

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

Школа Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология
 Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Флуориметрическая методика для мониторинга состояния нефтяных и водоносных скважин

УДК 622.012.2:543.426

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
9ДМ91	Казачек Роман Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дёрина К.В.	к.х.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Т.Г.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пашков Е.Н.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП 18.04.01 Химическая технология	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОХИ ИШПР	Короткова Е.И.	д.х.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП
18.04.01 Химическая технология

Образовательная программа: Анализ и контроль в химических и фармацевтических производствах

Специализация: Анализ и контроль в химических и фармацевтических производствах

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий
УК(У)-2	способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	способен организовывать и руководить работой команды, выработывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	готовность к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	готовность руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
ОПК(У)-3	способность к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов в соответствии с направлением и профилем подготовки
ОПК(У)-4	готовность к использованию методов математического моделирования материалов и технологических процессов, к теоретическому анализу и экспериментальной проверке теоретических гипотез
ОПК(У)-5	готовность к защите объектов интеллектуальной собственности и коммерциализации прав на объекты интеллектуальной собственности
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	способность организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу, разрабатывать планы и программы проведения научных исследований и технических разработок, разрабатывать задания для исполнителей
ПК(У)-2	готовность к поиску, обработке, анализу, систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик, средств решения задачи
ПК(У)-3	способность использовать современные приборы и методики, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты

ДПК(У)-1	готовность к решению профессиональных производственных задач - контролю технологического процесса, технологических нормативов на расход материалов, к выбору оборудования
ДПК(У)-2	способность строить и использовать математические модели для описания и прогнозирования различных явлений, осуществлять их качественный и количественный анализ
ДПК(У)-3	способность разрабатывать методические и нормативные документы, техническую документацию
ДПК(У)-4	готовность к разработке учебно-методической документации для реализации образовательных программ

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

Школа Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки (специальность) 18.04.01 Химическая технология
 Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2ДМ93	Казачек Роману Сергеевичу

Тема работы:

Флуориметрическая методика для мониторинга состояния нефтяных и водоносных скважин	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	14.04.2021г. №104-36/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объекты исследования:</p> <p>- флуоресцентные красители: эозин Н, флуоресцеин, метиленовый синий</p> <p>Исследования проведены с использованием спектрофлуориметра «Флюорат-02-Панорама» (группа компаний «Льюмэкс», Россия).</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Получить флуориметрический сигнал трассера в пробах воды. 2. Произвести подбор трассера (эозин Н, метиленовый голубой) 3. Произвести подбор рабочих условий измерения, оценить мешающее влияние матрицы объекта (пластовая вода) 4. Оценить метрологические характеристики полученной методики.
--	---

<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Доцент, к. э. н., Рыжакина Татьяна Гавриловна
«Социальная ответственность»	Доцент, к.т.н. ,Пашков Евгений Николаевич
«Английский язык»	Старший преподаватель Асадуллина Лилия Ильгизовна

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

На русском: ГЛАВА 1 Литературный обзор

На английском: Chapter 1 Literature review

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

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дёрина Ксения Владимировна	к.х.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ93	Казачек Роман Сергеевич		

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

Школа Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки (специальность) 18.04.04 Химическая технология
 Уровень образования Магистратура
 Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2019 /2021 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2021
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
26.02.2021	Литературный обзор по теме	20 ...
30.03.2021	Методика эксперимента	40 ...
14.05.2021	Обсуждение результатов	40...

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дёрина К.В.	К.Х.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент профессор ОХИ ИШПР	Короткова Елена Ивановна	Д.Х.Н.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2ДМ93	Казачек Роману Сергеевичу

Школа	ИШПР	Отделение	Отделение химической инженерии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	18.04.01 Химическая технология

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования 	<p><i>Работа с научной литературой, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах</i></p>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив разработки проекта с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения 	<p><i>Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта</i></p>
<ol style="list-style-type: none"> 2. Планирование и формирование бюджета разработки 	<p><i>Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение бюджета научного исследования</i></p>
<ol style="list-style-type: none"> 3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности разработки 	<p><i>Проведение оценки экономической эффективности, ресурсоэффективности и сравнительной эффективности различных вариантов исполнения</i></p>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет проекта
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности разработки

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	31.01.2021
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н.		31.01.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ93	Казачек Роман Сергеевич		31.01.2021

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2ДМ93	Казачек Роману Сергеевичу

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение химической инженерии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	18.04.01 Химическая технология

Тема ВКР:

Флуориметрическая методика для мониторинга состояния нефтяных и водоносных скважин	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объект исследования: флуоресцентные трассеры: флуоресцеин натрия, эозин, метиленовый синий, конго красный</p> <p>Прибор: спектрофлюориметр «Флюорат-02-Панорама»</p> <p>Методика флуоресцентного анализа;</p> <p>Рабочая зона: лаборатория физико-химических методов анализа НИ ТПУ.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</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. 	<ul style="list-style-type: none"> – «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. От 01.04.2019) – ПНДФ 12.13.1-03. «Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения)». – ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования». – ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ «Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования»

<p>2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Работник подвержен воздействию следующих вредных и опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - токсическое влияние химических веществ; - повышенная температура поверхностей оборудования и материалов; - повышенный уровень статического электричества и электромагнитного излучения; - недостаточная освещенность рабочей зоны; - несоответствующие нормативам параметры микроклимата.
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<p>Атмосфера: выбросы загрязняющих веществ, выходящих из вытяжного шкафа; испарения химических реактивов. Гидросфера: попадание красителей и растворителей в сточные воды. Литосфера: загрязнение почвы химическими веществами и красителями.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p>Возможные ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения: выход оборудования из строя; возгорание оборудования; поражение электрическим током; утечка растворов кислоты и щелочи. Наиболее типичной ЧС является пожар</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пашков Евгений Николаевич	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ93	Казачек Роман Сергеевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 107 страниц, 17 рисунков, 32 таблицы, 67 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: флуориметрия, трассеры, флуоресцентные красители, эозин, флуоресцеин, метиленовый синий.

Объектом исследования являются: флуоресцентные красители

Цель работы - разработать методику для мониторинга состояния нефтяных и водоносных скважин с помощью эозина.

В процессе исследования проведен подбор рабочих условий измерения и произведена оценка мешающего влияния. Проведены серии опытов для определения оптимальных условий детектирования эозина, флуоресцеина, метиленового синего.

В результате исследования разработана методика мониторинга с помощью эозина, как альтернативы флуоресцеину. Проведены исследования по подбору типа ведущего трассера, выявлены оптимальные значения концентрации. Доказана линейность градуировочной зависимости (0,1-1 мг/л) и специфичность методики.

Исследования проведены с использованием спектрофлуориметра «Флюорат-02-Панорама» (группа компаний «Люмэкс», Россия). Проведен подбор рабочих условий определения содержания эозина Н в водных средах. Длина волны возбуждения составила 551 нм. Параметры строба: задержка составила 0,7 мкс, длительность – 4,7 мкс. Линейный диапазон зависимости интенсивности флуоресценции от концентрации эозина в кювете составил от 0,001 до 0,01 моль/дм³. Предел обнаружения равен 0,0003 моль/дм³, предел определения равен 0,0001 моль/дм³, предел воспроизводимости составляет 0,0001 моль/дм³. Погрешность определения содержания эозина в воде равна 5%.

Область применения: методика разработана для мониторинга состояния нефтяных и водоносных скважин.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	13
Глава 1. Литературный обзор.....	15
1.1 Наиболее используемые трассеры.....	15
1.2 Преимущества красителей как трассеров.....	16
1.3 Химические и физические характеристики индикаторов красителя	17
1.4 Определение красителей с использованием ПММ матрицы	23
1.5 Флуоресцентные нанопartikelки: первый шаг к интеллектуальным трассировщикам воды.....	27
Глава 2 Экспериментальная часть.....	33
2.1 Оборудование и материалы	33
2.2 Объекты исследования	35
2.3 Реактивы и расходные материалы.....	35
2.4 Приготовление растворов для анализа	35
2.4.1 Приготовление карбонатно-бикарбонатного буферного раствора с рН 9,6..	35
2.4.2 Приготовление раствора эозина концентрации 0,01 М	36
2.4.3 Приготовление раствора флуоресцеина концентрации 0,01 М.....	36
2.4.4 Приготовление раствора метиленового синего концентрации 0,01 М.....	36
2.5 Проведение измерений	36
2.6 Влияние рН и температуры на интенсивность флуоресценции.....	37
2.7 Влияние минерализации.....	38
Глава 3 Результаты проведенного исследования.....	39
3.1 Назначение и область применения методики	39
3.2 Метод измерений	39
3.2.1 Характеристика погрешностей измерения	39
Глава 4. «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».....	42
4.1 Предпроектный анализ	43
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	43
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	43

4.1.3 SWOT-анализ.....	44
4.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	46
4.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования.....	48
4.2 Инициация проекта	48
4.3 Планирование управления научно-техническим проектом.....	50
4.3.1 Иерархическая структура работ проекта	50
4.3.2 План проект	50
4.4 Бюджет научного исследования	53
4.4.1 Организационная структура проекта	58
4.4.2 План управления коммуникациями проекта	59
4.4.3 Реестр рисков проекта	59
4.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности	60
4.5.1 Оценка абсолютной эффективности исследования.....	60
4.5.2 Оценка сравнительной эффективности исследования	65
Глава 5 Социальная ответственность.....	69
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	69
5.2 Производственная безопасность	71
5.2.1 Отклонение показателей микроклимата.....	72
5.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)	73
5.3 Экологическая безопасность.....	75
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	75
5.4.1 Мероприятия по устранению пожара	76
Выводы по разделу:	81
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	82
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА.....	83
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	84
Приложение А	91

ВВЕДЕНИЕ

Контроль разработки скважин в данный момент является важным аспектом в вопросе деятельности добывающих компаний. Одним из наиболее применяемых способов контроля является индикаторный метод. Суть его заключается в закачке определенного объёма жидкости, содержащей индикатор которая методом непрерывной подачи воды, отгоняется вытесняющим агентом. В это время также проводится отбор проб непосредственно из устья добывающей скважины, которые отправляются в лабораторию как на качественный, так и на количественный анализ. Метод является эффективным способом мониторинга состояния нефтяных скважин и скважин добычи питьевой воды. Помимо этого, данную методику можно использовать для обнаружения утечек в тепловых и трубопроводных сетях, изучения потоков грунтовых вод, изучения смешивания и массопереноса жидкостей.

Суть индикаторного метода состоит в контролировании вытеснения исследуемой жидкости (нефть, грунтовые и родниковые воды) нагнетаемой водой и изучения состояния пласта. Данный метод позволяет определить источники загрязнения окружающей среды, поскольку на месторождениях часто происходит насыщение грунтовых вод опасными веществами, используемыми в процессе нефтедобычи. Потому проблема выбора индикатора и поиск новых методов их определения являются актуальными.

Флуоресцентные индикаторы являются наиболее важными из искусственных индикаторов. Они популярны среди гидрологов, использующих индикаторы, из-за их относительной легкости в обращении, кажущегося простым анализом, высокой чувствительности анализа, низкого предела обнаружения и, следовательно, небольшого количества индикатора, необходимого для полевых экспериментов. Основным достоинством флуоресцентных индикаторов является линейность калибровочной кривой на

измерительной шкале, а их уровни токсичности очень низкие по сравнению с другими индикаторными веществами; некоторые совершенно нетоксичны.

Специфика проводимой работы влияет на выбор индикатора. Химический состав пластовой воды, а также необходимость контакта с огромной площадью горной породы предъявляют достаточно жесткие требования к индикаторам. Они должны иметь достаточную растворимость, стойкость своих физико-химических свойств и точность измерений. Также немаловажными факторами являются экологическая безопасность, отсутствие вредного воздействия на персонал, проводящий исследования и адекватная стоимость.

Индикатора, обладающего всеми перечисленными характеристиками, в текущий момент нет. Поэтому используются вещества, наиболее подходящие к представленным требованиям.

Глава 1. Литературный обзор

1.1 Наиболее используемые трассеры

При выполнении исследований используют водорастворимые химические реагенты такие как:

1. Флуоресцентные трассеры: флуоресцеин натрия, динатриевая соль эозина, эритрозин. Этот вид трассеров является безопасным при использовании, а также не наносит экологический ущерб. Наличие разных типов цветов позволяет закачивать от 3-5 и более индикаторов в пласт. Также флуоресцентные трассеры не сорбируются оборудованием и горной породой. Недостатком является частичная растворимость в воде, что может привести к трудностям при их количественном определении.

2. Ионные трассеры: роданистый аммоний, натрий, карбамид, мочевины, нитрат натрия. Преимуществами данных трассеров являются хорошая растворимость в пластовой воде, отсутствие аналогов в природе, экологическая чистота, отсутствие химического взаимодействия с нефтью, устойчивость в пласте.

3. Органические трассеры: спирты (изопропанол, бутанол), изомеры фторбензойной кислоты. Данные трассеры растворяются как в нефти, так и в воде. Недостатками являются высокая стоимость и длительность количественного определения спиртов в анализируемой жидкости (хроматография).

Трассерный метод нашёл широкое применение во многих нефтедобывающих компаниях при исследовании нефтяных пластов. Интерпретация полученных с помощью этого метода данных позволяет сформировать наиболее полное представление о распределении фильтрационных потоков в пласте и его строении. На основании интерпретированных данных делается выбор метода повышения нефтеотдачи пласта. [1]

1.2 Преимущества красителей как трассеров

Флуоресцентные красители имеют ряд преимуществ: они просты в использовании, их недорого покупать и анализировать. Молекулы, протестированные в нефтяных месторождениях, включают флуоресцеин, эозин, родамин и родамин-В. Флуоресцеин термически стабилен и, как правило, не адсорбируется на геотермальных породах-коллекторах. Обладая очень стабильной флюоресценцией, флуоресцеин успешно использовался в карбонатных коллекторах с процентом извлечения 82,1%. Однако флуоресцеин и родамин могут иногда адсорбироваться на породе коллектора, разделяясь с нефтяной фазой и биологически деградировать. Лабораторные испытания показали, что флуоресцеин быстро разлагается выше 260С и был нестабильным при 200°С в присутствии кислорода. В результате этих недостатков применение таких красителей (флуоресцеин, родамин) ограничено трещиноватыми коллекторами с быстрыми прорывами (до 5 дней). Эти химические вещества относительно нетоксичны при низких концентрациях (сверхследы), за исключением родамина-В, который проявляет генотоксические свойства и не рекомендуется для отслеживания воды. Эти красители обнаруживаются на месте с помощью флуориметрии (предел обнаружения при низких уровнях нг / мл (0,3 нг / мл для флуоресцеина), предполагая пренебрежимо малую фоновую флюоресценцию). Однако во время анализа возможны помехи из-за естественной флюоресценции в пласте (нефть и вода). Другой метод, спектрофлуориметрия, позволяет достичь предела обнаружения 10 пг / мл для флуоресцеина. [4]

Красители также легко обнаруживаются колориметрическим методом и УФ (флуоресцеин обнаружен в 0,1–10 м г / мл). В качестве альтернативы этим методам и для достижения LOD на уровне менее пг / мл, Kleimeyer et al. (2001) предложил для гидрологических применений высокоэффективную жидкостную хроматографию (ВЭЖХ) в сочетании с высокочувствительным детектором многоволновой флуоресценции, индуцированным лазером. Может быть обнаружена концентрация флуоресцеина 40 фг / мл. [7]

Для данной работы используют такие вещества как натриевая соль флуоресцеина и эозин. Флуоресцеин натрия водорастворим, не горит, не взрывается, относится к 3-му классу опасности, вызывает раздражение при попадании на кожу и в глаза, а также может вызвать повышенную чувствительность к свету. [4]

Эозин представляет собой бромпроизводное флуоресцеина. Хорошо растворим в воде, этиловом спирте, глицерине, пожаро- и взрывобезопасен. Эозин и его соли считаются безопасными для человека и относятся к 4-му классу опасности. [2]

1.3 Химические и физические характеристики индикаторов красителя

Растворимость

Растворимость индикаторов в воде является важнейшим требованием для индикаторов, используемых для исследования водных потоков в гидрологическом цикле, поскольку индикатор должен быть как можно ближе к характеристикам воды. Поскольку флуоресцентные индикаторы представляют собой органические красители, растворимость почти всех низка, а некоторые даже гидрофобны. К наиболее растворимым трассерам относятся Пиранин, Эозин, Родамин Б, Флуоресцеин, Уранин. [[]]

Их растворимость зависит как от температуры, так и от pH воды. Чем выше pH и температура, тем выше растворимость соединения. Таким образом, чем больше гидрофильных функциональных групп имеет молекула, тем выше ее растворимость в воде. Растворимость вещества обратно пропорциональна адсорбции. Степень растворимости органического соединения в воде зависит от его способности образовывать водородные связи и ван-дер-ваальсовых взаимодействий. Количество растворимого индикатора (г / л) для чистой воды при температуре 20°C следующие: пиранин (178), уранин и эозин (300) и нафтионат (240). Они характеризуются растворимостью от хорошей до очень хорошей. Напротив, растворимость родаминов (3–20 г/л) значительно ниже. Стоит отметить, что как нейтральная молекула флуоресцеин плохо растворяется в воде, но как заряженная молекула (из флуоресцеина натрия-уранина) имеет

очень хорошую растворимость. Растворимость вещества можно повысить, добавив соответствующие химические вещества. Однако каждое химическое добавление в воду в природе представляет собой загрязнение. Поэтому химические вещества следует использовать только в особых случаях, например, в случае экспериментов в ледниках при низких температурах. В полевых экспериментах растворенное количество индикатора может отклоняться от растворимости, измеренной в лаборатории, из-за присутствия солей или других материалов, а также таких факторов, как pH и температура. [9]

Интенсивность флуоресценции - предел обнаружения

Интенсивность флуоресценции следового вещества зависит от его физических свойств, а именно квантового выхода, коэффициента экстинкции и концентрации индикатора. Эта особенность играет решающую роль, поскольку предел обнаружения зависит, с одной стороны, от интенсивности флуоресценции, с которой она положительно коррелирована, а с другой - от фона образца. Из-за более высокого рассеяния на длинах волн в УФ-диапазоне (300–500 нм) фоновая концентрация этих индикаторов в пробе выше и, следовательно, предел обнаружения ниже. В основном это касается нафтионата и пиранина.

Предел обнаружения явно неодинаков для разных измерительных устройств. При использовании современных оптических флуорометров пределы обнаружения флуоресцентных индикаторов в чистой природной воде очень низкие. Пределы применимы для индикаторов, измеряемых в чистой воде с помощью оптически и электронно оптимальных наборов измерений. При использовании оптического флуорометра некоторые из установленных нижних пределов обнаружения не являются ни реалистичными, ни надежными. Применяя передовые методы, такие как HPTLC / AMD (Weiss и другие., 2008 г.) достигаются более низкие пределы обнаружения. Однако затраты и трудоемкий анализ могут значительно ограничить эксплуатационное использование. При анализе проб поверхностных вод или другой неоптически чистой воды важен фон. Следовательно, предел обнаружения может отличаться из-за рассеяния света, вызванного присутствием взвешенных частиц или зелено-голубых

флуоресцентных веществ в природной воде. Чем выше фоновый сигнал, тем ниже предел обнаружения. Чтобы улучшить ситуацию, часто бывает достаточно оставить образец отстояться на ночь, чтобы обеспечить осаждение взвешенного материала. Если требуется фильтрация, используются мембранные фильтры (1 μ) или 0,45 μ фильтров будет достаточно. Интенсивность флуоресценции линейно зависит от концентрации индикатора. Это значительно упрощает измерение флуоресценции. Форма кривых - прямая. Однако линейность действительно только в ограниченном диапазоне концентраций каждого индикатора. Согласно Уилсону (1968), линейность дается до нескольких сотен мг/м³. Обычных трассеров. Käss (1998) заявил, что уранин, например, демонстрирует линейную зависимость, даже до примерно 1000 мг/м³. 3. Опыт работы с современными устройствами показывает, что диапазон линейности меньше. При измерении более высоких концентраций возникает эффект самозатенения (гашение концентрации), который препятствует прямому измерению. Верхняя молекула в случае наложения может реабсорбироваться. В этом случае образец должен быть разбавлен до адекватного диапазона концентраций, либо должны быть прикреплены серые фильтры или меньшие щели для уменьшения возбуждающего света. Благоприятная линейность флуоресценции в широком спектре значительно ниже из-за диапазона измерений флуорометров. Обычно образцы с концентрацией > 20 мг/м³ должны быть разбавлены. [17] Для практических целей рекомендуется всегда разбавлять образцы до диапазона измерений, указанного для используемого устройства. Эффект от этого заключается в том, чтобы гарантировать, что нелинейность более высоких концентраций остается незначительной и устраняется модифицирующий эффект устройства и толщины слоя образца. Вблизи начала координат кривая концентрация/интенсивность не является строго линейной, что вводит неопределенность для очень низких концентраций индикаторов около предела обнаружения. Это фундаментальная проблема, и ее необходимо тщательно рассмотреть. Когда пользователь знакомится с калибровкой флуорометра, это нормально, что после того, как она установлена, калибровка

остаётся действительной в течение длительного времени, а количество необходимых стандартов сокращается. Однако время от времени следует проводить выборочные проверки. Повторная калибровка необходима всякий раз, когда в устройство вносятся изменения; например, после снятия лампы. Нафтионат, эозин и родамины демонстрируют линейность, аналогичную линейности уранина. Предел обнаружения пиранина более сложен из-за сильной зависимости от значения рН и соответствующего влияния на длину волны.

Зависимость от рН

Как упоминалось ранее, изменение рН может изменить чистый заряд молекулы с отрицательного, через нейтральный на положительный, и наоборот. Если среда достигает определенной степени кислотности, протоны разрывают некоторые двойные связи, в результате чего соединения теряют свою флуоресценцию до тех пор, пока концентрация протонов снова не упадет. Вариации значения рН отслеживаемой воды имеют двоякое влияние на флуоресцентные индикаторы: (i) на анализ и (ii) на степень сорбционного сродства индикатора. [26]

Температурная зависимость

Температурная зависимость флуоресцентных индикаторов обычно не вызывает проблем. Интенсивность флуоресценции и температура обратно пропорциональны. В аналитических целях этой зависимостью можно пренебречь при анализе и калибровке, если температура в лаборатории составляет 20 °С и измерение длится не более 30 с. Стандартизация девиантных температур может быть произведена с помощью уравнения:

$$F_s = e^{h(T_s - T)}, \quad (1)$$

где F_s - Флюоресценция при температуре T_s

h - коэффициент, зависящий от трассера ($1/^\circ\text{C}$),

T_s - стандартная температура ($^\circ\text{B}$),

T - температура измерения ($^\circ\text{C}$)

Опять же, продукты разных производителей могут иметь немного другое постоянное значение (h). [5] Для уверенности рекомендуется контрольная

калибровка. Для измерений, проводимых во время испытаний на месте, всегда требуется стандартизованная температура воды 20°C. Это может быть затруднительно во время испытаний, в которых наблюдаются быстрые колебания температуры; например, при испытаниях поверхностных вод.

Химическая и биологическая стабильность

Тушение флуоресценции используется как общий термин для нескольких процессов, вызывающих уменьшение или подавление интенсивности флуоресценции. Молекулы-тушители - это молекулы, которые участвуют в этих процессах и которые либо препятствуют возбуждению молекул, либо переводят излучение возбужденной молекулы обратно в основное состояние. Последнее может происходить, когда возбужденные флуоресцентные молекулы и гасители сталкиваются, и энергия преобразуется в тепловую энергию (динамическое соотношение Штерна–Фольмера), или когда энергия возбуждения передается гасителю за счет резонансной передачи энергии (резонансная передача энергии Фёрстера). Создание комплекса флуоресцентными молекулами и гасителями может ограничивать или прекращать способность флуоресценции (статическое уравнение Штерна–Фольмера) или приводить к изменению цвета (Laitinen, 1960). Состояние с высокой энергией более реактивно, чем базовое состояние [13].

Индикаторы красителя могут быть легко закалены и/или разложены в результате окисления и других химических изменений. Однако окислительные процессы в разной степени влияют на индикаторы красителя. В то время как родамины более устойчивы, другие красители будут необратимо закалены. Следовательно, хлорированная вода не должна использоваться для приготовления калибровочных растворов, а индикаторы красителей не должны использоваться при испытаниях систем водоснабжения с оборудованием для хлорирования или озонирования, если невозможно отобрать пробы перед обработкой (Wilson, 1968; Leibundgut, 1974; Kä ¨ss, 1998).

Соленость также может влиять на флуоресценцию, но обычно в гораздо меньшей степени, чем pH или свет. Высокие концентрации соли уменьшают

сигнал флуоресценции, но не изменяют сам спектр (Андре и Молилари, 1976; Сمارт и Лэйдлоу, 1977; Флури и Вай, 2003). Magal и другие. (2008) сообщил о таком же эффекте для морской воды. В более соленой морской воде сигнал флуоресценции обратно пропорционален солености, и сорбционная способность увеличивается. Например, в воде Мертвого моря интенсивность флуоресценции составляет 10-15% от интенсивности флуоресценции чистой воды. [4]

Химическое тушение может происходить из-за превращения красителя в нефлуоресцентное производное йодата (Gaspar, 1987; Nadi и другие., 1997). Потенциально более проблематичным является тушение флуоресценции или комплексообразование металла, приводящее к снижению флуоресценции или даже к изменению цвета. Более подробное описание этих процессов можно найти в оригинальной литературе, опубликованной Штерном и Фольмером (1919) и Фёрстером (1952, 1982) и другие.

Другой формой гашения флуоресценции является гашение концентрации, которое происходит при очень высоких концентрациях. Тушение вызвано эффектом самозатенения молекул, который снижает интенсивность флуоресценции.

Токсичность и связанные с ней воздействия на окружающую среду

Каждая закачка искусственного индикатора в гидрологическую систему в некотором смысле является загрязнением рассматриваемого водного объекта. Однако в тщательно спланированных и правильно подготовленных экспериментах с индикаторами обычно используются только минимальные количества флуоресцентных индикаторных веществ в диапазоне граммов или максимум килограммов. Таким образом, «загрязнение» обычно терпимо. При подготовке эксперимента с индикатором жизненно важно учитывать национальные правила, относящиеся к экспериментам с индикатором. В некоторых случаях необходимо будет подать официальное заявление. Обычно используемые гидрологические индикаторы интенсивно изучались в нескольких исследованиях. Обобщая результаты, касающиеся человека и экотоксикологии, можно сказать следующее: Уранин безвреден; Эозин, Пиранин и Нафтионат

безвредны. Предполагается, что группа родамина в целом токсична, за исключением амидорамина G и сульфородамина B, которые менее проблемны. При планировании экспериментов с индикаторами необходимо также учитывать, что в будущем могут возникнуть проблемы из-за метаболизма флуоресцентных индикаторов [7].

1.4 Определение красителей с использованием ПММ матрицы

Метод основан на твердофазной экстракции родамина и эозина полиметакрилатной матрицей (ПММ) с последующим их определением в твердой фазе. В данном случае аналитический сигнал записывается одновременно с сохранением аналита на полиметакрилатном носителе. Измерение аналитического сигнала проводили спектрофотометрически в виде оптической плотности ПММ в максимуме полосы поглощения реагентов. [5] Как видно из рисунка 1 при взаимодействии с растворами реагентов пластины ПММ приобретают розовый цвет с максимумом поглощения 540 нм для родамина Ж и 530 нм для эозина Н.

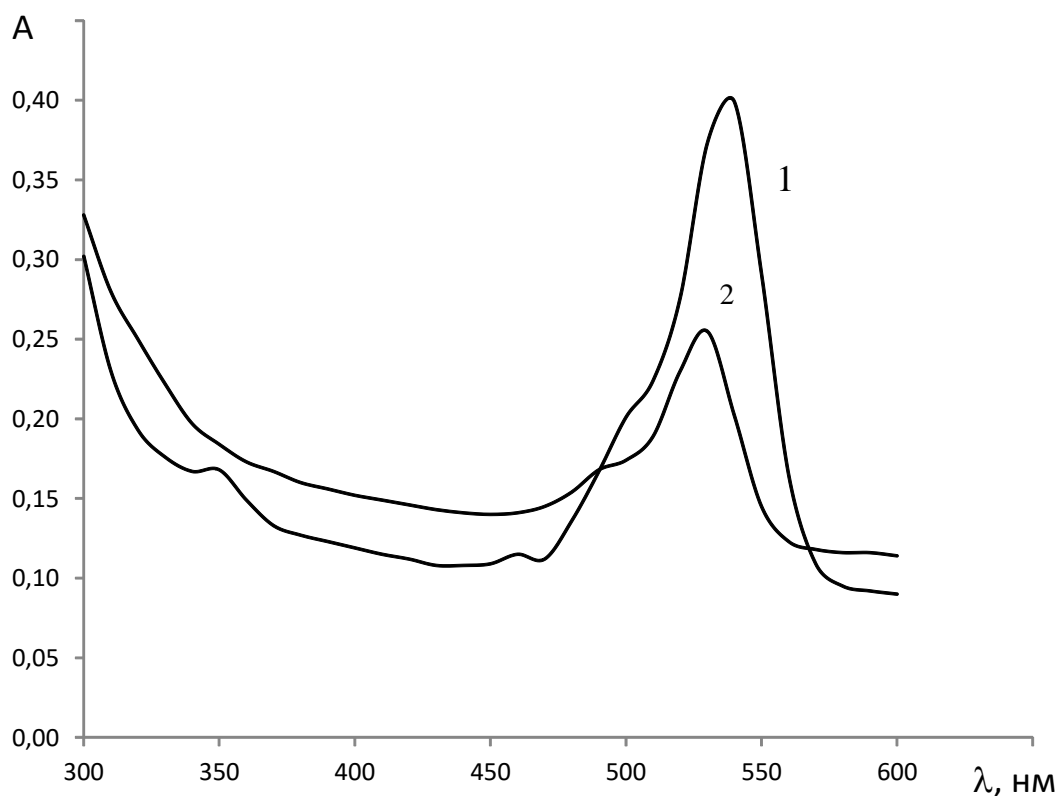


Рисунок 1 – Спектры поглощения флуоресцеина (1) и эозина Н (2) в ПММ

Полиметакрилатную матрицу (ПММ) в виде прозрачной пластины толщиной $(0,60 \pm 0,04)$ мм получали радикальной блочной полимеризацией. Для твердофазной экстракции рекомендуется данный размер пластины, поскольку при увеличении объема ПММ снижается удельная доля экстрагированного вещества, что ухудшает результат определения.

Реактивы.

1. Стандартный раствор родамина Ж с концентрацией 50 мг/л. Для его приготовления 0,0050 г родамина Ж помещали в мерную колбу емкостью 100 мл и доводили объем дистиллированной водой до метки.

2. Стандартный раствор эозина Н с концентрацией 500 мг/л. Для его приготовления 0,0500 г эозина Н помещали в мерную колбу емкостью 100 мл и доводили объем дистиллированной водой до метки.

Подготовка буровой жидкости.

Предоставленную буровую жидкость разделили на воду и густой остаток с помощью делительной воронки. Воду использовали для приготовления растворов реагентов на буровой воде.

Для приготовления **«буровых» растворов реагентов** аликвоты (0,1–2,5 мл) стандартных растворов реагентов наливали в мерную колбу вместимостью 50,0 мл и доводили дистиллированной водой до метки.

Готовые растворы буровой жидкости с известным содержанием реагентов готовили добавлением густого остатка буровой жидкости к приготовленным «буровым» растворам реагентов в конических и плоскодонных колбах.

Экстракция родамина Ж и эозина Н из буровой жидкости.

Экстракцию реагентов ПММ проводили в статическом режиме. Для этого 10 мл бурового раствора реагента встряхивали с ПММ в течение 5 минут. Для этого использовали одноразовые шприцы объемом 20 мл. Внутри шприца помещали пластинку ПММ, затем шприц опускали в модельный раствор буровой жидкости таким образом, чтобы можно было отобрать в основном водную фракцию объемом 10 мл. После отбора впускали небольшое количество

воздуха в шприц для того, чтобы было удобно встряхивать пластинку с анализируемым раствором. После 5-минутного встряхивания анализируемый раствор сливали и вынимали пластинку ПММ, высушивали фильтровальной бумагой и измеряли оптическую плотность при 540 нм для родамина Ж и при 530 нм для эозина Н.

Задачей настоящего изобретения является разработка способа твердофазной экстракции родамина и эозина для последующего спектрофотометрического определения их содержания в водных растворах и эмульсиях.

Решение указанной задачи достигается тем, что в способе твердофазной экстракции, включающий взаимодействие полимерной матрицы со сшитой внутренне структурой с аналитом, последующее ее отделение от раствора и оценку концентрации аналита, отличающийся тем, что в качестве мембраны применяют прозрачную полиметакрилатную матрицу, аналитический сигнал представляют в виде светопоглощения при (530–540) нм, координаты цвета или визуальной оценки интенсивности окраски оптической мембраны, количественную и/или качественную оценку количество экстрагированного аналита (родамин или эозин) проводят по градуировочному графику и/или цветовой шкале, построенных для эталонных концентраций.

Сущность заявляемого способа заключается во взаимодействии ксантеновых красителей (родамина или эозина) с эфирными группами полиметилметакрилата и их экстракцию в полимерную матрицу. При этом матрица приобретает цвет, имеющий в спектре поглощения максимумы при $\lambda=530$ и 536 нм для родамина и эозина соответственно. [17]

Условия взаимодействия ксантеновых красителей с полиметакрилатной матрицей были определены в результате изучения изменения поглощения ($A_{530-540}$) от их концентрации при различном времени контакта с раствором аналита объемом 10–50 мл. Было установлено, что оптимальное рН раствора аналита для экстракции в полиметакрилатную матрицу и образования окраски соответствует 3 – 7. С увеличением времени контакта диапазон линейности зависимости $A_{530-540}$

$540=f(c)$ падает, но при этом возрастает чувствительность определения. Поэтому в качестве условий исследования взаимодействия восстановителей с иммобилизованными индикаторными системами были выбраны время контакта 5 мин и рН растворов в диапазоне 3–7.

Пример 1. Спектрофотометрическое определение родамина в буровой жидкости (водно-углеводородной эмульсии).

Внутрь шприца объемом 20 мл помещали пластинку ПММ, затем шприц опускали в раствор буровой жидкости таким образом, чтобы можно было отобрать в основном водную фракцию объемом 10 мл. После отбора впускали небольшое количество воздуха 2-4 мл в шприц для того, чтобы было удобно встряхивать пластинку с анализируемым раствором. После 5-минутного встряхивания, анализируемый раствор сливали и вынимали пластинку ПММ, высушивали фильтровальной бумагой и измеряли оптическую плотность при 540 нм.

Таблица 1 – Результаты определения родамина Ж в буровой жидкости ($n=3\div 4$, $P=0,95$)

Метод	Введено, мг/л	Найдено, мг/л	s_r	δ , %
Спектрофотометрия	0,70	0,77±0,11	0,09	110
ВЭЖХ	0,70	0,72±0,04	0,04	103

Пример 2. Спектрофотометрическое определение эозина в буровой жидкости (водно-углеводородной эмульсии)

После отбора впускали небольшое количество воздуха 2-4 мл в шприц для того, чтобы было удобно встряхивать пластинку с анализируемым раствором. После 5-минутного встряхивания, анализируемый раствор сливали и вынимали пластинку ПММ, высушивали фильтровальной бумагой и измеряли оптическую плотность при 530 нм для эозина Н.

Таблица 2 – Результаты определения эозина в буровой жидкости ($n=3\div 4$, $P=0,95$)

Метод	Введено, мг/л	Найдено, мг/л	s_r	δ , %
Спектрофотометрия	8,0	7,6±1,6	0,09	95
ВЭЖХ	8,0	7,8±0,4	0,04	98

Пример 3. Визуально-тестовое определение родамина в буровой жидкости (водно-углеводородной эмульсии)

Для визуально-тестового определения родамина получены цветовые шкалы путем сканирования образцов, полученных при построении градуировочных зависимостей. Визуальное тест-определение выполняли аналогично методике, описанной в примере 1, с тем отличием, что после контакта с аналитом поглощение полиметакрилатных матриц не измеряли, а проводили сравнение их окраски с цветовой шкалой (рисунок 2) и полуколичественно определяли концентрацию восстановителей.

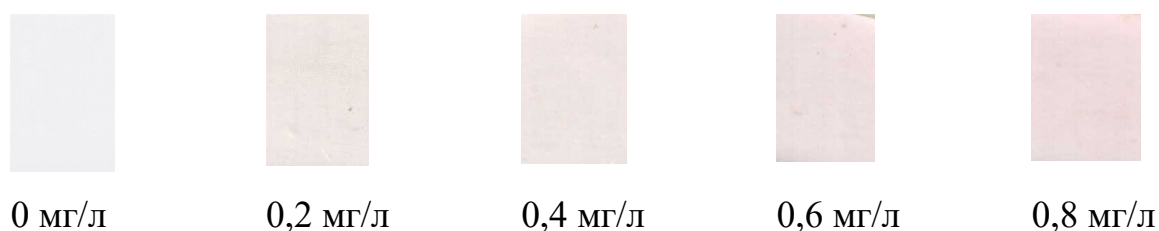


Рисунок 2 – Сравнение окраски с цветовой шкалой

1.5 Флуоресцентные нанопластики: первый шаг к интеллектуальным трассировщикам воды

За пределами общепринятых методов диагностики нефтяных пластов, наноразмерные индикаторы кремнезема представляются как новые мощные инструменты для обнаружения. В последние годы объем и распределение потока в резервуаре оценивались обычными методами (объем, баланс материалов и производительность), но с ограниченными результатами. Это связано с (i) сложностью резервуара и (ii) его моделированием (слишком много приближений). Водохранилище является чрезвычайно сложным в результате всех природных механизмов, действующих при его формировании в геологические времена. Моделирование объемов добываемой жидкости, требует большого количества информации (такой как форма, размер, толщина, пористость, относительная насыщенность нефти, газа и воды и даже

историческая добыча, пластовые давления и т. Д.). По этим причинам нанотрекеры могут преодолеть ограничения традиционных методов определения характеристик пласта, что обеспечивает надежность оценки нефти, предоставляя полезную информацию, собранную непосредственно в пласте. В настоящее время (i) химическое (следы изотопного или ионного состава) или (ii) радиоактивное мечение закачиваемой воды является прямым методом определения характеристик пласта. Например, тесты InterWell Tracer (IWTT) регулярно используются в нефтяной промышленности, демонстрируя положительные перспективы. (Du and Guan 2005). Вкратце, этот метод позволяет собирать информацию о скважинных соединениях и путях подземных потоков. Оценка нефтенасыщенности может быть проведена с использованием Partitioning Interwell Tracer Test (PITT). Информация о насыщенности пластовых флюидов разрабатывается путем анализа двух семейств водных трассеров: (i) пассивных трассеров (которые движутся с той же скоростью, что и закачиваемая вода) и (ii) разделительные трассеры (которые частично растворимы в масле). В сочетании с пассивными индикаторами, разделительные индикаторы позволяют оценить остаточную нефтенасыщенность в зоне контакта (Tang 1991, Tang, 1992, Tang 1995, Wood 1990, Deeds 2000, Dwarakanath 1999, Jin 1995, Jin 1997, Mariner 1999). Использование реагирующего разделителя трассировки также иллюстрируется в тесте одиночных скважинных трассеров (SWTT, Deans 1971, Deans 1980). Однако преимущества широкого применения этих индикаторов при эксплуатации нефти ограничены некоторыми требованиями. В настоящее время каждое семейство трассеров (химических или радиоактивных) обладает преимуществами и имеет ограничения: например, Ограничение регулирования радиоактивных индикаторов может затруднить их применение на местах в некоторых районах. Химические индикаторы, такие как фторбензойные кислоты (FBA), обычно использовались для полевых кампаний по трассировщику из-за их низкого предела количественного определения, но (i) они требуют точного анализа, который не может быть выполнен онлайн или в стандартных лабораториях, и (ii) их ограниченное количество препятствует повторные

кампании по отслеживанию во времени или при повторном закачивании добываемой воды. [28] Само собой разумеется, что на мировом рынке используются индикаторы, которые являются устойчивыми для окружающей среды, нанозонды на основе диоксида кремния представляют собой предпочтительный пример индикаторов по сравнению с радиоактивными элементами.

Получение кремниевых нанобусин и оптическая характеристика

Все большее число ученых и нефтяных компаний участвуют в нанотехнологиях (Pourafshary 2009). Наночастицы разработаны для различных применений в области разработки резервуаров и EOR: стабилизация пены (Zhang 2011), визуализация границы раздела жидкостей (Prodanovic 2010) и стабилизация нефтяных / водных эмульсий (Zhang 2010). Мы разместили наши исследования в области нанотехнологий по разработке нанотрассеров на основе флуоресцентного диоксида кремния, которые минимизируют взаимодействие с пористой средой (в направлении идеального индикатора) (Caldelas 2011, Agenet 2011). Как изображено на рисунке 1, архитектура нанотрассеров состоит из золотого ядра (5 нм), покрытого полисилоксановой матрицей (30-100 нм), которая содержит флуорофоры. Захваченные красители будут выбираться между органическими молекулами (флуоресцеин, родамин, цианин) и редкоземельными (Eu^{3+} , Tb^{3+} , Gd^{3+}) комплексами (DOTA: 1,4,7,10-тетраазациклододекан-1,4,7,10-тетрауксусная кислота, DTPA: диэтилен триаминпентауксусная кислота, TTHA: триэтилен тетрамингексауксусная кислота). Комбинация красителей (количество и природа) в каждой наночастице будет кодирующим признаком трассера (- сумная концепция). Поверхность гранул стабилизируется определенными молекулами силана, такими как глюконамид или полиэтиленгликоль типа PEG, которые обеспечивают транспортные свойства в пористых средах (нано-концепция).

Синтез нанобусин

Наночастицы кремнезема получают в микроэмульсионной системе

(Martini 2009, Martini 2010, Figure 2). Мы наблюдали, что микроэмульсионный метод открывает новые пути для синтеза гибридной структуры, поскольку он позволяет легче контролировать рост частиц от затравки до конечной структуры. Действительно, каждая наночастица коллоида растет в мицеллярном компартменте, и слияние между шариками запрещено. Микроэмульсия представляет собой термодинамически стабильную дисперсию масла и воды, стабилизированную поверхностно-активным веществом и вспомогательным поверхностно-активным веществом. В частности, мы будем использовать обратную микроэмульсию, в которой сферические капли воды диспергированы в непрерывной среде масла (без микроэмульсии вода-в-масле). В настоящее время для синтеза трассера мы выберем четвертичную микроэмульсию без воды, состоящую из смеси тритона X-100 (поверхностно-активное вещество), и-гексанола (со-поверхностно-активное вещество) и циклогексана (масло), после чего добавляем водный раствор. Пропорция количества воды в микроэмульсии, обычно выражаемая в виде отношения R воды к поверхностно-активному веществу, контролирует (i) динамику капель микроэмульсии W/O, (ii) количество семян и (iii) конечный размер частиц. При таком описании становится ясно, что мы будем контролировать морфологию и функциональность частиц посредством (i) соотношения R воды и поверхностно-активного вещества и (ii) последовательности добавления реагентов. В вышеупомянутой микроэмульсионной системе мы сначала сформируем металлическое ядро прямым восстановлением соли Au в присутствии специфического лиганда (MES: 2-меркаптоэтансульфонат натрия) с помощью NaBH_4 . Синтез продолжается последовательными добавлениями предшественников силана, которые содержат определенные красители. После добавления предшественников TEOS (тетраэтоксисилана) и APTES (3-аминопропил) триэтоксисилана последует аммиак, и начнется процесс гидролиза и конденсации. В этой смеси полисилоксановых предшественников флуоресцентные красители ковалентно связаны с формой APTES. Золь-гель реакция продолжается при комнатной температуре в течение 24 часов.

Архитектура ядро-оболочка трассеров будет изменяться по мере необходимости с помощью последовательности добавления реагентов, их количества и их природы. Захваченные красители будут выбираться между органическими молекулами и редкоземельными комплексами в зависимости от применения. Реакция закончится добавлением специфической поверхностной функционализации для обеспечения коллоидной стабильности, состоящей из предшественников силановых смесей, таких как глюконамид или полиэтиленгликоль типа ПЭГ. Микроэмульсия будет разрушена добавлением избытка спиртового раствора (этанол / изопропанол) и / или воды с последующими этапами очистки.

Физическая характеристика

Перед испытаниями на разлитие ядра коллоиды характеризуются для сбора информации о (i) морфологии (размер, полидисперсность, стабильность) и (ii) функциональности (оптические свойства), (i) TEM (JEOL 2010F) и ESEM (FEI XL 30).) аппарат для структурно-морфологической информации; (ii) динамическое рассеяние света (Zetasizer NanoS) для гидродинамического размера, Z-потенциал, стабильность; (iii) UV-Vis спектрометр (Varian Cary 50) для количественного определения краситель - плазмон; стационарный флуоресцентный спектрометр (Hitachi F-2500) и портативный флуоресцентный спектрометр с разрешением по времени (Axint) для анализа квантового выхода; Спектрометр с индуктивно связанной плазмой и оптической эмиссией (ICP-ES Varian 720-ES) для количественного определения диоксида кремния и золота [20].

Флуоресцентная характеристика

Микроэмульсионная система позволяет инкапсулировать флуорофоры различной природы в наночастицы, контролируя их концентрацию и положение. Красители выбираются среди органических видов и металлоорганических комплексов, таких как редкоземельные комплексы. Мы ориентировали работу на два основных направления: (i) снижение отношения сигнал/шум и (ii) кодификация оптического сигнала для интеллектуальных трассировщиков. Для

уменьшения отношения сигнал/шум неорганические редкоземельные комплексы предпочтительно выбирают для инкапсуляции из-за их более длительного времени жизни флуоресценции (обычно в диапазоне микросекунд) по сравнению с диапазоном наносекунд из-за органических соединений. В этом случае «фосфоресцентное» поведение редкоземельного элемента позволяет обнаруживать его с помощью флуоресцентной спектроскопии с временным разрешением. Флуориметрическое обнаружение с временным разрешением широко использовалось в биоанализе (Gudgin Dickson 1995). Рисунок 5 иллюстрирует принцип измерения: образец освещается фиксированной длиной волны в течение короткого периода времени (импульс света). Время задержки после импульса устанавливается перед сбором сигналов флуоресценции (время затвора). Эта замечательная особенность помогает подавить фоновую флуоресценцию органических остатков, содержащихся в сырой нефти, и, следовательно, снизить предел количественного определения трассера (до уровня ppt). Сигналы флуоресценции масляных загрязнений преобладают за короткий период, и их сигналы быстро затухают. Наоборот, редкоземельные комплексы показывают более длинный сигнал времени жизни, и они могут быть обнаружены во временном окне затвора. На фигуре 6 представлен спектр излучения коллоидного раствора наночастиц, содержащего комплексы тербия и молекулы флуоресцеина, диспергированные (концентрация 200 ppt) в синтетической морской воде, содержащей 5% сырой нефти. В случае стандартных измерений флуоресценции (отсутствие времени задержки) флуоресценция, исходящая от соединений сырой нефти, полностью маскирует сигнал от редкоземельного комплекса или органического красителя; тогда как в режиме с временным разрешением (задержка 0,1 мс) показан классический спектр излучения тербия. С помощью этого метода флуоресценции мы можем обнаружить комплексы европия-DOТА с концентрациями до 50 ppt. Специфический кодирующий сигнал возможен путем добавления различных красителей в каждую нанобусину.

Мы также продемонстрировали, что близкое сочетание (расстояние между

красителями <5 нм) органических молекул и неорганических комплексов приводит к интеллектуальному оптическому сигналу частиц (концепция «умнее»). Тот факт, что только флуоресценция органических красителей чувствительна к pH, температуре или остаточному соотношению масло / вода, позволила объединить в нанобусках (i) стабильный комплекс лантаноидов, выступающий в качестве эталона (без влияния флуоресценции на окружающую среду), и (ii) органический краситель. Эта ассоциация флуоресцентных объектов (эффект памяти) может быть проанализирована для понимания физико-химических свойств резервуара. Было проведено несколько испытаний наноразмерных шариков, содержащих комплексы флуоресцеина и европия-DTPA, чтобы показать зависимость флуоресценции трассера от физико-химических условий окружающей среды.

Глава 2 Экспериментальная часть

2.1 Оборудование и материалы

В данной работе был использован спектрофлуориметр «Флюорат-02-Панорама» производства ООО «Люмэкс».

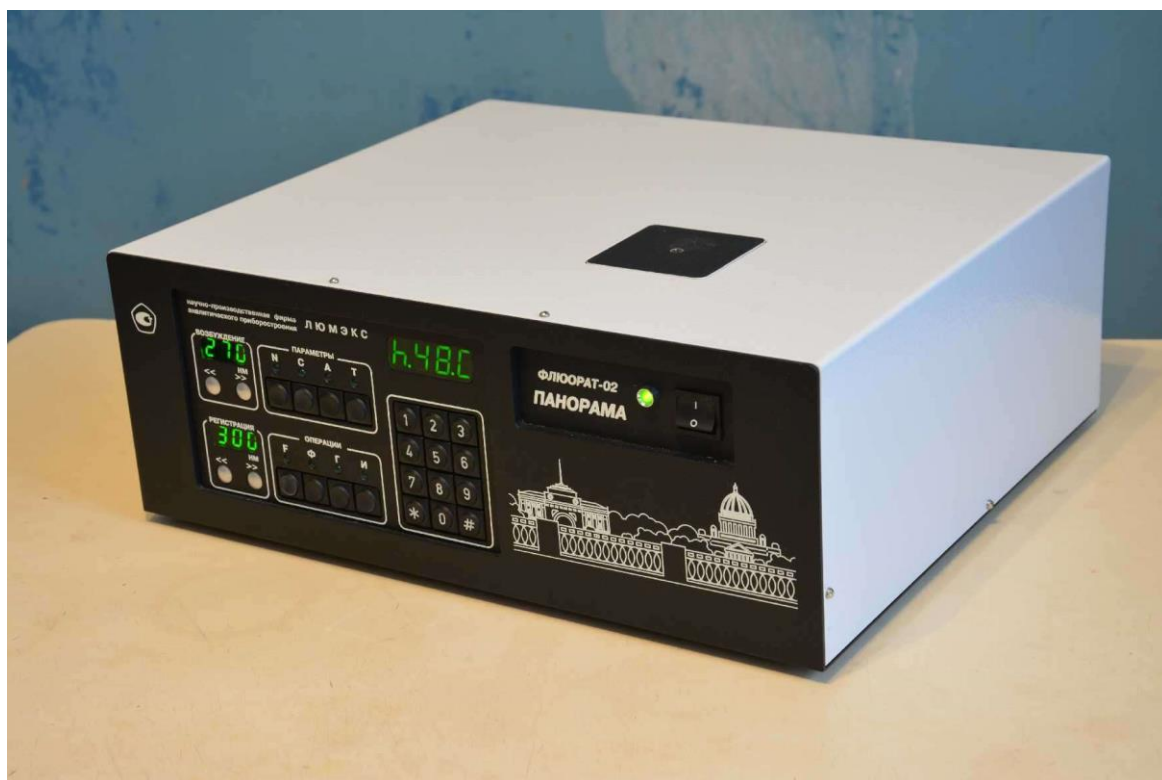


Рисунок 4 - Спектрофлуориметр «Флюорат-02-Панорама»

Спектрофлуориметр «Флюорат-02-Панорама» предназначен для исследования спектров возбуждения и регистрации люминесценции. Прибор используют для измерений массовой концентрации неорганических и органических примесей в воде, а также воздухе, почве, технических материалах в соответствии с методикой выполнения измерений.

Прибор позволяет осуществлять контроль объектов окружающей среды, санитарный контроль, контроль технологических процессов.

Проведен подбор рабочих условий определения содержания эозина Н в водных средах. Длина волны возбуждения составила 551 нм. Параметры строба: задержка составила 0,7 мкс, длительность – 4,7 мкс. Линейный диапазон зависимости интенсивности флуоресценции от концентрации эозина в кювете составил от 0,001 до 0,01 моль/дм³. Предел обнаружения равен 0,0003 моль/дм³, предел определения равен 0,001 моль/дм³, предел воспроизводимости составляет 0,0001 моль/дм³. Погрешность определения содержания эозина в воде равна 5%.

Также в данной работе были использованы весы лабораторные «ГОСТМЕТР ВЛ-124».



Рисунок 5 - Весы лабораторные «ГОСТМЕТР ВЛ-124»

Для проведения эксперимента в данной работе использовалась такая лабораторная посуда как: мерный стакан объёмом 50 см³, мерные колбы объёмом 50, 100 см³, стеклянные стаканы объёмом 20 см³, пластиковые стаканы объёмом 100 см³.

Добавка анализируемых объектов осуществлялась с помощью дозаторов Ленпипет. В работе использованы дозаторы объёмами 1-10 мкл, 100-1000 мкл и 500-5000 мкл. Все дозаторы откалиброваны и поверены согласно инструкции. Для каждого анализа были использованы одноразовые сменные наконечники.

2.2 Объекты исследования

Для разработки флуориметрической методики для мониторинга состояния нефтяных и водоносных скважин объектами исследования служили флуоресцентные красители: эозин Н, флуоресцеин, метиленовый синий. Красители произведены и поставлены фирмой «Вектор 2000».

Объекты анализировались в растворах с максимальной концентрацией 5 мг/дм³.

2.3 Реактивы и расходные материалы

В работе были использованы следующие реактивы и расходные материалы

- Вода дистиллированная ГОСТ 6709 – 72;
- Эозин Н, ч. ТУ 6-09-2464-82;
- Натрий углекислый 10-водный, х.ч. ГОСТ 84-76;
- Натрий углекислый кислый, х.ч. ГОСТ 4201-66;
- Натрия гидроксид, х.ч. ГОСТ 4328-77.

2.4 Приготовление растворов для анализа

2.4.1 Приготовление карбонатно-бикарбонатного буферного раствора с рН 9,6

Растворяют 14,3 г натрия углекислого 10-водного и 8,4 г натрия углекислого кислого в 200-250 см³ дистиллированной воды. Переносят в мерную колбу вместимостью 1000 см³, доводят дистиллированной водой до метки и перемешивают.

2.4.2 Приготовление раствора эозина концентрации 0,01 М

Навеску 0,3483 грамм эозина растворяют в буферном растворе с рН 9,6 по п.4.4.2 в мерной колбе вместимостью 50 см³.

2.4.3 Приготовление раствора флуоресцеина концентрации 0,01 М

Навеску 0,3323 грамм флуоресцеина растворяют в буферном растворе с рН 9,6 по п.4.4.2 в мерной колбе вместимостью 100 см³.

2.4.4 Приготовление раствора метиленового синего концентрации 0,01 М

Навеску 0,3190 грамм метиленового синего растворяют в буферном растворе с рН 9,6 по п.4.4.2 в мерной колбе вместимостью 100 см³.

2.5 Проведение измерений

Полученный раствор вводили в кварцевую кювету и помещали в прибор и проводили анализ в режиме «Синхронное сканирование». Таким образом, были получены диапазоны обнаружения волн эозина Н (рисунок 6) и метиленового синего.

Длина волны возбуждения эозина при синхронном сканировании составила 551 нм. Длина волны возбуждения метиленового синего – 674 нм (рисунок 7).

На основании полученных данных были проведены сканирования по регистрации сигнала люминесценции для разных концентраций растворов флуоресцентных красителей (эозина Н, флуоресцеина, метиленового синего).

Проведя исследования разных концентраций эозина Н при длине волны возбуждения 551 нм в диапазоне от 561 до 650 нм обнаружено, что при увеличении концентрации линейно увеличивается интенсивность сигнала пика (рисунок 8).

Проведя исследования при различных концентрациях в кювете (по регистрации от 684 до 800; длина волны возбуждения – 674нм), наблюдается изменение длины волны испускания при изменении концентрации (рисунок 6). Недостатком использования этого красителя является изменяющаяся длина волны испускания, что может усложнить интерпретацию результатов исследования при проведении потокового исследования в присутствии

«мешающих» пиков, образованных наличием примесей в пластовой или грунтовой воде.

Проведя исследования при различных концентрациях в кювете (по регистрации от 684 до 800; длина волны возбуждения – 674 нм), наблюдается «размывание пика» и присутствие мешающего пика, что также усложняет дальнейшую интерпретацию результатов (рисунок 10).

2.6 Влияние pH и температуры на интенсивность флуоресценции

Изучена зависимость интенсивности флуоресценции от pH буферного раствора (рисунок 11). Видно, что вид кривых зависит и от природы красителя, и от длины волны возбуждающего света. Зависимости, приведенные на рисунке 11, сняты при оптимальной длине волны возбуждения для каждого красителя. Для целей одновременного многокомпонентного определения оптимален ~ pH 9, при котором интенсивность для всех изученных красителей максимальна. В этих условиях флуоресцеин и эозин существуют в форме R2 – имеющей наибольший молярный коэффициент поглощения [17]. Кроме того, флуоресцеин имеет наибольший выход флуоресценции [17]. Квантовый выход флуоресценции эозина уменьшается с ростом pH до 5 (соответствует значению pKa карбоксильной группы эозина, реагент перешел в форму R2⁻), а затем практически не меняется [18]. Для дальнейших исследований использовали буферный раствор с pH 9,18. Влияние концентрации боратного буферного раствора на интенсивность флуоресценции изучено на примере флуоресцеина [17]. Показано, что она практически не влияет на результаты. В дальнейших экспериментах при приготовлении растворов для выполнения измерений в колбу емкостью 50 мл добавляли 5,0 мл буферного раствора.

В процессе работы было изучено влияние температуры на интенсивность сигнала флуоресценции. Для этого растворы красителей подвергали нагреванию с использованием термометра после чего помещали в спектрофлуориметр и проводили сканирование. На рисунке 12 приведен график изменения сигнала флуоресценции с изменением температуры раствора.

2.7 Влияние минерализации

Пластовые воды нефтяных месторождений минерализованы. Влияние концентрации NaCl и CaCl_2 на интенсивность флуоресценции уранина на приборе «Флюорат 02-3М» изучено в работе [30] и показано, что суммарное содержание солей в диапазоне 0,05–0,2 мг/л практически не влияет на интенсивность флуоресценции (тангенс угла наклона градуировочных графиков для дистиллированной воды равен 2,767, а для сильноминерализованной — 2,859). В качестве основных макрокомпонентов пластовая вода содержит Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} и Cl^- . В работе минерализацию пластовой воды моделировали с помощью растворов NaCl (1 мг/мл) и MgCl_2 (0,015 мг/мл). Уравнения градуировочных графиков растворов с добавками солей, приведенные в таблице 3, линейны с коэффициентами корреляции $> 0,9$. Однако различия тангенсов угла наклона градуировочных графиков, построенных с использованием дистиллированной воды и модельных минерализованных растворов, отличаются для всех изученных красителей.

Глава 4. «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-технического исследования, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- организовать работы по научному исследованию;
- осуществить планирование этапов выполнения исследования;
- оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научного исследования;
- рассчитать бюджет проводимого научно-технического исследования;
- произвести оценку социальной и экономической эффективности исследования.

Исследования проводились в лаборатории физико-химических методов анализа, расположенной в аудитории 215 на втором этаже 2-го учебного корпуса Национального Исследовательского Томского Политехнического Университета. Исследование проводилось с целью разработки флуориметрической методики для мониторинга состояния нефтяных и водоносных скважин. В качестве объекта исследования были выбраны красители Эозин, Метиленовый синий и Флуоресцеин.

4.1 Предпроектный анализ

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

В данном проекте сегментами рынка являются:

- Нефтедобывающие компании;
- Научно-исследовательские организации, университеты;
- Учреждения ЖКХ.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

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

В данном научном исследовании изучаются люминесцентные ксантеновых красителей, с целью дальнейшей разработки их количественного определения.

В таблице 1 приведена оценка конкурентов, где Ф – разрабатываемый проект, к1 – исследование, проведенное инженером в научно-исследовательском институте, к2 – исследование, проведенное организацией здравоохранения.

Таблица 1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности	0,14	5	5	4	0,7	0,7	0,56
2. Точность	0,18	4	4	4	0,72	0,72	0,72
3. Скорость	0,15	5	5	3	0,75	0,75	0,45
4. Технологичность	0,15	4	4	4	0,6	0,6	0,6
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,12	5	5	5	0,6	0,6	0,6
2. Цена	0,14	5	5	5	0,7	0,7	0,7
3. Время	0,12	4	4	4	0,48	0,48	0,48
Итого	1	32	32	29	4,55	4,55	4,11

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Основываясь на проведенном анализе конкурентов, можно сказать что проект превосходит конкурентные исследования организацией здравоохранения, что связано с производительностью, а также скоростью разрабатываемого проекта.

4.1.3 SWOT-анализ

SWOT – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта (таблица 2). Применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Анализ проводится в 3 этапа.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Таблица 2 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны С1. Отсутствие подобного исследования на территории области С2. Достаточно высокая точность результатов С3. Распространённость и доступность объектов исследования	Слабые стороны Сл1. Высокая цена Сл2. Погрешность методов анализа
Возможности В1. Расширение сферы участия в проектах, реализуемых в рамках программ ТПУ В2. Появление дополнительного спроса на новую методику	Угрозы У1. Развитие конкуренции У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Интерактивная матрица проекта

	Сильные стороны проекта			
Возможности проекта		С1.	С2.	С3.
	В1.	+	+	+
	В2.	+	+	+
	Слабые стороны проекта			
Возможности проекта		Сл1.	Сл2.	Сл3.
	В1.	-	-	+
	В2.	-	-	+
	Сильные стороны проекта			
Угрозы		С1.	С2.	С3.
	У1.	+	+	-
	У2.	-	-	-
	Слабые стороны проекта			
Угрозы		Сл1.	Сл2.	Сл3.
	У1.	+	0	+
	У2.	-	-	+

В рамках *третьего этапа* должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 4).

Таблица 4 –SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны С1. Отсутствие подобного исследования на территории области С2. Достаточно высокая точность результатов С3. Распространённость и доступность объектов исследования</p>	<p>Слабые стороны Сл1. Высокая цена Сл2. Погрешность методов анализа Сл3. Для реализации исследования необходимо привлечение большого массива информации</p>
<p>Возможности В1. Расширение сферы участия в проектах, реализуемых в рамках программ ТПУ В2. Появление дополнительного спроса на новую методику</p>	<p>Введение метода в вузы для обучения; Дополнительный спрос может появиться за счет универсальности исследования.</p>	<p>Высокая стоимость всех реактивов и вспомогательных инструментов для анализа.</p>
<p>Угрозы У1. Развитие конкуренции У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства</p>	<p>Создание конкурентоспособного проекта.</p>	<p>При задержках в сроках поставок используемых материалов и одновременном развитии конкуренции технологии производства есть риски потери занятой ниши рынка.</p>

4.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого заполнена специальную форму, содержащая показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта (таблица 5).

Таблица 5 – Оценка степени готовности проекта к коммерциализации

Наименование	Степень проработанности и научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	5	5

Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	5
Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	3
Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	1
Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	1
Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	1	1
Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	4	2
Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	3
Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	5	3
Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	3	2
Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	5	4
Имеется команда для коммерциализации научной разработки	5	3
Проработан механизм реализации научного проекта	5	3
ИТОГО БАЛЛОВ	59	42

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i$$

где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i -му показателю.

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. В итоге получилось, что разработка является перспективной, уровень имеющихся знаний у разработчика средний.

4.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Для коммерциализации результатов, проведенного исследования будут использоваться следующие методы: инжиниринг и передача интеллектуальной собственности. Инжиниринг будет предполагать предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием, строительством и вводом объекта в эксплуатацию, с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика. Передача интеллектуальной собственности будет производиться в уставной капитал предприятия или государства. Данные методы коммерциализации будут наиболее продуктивными в отношении данного проекта.

4.2 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать, и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта (таблица 6).

Таблица 6 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
НИ ТПУ	Выпуск высококвалифицированных специалистов
Нефтедобывающие компании	Получение новой методики трассерных исследований

В таблице 7 представлена иерархия целей проекта и критерии достижения целей.

Таблица 7 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Разработка флуориметрической методики для мониторинга состояния нефтяных и водоносных скважин
----------------------	---

Ожидаемые результаты проекта:	Рабочая методика для мониторинга состояния нефтяных и водоносных скважин
Критерии приемки результата проекта:	Разработать методику для мониторинга состояния нефтяных и водоносных скважин
Требования к результату проекта:	Требование:
	Подготовить пробы для анализа в лаборатории;
	Провести анализ;
	Провести обработку полученных данных;
	Определить количественно содержание активного вещества в пробе

В таблице 8 представлена организационная структура проекта (роль каждого участника, их функции, трудозатраты).

Таблица 8 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатрат, час.
1.	Дёрина К.В., к.х.н. Доцент	Руководитель проекта	Консультирование, координация деятельности, определение задач, контроль выполнения.	600
2.	Казачек Р.С., магистрант ОХИ ИШПР	Исполнитель по проекту	Анализ литературных источников, отбор проб, пробоподготовка, анализ лабораторных данных, написание работы	1600
ИТОГО:				2200

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» – параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованы в рамках данного проекта (таблица 9).

Таблица 9 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	2050716,8
3.1.1. Источник финансирования	НИ ТПУ
3.2. Сроки проекта:	01.09.2019-31.05.2021
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	15.09.2019

4.3 Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

План управления научным проектом должен включать в себя следующие элементы:

- иерархическая структура работ проекта;
- контрольные события проекта;
- план проекта;
- бюджет научного исследования.

4.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта (рисунок 1).



Рисунок 13 – Иерархическая структура работ








4.3.2 План проект


В рамках планирования научного проекта построены календарный график проекта (таблица 10, 11).


Таблица 10– Календарный план проекта

Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
Утверждение темы магистерской диссертации	7	01.09.19	07.09.19	Казачек Р.С., Дёрина К.В..
Согласование плана работ	7	08.09.19	15.09.19	Казачек Р.С., Дёрина К.В..
Литературный обзор	15	16.09.19	31.10.19	Казачек Р.С.
Получение экспериментальных данных (без учета месяцев в дистанционном формате и летних каникул)	213	1.11.2019	31.10.2020	Казачек Р.С.
Обработка полученных данных и обсуждение результатов	61	01.11.20	31.12.20	Казачек Р.С., Дёрина К.В..
Написание отчета	120	1.02.21	31.05.21	Казачек Р.С.
Итого:			423	

Таблица 11 – Календарный план график проведения НИОКР

Наименование этапа	Т, дней	2019				2020								2021										
		Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май		
Утверждение темы магистерской диссертации	7																							
Согласование плана работ	7																							
Литературный обзор	15																							
Получение экспериментальных данных	213																							
Обработка полученных данных и обсуждение результатов	61																							
Написание отчета	162																							

 - Казачек Р.С.

 - Казачек Р.С. Дёрина К.В.

4.4 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты сгруппированы по статьям. В данном исследовании выделены следующие статьи:

1. Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты;
2. Специальное оборудование для научных работ;
3. Заработная плата;
4. Отчисления на социальные нужды;
5. Накладные расходы.

Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов). В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме (таблица 12).

Таблица 12 – Расчет затрат по статье «Сырье и материалы»

Наименование	Количество, шт	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Тетрадь	1	40,0	40,0
Ручка шариковая	2	31,0	62,0
Ластик	1	10,0	10,0
Печать	150	1,5	225,0
Флакон пенициллиновый, 10 мл	10	2,5	25,0
Мерные колбы на 25 см ³	3	37,0	111,0
Дозатор пипеточный	1	2500,0	2500,0
Фильтровальная бумага	1	170,0	170,0
Ацетонитрил	1	467,0	467,0
Итого по статье			3610,0

Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ. В данную статью включены все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по теме НИР (таблица 13).

Таблица 13 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Компьютер (НР)	1	30000,0	30000,0
2	Программное обеспечение MicrosoftOffice	1	5990,0	5990,0
3	Спектрофлюориметр «Флюорат-02-Панорама»	1	753000,0	753000,0
4	Весы аналитические	1	44600,0	44600,0
Итого, руб.:				833590,0

Расчет основной заработной платы. В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 14.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{раб}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб.дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 48 раб.дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн.

Расчет заработной платы научно – производственного и прочего персонала проекта проводили с учетом работы 2-х человек – научного руководителя и исполнителя. Баланс рабочего времени исполнителей представлен в таблице 14.

Таблица 14 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистрант
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	34	34
- праздничные дни	22	22
Потери рабочего времени		
- отпуск	56	28
- невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени (в учет берется только 5 месяцев, отведенное на дипломную работу)	253	281

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \text{ где}$$

$Z_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент (определяется Положением об оплате труда);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок;

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

При расчете заработной платы научно-производственного и прочего персонала проекта учитывались месячные должностные оклады работников, которые рассчитывались по формуле:

$$Z_m = Z_b * K_p, \text{ где}$$

Z_b – базовый оклад, руб.;

K_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Согласно информации сайта Томского политехнического университета, должностной оклад (ППС) доцента кандидата наук в 2020 году без учета РК составил 33664 руб. Расчет основной заработной платы приведен в таблице 15.

Таблица 15 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Z_b ,руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m ,руб	$Z_{дн}$,руб.	T_p ,раб. дн.	$Z_{осн}$,руб.
Руководитель	33664	1	0,02	1,3	43763	1799	253	455147
Магистрант	1923	-	-	1,3	2500	92,5	281	25992,5

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала. В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{доп} = Z_{осн} * k_{доп}, \text{ где}$$

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{доп}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$Z_{осн}$ – основная заработная плата, руб.

В таблице 16 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 16 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Магистрант
Основная зарплата	455147	25992,5
Дополнительная зарплата	45514,7	2599,25
Итого по статье С_{зп}	500661,7	28591,75

Отчисления на социальные нужды. Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \text{ где}$$

$k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчисления на уплату во внебюджетные фонды.

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст. 58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%. Стипендиальные выплаты студентам, магистрам и аспирантам не облагаются налогом.

Отчисления на социальные нужды составляют:

$$C_{\text{внеб}} = 0,3 * (455147 + 45514,7) = 150198,5 \text{ рублей}$$

Научные и производственные командировки. В эту статью включаются расходы по командировкам научного и производственного персонала, связанного с непосредственным выполнением конкретного проекта, величина которых принимается в размере 10% от основной и дополнительной заработной платы всего персонала, занятого на выполнении данной темы.

Затраты на научные и производственные командировки составляют 4811,4 руб.

Накладные расходы. Расчет накладных расходов провели по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = K_{\text{накл}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,8 * (500661,7 + 28591,75) = 529253,45$$

где $K_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов принят 0,8.

Таким образом, затраты проекта составляет **2050716,8**, которые приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Затраты научно-исследовательской работы

Вид исследования	Затраты по статьям							
	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Доп-ая заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Науч. И произв. Командировки	Накладные расходы	Итого плановая себестоимость
Данное исследование	3610	833590	481139,5	48113,95	150198,5	4811,4	529253,45	2050716,8
Аналог	5000	900000	500000	50000	160000	10000	500000	2125000

4.4.1 Организационная структура проекта

Данный проект представлен в виде проектной организационной структуры. Проектная организационная структура проекта представлена на рисунке 2.

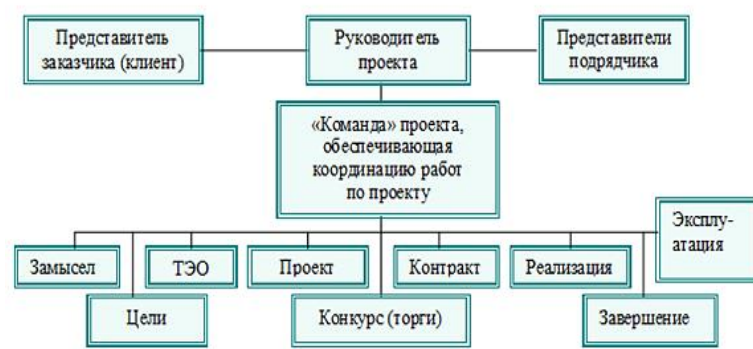


Рисунок 14 – Проектная структура проекта

4.4.2 План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта (таблица 19).

Таблица 19 – План управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1	Статус проекта	Исполнитель проекта	Руководителю проекта	Ежемесячно (конец месяца)
2	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель проекта	Руководителю проекта	Ежемесячно (конец месяца)
3	Документы и информация по проекту	Руководитель проекта	Ответственному лицу по направлению	Не позже сроков графиков и к. точек
4	О выполнении контрольной точки	Исполнитель проекта	Руководителю проекта	Не позже дня контрольного события по плану управления

4.4.3 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты.

Информация по возможным рискам сведена в таблицу 20.

Таблица 20 – Реестр рисков

№	Риск	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска*	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Технический	3	5	высокий	Повышение требований, проработка технологии	Неисправность оборудования
2	Организационный	5	5	высокий	Финансирование проекта, расстановка приоритетов	Нехватка ресурсов

3	Управление проектом	1	4	низкий	Долгосрочное планирование	Некомпетентное управление
---	---------------------	---	---	--------	---------------------------	---------------------------

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

4.5.1 Оценка абсолютной эффективности исследования

В основе проектного подхода к инвестиционной деятельности предприятия лежит принцип денежных потоков. Особенностью является его прогнозный и долгосрочный характер, поэтому в применяемом подходе к анализу учитываются фактор времени и фактор риска. Для оценки общей экономической эффективности используются следующие основные показатели:

- чистая текущая стоимость (NPV);
- индекс доходности (PI);
- внутренняя ставка доходности (IRR);
- срок окупаемости (DPP).

Чистая текущая стоимость (NPV) – это показатель экономической эффективности инвестиционного проекта, который рассчитывается путём дисконтирования (приведения к текущей стоимости, т.е. на момент инвестирования) ожидаемых денежных потоков (как доходов, так и расходов).

Расчёт NPV осуществляется по следующей формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{опt}}{(1+i)^t} - I_0$$

где ЧДП_{опt} – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

I_0 – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

t – номер шага расчета ($t = 0, 1, 2 \dots n$)

n – горизонт расчета;

i – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

Расчёт NPV позволяет судить о целесообразности инвестирования денежных средств. Если $NPV > 0$, то проект оказывается эффективным.

Расчет чистой текущей стоимости представлен в таблице 21. При расчете рентабельность проекта составляла 20 %, амортизационные отчисления 10 %.

Таблица 21 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Выручка от реализации, руб.	0	2460860,2	2460860,2	2460860,2	2460860,2
2	Итого приток, руб.	0	2460860,2	2460860,2	2460860,2	2460860,2
3	Инвестиционные издержки, руб.	-2050716,8	0	0	0	0
4	Операционные затраты, руб.	0	1422198,5	1422198,5	1422198,5	1422198,5
5	Налогооблагаемая прибыль	0	1038661,7	1038661,7	1038661,7	1038661,7
6	Налоги 20 %, руб.	0	207732,3	207732,3	207732,3	207732,3
7	Чистая прибыль, руб.	0	830929,4	830929,4	830929,4	830929,4
8	Чистый денежный поток (ЧДП), руб.	-2050716,8	1036001,1	1036001,1	1036001,1	1036001,1
9	Коэффициент дисконтирования (КД)	1	0,833	0,694	0,578	0,482
10	Чистый дисконтированный денежный поток (ЧДД), руб.	-2050716,8	862988,9	718984,8	598808,6	499352,5
11	\sum ЧДД		2680134,7			
12	Итого NPV, руб.		629417,9			

Коэффициент дисконтирования рассчитан по формуле:

$$КД = \frac{1}{(1 + i)^t}$$

где: –ставка дисконтирования, 20 %;

t – шаг расчета.

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{оп,t}}{(1+i)^t} - I_0 = \sum_{t=1}^n ЧДД - I_0 = 629418; \quad \text{условие эффективности } NPV > 0$$

соблюдается

Индекс доходности (PI) – показатель эффективности инвестиции, представляющий собой отношение дисконтированных доходов к размеру инвестиционного капитала. Данный показатель позволяет определить инвестиционную эффективность вложений в данный проект. Индекс доходности рассчитывается по формуле:

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_t}{(1+i)^t} / I_0$$

где: ЧДД - чистый денежный поток, руб.;

I_0 – начальный инвестиционный капитал, руб.

Таким образом PI для данного проекта составляет:

$$PI = \frac{2680134,8}{2050716,8} = 1,31$$

Так как $PI > 1$, то проект является эффективным.

Внутренняя ставка доходности (IRR). Значение ставки, при которой обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или IRR. Формальное определение «внутренней ставки доходности» заключается в том, что это та ставка дисконтирования, при которой суммы дисконтированных притоков денежных средств равны сумме дисконтированных оттоков или =0. По разности между IRR и ставкой дисконтирования i можно судить о запасе экономической прочности инвестиционного проекта. Чем ближе IRR к ставке дисконтирования i , тем больше риск от инвестирования в данный проект.

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования (i) существует обратная зависимость. Эта зависимость представлена в таблице 22 и на рисунке 3.

Таблица 22 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	NPV, руб.
1	Чистые денежные потоки, руб.	- 2050716,8	1036001,1	1036001,1	1036001,1	1036001,1	
2	Коэффициент дисконтирования						

	0,1	1	0,909	0,826	0,751	0,683	
	0,2	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
	0,3	1	0,769	0,592	0,455	0,350	
	0,4	1	0,714	0,510	0,364	0,260	
	0,5	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	0,6	1	0,625	0,390	0,244	0,153	
	0,7	1	0,588	0,335	0,203	0,112	
	0,8	1	0,556	0,309	0,171	0,095	
	0,9	1	0,526	0,277	0,146	0,077	
	1	1	0,500	0,250	0,125	0,062	
3	Дисконтированный денежный поток, руб.						
	0,1	- 2050716, 8	941725,0	855736,9	778036,8	707588,8	1232370,7
	0,2	- 2050716, 8	862988,9	718984,8	598808,6	499352,5	629418,0
	0,3	- 2050716, 8	796684,8	613312,7	471380,5	362600,4	193261,6
	0,4	- 2050716, 8	739704,8	528360,6	377104,4	269360,3	-136186,8
	0,5	- 2050716, 8	691012,7	459984,5	305620,3	205128,2	-388971,0
	0,6	- 2050716, 8	647500,7	405076,4	252784,3	158508,2	-586847,2
	0,7	- 2050716, 8	609168,6	358456,4	211344,2	124320,1	-747427,4
	0,8	- 2050716, 8	576016,6	320124,3	177156,2	98420,1	-878999,6
	0,9	- 2050716, 8	544936,6	286972,3	151256,2	79772,1	-987779,7

	1,0	-2050716,8	521108,6	262108,3	131572,1	66304,1	-1069623,8
--	-----	------------	----------	----------	----------	---------	------------

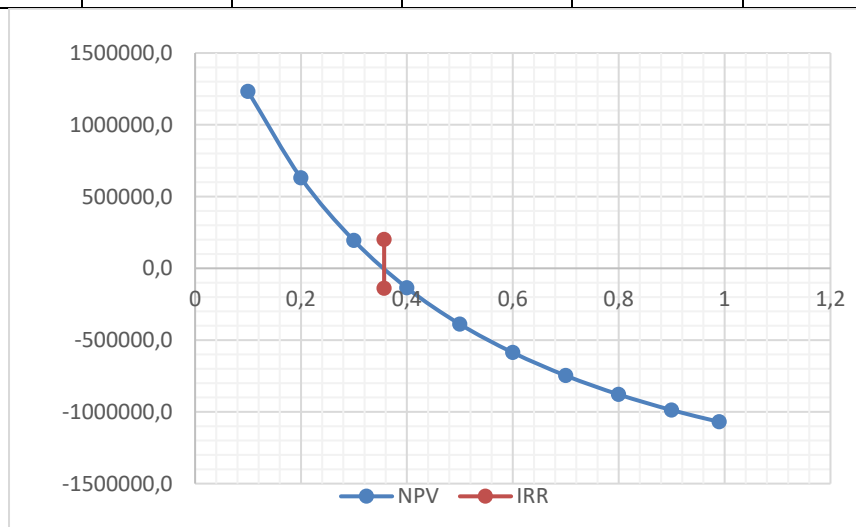


Рисунок 15 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 0,357.

Запас экономической прочности проекта: $35,7\% - 20\% = 15,7\%$

Дисконтированный срок окупаемости. Как отмечалось ранее, одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разной ценности денег во времени. Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости. То есть это время, за которое денежные средства должны совершить оборот. Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (таблица 23).

Таблица 23 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Дисконтированный чистый денежный поток (i=0,20), руб.	-2050716,8	862988,9	718984,8	598808,6	499352,5
2	То же нарастающим итогом, руб.	-2050716,80	-1187727,9	-468743,1	130065,5	629418,0
3	Дисконтированный срок окупаемости	$PP_{дск} = 2 + (468743,1 / 598808,6) = 2,7$ года				

Социальная эффективность научного проекта учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населения или групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты (таблица 24).

Таблица 24 – Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
Отсутствие готовой методики для мониторинга состояния скважин с помощью эозина	Разработана флуориметрическая методика состояния нефтяных и водоносных скважин

4.5.2 Оценка сравнительной 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 получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу

расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по следующей формуле:

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

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в разгах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

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.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в форме таблицы (таблице 25).

Таблица 25 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

ПО Критерий	Весовой коэффициент параметра	Флуориметрия	Спектрофотометрия	ПМР
1.Рост производства	0,1	5	4	3
2. Удобство в эксплуатации	0,1	5	5	3
3. Цена	0,2	5	4	3
4. Энергосбережение	0,2	4	4	4
5. Надежность	0,2	4	4	3
6. Материалоемкость	0,2	5	5	4
ИТОГО	1	28	26	20

$$I_{\text{Флуор}} = 0,1 \times 5 + 0,1 \times 5 + 0,2 \times 5 + 0,2 \times 4 + 0,2 \times 4 + 0,2 \times 5 = 4,6$$

$$I_{\text{Спектр}} = 0,1 \times 4 + 0,1 \times 5 + 0,2 \times 4 + 0,2 \times 4 + 0,2 \times 4 + 0,2 \times 5 = 4,3$$

$$I_{\text{ПМР}} = 0,1 \times 3 + 0,1 \times 3 + 0,2 \times 3 + 0,2 \times 4 + 0,2 \times 3 + 0,2 \times 4 = 3,4$$

Интегральный показатель эффективности разработки ($I_{\text{финр}}^p$) и аналога ($I_{\text{финр}}^a$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\text{ф}}^p}; \quad I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_{\text{ф}}^a}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a}$$

где: $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ – сравнительная эффективность проекта;

$I_{\text{финр}}^p$ – интегральный показатель разработки;

$I_{\text{финр}}^a$ – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности. Наглядно данное сравнение представлено в таблице 26.

Таблица 26 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Флуориметрия	Спектрофотометрия	ПМР
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,9	1,03	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,6	4,3	3,4
3	Интегральный показатель эффективности	5,1	4,1	3,4
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,2	0,8	0,6

Вывод: Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять, что разработанный вариант проведения проекта является наиболее эффективным при решении поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности. В ходе выполнения раздела финансового менеджмента определена чистая текущая стоимость, (NPV), равная 629418,0руб.; индекс доходности PI=1,31; внутренняя ставка доходности IRR=35,7 %, срок окупаемости РР_{дск}=2,7 года. Таким образом мы имеем перспективный, но слабоэффективный проект с низким запасом финансовой прочности и долгим сроком окупаемости.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА

1. Казачек Р.С. Оценка влияния люминофоров на микрофлору кишечника / Казачек Р.С. // Материалы XXI Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков Л.П. Кулёва и Н.М. Кижнера, посвященной 110-летию со дня рождения профессора А.Г. Стромберга: сборник тезисов докладов, 21-24 сентября 2020 г., г. Томск / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2020. – 261 с.

2. Казачек Р.С. Флуориметрическая методика для мониторинга состояния шахт / Казачек Р.С., Дёрина К.В. // Материалы XXII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков Л.П. Кулёва и Н.М. Кижнера, посвященной 125-летию со дня основания Томского политехнического университета. В 2 томах. Том 1: сборник тезисов докладов, 17-20 мая 2021 г., г. Томск / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2021. - 299 ст.