые стороны проекта		
	С1	С2	С3	С4	Сл1	Сл2	Сл3
У1	-	+	-	+	-	-	-
У2	-	-	-	-	-	-	+
У3	+	+	+	+	+	-	+

Проанализируем интерактивные таблицы и выпишем сильно коррелирующие стороны, угрозы и возможности проекта:

— С1С1В1; В2В3С2С3; С1В3; В1В2В3В4С4;

- Сл1Сл2Сл3В1; Сл1В3В4; В4Сл3;
- С1С2С3С4У3; С1У1; С4У1;
- Сл1У3; У2У3Сл3.

Самой сильной угрозой проекта является нехватка финансирования. Самая большая возможность – источник дополнительного заработка для нефтеперерабатывающих предприятий.

По результатам проведенного анализа составим итоговую матрицу SWOT.

Таблица 4.6 – Итоговая матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Простота эксперимента С2. Уникальность разработки С3. Использование современного высокоточного оборудования С4. Использование отходов нефтепереработки в качестве сырья	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Дорогостоящие анализы Сл2. Зависимость от поставщиков сырья Сл3. Значительные интеллектуальные и временные затраты
Возможности: В1. Высокий потенциал использования разработки В2. Регенерация отходов В3. Дополнительный источник дохода для нефтеперерабатывающих предприятий В4. Создание уникального производства	Простота и уникальность разработки способствует высокому спросу и потенциалу ее использования	Дороговизна и значительные интеллектуальные, временные затраты негативно сказываются на потенциале использования разработки. Однако проблемы с поставщиками решаются внедрением технологии на производствах самих поставщиков.
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на продукт У2. Опровержение практикой полученных экспериментальных данных У3. Нехватка финансирования	Нехватка финансирования и отсутствие спроса на продукт могут затормозить дальнейшее исследование	Нехватка финансирования негативно влияет на все стороны проекта и является самой большой угрозой проекта

4.4 Планирование работ по научно-техническому исследованию

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

4.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в чей состав входят: бакалавр, руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) выпускной квалификационной работы. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в табл. 4.7

Таблица 4.7 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, консультант ФЧ, консультант СО
Выбор направления исследований	2	Выбор темы исследования	Научный руководитель, студент
	3	Поиск и изучение литературы по выбранной теме	Студент
	4	Календарное планирование экспериментов	Аспирант, студент
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Подбор методик для проведения экспериментов	
	6	Проведение экспериментов	Студент
	7	Сопоставление результатов экспериментов и выявление зависимостей	Аспирант, студент
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель, аспирант, студент
Проведение ВКР			

Продолжение таблицы 4.7

Оформление отчета по научно-исследовательской работе	9	Составление пояснительной записки	
	10	Сдача работы на рецензию	
	11	Предзащита ВКР	
	12	Подготовка к защите ВКР	
	13	Защита ВКР	

4.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, который зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5},$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ по нескольким исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{ч_i},$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Таблица 4.8 – Временные показатели проведения научного исследования

Номер работы	Трудоемкость работ									Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}			Длительность работ в календарных днях, T_{ki}		
	t_{min} , чел-дни			t_{max} , чел-дни			$t_{ож\ i}$, чел-дни								
	С	А	Н	С	А	Н	С	А	Н	С	А	Н	С	А	Н
1	–	–	1	–	–	2	–	–	1,4	–	–	1,4	–	–	2
2	1	–	1	2	–	2	1,4	–	1,4	0,7	–	0,7	1	–	1
3	5	–	–	8	8	–	6,2	3,2	–	3,1	1,6	–	4	2	–
4	1	–	–	1	1	–	1	0,4	–	0,5	0,2	–	1	1	–
5	1	1	–	1	1	–	1	1	–	0,5	0,5	–	1	1	–
6	55	–	–	60	–	–	57	–	–	57	–	–	71	5	–
7	5	–	–	7	7	–	5,8	2,8	–	2,9	1,4	–	4	2	–
8	8	8	8	10	10	10	8,8	8,8	8,8	2,9	2,9	2,9	4	4	4
9	45	7	6	50	10	8	47	8,2	6,8	16	2,7	2,3	21	4	3
10	1	–	–	4	–	–	2,2	–	–	2,2	–	–	3	–	–
11	1	–	1	1	–	1	1	–	1	0,5	–	0,5	1	–	1
12	5	–	–	6	–	–	5,4	–	–	5,4	–	–	7	–	–
13	1	–	–	1	–	–	1	–	–	1	–	–	1	–	–

С – студент; А – аспирант; Н – научный руководитель.

4.4.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным представлением проведения научных работ является построение ленточного графика в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построение графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - (T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}})},$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Расчет коэффициента календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - (T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}})}$$

Исходя из данных представленных в таблице 4.8 построим календарный план-график, представленный в приложении А, таблице А.1.

4.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

- 1) Материальные затраты;
- 2) Затраты на специальное оборудование;
- 3) Основная и дополнительная ЗП;
- 4) Социальные отчисления;
- 5) Прямые затраты;
- 6) Накладные расходы.

4.5.1 Расчет материальных затрат НТИ

При планировании бюджета научно-техническое исследование должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

Расчет материальных затрат осуществляется по формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{расх}i},$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{\text{расх}i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 4.10 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Зм), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3		Исп.1	Исп.2	Исп.3
Тетрадь для записей	Шт.	1	1	1	45	45	45	45
Ручка	Шт.	1	2	1	15	15	15	15
Подложка (ПЭТ)	м ³	1	1	1	360	360	360	360
Образцы нефти	кг	1	1	1	46	46	46	46
Толуол	л	1	1	1	800	800	800	800
Бензол	л	1	1	1	990	990	990	990
Хлороформ	л	1	1	1	990	990	990	990
Спирт этиловый	л	2	2	3	57	342	342	342
Гексан	л	5	5	5	730	730	730	730
Петролейный эфир	л	2	3	2	470	470	470	470
Силикагель	кг	1	1	1	560	560	560	560
Дозатор 10-100 мкл	шт	1	1	1	3440	3440	3440	3440
Дозатор 100-1000 мкл	шт	1	1	1	3440	3440	3440	3440
Наконечник 10-100 мкл	шт	78	90	74	3	234	270	222
Наконечник 100-1000 мкл	шт	95	110	98	3	285	330	294
Ацетон	л	1	1	1	750	750	750	750
Стакан стеклянный химический	шт	5	4	4	350	350	350	350
Предметное стекло	шт	20	17	18	10	200	170	180
Флакон пеницилиновый	шт	20	20	20	7	140	140	140
Колонка	шт	1	1	1	800	800	800	800
Электроэнергия	кВт*ч	250	300	280	3,5	875	1050	980
Итого, руб.						15862	16088	15944

4.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. При

приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Расчет затрат по данной статье представлен в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., тыс. руб.	Затраты на материалы, (ЗМ), тыс. руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Персональный компьютер	Шт.	4	4	4	40	160	160	160
Лазер	Шт.	1	1	1	20	20	20	20
РФЭС спектроскан	Шт.	1	1	1	2400	2400	2400	2400
Раман-спектрометр	Шт.	1	1	1	3300	3300	3300	2300
Мультиметр MASTECH MY65	Шт.	1	1	1	6	6	6	6
Весы аналитические	Шт.	1	1	1	18	18	18	18
Баня водяная	Шт.	1	1	1	27	27	27	27
Аппарат Сокслета	Шт.	1	1	1	8	8	8	8
Ультразвуковая ванна	Шт.	1	1	1	22	22	22	22
Итого:						5961	5961	5961

Таблица 4.12 – Амортизационные отчисления

№ п/п	Стоимость оборудования, руб.	Срок службы оборудования, лет	Норма амортизации, %	Величина амортизации, руб.
1	40000	5	20	8000
2	20000			4000
3	2400000			480000
4	3300000			660000
5	6300			1260
6	18000			3600
7	22000			4400
Итого				1161260

4.5.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Заработная плата ($Z_{зп}$) включает основную заработную плату ($Z_{осн}$) работников (включая премии, доплаты), непосредственно участвующих в НИР, и дополнительную заработную плату ($Z_{доп}$) (12-20 % от $Z_{осн}$):

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

Основная заработная плата рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p,$$

где T_p – продолжительность работ, выполняемых исследователем;

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.:

$$Z_{дн} = \frac{Z_M \cdot M}{F_{дн}}$$

где Z_M – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M=11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{дн}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 4.13).

Таблица 4.13 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Аспирант	Студент
Календарное число дней	365	365	365
Количество нерабочих дней – выходные дни – праздничные дни	66	66	66
Потери рабочего времени – отпуск – невыходы по болезни	61	61	61
Действительный годовой фонд рабочего времени	238	238	238

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p,$$

где $Z_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{Др}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30 % от $Z_{\text{ТС}}$);

$k_{\text{Д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2-0,5;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, для Томска равный 1,3.

Средний должностной оклад сотрудников на 2021 год: научный руководитель – 32 894 руб.; аспирант (инженер-исследователь) – 21 611 руб.; студент (младший научный сотрудник) – 21 611 руб.

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.14.

Таблица 4.14 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{ТС}}$, руб.	$k_{\text{Др}}$	$k_{\text{Д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.	
Научный руководитель	14458,9	0,3	0,45	1,3	32894	7,8	11211,7	
Аспирант	9499,3	0,3	0,45	1,3	21611	9,4	8845,4	
Студент	9499,3	0,3	0,45	1,3	21611	92,4	87257,6	
Итого								107314,6

4.5.4 Дополнительная заработная плата исполнителей

Расчет дополнительной заработной платы проводится по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы

(принимается равным из диапазона 0,12-0,15).

Расчет общей заработной платы представлен в таблице 4.15

Таблица 4.15 – Общая заработная плата исполнителей

Исполнитель	Основная заработная плата, $Z_{\text{осн}}$, руб.	Дополнительная заработная плата		Зарботная плата, $Z_{\text{зп}}$, руб.
		$k_{\text{доп}}$	$Z_{\text{доп}}$, руб.	
Научный руководитель	11211,7	0,14	1569,6	12781,3
Аспирант	8845,4	0,14	1238,4	10083,8
Студент	87257,6	0,14	12216,1	99473,7
Итого	107314,6		15024,1	122338,8

4.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется, исходя из

следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}),$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 4.16.

Таблица 4.16 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, $Z_{\text{осн}}$, руб.	Дополнительная заработная плата, $Z_{\text{доп}}$, руб.
Научный руководитель	11211,7	1569,6
Аспирант	8845,4	1238,4
Студент	87257,6	12216,1
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,30	
Отчисления во внебюджетные фонды, $Z_{\text{внеб}}$, руб.		
Научный руководитель	$Z_{\text{внеб}} = (11\ 211,7 + 1\ 569,6) \cdot 0,3 = 3834,4$	
Аспирант	$Z_{\text{внеб}} = (8\ 845,4 + 1\ 238,4) \cdot 0,3 = 3025,1$	
Студент	$Z_{\text{внеб}} = (87\ 257,6 + 12\ 216,1) \cdot 0,3 = 29842,1$	
Итого	36701,6	

4.5.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов (печать и ксерокопирование, оплата услуг связи, электроэнергии и т.п.). Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}},$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы (величина принята в размере 16 %).

Накладные расходы первого исполнителя:

$$\begin{aligned} Z_{\text{накл}} &= (15862 + 5961000 + 1161260 + 122338,8 + 3834,4) \cdot 0,16 \\ &= 1162287 \text{ руб} \end{aligned}$$

Накладные расходы второго исполнителя:

$$Z_{\text{накл}} = (16088 + 5961000 + 1161260 + 122338,8 + 3834,4) \cdot 0,16 \\ = 1162323 \text{ руб}$$

Накладные расходы третьего исполнителя:

$$Z_{\text{накл}} = (15944 + 5961000 + 1161260 + 122338,8 + 3834,4) \cdot 0,16 \\ = 1162300 \text{ руб}$$

4.5.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательской работы

Рассчитанная величина затрат НИР является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции. Определение бюджета затрат на НИР по каждому варианту исполнения приведено в таблице 4.17.

Таблица 4.17 – Расчет бюджета затрат НИР

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты	15862	16088	15944	Пункт 4.5.1 таблица 4.10
2. Затраты на специальное оборудование для научных работ	5961000	5961000	5961000	Пункт 4.5.2 таблица 4.11
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	107314,6	107314,6	107314,6	Пункт 4.5.3 таблица 4.14
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	15024,1	15024,1	15024,1	Пункт 4.5.4 таблица 4.15
5. Отчисления во внебюджетные фонды	36701,6	36701,6	36701,6	Пункт 4.5.5 таблица 4.16
6. Накладные расходы	1335099	1335099	1335099	Пункт 4.5.6
7. Бюджет затрат	7471001	7471227	7471083	Сумма ст. 1-6

4.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования определяется как:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где $I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп1}} = \frac{7471001}{7471227} = 0,999;$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп2}} = \frac{7471227}{7471227} = 1;$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп3}} = \frac{7471083}{7471227} = 0,999.$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i \times b_i$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

В таблице 4.18 представлены данные для расчета интегрального показателя ресурсоэффективности.

Таблица 4.18 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует получению пленок с наилучшими характеристиками	0,2	5	3	4
2. Удобство в проведении исследования в силу его простоты	0,1	5	4	4
3. Низкая себестоимость по сравнению с другими материалами	0,15	5	3	4
4. Энергосбережение	0,15	5	3	4
5. Надежность	0,2	5	4	4
6. Материалоемкость	0,2	5	3	4
Итого	1	4,7	3,55	3,45

$$I_{p-исп1} = 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 = 5,00;$$

$$I_{p-исп2} = 0,2 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 + 0,15 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 = 3,30;$$

$$I_{p-исп3} = 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 = 4,00.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{испi}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{фин.р}} = \frac{5}{0,999} = 5,00$$

$$= \frac{I_{исп2}}{I_{фин.р}} = \frac{3,30}{1} = 3,30;$$

$$I_{исп3} = \frac{I_{p-исп3}}{I_{фин.р}} = \frac{4,00}{0,999} = 4,00.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп2}}}{I_{\text{исп1}}}$$

Таблица 4.19 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,999	1	0,999
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	5	3,3	4
3	Интегральный показатель эффективности	5	3,3	4
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,66	0,8

Таким образом, согласно таблице 4.19, настоящий проект, предлагаемых технологий получения современного углеродного материала является наиболее ресурсоэффективным, чем конкурентные технологии.

Выводы по разделу

В данном разделе проанализирован коммерческий потенциал данного научного исследования и его перспективы на рынке.

Описав и проанализировав потенциальных потребителей результатов исследования, проведен SWOT-анализ и показана итоговая матрица стратегии данной работы.

Проведено планирование научно-исследовательской работы, в результате чего определена структура работ и ее исполнители, установлена продолжительность работ, результатом явился построенный календарный план-график (таблица 5.9) проведения научно-исследовательской работы по созданию современного углеродного материала на основе асфальтенов.

Проведен расчет бюджета научно-исследовательской работы, в ходе которого были рассчитаны материальные затраты и затраты на специальное оборудование для проведения исследований, а также произведен расчет общей заработной платы, отчислений во внебюджетные фонды и накладных расходов. В результате данных расчетов был сформирован общий бюджет научно-исследовательской работы, составивший 8377187 руб.

Показатели эффективности разработки показывают, что выбранный вариант исполнения наиболее эффективен.

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

В связи с ухудшением экологической ситуации в мире, чрезвычайно актуальной темой является переработка остатков производства нефтепродуктов.

Сущность данной работы заключается в получении углеродного материала на основе асфальтенов.

Подбор подходящего растворителя и методики создания материала позволит получить тонкие проводящие пленки и использовать их в различных отраслях промышленности.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В данном подразделе рассмотрены специальные правовые нормы трудового законодательства, также приведены основные эргономические требования к компоновке рабочей зоны для создания комфортной рабочей среды при проведении исследований по получению углеродного материала из асфальтенов.

5.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

Согласно ТК РФ, каждый работник 134 лаборатории 2 корпуса ТПУ имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об
- условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных

- и (или) опасных производственных факторов;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра.

Согласно ТК РФ главе 21, работник, занятый на тяжелых работах, работах с вредными или опасными и иными особыми условиями труда, имеет право получать повышенную ставку оплаты труда.

5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Рабочим местом выполнения исследований по созданию углеродного материала из асфальтенов является химическая 134 лаборатория 2 корпуса отделения химической инженерии ТПУ. Лаборатория оборудована вентиляцией, водоснабжением и канализацией. Полы выполнены из жаростойкой и гидрофобной керамогранитной плитки. Лабораторные столы имеют гладкие поверхности из материалов, не сорбирующих вредные вещества, и легко поддаются очистке.

Работа с вредными и легколетучими веществами производится в вытяжных шкафах, обеспечивающих изоляцию работающих от опасной среды. Помещение хорошо освещено как дневным, так и искусственным светом.

В условиях химических лабораторий в задачи производственной

санитарии входит предупреждение профессиональных отравлений, предотвращение воздействия на работающих ядовитых и раздражающих веществ, производственной пыли, шума и других вредных факторов, определение предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в воздухе производственных помещений, разработка и эксплуатация средств индивидуальной защиты, системы вентиляции, отопления и рационального освещения.

5.2 Производственная безопасность

В данном разделе были проанализированы вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть при проведении исследований в лаборатории.

5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта исследования

Эксплуатация объекта исследования осуществляется исследователями в химической лаборатории. Перечень опасных и вредных факторов, присутствующих при выполнении исследования, представлен в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разра- ботка	Изготов- ление	Эксплу атация	
1. Присутствие вредных веществ (таблица 5.2) в работе		+	+	ГОСТ 12.1.007-76
2. Повышенный уровень шума		+	+	СН 2.2.4/2.1.8.562-96
3. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	ГОСТ Р 55710-2013
4. Неудовлетворительный микроклимат	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96
5. Наличие взрывоопасных и токсичных веществ		+	+	ПБ 09-540-03
6. Поражение электрическим током		+	+	ГОСТ Р 12.1.019-2009
7. Поражение лазерным излучением		+	+	ГОСТ 31581-2012
8. Повышенный уровень общей вибрации		+		ГОСТ 31191.1-2004
9. Повышенный уровень ультразвуковых колебаний		+		ГОСТ 12.1.001-89

Таблица 5.2 – Вредные вещества и их характеристика

Вещество	ПДК, мг/м ³	Класс опасности	Воздействие на организм
Нефть	300	4	Сильное раздражает слизистую оболочку и кожу. Высокие концентрации паров действуют на центральную нервную систему человека и оказывают наркотическое воздействие при вдыхании
Спирт этиловый	1000	4	При длительном воздействии больших доз может вызвать тяжелые органические заболевания нервной системы, печени, сердечно-сосудистой системы, пищеварительного тракта.
Бензол	15	2	При длительном воздействии на организм поражает центральную нервную систему, кроветворные органы. Пары оказывают наркотическое действие. При острых отравлениях вызывает глубокое отравление дыхательных путей, рвоту, сильную слабость. Хорошо впитывается через кожу вызывая экзему.
Петролейный эфир		3	При продолжительном воздействии на организм (главным образом при вдыхании) вызывает галлюцинации, тяжёлые нервные и психические расстройства. Попадая на кожные покровы, сушит их, провоцирует экземы и дерматиты.
Гексан	300	4	Оказывает раздражающее воздействие на кожу. При внутреннем потреблении повреждает легкие. При вдыхании действует как наркотическое вещество, вызывая сонливость, головокружение, поражение периферической нервной системы и онемение ног, угнетение ЦНС. Пары гексана вызывают раздражение слизистой глаз. При отравлении вызывает головную боль и головокружение, тошноту, потерю сознания.
Толуол	0,5	2	Действуют на ткани прижигающим образом, растворяя белки с образованием щелочных альбуминатов. При попадании растворов или пыли на кожу и в особенности на слизистые оболочки образуется мягкий струп. При постоянной работе с ними часто язвы на пальцах рук; узелковые дерматиты; возникновение экзем, особенно в суставных складках пальцев. При попадании в глаза даже в малых количествах поражает роговицу, а также глубокие части глаза. Исходом может быть слепота.

1) Повышенный уровень шума

Шум может оказывать вредное воздействие на центральную нервную систему, вызывая переутомление и истощение клеток головного мозга. Сильный шум оказывает влияние на работоспособность людей, продолжительное

воздействие шума вызывает общее утомление организма, как следствие происходит снижение концентрации внимания, что может вызвать снижение производительности труда, а также стать причиной возникновения несчастных случаев.

Влияние шума может привести к возникновению профессиональных заболеваний (шумовая болезнь), которые проявляются в виде тугоухости, гипертонии, головных болях.

Для химической 134 лаборатории характерны следующие виды шумов:

- механический шум (при трении, биении узлов и деталей машин делительных воронок, механической мешалки);
- аэрогидродинамический шум (возникает в аппаратах при больших скоростях движения газа или жидкости и при резких направлениях их движения давления).

Согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96, ПДК уровня шума в измерительных и аналитических лабораториях составляет 60 дБ.

В качестве средств индивидуальной защиты для органов слуха от шума и вибрации применяются наушники, беруши. Наушники понижают негативное воздействие в диапазоне от 7 до 38 дБ с частотой от 125 до 8000 Гц.

Вкладыши (беруши) закрывают слуховой проход. Этот вид защиты дешев, компактен и применим ко многим ситуациям, но не всегда результативен, т.к. снижает уровень негативного воздействия всего на 5-20 дБ.

Согласно приказу ректора ТПУ от 13.07.2018 г. № 9720, условия труда по шумовому фактору в 134 лаборатории 2 корпуса ТПУ соответствуют допустимым нормам.

2) Недостаточная освещенность

Плохое освещение негативно воздействует на зрение, приводит к быстрому утомлению, снижает работоспособность, вызывает дискомфорт, является причиной головной боли и бессонницы.

В 134 лаборатории 2 корпуса ТПУ используется совмещенное освещение рабочей зоны, представляющее собой совокупность естественного и

искусственного освещения. При работе наряду с общим искусственным освещением использовалось местное освещение. Естественное освещение – одностороннее боковое; искусственное – общее равномерное. Источники света – люминесцентные лампы.

Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения по СанПиН 1.2.3685-21, представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения

Помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности и высота над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение	
		КЕО е _н , %		КЕО е _н , %	
		при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении
Лаборатории органической и неорганической химии	Г-0,8	3,5	1,2	2,1	0,7
	Искусственное освещение				
	Освещенность, лк			Показатель дискомфорта, М, не более	Коэффициент пульсации освещенности, КП, %, не более
	при комбинированном освещении		при общем освещении		
	Всего	От общего	400	40	10
500	300				
КЕО – коэффициент естественной освещенности; Г – горизонтальная плоскость.					

Также по СанПиН 1.2.3685-21 условия труда по световому фактору в 134 лаборатории 2 корпуса ТПУ соответствуют допустимым нормам.

3) Неблагоприятные показатели микроклимата

Длительное воздействие на человека неблагоприятных показателей микроклимата ухудшает его самочувствие, снижает производительность труда и приводит к заболеваниям, поэтому в организации должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата.

Согласно классификации работ по энергозатратам, лабораторные исследования можно отнести к категории IIб и интенсивностью энергозатрат 151-200 ккал/час (175-232 Вт), так как работа связана с постоянной ходьбой, также перемещением и переноской тяжестей до 10 кг (образцы нефти, механические мешалки, колбы, воронки, бутылки с жидкостью). Все оптимальные и допустимые показатели характеристики микроклимата представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Оптимальные значения характеристик микроклимата						
Период года	Температура воздуха, °С		Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
Холодный	17-19		16-20	60-40	0,2	
Теплый	19-21		18-22	60-40	0,2	
Допустимые значения характеристик микроклимата						
Период года	Температура воздуха, °С		Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	ниже оптимальной	выше оптимальной			ниже оптимальной	выше оптимальной
Холодный	15,0-16,9	19,1-22,0	14,0-23,0	15-75	0,2	0,4
Теплый	16,0-18,9	21,1-27,0	15,0-28,0	15-75	0,2	0,5

В лаборатории создание микроклимата обеспечивается естественное вентиляцией: форточки, двери, приточная вытяжная вентиляция. Летом помещения проветриваются с помощью кондиционеров. В зимнее время помещения нагревают центральным отоплением.

Согласно СанПиН 1.2.3685-21, условия труда по микроклимату в 134 лаборатории 2 корпуса ТПУ соответствуют допустимым нормам.

4) Наличие взрывоопасных и токсичных веществ

Нефтепродукты являются вредными и взрывоопасными, сами нефтепродукты или их пары могут воспламеняться при появлении искры или самовозгораться при нагреве, в критических ситуациях может произойти взрыв.

Согласно ГОСТ 12.1.005-88, ПДК паров в рабочей зоне для нефти составляет 10 мг/м³ (III класс опасности), для толуола – 0,5 мг/м³ (II класс).

Одним из основных требований предупреждения несчастных случаев и пожаров является исключение скопления паров, газов и жидких нефтепродуктов, что обеспечивается путем вентиляции мест возможного их скопления и уборки разлитого нефтепродукта. Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости хранятся в специальном (кладовом) помещении в плотно закупоренных емкостях.

Все помещения лаборатории должны соответствовать требованиям пожарной безопасности и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.1.004-91.

5) Поражение электрическим током

По опасности поражения электрическим током лаборатория относится к первому классу – «помещения безповышенной опасности», т.е. помещение сухое (влажность до 60 %), хорошо проветриваемое, хорошо отапливаемое (температура воздуха до 25 °С), без токопроводящей пыли, с токонепроводящими полами.

Основными причинами электротравматизма являются неисправное электрическое оборудование, несоответствие типа электроустановок и защитных средств, несвоевременная замена неисправного или устаревшего оборудования. В целях предотвращения электротравматизма запрещается работать на неисправных электрических приборах и установках, перегружать электросеть, переносить и оставлять без надзора включенные электроприборы, загромождать подходы к электрическим устройствам.

Для обеспечения защиты от поражения электрическим током в лаборатории используются следующие средства защиты: защитные оболочки, защитные ограждения (щиты), изоляция токоведущих частей, знаки безопасности, защитное заземление, зануление, защитное отключение.

В целях обеспечения безопасности работ в действующих электроустановках принимают следующие организационные меры: назначают лиц, ответственных за организацию и производство работ; оформляют наряд или

распоряжение; организуют допуск к проведению работ и надзор за их проведением; оформляют перерывы в работе, переводы на другие рабочие места и устанавливают время окончания работ.

б) Опасность возникновения пожаров.

Пожарная безопасность - это состояние защищённости человека, общества, материального имущества и государства от пожаров. Горючими компонентами могут быть мебель, двери, полы, изоляция кабелей, нефтепродукты, электронные схемы от ПК, устройства, используемые для обслуживания устройства электроснабжение, кондиционирование воздуха, где в результате возмущения формируются перегретыми элементами, электрическими искрами и дугами, способных вызвать воспламенение горючих материалов.

Для предотвращения пожаров от коротких замыканий и перегрузок правильный выбор, установка и соблюдение установленного режима эксплуатации электрических сетей, дисплеев и других электрических объектов автоматике. Поэтому необходимо предусмотреть ряд профилактических мер, деятельность технического, оперативного, организационного плана.

Чтобы предотвратить возникновение пожара, необходимо соблюдать следующие правила пожарной безопасности:

- предотвращать образование горючей среды (герметизирующее оборудование, управление воздушной средой, работа и аварийная вентиляция);
- применять в строительстве и отделке зданий огнестойкие или сложные горючие материалы.

В офисе необходимо провести следующий профилактический контроль:

- организационные мероприятия для технического процесса с учетом пожаробезопасности объекта;
- операционная деятельность с учетом существующего оборудования;
- технические и конструктивные, связанные с правильным

размещением и монтаж электрооборудования и обогревателей.

Организационные меры:

- противопожарное обучение обслуживающего персонала;
- обучение персонала правилам безопасности;
- публикация инструкций, плакатов, планов эвакуации.

Операционная деятельность:

- соответствие действующим стандартам оборудования;
- обеспечение свободного подхода к оборудованию;
- поддержание работоспособности изоляции токопроводящих проводников.

Технические меры:

- соблюдение мер пожарной безопасности на устройстве электропроводка, оборудование, отопление, вентиляция и освещение;
- профилактический осмотр, ремонт и испытания оборудования.
- здание должно быть оборудовано первичными средствами пожаротушения, пожарные краны, пожарная сигнализация и план эвакуации люди в огне.

5.2.2 Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов

Согласно ФЗ «О специальной оценке условий труда», специальную оценку условий труда осуществляют организации, которые должны соответствовать следующим требованиям:

- основным видом или одним из основных видов деятельности организации является проведение специальной оценки условий труда;
- наличие в составе организации не менее пяти экспертов, имеющих сертификат эксперта на право выполнения работ, по специальной оценке условий труда;
- наличие в составе аккредитованной испытательной лаборатории.

Соответствие требованиям условий труда на рабочих местах подтверждается декларацией, в которой содержатся сведения о результатах

проведения специальной оценки.

5.3 Экологическая безопасность

Одной из ключевых проблем современного мира является проблема охраны окружающей среды. Химическая лаборатория не является особо опасным объектом воздействия на окружающую среду.

Существует два основных подхода к проблеме защиты окружающей среды:

- путем максимально эффективной очистки;
- путем создания замкнутой безотходной технологической системы.

Для лаборатории наиболее оптимален выбор первого варианта условий труда.

5.3.1 Воздействие на атмосферу

Так как в условиях лаборатории выбросы в атмосферу характеризуются незначительным содержанием вредных газов и паров, то для очистки достаточно использование адсорбционного фильтра.

Для этого в лаборатории на выходе вентиляционных труб установлены перегородки часто используют активированный уголь. Воздушный поток, пройдя через слой адсорбента, очищается от вредных газов и паров.

5.3.2 Воздействие на гидросферу

Все выбросы в канализацию также необходимо подвергать обезвреживанию и очистке. Для этих целей все отработанные кислотные и щелочные сливы собираются в отдельную для каждого вида тару, затем подвергаются нейтрализации и только после этого они могут быть слиты в канализацию с их предварительным 10-кратным разбавлением водопроводной водой. Отработанные органические сливы собираются в специальную герметически закрытую тару, которую по мере заполнения отправляют на обезвреживание и утилизацию.

5.3.3 Воздействие на литосферу

Твердые отходы собираются в специальные сборники и увозятся для

уничтожения. Наиболее опасными отходами для литосферы в условиях лаборатории являются отработанные люминесцентные лампы, относящиеся к 1 классу опасности. Их утилизация производится согласно ГОСТ Р 52105-2003.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Одним из важнейших факторов в безопасности жизнедеятельности людей является подготовленность к чрезвычайным ситуациям. Согласно ГОСТ Р 22.0.02-2016, чрезвычайная ситуация (ЧС) – это обстановка на определенной территории или акватории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

К чрезвычайным ситуациям, которые может инициировать объект исследования, относят:

- производственные аварии (пожары, взрывы, выбросы вредных веществ);
- стихийные бедствия (наводнения, землетрясения, эпидемии и т.п.);
- социальные конфликты (терроризм, применение оружия массового поражения).

При проведении исследований наиболее вероятной ЧС в 134 лаборатории 2 корпуса ТПУ является ситуация техногенного характера, теоретически вызванная выходом из строя отсеков с хранением образцов ДТ, самовозгоранием топлива, пожаром на производстве.

Для ликвидации аварии разрабатываются планы, в которых предусматриваются мероприятия, направленные на спасение людей, ликвидации аварий.

5.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Лаборатория отделения химической инженерии относится к пожароопасной – к категориям «В» – производства, связанные с обращением с горючими и трудногорючими жидкостями.

Мероприятия по предотвращению наиболее вероятной ЧС представлены ниже согласно ГОСТ 12.1.004-91:

- систематическая диагностика оборудования;
- обслуживание и ремонт вентиляторов, вытяжных шкафов, осветительных приборов;
- наличие современных сигнализаций и приборов контроля в помещении для исследования;
- систематический инструктаж персонала;
- планы поддержания рабочего состояния лаборатории после чрезвычайной ситуации или катастрофы.

В аварийных ситуациях, когда атмосфера лаборатории внезапно оказывается зараженной ядовитыми парами или газами, оставаться в помещении для ликвидации последствий аварии можно только в противогазе, при отключенных нагревательных приборах.

После дезактивации помещение необходимо проветрить. При возникновении пожара необходимо отключить электронагревательные приборы, вентиляцию, убрать огнеопасные вещества в безопасное место, одновременно, по возможности ликвидировать очаг.

При ЧС необходимо оповестить всех работников лаборатории об угрозе возникновения бедствия. При поступлении сигнала о возможном инциденте все работники лаборатории должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты, после чего в лаборатории отключается электроэнергия, водоснабжение. При необходимости персонал эвакуируется в безопасное место.

В корпусе 2 ТПУ имеется пожарная автоматика, сигнализация. В 134

лаборатории имеются первичные средства пожаротушения – огнетушители: ОП-3 (1 шт.), ОУ-3 (1 шт.); ящики с песком; асбестовые одеяла (кошмы).

Выводы по разделу

Проанализировав условия труда на рабочем месте, где выполнялись исследования по получению углеродного материала на основе асфальтенов, можно сделать вывод, что исследовательская лаборатория удовлетворяет предъявляемым требованиям и нормам. При соблюдении техники безопасности и правил работы в химической лаборатории работа в лаборатории не повлияет на здоровье работника.

Действие вредных и опасных факторов в лаборатории сведено к минимуму. Микроклимат, освещение и уровень шума удовлетворяют требованиям, соблюдены все требования по электро- и пожаробезопасности.

При соблюдении описанных в работе правил утилизации отходов, деятельность в лаборатории не представляет опасности для экологии.

Проанализирована наиболее вероятная ЧС – самовозгорание топлива, вследствие чего, возникновение пожара. На основе данного анализа предложены мероприятия по предотвращению ЧС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была исследована возможность использования асфальтенов в качестве сырья для производства углеродных материалов. Для проведения экспериментов была выбрана нефть, добываемая на севере томской области и определены ее основные физико-химические свойства, главным из которых является массовая доля асфальтенов. Из исследованной нефти были получены асфальтены.

Для получения прочных, гибких пленок обладающих высокой проводимостью был проведен подбор растворителя и концентрации асфальтенов. В результате подбора растворителя было выяснено, что наиболее подходящим является толуол. Данный вывод был сделан на основании того, что толуол хорошо растворяет асфальтены, а раствор на его основе равномерно распределяется по поверхности подложки и не деформирует ее в процессе лазерной обработки.

В результате экспериментов были получены проводящие пленки, созданные путем лазерного отжига нанесенного на ПЭТ раствора асфальтенов. Подбор концентрации асфальтенов показал, что с увеличением концентрации происходит рост проводимости отожженных пленок. Полученные пленки начали проводить электричество при концентрации асфальтенов 4 мг/мл, наибольшее значение проводимости было зафиксировано при концентрации 20 мг/мл. Дальнейшее увеличение концентрации нецелесообразно ввиду практически не изменяющегося значения проводимости и ухудшения растворимости асфальтенов в толуоле.

Изучение химического строения пленок до и после лазерного воздействия методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии показал, что в результате отжига увеличивается количество гексагонально-соединенных атомов углерода, растет доля свободных электронов, а электронная плотность переносится от углеродной решетки к дефектам поверхности – атомам

кислородосодержащих радикалов. Также было замечено появление карбонильных связей, возникающих за счет окисления гидроксильных групп или перехода в пленку из полимерной подложки.

Спектроскопия комбинационного рассеяния подтвердила увеличение дефектности поверхности в результате обработки. Кроме того, было выяснено, что в ходе лазерной обработки происходит объединение мелких кластеров ароматических колец в более крупные.

В результате лазерной обработки происходят два процесса, противоположно влияющих на проводимость. Первый процесс – образование дефектов поверхности являющихся ловушками заряда. Второй – объединение фрагментов углеродной сетки в более крупные кластеры с увеличением доли свободных электронов. Так как в ходе обработки проводимость увеличивается можно сделать вывод, что второй процесс преобладает над первым.

Исходя из того, что в ходе работы из асфальтенов был получен проводящий углеродный материал можно сделать вывод об их пригодности в качестве сырья для производства углеродных материалов.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА

№	Наименование работы, ее вид	Характер работы	Выходные данные	Объем, стр.	Соавторы
Доклады и тезисы докладов, опубликованные в материалах российской Международной (Всероссийской) конференции: 9					
1	Исследование влияния депрессорно-диспергирующих присадок на низкотемпературные свойства дизельного топлива	Печатная	Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XXII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков ЛП Кулёва и НМ Кижнера, посвященной 125-летию со дня основания Томского политехнического университета, Томск, 17-20 мая 2021 г. Т. 2.—Томск, 2021. – Томский политехнический университет, 2021. – Т. 2. – С. 66-67.	2	Павлова А.А. Бердникова А.А.
2	Квантово-химическое моделирование при оценке взаимодействия углеводородов дизельных фракций с депрессорной и депрессорно-диспергирующей присадкой	Печатная	Материалы XXII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков Л.П. Кулева и Н.М. Кижнера, посвященной 125-летию со дня основания ТПУ «Химия и химическая технология в XXI веке», Томск, 2021, Т. 2, с. 33-34.	2	Бердникова А.А. Мамец А.С. Францина Е.В.

3	Исследование низкотемпературных свойств дизельных фракций в присутствии депрессорной присадки	Печатная	Проблемы геологии и освоения недр: труды XXIV Международного симпозиума имени академика МА Усова студентов и молодых учёных, посвященного 75-летию Победы в Великой Отечественной войне, Томск, 6-10 апреля 2020 г. Т. 2.—Томск, 2020. – 2020. – Т. 2. – С. 289-290.	2	Каштанова П.Д. Павлова А.А.
4	Оценка термодинамических характеристик углеводородов, входящих в состав дизельных фракций, при изменении температуры	Печатная	Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XXI Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков ЛП Кулёва и НМ Кижнера, посвященной 110-летию со дня рождения профессора АГ Стромберга, 21–24 сентября 2020 г., г. Томск. – Томский политехнический университет, 2020. – С. 398-399.	2	Павлова А.А Мамец А.С.
5	Сравнение низкотемпературных свойств дизельных и газойлевых фракций	Печатная	Проблемы геологии и освоения недр: труды XXIV Международного симпозиума имени академика МА Усова студентов и молодых учёных, посвященного 75-летию Победы в Великой Отечественной войне, Томск, 6-10 апреля 2020 г. Т. 2.—Томск, 2020. – 2020. – Т. 2. – С. 307-308.	2	Павлова А.А Мамец А.С. Машнич В.В.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Distributed Properties of Asphaltene Nanoaggregates in Crude Oils: A Review / Murray R. Gray, Harvey W. Yarranton, Martha L. Chacón-Patiño, et al // *Energy & Fuels*. – Vol.35 (22). – **2021**. – P. 18078-18103. DOI: 10.1021/acs.energyfuels.1c01837.
2. Применение метода SARA-анализа для характеристики нефтяных дисперсных систем / Сафина И.Р., Ибрагимова Д.А., Яушев Э.А. и др. // *Вестник Казанского технологического университета*. – 2014. – С.212-213.
3. Состав, свойства, структура и фракции асфальтенов нефтяных дисперсных систем / Галимова Г.А., Юсупова Т.Н., Ибрагимова Д.А., и др. // *Вестник Казанского технологического университета*. -2015. – Т.18. – № 20. – С.60-63.
4. Molecular representation of coal-derived asphaltene based on high resolution mass spectrometry / Yonghong Zhu, Chongpeng Du, Huaan Zheng, et al // *Arabian Journal of Chemistry*. – Vol. 15. – No. 1. P. 103531. – 2022. DOI:10.1016/j.arabjc.2021.103531.
5. Structure of Asphaltenes during Precipitation Investigated by Ultra-Small-Angle X-ray Scattering / Yuan Yang, Wattana Chaisoontornyotin, Michael P. Hoepfner // *Langmuir*. – Vol. 34 (35). – **2018**. – P.10371-10380. DOI: 10.1021/acs.langmuir.8b01873.
6. A review on novel applications of asphaltenes: A valuable waste / Milad Kamkar, Giovanniantonio Natale // *Fuel*. – Vol. 285. – 2021. – P.119272. DOI: 10.1016/j.fuel.2020.119272.
7. Electrical Conductivity and Dielectric Properties of Solid Asphaltenes / Igor N. Evdokimov, Aleksandr P. Losev // *Energy & Fuels*. – Vol. 24 (7). – **2020**. – P. 3959-3969 DOI:10.1021/ef1001887/
8. Brent D. Keller. Emerging electronic materials: thin films of asphaltenes and coal nanoparticles for electronic devices and large area layer controlled 2-

dimensional semiconductor synthesis // Massachusetts Institute of Technology. – 2017. – P. 49-52.

9. Особенности электропроводности и свойств аморфных полупроводников на основе асфальтенов / Доломатов М.Ю., Шуткова С.А., Кавыев А. Г., и др // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – №3. – 2018 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-elektroprovodnosti-i-svoystv-amorfnyh-poluprovodnikov-na-osnove-asfaltenov> (дата обращения: 01.03.2022).

10. RU 2739614 C1 28.12.2020

11. Wauquier J. P. Petroleum Refining // Editions Technip. – Vol. 2. – 2000. – P. 638.

12. Бондаренко Б. И. Альбом технологических схем процессов переработки нефти и газа. М.: Химия, 1983. – 128 с.

13. Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти. Уфа: Гилем, 2002. – 672 с.

14. Войцеховский Б.В., Корма А. Каталитический крекинг. Катализаторы, химия, кинетика. Пер. с англ./ Под ред. Н.С. Печуро. - М.: Химия, 1990. – 152 с.

15. Классификация технологических процессов переработки тяжелых углеводородных остатков / Тараканов Г.В., Нурахмедова А.Ф., Савенкова И.В., и др. // Вестник АГТУ. – 2017. – №1 (63) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klassifikatsiya-tehnologicheskikh-protsessov-pererabotki-tyazhelyh-uglevodorodnyh-ostatkov> (дата обращения: 02.03.2022).

16. Галиуллин Э.А., Фахрутдинов Р.З. Новые технологии переработки тяжелых нефтей и природных битумов // Вестник Казанского технологического университета. – 2016. – №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/novye-tehnologii-pererabotki-tyazhelyh-neftey-i-prirodnih-bitumov> (дата обращения: 02.03.2022).

17. Влияние лазерной обработки на структуру и упругие свойства углерод – углеродных композитов / Кузнецов С. И., Камашев А. В., Петров А. Л., и др // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014. – №1. URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-lazernoy-obrabotki-na-strukturu-i-uprugie-svoystva-uglerod-uglerodnyh-kompozitov> (дата обращения: 03.06.2022).

18. Писарева Т.А., Харанжевский Е.В. Лазерный синтез углеродных наноструктурных материалов для электродов электрохимических конденсаторов // XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии: Тезисы докладов в 5 томах, Екатеринбург, 26-30 сентября 2016 года. Уральское отделение Российской академии наук. – Екатеринбург: Уральское отделение РАН. – 2016. – С. 378.

19. Interaction of femtosecond laser radiation with carbon materials: exfoliation of graphene structures and synthesis of low-dimensional carbon structures / D. Abramov, S. Arakelian, D. Kochuev, et al // NANOSYSTEMS: PHYSICS, CHEMISTRY, MATHEMATICS. – 2016. – No.7 (1). – P. 220–225. DOI: 10.17586/2220-8054-2016-7-1-220-225

20. Laser annealing of amorphous carbon films / E. Cappelli, C. Scilletta, S. Orlando, et al // Applied Surface Science. – 2009. – Vol. 255. – No. 10. – P. 5620-5625. DOI: 10.1016/j.apsusc.2008.10.062

21. Electrical properties of textured carbon film formed by pulsed laser annealing / Naiyun Xu, Hang Tong Edwin Teo, Maziar Shakerzadeh, et al // Diamond and Related Materials. – 2012. – Vol. 23. – P. 135-139. DOI: 10.1016/j.diamond.2012.01.016

22. The correlation between electrical conductivity and second-order Raman modes of laser-reduced graphene oxide / Ma, B., Rodriguez, R.D., Ruban, et al // Physical chemistry chemical physics. – 2019. – Vol. 21 (19). – P. 10125-10134. DOI: 10.1039/c9cp00093c

23. Chapter 3 - Graphene: Synthesis and Preparation / Michio Inagaki, Feiyu Kang, Masahiro Toyoda, et al // Advanced Materials Science and Engineering of Carbon. – 2014. – P. 41-65. DOI: 10.1016/B978-0-12-407789-8.00003-X

24. Paul Bazylewski, Giovanni Fanchini. 1.13 - Graphene: Properties and Applications // Comprehensive Nanoscience and Nanotechnology (Second Edition). – 2019. – Vol.1. – P. 287-304. DOI: 10.1016/B978-0-12-803581-8.10416-3.

25. Monisha Chakraborty, M. Saleem J. Hashmi. Graphene as a Material – An Overview of Its Properties and Characteristics and Development Potential for Practical Applications // Reference Module in Materials Science and Materials Engineering. – 2018. DOI: 10.1016/B978-0-12-803581-8.10319-4.
26. R. Rudrapati. Graphene: Fabrication Methods, Properties, and Applications in Modern Industries // Graphene Production and Application, 2020. – 106 p. DOI: 10.5772/intechopen.92258
27. Liquid-Phase Exfoliation of Graphene: An Overview on Exfoliation Media, Techniques, and Challenges / Xu Y, Cao H, Xue Y, et al // Nanomaterials. – 2018. – Vol. – 8(11). – P. 942. DOI:10.3390/nano8110942
28. Open-atmosphere flame synthesis of monolayer graphene / Hua Hong, Gang Xiong, Zhizhong Dong, et al // Carbon. – 2021. – Vol. 182. – P.307-315. DOI: 10.1016/j.carbon.2021.05.011.
29. Laser Fabrication of Graphene-Based Flexible Electronics / Rui You, Yu-Qing Liu, Yi-Long Hao, et al // Advanced materials. – 2020. –Vol. 32. – No. 15. – P. 1901981. DOI: 10.1002/adma.201901981.
30. Water treatment by new-generation graphene materials: hope for bright future /I. Ali., Omar M.L. Alharbi, Tkachev A., et al // Environmental Science and Pollution Research. – 2018. – Vol. 25. – P. 7315-7329. DOI: 10.1007/s11356-018-1315-9
31. Biomedical Applications of Graphene-Based Structures / Tadyszak K, Wychowaniec J.K., Litowczenko J. // Nanomaterials. – 2018. – Vol. 8(11). – P. 944. DOI:10.3390/nano8110944
32. Fabrication, characterization and applications of graphene electronic tattoos / Kireev, D., Ameri, S.K., Nederveld, A. et al // Nature protocols. – 2021. – Vol. 16. – P. 2395-2417. DOI:1038/s41596-020-00489-8
33. A review of studies using graphenes in energy conversion, energy storage and heat transfer development / Xiaohuan Zhao, Jiaqiang E, Gang Wu, et al // Energy Conversion and Management. – 2019. – Vol. 184. – P. 581-599. DOI: 10.1016/j.enconman.2019.01.092

34. Engineering Graphene Flakes for Wearable Textile Sensors via Highly Scalable and Ultrafast Yarn Dyeing Technique / Shaila Afroj, Nazmul Karim, Zihao Wang, et al // ACS Nano. – 2019. – Vol. 13(4). – P. 3847-3857. DOI: 10.1021/acsnano.9b00319
35. Electronic and Thermal Properties of Graphene and Recent Advances in Graphene Based Electronics Applications / Sang M, Shin J, Kim K. et al // Nanomaterials. – 2019. – Vol. 9(3). – P.374. DOI:10.3390/nano9030374
36. Huang Y., Wan C. Controllable fabrication and multifunctional applications of graphene/ceramic composites // Journal of Advanced Ceramics. – 2020. – Vol. 9. – P. 271-291. DOI: 1.1007/s40145-020-0376-7.
37. ГОСТ 11858-66 Нефть и нефтепродукты. Метод определения содержания асфальто-смолистых веществ. – М.: Издательство стандартов, 1987. – с. 8.
38. ASTM D6560-17 Standard Test Method for Determination of Asphaltenes (Heptane Insolubles) in Crude Petroleum and Petroleum Products, 2017. – P.6.
39. Smith, E., Dent, G. Surface-Enhanced Raman Scattering and Surface-Enhanced Resonance Raman Scattering // Modern Raman Spectroscopy – A Practical Approach, 2004.
40. Schmid T, Dariz P. Raman Microspectroscopic Imaging of Binder Remnants in Historical Mortars Reveals Processing Conditions // *Heritage*. – 2019. – Vol. 2(2). – P.1662-1683. DOI:10.3390/heritage2020102.
41. Bumbrah G.S., Sharma R.M. Raman spectroscopy – Basic principle, instrumentation and selected applications for the characterization of drugs of abuse // Egyptian Journal of Forensic Sciences. – 2016. – Vol. 6. – No. 3. – P. 209-215. DOI: 10.1016/j.ejfs.2015.06.001.
42. Baer D.R, Thevuthasan S. Deposition Technologies for Films and Coatings. – William Andrew Publishing, 2010. – P. 749-864. DOI: 10.1016/B978-0-8155-2031-3.00016-8.

43. Plasma Technologies for Textiles / Neville A., Mather R.R., Wilson J.I.B.
– Woodhead Publishing, 2007. – P. 301-315. DOI: 10.1533/9781845692575.2.301.
44. Solid-Phase Extraction / Bin Hu, Man He, Beibei Chen. – Elsevier, 2020.
– P.235-284. DOI:10.1016/B978-0-12-816906-3.00009-1.
45. X-Ray Photoelectron Spectroscopy Applications / Engelhard M.H.,
Droubay T.C., Du Y. // Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry. – Academic
Press, 2017. – P. 716-724. DOI: 10.1016/B978-0-12-409547-2.12102-X.

