

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



Институт электронного обучения
 Направление подготовки (специальность) «Химическая технология природных
 энергоносителей и углеродных материалов»
 Кафедра Химической технологии топлива и химической кибернетики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Биологически активные соединения в липидах торфов различных природно-климатических зон Западной Сибири

УДК

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д23	Власова Анна Евгеньевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент кафедры ХТТ и ХК	Дучко М.А.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры менеджмента	Рыжакина Т.Г.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент Кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Немцова О.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ХТТиХК	Юрьев Е.М.	к.т.н, доцент		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ООП 18.03.01)

Планируемые результаты обучения

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

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт электронного обучения
Направление подготовки (специальность) «Химическая технология природных
энергоносителей и углеродных материалов»
Кафедра Химической технологии топлива и химической кибернетики

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) Юрьев Е. М.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Д23	Власова Анна Евгеньевна

Тема работы:

Биологически активные соединения в липидах торфов различных природно-климатических зон Западной Сибири	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	30.01.2017 г., № 2316/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:	25 мая 2017 г.
--	-----------------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <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>	Объекты исследования: 3 образца болотных растений, а также 6 образцов торфа болот Тёмное, Средне-Васюганское и Пангоды.
---	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <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>	1) Введение: актуальность исследования органических соединений торфа. 2) Аналитический обзор: краткое описание процесса образования торфа, характеристика н-алканов, би-, три-, тетра- и пентациклических изопреноидов, газовая хроматография-масс спектрометрия как метод исследования торфа. 3) Экспериментальная часть: характеристика болот Тёмное, Средне-Васюганское, Пангоды, пробоподготовка торфа методом экстракции, условия хроматографирования, обработка хроматограмм. 4) Результаты и их обсуждение. 5) Заключение. 6) Список используемой литературы.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Результаты исследований (таблицы, графики).
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Т.Г., к.э.н., доцент кафедры менеджмента
Социальная ответственность	Немцова О.А., ассистент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	06 февраля 2017 г.
--	----------------------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ХТТ и ХК	Дучко М.А.			06.02.2017 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-2Д23	Власова Анна Евгеньевна		06.02.2017 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 92 страницы, 23 таблицы, 14 рисунков и 44 литературных источника.

Ключевые слова: торф, н-алканы, терпеноиды, стероиды, газовая хромато-масс спектрометрия.

Объектом исследования являются 3 образца болотных растений, а также 6 образцов торфа болот Тёмное, Средне-Васюганское и Пангоды.

Целью данной работы было определение влияния температуры окружающей среды и ботанического состава торфа на суммарное содержание в нем н-алканов и биологически активных соединений – стероидов и циклических изопреноидов, а также на распределение н-алканов.

В работе проводилась экстракция липидов торфа органическими растворителями и анализ группового и индивидуального состава компонентов торфа (стероидов, терпеноидов и токоферолов) методом газовой хромато-масс спектрометрии.

Область применения: полученные результаты могут использоваться для оценки качества торфа с точки зрения его использования в качестве сырьевой базы в химической промышленности, сельском хозяйстве и медицине.

Экономическая эффективность работы: выбор торфов с максимальным содержанием биологически активных соединений является важной и актуальной задачей.

Основными потребителями результатов этого исследования являются предприятия, использующие торф в качестве сырья для производства лекарственных средств и биологически-активных добавок.

Планируется провести анализ залежей торфа других месторождений для исследования химического состава.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	7
1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	9
1.1. Процесс образования торфа	9
1.2. Характеристика n-алканов, би-, три-, тетра- и пентациклических изопреноидов	13
1.3 Газовая хромато-масс спектрометрия как метод исследования торфа	23
2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	29
2.1. Общая характеристика исследуемых объектов	29
2.2.Методика проведения работы	31
3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	35
3.1Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований.	35
3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	35
3.1.2 Анализ конкурентных технических решений	36
3.1.3SWOT-анализ	37
3.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований.....	41
3.2.1.Составление перечня работ.....	41
3.3 Определение трудоемкости работ	43
3.4 Построение графика работ	46
3.5 Бюджет научного исследования	48
3.5.1 Расчет материальных затрат НТИ	48
3.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.....	50
3.5.3Расчет заработной платы исполнителей темы	51
3.5.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	53
3.5.5 Накладные расходы	54
3.5.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	55
3.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	56

ВВЕДЕНИЕ

Торф является ценным сырьем для переработки, его качество определяется составом и свойствами его органической массы – сложной многокомпонентной системы. Широкое применение торфа в химической промышленности, сельском хозяйстве и медицине стимулирует проведение исследований, направленных на его комплексное изучение [1].

Для выбора наиболее оптимального пути применения торфа отдельного месторождения является изучение состава и свойств органических соединений, входящих в его состав [1].

Одним из основных источников торфообразования являются болотные растения. Состав и свойства торфа определяются химическими особенностями исходного растительного материала, причем растения разных видов существенно отличаются по химическому составу [1].

В процессе начальной стадии торфообразования происходят глубокие качественные изменения состава растительной биомассы, что можно проследить по изменению группового состава исходных и преобразованных растений [2]. Однако детальные данные о составе органических соединений торфов болот Тёмное, Средне-Васюганское и Пангоды и болотных растений юга Западной Сибири в литературе отсутствуют.

Поэтому исследование химического состава торфов болот Тёмное, Средне-Васюганское и Пангоды и растений-торфообразователей является важной и актуальной задачей.

Целью данной работы было определение влияния температуры окружающей среды и ботанического состава торфа на суммарное содержание в нем н-алканов и биологически активных соединений – стероидов и терпеноидов, а также на распределение н-алканов. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Определить суммарное содержание н-алканов, стероидов, а также би-, три- и пентациклических терпеноидов торфов болот Тёмное, Средне-

Васюганское и Пангоды и их основных растений-торфообразователей методом газовой хромато-масс спектрометрии.

2. Определить влияние ботанического состава торфа и температуры окружающей среды на состав торфа.
3. Представить рекомендации по выбору торфа богатого биологически активными соединениями в качестве сырья для производства биодобавок.

1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1. Процесс образования торфа

Болота являются составной частью гидросферы. Болото — участок ландшафта, характеризующийся избыточным увлажнением, влаголюбивым живым напочвенным покровом. Болота возникают двумя основными путями: из-за заболачивания почвы или же из-за зарастания водоёмов.

Одна из причин избыточной увлажнённости и образования болота состоит в особенностях рельефа — наличия низин, куда стекаются воды осадков и грунтовые воды, отсутствие стока на равнинных территориях — все эти условия приводят к образованию торфа. Процесс заболачивания происходит в естественных понижениях рельефа, которые заполняются водой, что приводит к переувлажнению грунта. В процессе формирования болот важнейшую роль играют влажность, скорость испарения, уровень грунтовых вод, тип подстилающих пород, наличие «вечной мерзлоты». Наиболее благоприятными для образования болот являются плоские участки с неглубоким дренажом или понижения с замедленным стоком. В результате избытка влаги и развития анаэробных условий леса в такой местности погибают, что способствует ещё большему заболачиванию из-за сокращения выведения воды из почвы за счёт всасывания её корнями растений и испарения с листьев [3].

Торф — органическая порода, образующаяся в результате биохимического процесса разложения (отмирания и неполного распада) болотных растений при повышенной влажности и недостатке кислорода. Биохимические процессы, приводящие к образованию торфа, происходят в основном в верхнем (преимущественно до 0,5 м), так называемом торфогенном слое [4].

Торф состоит из органических и минеральных частиц не до конца разложившихся травянистых растений. В ботаническом составе также могут присутствовать ветви и корни деревьев.

Процесс образования торфа происходит благодаря серьезным биохимическим процессам разложения остатков растений. Деятельность микроорганизмов, таких как бактерии и грибки, в процессе образования торфа весьма интенсивная. Именно они способствуют быстрому распаду структуры растений и выщелачиванию фитомассы [5,6].

Стоит заметить, что наиболее интенсивное разложение остатков растений происходит летом и весной, однако его скорость и степень зависят еще и от химического состава самих растений, из которых в последующем образуется торф. Так, к примеру, растения в своем составе могут содержать углеводы, азот, протеины, кальций и т.д.

Кроме всего прочего влияет на процесс распада растений и кислотно-щелочная среда, а так же климат каждой конкретной местности в которой находят торфяные залежи [7].

В торф преобразуется около 30% от изначальной массы растений, а остальная часть при этом превращается в минеральные вещества, которые в последующем мигрируют с потоками воды или попадают в атмосферу.

При исследовании образования торфяника стоит обратить внимание и на то, какое питание получали растения. В случае если растения получали питание из атмосферы, то отложения будут называться верховыми. Если растения получали питание из грунтовых вод, соответственно, при их распаде будет образовываться торф низинный. При этом весьма часто бывает так, что низинный торф переходит в верховой. Связано это с тем, что в процессе образования торфяника появляются такие растения, которые размещаются и распадаются на уже готовом низинном ископаемом. Такие растения уже не способны достать до дна, которое насыщено минералами, а посему и образуется так называемый переходный вид торфа, который быстро переходит из низинного в верховой.

Таким образом, по питанию растений, участвующих в образовании торфяника, торф разделяют на низинный, переходный и верховой типы.

Важно заметить, что верховой торф имеет более низкий показатель зольности в сравнении с низинным и переходным типами. Зольностью является соотношением исходной массы горючего вещества к массе, оставшейся после сгорания торфа золы.

Специалисты отмечают, чем ниже зольность у торфа, тем ниже и тепловые характеристики ископаемого вещества, то есть ниже теплоотдача.

Следовательно, так как верховой торф в процессе сгорания оставляет после себя наименьшую массу золы, он наделен наибольшей теплоотдачей. Другими словами тепла от такого торфа будет намного больше, чем от низинного и переходного [7].

Твердотельные вещества, из которых образуется торф, являются некой дисперсной системой. Частицы, принимающие участие в образовании этой системы могут быть, как совершенно микроскопическими, так и немного побольше, достигающими до нескольких сантиметров. По-другому дисперсность торфа можно назвать раздробленностью его твердотельных частиц. Она может быть различной в зависимости от размера частиц, определяющих массу торфа. Примечательным в данном случае является то, что дисперсность системы низинного торфа по мере разложения останков растений мало изменяется, а вот у торфа верхового дисперсность в процессе разложения растительных останков значительно увеличивается, а вместе с этим наблюдается появление коллоидных частиц и рост глинистых отложений.

Зависят физические свойства торфа и от так называемого показателя неоднородности. Так, например, низинный торф имеет более однородную массу по своему составу, нежели верховой. У верхового типа торфа показатель неоднородности колеблется в пределах от 50 и до 700, а у низинного в пределах от 10 и до 40.

Таким образом, физические свойства торфа могут видоизменяться в зависимости от содержания и состава твёрдых компонентов в нем и степени их разложения.

Различный исходный материал и обширный диапазон изменения условий торфонакопления являются причиной многообразия свойств торфа, что определяет широкий спектр его применения [8].

В настоящее время торф нашёл себе применение в медицине, биохимии, сельском хозяйстве, животноводстве, энергетике. Новейшие технологии в промышленности дают возможность выпускать весьма плодородные грунты, применяемые в качестве почвы под пищевые растения; удобрения; стимуляторы, позволяющие ускорить рост растений; материалы для изоляции; упаковку; графит и активный уголь, а также многое другое.

1.2. Характеристика н-алканов, би-, три-, тетра- и пентациклических изопреноидов

Горючие ископаемые, к которым относятся торф, каменные угли, антрацит, горючие сланцы, горючие природные газы, содержат в своем составе те же элементы (углерод, водород, кислород, азот, серу и фосфор), что и вещество живых организмов, поэтому их часто называют биогенными, или биофильными, или органогенными. Наиболее распространенными в живых организмах (в порядке убывания числа атомов) являются четыре элемента (водород, углерод, кислород и азот), на долю которых приходится более 99% как массы, так и числа атомов, входящих в состав всех живых организмов. Кроме них в значительных количествах в живых организмах могут концентрироваться еще 20–22 химических элемента [8].

Молекулярный состав горючих ископаемых тесно связан с компонентами живого вещества. Эта связь прослеживается в унаследованных структурах (биомаркерах или хемофоссилиях), которые остаются неизменными, а также в продуктах, образовавшихся в ходе протекания природных процессов изменения биомолекул. Чтобы установить генетическую связь между составом живого вещества и составом горючих ископаемых, необходимо начать с изучения молекулярного состава самого живого вещества.

Торф является сложной системой, на его формирование влияет много различных факторов – температурный режим, растительные источники, влажность и т. д. Присутствующие в торфах алканы, стероиды и тритерпеноиды являются биомаркерами. Их состав свидетельствует о вкладе в торф той или иной группы торфообразующих растений, условиях торфообразования и о процессах, протекавших при разложении торфа. Однако существует ряд трудностей при определении вкладов различных растений в торфообразование. Большинство соединений, присутствующих в торфе, происходят из

нескольких растительных источников, с другой стороны, разные растения различаются по содержанию отдельных групп соединений [9].

В природе наблюдается закономерность: основная масса живого вещества представлена биополимерами, построенными из простых по структуре молекул (“кирпичиков”), в то время как остальная, малая по массе часть биомолекул — множество разнообразных, часто достаточно сложных структур. Первые, как правило, предназначены для построения тканей и питания, вторые участвуют в обмене веществ (в процессах метаболизма) [10].

Изопреновые звенья образуют либо цепи, либо циклы, по числу которых различают моно-, би-, три-, тетра- и пентациклические молекулы. Все природные терпеноиды и каротиноиды являются непределеными, содержащими двойные связи в алифатических цепях и/или циклах. Изопреновые звенья в структурах с открытой цепью в моно-, сескви- и дитерпенах присоединяются друг к другу “голова к хвосту” и являются регулярными структурами. В три- и тетратерпенах могут быть нерегулярные структуры, где в двух центральных звеньях молекулы соединение изопреновых кирпичей осуществляется “голова к голове” (скавален), либо “хвост к хвосту” (дипристил) [11].

Дитерпены и дитерпеноиды (C_{20}) состоят из четырех изопреновых кирпичей. Обязательным фрагментом хлорофилла зеленых растений является дитерпеноид — спирт фитол (а).

Исходным для горючих ископаемых в основном является биомасса как высших, так и низших (одноклеточных водорослей фитопланктона) растений, зоопланктона и бактерий [10].

В составе растительной биомассы можно выделить несколько групп биомолекул, сходных по строению и функциям, выполняемым ими в организмах: углеводы, белки, липиды, липоиды и родственные им вещества — панлипоидины, а для высших растений еще и лигнин. Липиды часто отождествляют с природными маслами и жирами. Число биомолекул вышеперечисленных групп, входящих в состав организмов разных

классов, сильно отличается. В качестве иллюстрации можно привести некоторые количественные данные, приведенные в табл. 1.

Таблица 1. Главные составные компоненты ЖВ основных видов организмов, участвующих в образовании горючих ископаемых, (вес в %, средние значения)

Класс организмов	Групповой состав ЖВ			
	углеводы	белки	липиды, липоиды и родственные им вещества	лигнин
Зеленые растения	>50	7	2	>25
Фитопланктон	36	48	16	нет
Зоопланктон	5	75	20	
Бактерии	20	60	20	нет
Споры	42	8	50	нет

Как видно из табл. 1, углеводов больше всего содержится в растениях, белков — в бактериях и зоопланктоне, липиды и липоиды преобладают в спорах, также их много в бактериях, фито- и зоопланктоне. Изменение количества белков, углеводов и жиров находится в прямой зависимости от условий окружающей среды организмов.

При ухудшении условий существования организмов в их составе, как правило, увеличивается количество запасных веществ, которые входят в группу липидов [12].

Формально все изопреноиды — полимеры углеводорода изопрена (C_5H_8), который, однако, не участвует в метаболизме изопреноидов. Построение углеродного скелета изопреноидов происходит в живых клетках путём последовательной ферментативной конденсации образующегося из мевалоновой кислоты изопентенилпирофосфата (C_5-OPP).

По структурному признаку изопреноиды подразделяются на подклассы терпенов (монотерпены), сесквитерпенов и т. д. Общим специфическим предшественником изопреноидов является изопентенил дифосфат.

Он образуется у животных, археобактерий, грибов и в цитоплазме растительной клетки из ацетил-КоА через промежуточную стадию мевалоновой кислоты. У эубактерий и в хлоропластах растений функционирует открытый недавно другой путь образования изопентенил дифосфата: с помощью конденсации глицеральдегид-3-фосфата с продуктом декарбоксилирования пировиноградной кислоты.

В растениях часто встречаются также соединения, у которых только часть молекулы образуется изопреноидным путем, как, например, в пренилхинонах, хлорофиллах. Изопреноидная боковая цепь, гидрофобная по своим свойствам (имеющая сродство к липидам и растворяющаяся в них), помогает этим физиологически активным соединениям встраиваться в биологические мембраны [13].

Дитерпеноиды таксанового строения, которые выделяют из коры тиссового дерева, эти соединения — таксолы имеют сложное полициклическое строение и являются чрезвычайно активными цитостатиками. В основном же дитерпеноиды ($C_{20}H_{32}$) входят в состав различных смол. Они представлены кислотами (резиноловые кислоты), спиртами (резинолы) и углеводородами (резены). Различают собственно смолы (канифоль, даммара), масло-смолы (терпентин, канадский бальзам), камеде-смолы (гуммигут), масло-камеде-смолы (ладан, мирра, асафетида). Масло-смолы, представляющие собой раствор смол в эфирном масле и содержащие бензойную и коричную кислоты, называют бальзамами. В медицине применяют перувианский, толутанский, стираксовый бальзамы и др.

Изопреноиды подразделяют на терпены и их производные, смоляные кислоты, стероиды и полиизопреноиды, также к ним относятся каротиноиды,

например, витамин А, некоторые аттрактанты, феромоны, ювенильные гормоны, каучук, гуттаперча.

Терпены обнаружены практически во всех тканях растений (содержатся в эфирных маслах, скипидаре, смолах, бальзамах), найдены в продуктах жизнедеятельности некоторых бактерий и грибов, в секреторных выделениях насекомых.

Активное начало цитварного семени — сесквитерпеноид сантонин. К производным дитерпенов относятся, например, смоляные кислоты (абиетиновая, левопимаровая и др. кислоты), содержащиеся в канифоли, и спирт фитол, сложный эфир которого — составная часть хлорофилла. Установлено, что тритерпеновую структуру имеют также стерины и гормоны. Некоторые тетратерпеноиды (каротин и ксантофиллы) являются красящими веществами растений. Политерпенами можно считать гуттаперчу и каучук натуральный [14].

Собственно изопреноиды — терпеноиды, стероиды, каротиноиды — различаются строением и функциями в живом организме. Огромное разнообразие изопреноидных соединений, встречающихся в природе, связано с ростом числа изомеров с увеличением количества изопреноидных звеньев, стереоизомерией и наличием разнообразных кислородсодержащих заместителей [15].

К классу терпеноидов относятся изопреноиды, представленные углеводородами и их кислородсодержащими производными (спиртами, кетонами, альдегидами, кислотами и эфирами).

Из циклических дитерпеноидов в высших растениях наиболее важны трициклические одноосновные непредельные смоляные кислоты. Так, в смоле хвойных растений присутствуют абиетиновая (б) и левопимаровая кислоты.

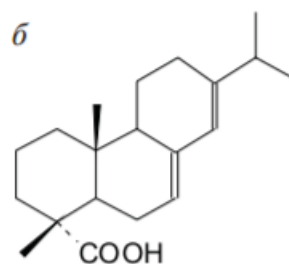
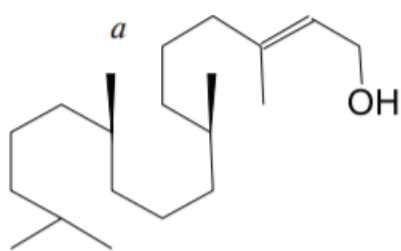


Рисунок 1. Фитол (а), абиетиновая (б) кислота

Все кислоты имеют ангулярную систему сочленения циклов, как у пергидрофенантрена. Такой же тип сочленения колец встречен в большинстве трициклических нафтеновых и ароматических УВ нефти.

Двойные связи в изопреновых УВ разных видов диатомей располагаются в разных участках цепи:

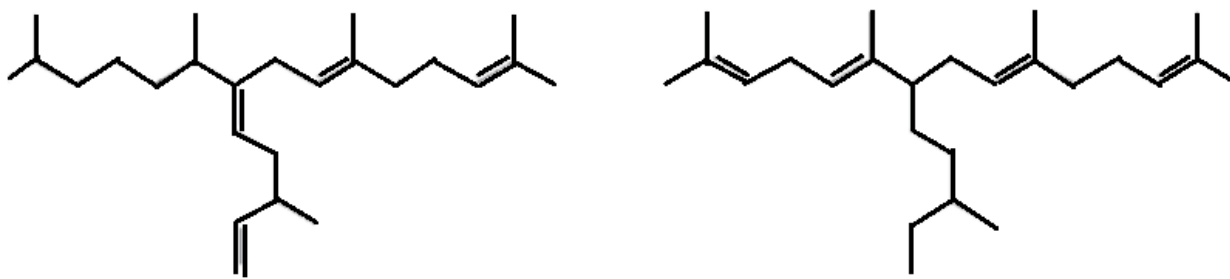


Рисунок 2. Расположение двойных связей у изопреновых УВ

В некоторых нефтях и конденсатах были найдены изопреноиды аналогичной Т-образной структуры [16].

Тритерпены и тритерпеноиды (C_{30}), состоящие из шести кирпичей, распространены повсеместно в тканях растений и животных.

Например, сквален $C_{30}H_{50}$ впервые был выделен из печени акул. Предполагают, что он является биохимическим предшественником пентациклических тритерпенов.



Рисунок 3. Структура сквалена

К тетрациклическим тритерпенам относится ланостерин, которого много в шерстном жире овец. Пентациклические тритерпеноиды входят в состав восков высших растений (например, β -амирин (а) —предшественник β -олеанана, лупеол (б) — лупана). В состав мембран некоторых видов архебактерий входит спирт тетрахиманол (в), предполагают, что из него образуется гаммацеран. В составе липоидов бактерий и синезеленых водорослей присутствует диплоптен (г).

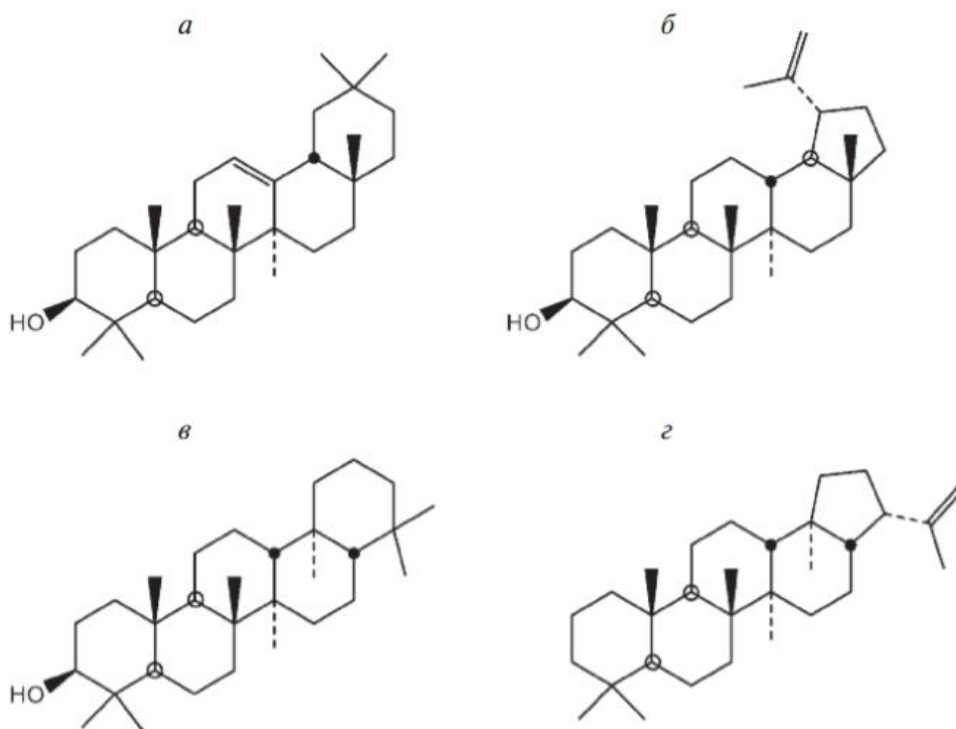


Рисунок 4. Пентациклические тритерпеноиды: β -амирин (а); (б) — лупеол; тетрахиманол (в); диплоптен (г)

В мембранах многих бактерий содержится пентациклический тритерпеноид — бактериогопанотетрол, представляющий собой четырехосновный спирт; его молекула, как и молекулы сложных липидов, имеет полярную “голову” и неполярный углеводородный “хвост”, что способствует функционированию клеточных мембран:

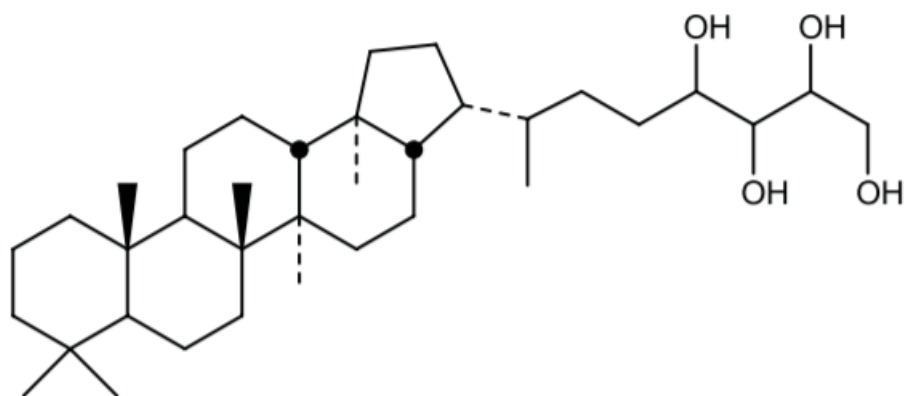


Рисунок 5. Структура пентациклического тритерпеноида - бактериогопанотетрола

Гопаноиды, синтезируемые прокариотами, играют роль молекул, «сшивающих» фосфолипидную мембрану клеток. В клетках эукариот такую роль играет холестерол [17].

Терпены и терпеноиды в индивидуальном состоянии или в виде эфирных масел и смол широко используют в качестве компонентов парфюмерных композиций и пищевых эссенций, в медицине (ментол, гераниол, терпнигидрат и др.). Из терпенов получают также смазочные масла, инсектициды, например полихлорпинен и полихлоркамфен, флотационное масло, иммерсионные жидкости.

Стероиды - класс органических соединений, относящихся по химической природе к изопреноидам. Различные виды стероидов широко распространены в живой природе и встречаются у микроорганизмов, растений и животных; одно из основных направлений химической эволюции стероидов — и их специализация в качестве биологических регуляторов — гормонов и др. Все стероиды формально являются производными гипотетического углеводорода стерана, а биогенетически происходят от сквалена, который превращается в ближайшие полициклические предшественники стероидов — ланостерин (у животных) или циклоартенол (у растений), содержащие 30 атомов углерода (C_{30}). Почти все стероиды — кристаллические вещества, обладающие оптической активностью и лучше растворимые в органических растворителях, чем в воде.

К биологически активным свойствам стероидов можно отнести следующие:

- 1) участвует в биосинтезе стероидных гормонов;
- 2) участвуют в регуляции кальциевого обмена и формировании скелета у позвоночных;
- 3) способствуют перевариванию пищи в кишечнике позвоночных;
- 4) обладают поверхностно-активными и гемолитическими свойствами;
- 5) стимулируют сокращение поперечнополосатых мышц;
- 6) являются сильными ядами центральной нервной системы и кардиотоксинами;
- 7) обладают способностью усиливать сокращение сердечной мышцы путём ингибирования фермента ЛТФ-азы в мембранах клеток сердца;
- 8) определяют развитие и функционирование половой системы у животных;
- 9) регулируют баланс электролитов и углеводный обмен в организме позвоночных.

Гормоноподобные вещества, в частности – абсцизиновая кислота. Она вызывает “сон” растения и играет важную роль в закрытии устьиц листьев и стебля, особенно в случае дефицита воды.

Химический состав болотных растений и торфов Западной Сибири на данный момент изучен недостаточно. В работе [18] представлены данные об элементном составе и содержании основных групп органических веществ в фускум-торфе и сфагновом мочажинном торфе с низкой степенью разложения, отобранных на южнотаежных верховых болотах Западной Сибири. Были обозначены следующие классы соединений: н-алканы, терпеноиды, карбоновые кислоты, кетоны, би-, трициклические и пентациклические ПАУ.

Работа [19] посвящена сравнительному анализу химического состава органической массы торфов болот Тёмное, Средне-Васюганское и Пангоды и растений-торфообразователей, расположенных в другой природно-

климатической зоне. Были идентифицированы различные биологически активные вещества: фенольные соединения, битумы, гуминовые вещества, гуминовые кислоты, фульвокислоты и др.

В работе [20] представлено предполагаемое моделирование начальной стадии процесса торфообразования. Определялось содержание липидов, водорастворимых компонентов, легкогидролизуемых компонентов, лигнина в осоке, пушице, *S. fuscum* и *S. Magellanicum*.

1.3 Газовая хромато-масс спектрометрия как метод исследования торфа

Хроматография – метод разделения, анализа и физико-химических исследований веществ, основанный на перемещении зоны вещества вдоль слоя сорбента в потоке подвижной фазы с многократным повторением сорбционных и десорбционных актов. При этом разделяемые вещества распределяются между двумя несмешивающимися фазами (в зависимости от их относительной растворимости в каждой фазе): подвижной и неподвижной.

Характерными особенностями любых хроматографических методов являются следующие:

- Высокая разрешающая способность процесса разделения, обусловленная высокой эффективностью процесса, дающая возможность разделения даже близких по природе, структуре и свойствам веществ.
- Мягкие условия разделения [21].

Смеси химических соединений, присутствующих в образце могут быть разделены на газохроматографической колонке. Некоторые химические и физические характеристики молекул заставляют их проходить через колонку с различной скоростью. Если масса молекулы мала, то она может двигаться быстрее. Кроме того, форма молекулы тоже может повлиять на время, необходимое для выхода из колонки, как и влияние различных веществ друг на друга. Взаимодействия между молекулами образца и поверхностью колонки может привести к тому, что молекулы могут оставаться в колонке в течение другого промежутка времени, чем аналогичные молекулы, которые по- другому взаимодействуют с колонкой.

На рисунке 6 представлена принципиальная схема газового хроматографа.

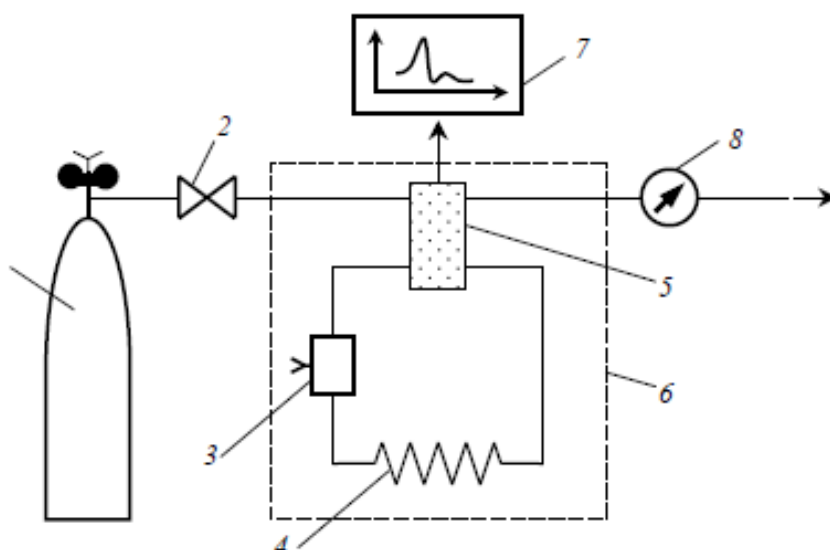


Рис. Принципиальная схема газового хроматографа
 (1 – источник газа-носителя; 2 – вентиль тонкой регулировки скорости потока газа-носителя; 3 – устройство для ввода пробы; 4 – хроматографическая колонка; 5 – детектор; 6 – термостат колонки и термостат детектора; 7 – регистратор; 8 – измеритель скорости потока газа-носителя)

Рисунок 6. Схема газового хроматографа

Образец вводят в устройство ввода пробы, где вещество испаряется. Затем прибор разделяет его на отдельные компоненты и анализирует их. Каждому компоненту идеально соответствуют конкретные пики в спектре, которые могут быть записаны на бумажную или электронную хроматограмму.

Время, прошедшее между вводом образца и выходом его пика называется временем удерживания. Время удерживания может помочь различить некоторые соединения. Тем не менее, время удерживания не является надежным фактором для идентификации соединения. Если у двух образцов разные времена удерживания, то они имеют разный состав. Тем не менее, одинаковые времена удерживания - для двух образцов указывают лишь на возможность того, что это образцы одного и того же вещества. Потенциально тысячи химических веществ могут иметь одно и то же время удерживания, форму пика и сигнал детектора, когда взаимодействуют с поверхностью колонки.

Площадь пиков пропорциональна концентрации соответствующих веществ в анализируемом образце. Площадь пика измеряется от базовой линии до его вершины.

В газовом хроматографе используется детектор для измерения концентраций различных соединений при их выходе из колонки. Среди доступных детекторов используются детектор ионизации аргона, пламенно – ионизационный детектор, пламенно-излучательный детектор, детектор смешанного типа, детектор по теплопроводности и детектор электронного захвата. Выбор подходящего детектора зависит от его использования. Предполагается, что пламенные детекторы уничтожают образец, детекторы по теплопроводности универсально чувствительны, а детектор ионизации аргона требует аргон в качестве газа-носителя. Хроматограммы, как правило, хранятся в электронном виде и выводятся на монитор.

При использовании детектора ионизации аргона нельзя обнаружить воду, четыреххлористый углерод, азот, кислород, углекислый газ, угарный газ, этан, или соединения, содержащие фтор. Пламенно-ионизационный детектор нечувствителен к воде, азоту, кислороду, углекислому газу, окиси углерода, гелию или аргону. Если образец содержит воду, то нужно использовать пламенно-ионизационный детектор. Детектора электронного захвата не может обнаружить простые углеводороды, но зато чувствителен к присутствию галоген-, азот- или фосфорсодержащих соединений [22].

Масс- спектрометрия позволяет идентифицировать вещества путем передачи электрического заряда молекулам образца, придания им ускорения при пропускании через магнитное поле, разрушая молекулы на заряженные фрагменты и определяя различные заряды. Участок спектра отображает массу каждого фрагмента.

Исходя из молекулярной массы и массы фрагментов, данные сравниваются со справочными для идентификации образца. Масс-спектр каждого вещества уникален. При условии, что при интерпретации выходного

пика правильно была определена родительская масса, масс-спектроскопическая идентификация является окончательной [23].

Сегодня существует много различных типов масс-спектрометров, в каждом из которых используется различная аппаратура и способы получения масс-спектров. Масс-спектрометр обеспечивает более точные результаты для более крупных молекул, если его разрешающая способность высокая. Приборы с высоким разрешением рекомендуются для анализа жидкостей организма, потому что они обладают высокой молекулярной массой. Масс-спектрометры с низким разрешением не могут с достаточной точностью анализировать вещества с высокими молекулярными массами.

Поиск правильного пика исходного соединения в масс-спектрах может быть очень сложным. Поиск этого пика помогает определить родительскую массу, что должно привести к определению молекулярной массы образца. Масс-спектрометрия отличается высокой надежностью, если прибор имеет достаточное разрешение. В то время как одни факторы мало влияют на масс-спектрометрию, другие крайне важны для использования надежных данных, полученных этим методом. В любом случае необходимо обработать стандартный образец того же состава, что и отобранный образец. Этот стандартный образец нужно исследовать при тех же условиях, и до, и после обработки собранных образцов. Любая идентификация, проведенная на основе пиков исследуемых образцов, которые не совпадают с пиками стандартных образцов, не дает требуемых результатов.

Поскольку масс-спектрометрия очень чувствительный метод, следует позаботиться о том, чтобы в приборе не оставалось даже малейших следов предыдущего образца. Газовый хроматограф, как правило, является надежным аналитическим инструментом. Этот прибор эффективен для разделения соединений на различные составляющие компоненты. Тем не менее, его нельзя использовать для надежной идентификации конкретных веществ. Масс-спектрометр приводит конкретные результаты, но качественный анализ, проведенный с его помощью, неточен.

Хромато-масс-спектрометрия является гибридным методом анализа, по этой причине должен рассматриваться как сочетание хроматографии (газовой или жидкостной) и масс-спектрометрии. Процессы разделения и анализа здесь протекают совершенно независимо друг от друга.

Как газовый хроматограф, так и масс-спектрометр представляют собой в принципе относительно несложные приборы, а получаемые с помощью каждого из них аналитические данные просты для понимания и использования. Когда эти два прибора напрямую соединяют в единую хромато-масс-спектрометрическую систему, возможности такой системы не равны просто сумме возможностей каждого прибора; аналитические возможности увеличиваются экспоненциально. Для того, чтобы реализовать весь потенциал, заключенный в громадном количестве данных, генерируемых хромато-масс-спектрометром, необходим специализированный компьютер. С подключением компьютера к прибору становятся возможными многие операции с данными, увеличивающие их аналитическую ценность. Полученные с помощью масс-спектрометрического детектора спектры, дают такую информацию о качественном составе пробы, какую не могут дать иные газохроматографические детекторы. Масс-спектрометрический детектор обладает большей чувствительностью, кроме того, он разрушает пробу, дает информацию о массе и различает скорее гомологи, чем изомеры.

Принципиальная схема масс-спектрометра в комбинации с газовым хроматографом представлена на рис. 7.



Рисунок 7. Принципиальная схема магнитного масс-спектрометра в комбинации с газовым хроматографом.

Первым шагом при хромато-масс-спектрометрическом анализе является обычно сканирование по всему диапазону масс. Идентификацию проводят с помощью библиотеки спектров, чаще всего заложенной в память ЭВМ, которая одновременно и управляет работой детектора. Изучение характеристических пиков и молекулярных ионов играет важную роль при идентификации соединения.

Следующим шагом является качественный анализ, для чего используют метод регистрации отдельных ионов (SIM). Для этого применяют фильтр, чтобы исследовать только несколько видов ионов и тем самым повысить чувствительность.

Существуют "библиотеки" масс-спектров, содержащие спектры более 70000 органических соединений, по которым можно проводить их идентификацию [24].

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1. Общая характеристика исследуемых объектов

В качестве объектов исследования были выбраны торфа болот Средне-Васюганское, Темное и Пангоды.

Васюганские болота — одни из самых больших болот в мире, расположены в Западной Сибири, в междуречье Оби и Иртыша, на территории Васюганской равнины, находящейся большей частью в пределах Томской области, и малыми частями — Новосибирской и Васюганское болото впечатляет своими размерами. Площадь этой природной зоны составляет примерно 55 тысяч квадратных километров. Протяженность болота составляет 320 с севера на юг и 570 километров с запада на восток. Омской областей и Ханты-Мансийского АО [25].

Болото Средне-Васюганское расположено в подзоне средней тайги Западной Сибири, залегает на I левобережной надпойменной песчаной террасе р. Васюган, в 2 км на север от п. Средний Васюган. Торфяной разрез заложен в типичном сосново-кустарничково-сфагновом (*Sphagnum fuscum*) фитоценозе – низком ряме. Торфа рьяма болота Средне-Васюганское были отобраны из скважины глубиной 352 см. Современная среднегодовая температура воздуха в районе болота Средне-Васюганское составляет -1.7°C .

Болото Темное расположено в южнотаежной подзоне Западной Сибири, на Обь-Чулымском междуречье, II надпойменной песчаной террасе р. Томи. Болото Темное в Томском районе Томской области входит в состав крупной болотной системы верхового и низинного типов, залегающей на надпойменных террасах р. Томи. Гидромелиоративные работы проведены в 80х гг. XX в. На осушенном верховом участке произошла значительная усадка залежи, в результате небольшого низового пожара вместо сведенного яруса низкорослой сосны сформировался густой ярус подроста березы, возросло обилие вересковых кустарничков и пушицы [26].

Болото у пос. Пангоды расположено в пределах водораздела рек Надым и Ныда (лесотундра, среднегодовая температура -7.4°C). Ключевой участок верхового болота включает две экосистемы – плоские мерзлые бугры и талые мочажины. Глубина талого слоя на буграх в летнее время колеблется от 30 до 50 см ниже поверхности мхов и лишайников. Торфяной слой, начинающийся от отмерших частей мхов и лишайников, обладает плотным сложением и высокой степенью разложения.

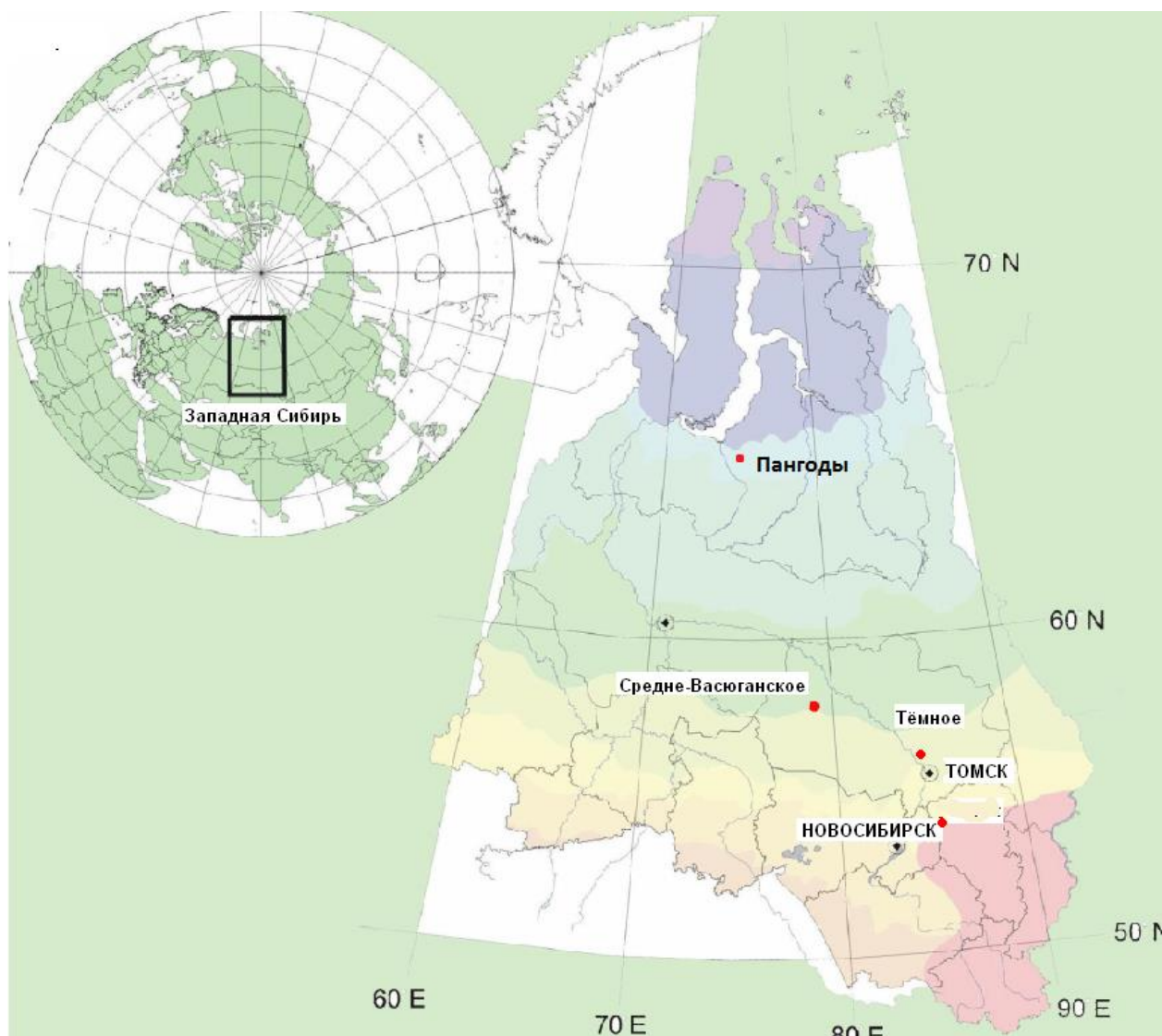


Рисунок 8. Площади отбора торфа

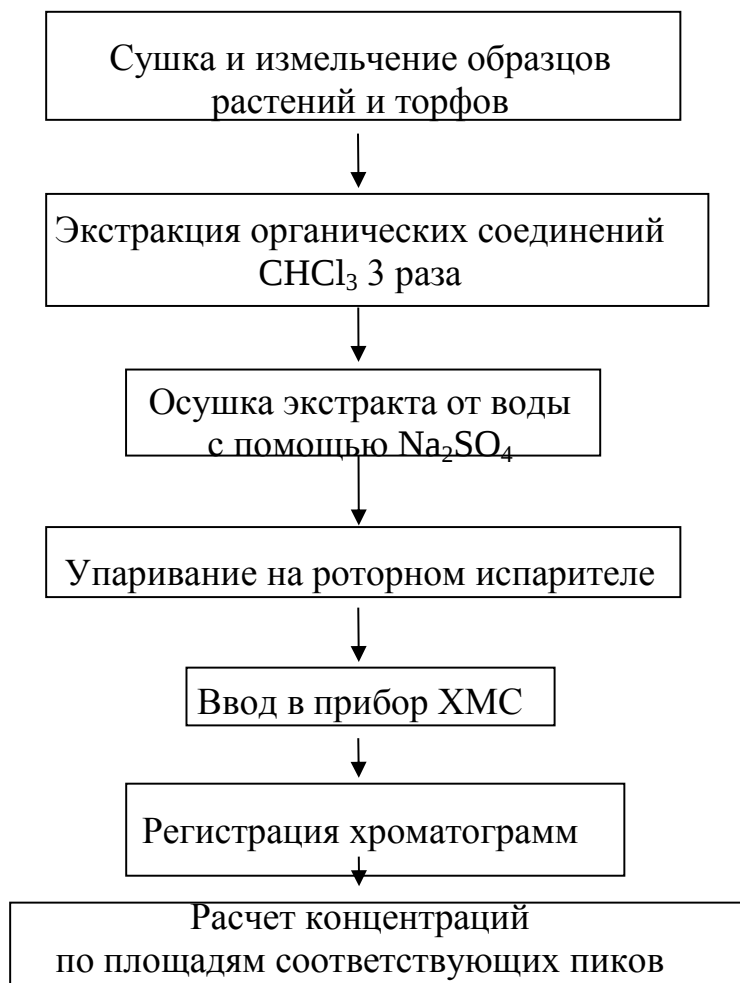
Ботанический состав торфов определяли микроскопическим методом.

2.2.Методика проведения работы

Молекулярный состав органических соединений исследовали методом ГХ-МС с использованием магнитного хромато-масс-спектрометра DFS фирмы "Thermo Scientific" (Германия) [27].

Непосредственно перед анализом все образцы растений и торфов были высушены и измельчены.

Схема исследования



Битумоиды были сконцентрированы путем экстракции 7% раствором метанола в хлороформе при 60°C , затем экстракт упаривали на роторном испарителе и затем осуществляли ввод в хроматограф.

Режим работы хроматографа: кварцевая капиллярная хроматографическая колонка фирмы "Thermo Scientific" с внутренним диаметром 0.25 мм, длиной 30 м, толщина фазы 0.25 мкм, неподвижная фаза – TR-5MS; газ-носитель – гелий, температура испарителя 250°C , температура

интерфейса 250°C; программа нагрева термостата хроматографа: $t_{\text{нач}} = 80^\circ\text{C}$, изотерма в течение 2 минут, затем нагрев со скоростью 4 град/мин. до $t_{\text{макс}} = 300^\circ\text{C}$. Режим работы масс-спектрометра: метод ионизации – электронный удар; энергия ионизирующих электронов – 70 эВ; температура ионизационной камеры – 250°C; диапазон регистрируемых масс – 50-500 а.е.м.; длительность развертки спектра – 1 сек.

Индивидуальные соединения идентифицировали по полным масс-спектрам, для этого использовали спектро-структурные корреляции программы X-Calibur 10, имеющиеся в литературе, а также компьютерную библиотеку масс-спектров NIST, насчитывающую более 163 тыс. наименований. Содержание отдельных структур определяли по площади соответствующих пиков на хроматограммах с использованием внутреннего стандарта и поправочных коэффициентов, определенных для каждого класса соединений [28].

Концентрации индивидуальных соединений рассчитывали по формуле:

$$C_x = \frac{S_x \times V_{\text{введ}}}{S_{\text{ст}} \times m_{\text{нав}}}, \text{ где}$$

S_x – площадь пика компонента x на хроматограмме,

$V_{\text{введ}}$ – объем экстракта, введенный в испаритель хроматографа (мкл),

$S_{\text{ст}}$ – площадь пика стандарта на хроматограмме,

$m_{\text{нав}}$ – масса навески для экстракции (г).

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Д23	Власовой Анне Евгеньевне

Институт	Природных ресурсов	Кафедра	ХТТ и ХК
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	ХТПЭ и УМ

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Бюджет затрат НТИ 2333064 руб.; Размер оклада руководителя проекта 420274 руб.; Размер стипендии дипломника 200134 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Коэффициент выполнения нормы = 1; Число календарных дней в году – 365; Продолжительность выполнения проекта – 3 месяца; Дополнительная заработная плата – 12% от основной; Накладные расходы – 16% от суммы всех расходов.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Тариф страховых взносов – 30,2%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Построение оценочной карты для сравнения конкурентных разработок. Выполнение SWOT-анализа проекта.
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	Составление перечней этапов, работ и распределение исполнителей.
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски.	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НТИ.
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности.	Проведение оценки экономической эффективности исследования.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

- Карта сегментирования рынка услуг по исследованию ГК торфов
- Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)
- Матрица SWOT
- Перечень этапов, работ и распределение исполнителей по данным видам работ
- Временные показатели проведения ВКР
- Календарный план проекта выполнения работ
- Бюджет НИ
- Расчёт бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ
- Расчёт основной заработной платы исполнителей
- Отчисления во внебюджетные фонды
- Расчёт бюджета затрат НТИ
- Расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д23	Власова Анна Евгеньевна		

3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований.

3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Проблема физико-химических исследований торфов болота Средне-Васюганское и Тёмное на сегодняшний день очень актуальна.

Потенциальными потребителями результатов этого исследования являются химические предприятия, расположенные на территории Российской Федерации.

Проведем сегментирование рынка по следующим критериям: размер химического предприятия – существующие расчетно-аналитические методы изучения термической стабильности полупродуктов и реакционных масс в изотермических условиях.

Таблица 3 – Карта сегментирования рынка услуг по исследованию ГК торфов

Размер компании	Методы анализа ГК торфов		
	ГХ-МС	ИК-спектроскопия	ГЖХ
Крупные	+	+	+
Средние	+	+	-
Малые		-	-

«+» - удобство применения данного метода; «-» - нерациональность использования данного метода компаниями.

Как видно из приведенной карты сегментирования, методом хромато-масс-спектрометрии является наиболее универсальным для исследования торфов крупными и средними компаниями.

3.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Проведем данный анализ с помощью оценочной карты, приведенной ниже.

Таблица 4 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерий 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. Простота эксплуатации оборудования	0,1	5	5	3	0,5	0,5	0,3
2. Потребность в ресурсах памяти	0,2	5	2	4	1	0,4	0,8
3. Универсальность метода	0,13	5	4	5	0,65	0,52	0,65
4. Специальное оборудование	0,05	3	4	3	0,15	0,2	0,15
5. Функциональная мощность	0,17	5	3	3	0,85	0,51	0,51
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Суммарная стоимость оборудования	0,1	5	4	3	0,5	0,4	0,3
2. Конкурентоспособность	0,05	5	4	3	0,25	0,2	0,15
3. Цена исследования	0,1	5	4	3	0,5	0,4	0,3
4. Уровень проникновения на рынок	0,05	4	4	3	0,2	0,2	0,15
5. Сотрудники узкого профиля для работы с методикой	0,05	3	4	3	0,15	0,2	0,15
Итого	1	45	38	33	4,75	3,53	3,46

где B_{ϕ} - УФ-спектроскопия; $B_{\kappa 1}$ – ИК-спектроскопия; $B_{\kappa 2}$ - скоростной (экспрессный) метод; $B_{\kappa 3}$ - спектроскопия электронного парамагнитного резонанса.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

где B_{ϕ} - УФ-спектроскопия; $B_{\kappa 1}$ – ИК-спектроскопия; $B_{\kappa 2}$ - скоростной (экспрессный) метод; $B_{\kappa 3}$ - спектроскопия электронного парамагнитного резонанса.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i \quad (1)$$

Где K – конкурентоспособность инженерного решения или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя

Опираясь на полученные результаты, можно сделать вывод, что метод ГХ-МС является наиболее эффективным и целесообразным способом для исследования состава торфа. Уязвимость конкурентов объясняется наличием таких причин, как наличие дополнительных исследований для получения достоверных результатов, недостаточное удобство в эксплуатации.

3.1.3SWOT-анализ

SWOT представляет собой комплексный анализ инженерного проекта. SWOT-анализ применяют для того, чтобы перед организацией или менеджером проекта появилась отчетливая картина, состоящая из лучшей возможной информации и данных, а также сложилось понимание внешних сил, тенденций и подводных камней, в условиях которых научно-

исследовательский проект будет реализовываться. Он проводится в несколько этапов.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: C1. Принципиально новая методика C2. Наличие опытного руководителя C3. Способность разрабатываемого метода быть применимым к мало изученным веществам и материалам.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Малая изученность торфов данного месторождения. Сл2. Возможность появления новых методов. Сл3. Могут потребоваться дополнительные испытания Сл4. Медленный процесс вывода на рынок объекта исследования.
	C4. Актуальность разработки. C5. Не требует уникального оборудования.	
Возможности: B1. Возможность создания партнерских отношений с рядом исследовательских институтов. B2. Большой потенциал применения метода хромато-масс-спектрометрии в России. B3. Возможность выхода на внешний рынок. B4. Рост потребности в обеспечении натуральным сырьем для медицинской и сельскохозяйственной промышленности. B5. В случае принятия рынком выход на большие объемы	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности» 1. Анализ позволяет использовать данные для определения направленности дальнейшей переработки торфа 2. Невысокая затратность проекта может привлечь больше сотрудников и исполнителей.	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности» 1. Повышение квалификации кадров 2. Привлечение новых заказчиков 3. Разработка научного исследования 4. Приобретение необходимого оборудования для анализа опытного образца
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на методики определения группового состава торфа. У2. Противодействие со стороны конкурентов: снижение цен,	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы» 1. Продвижение новой технологии в медицине с целью появления спроса 2. Изучение фармакологических	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы» 1. Повышение квалификации кадров 2. Привлечение новых заказчиков

усовершенствование текущих методов. У3. Захват внутреннего рынка иностранными компаниями. У4.Закрытие фармакологических предприятий на территории РФ.	свойств торфа	3. Продвижение новой технологии с целью появления спроса
---	---------------	--

Выявим соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Данные соответствие или несоответствие помогут выявить потребность в проведении стратегических изменений. Для этого построим интерактивные матрицы проекта (таблицы 6-9).

Таблица 6 – Интерактивные матрицы проекта

Сильные стороны проекта						
Возможно сти проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	-	+	-
	B2	+	-	+	+	0
	B3	+	0	+	+	0
	B4	+	-	0	+	-
	B5	+	0	0	0	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильные сторон и возможности: B1C1C2C4, B2B3C1C3C4, B4C1C4, B5C1.

Таблица 7 – Интерактивные матрицы проекта

Слабые стороны проекта					
Возможно сти проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	0	0	+	0
	B2	-	-	0	0
	B3	0	-	-	-

	B4	0	0	0	-
	B5	-	-	-	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и возможности: B1Сл3.

Таблица 8 – Интерактивные матрицы проекта

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	+	-	0	+	0
	У2	-	-	+	0	+
	У3	-	0	0	0	0
	У4	0	-	-	0	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильных сторон и угроз: У1С1С4, У2С3С5.

Таблица 9 – Интерактивные матрицы проекта

Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	0	0	0	+
	У2	0	0	0	0
	У3	-	0	0	0
	У4	-	0	-	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и угроз: У1Сл4.

3.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Таблица 10 - Морфологическая матрица методов исследования ГК торфов

	1	2	3
А. Метод исследования	ГХ-МС	ИК-спектроскопия	ГЖХ
Б. Исследуемые характеристики	Групповой состав органической части торфа	Спектральные характеристики торфа в ИК-области, обнаружение функциональных групп.	Групповой состав органической части торфа

3.2.1. Составление перечня работ

Трудоемкость выполнения ВКР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Разделим выполнение дипломной работы на этапы, представленные в таблице 11:

Таблица 11– Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ра б	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка задания НИР	1	Составление и утверждения технического задания НИР	Руководитель
Выбор направления исследования	2	Выбор направления исследования	Руководитель

	3	Обзор современных методов исследований по выбранному направлению	Бакалавр
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, Бакалавр
Теоретическое обоснование и проведение экспериментальных исследований	5	Теоретическое обоснование и выбор экспериментальных методов исследований	Руководитель, Бакалавр
	6	Построение моделей и проведение экспериментов	Бакалавр
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	8	Анализ полученных результатов, выводы	Бакалавр, руководитель
	9	Оценка эффективности полученных результатов	Бакалавр, руководитель
	10	Составление пояснительной записки	Бакалавр

3.3 Определение трудоемкости работ

Расчет трудоемкости осуществляется опытно-статистическим методом, основанным на определении ожидаемого времени выполнения работ в человеко-днях по формуле

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{\min,i} + 2t_{\max,i}}{5} \quad (2)$$

где $t_{ож\ i}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\min\ i}$ - минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max\ i}$ - максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Рассчитаем значение ожидаемой трудоемкости работы:

Для установления продолжительности работы в рабочих днях используем формулу:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i}, \quad (3)$$

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

$t_{ож\ i}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

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

Для удобства построения календарного план-графика, длительность этапов в рабочих днях переводится в календарные дни и рассчитывается по следующей формуле:

$$t_{ki} = T_{pi} k \quad (4)$$

где T_{ki} - продолжительность выполнения одной работы, календ.дн.;

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

k – коэффициент календарности, предназначен для перевода рабочего времени в календарное.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{T_{кг}}{T_{кг} - T_{вд} - T_{пд}}, \quad (5)$$

где $T_{кг}$ — количество календарных дней в году;

$T_{вд}$ — количество выходных дней в году;

$T_{пд}$ — количество праздничных дней в году.

Определим длительность этапов в рабочих днях и коэффициент календарности:

$$k = \frac{T_{кг}}{T_{кг} - T_{вд} - T_{пд}} = \frac{365}{365 - 104 - 10} = 1,45 \quad (6)$$

тогда длительность этапов в рабочих днях, следует учесть, что расчетную величину продолжительности работ T_k нужно округлить до целых чисел.

Результаты расчетов приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Временные показатели проведения ВКР

№ раб.	Исполнители	Продолжительность работ						
		t _{min} , чел- дн.	t _{max} , чел- дн.	t _{ож} , чел- дн.	T _p , Раб.дн	T _к , Кал.дн	У _i , %	Г _i , %
1	Руководитель	4	7	5	5,2	8	5,57	5,57
2	Руководитель	12	43	24	24,4	35	26,15	31,73
3	Бакалавр	5	17	10	9,8	14	10,50	42,23
4	Руководитель, бакалавр	2	13	6	3,2	5	3,43	45,66
5	Руководитель, бакалавр	17	32	23	11,5	17	12,33	57,98
6	Бакалавр	9	19	13	13	19	13,93	71,92
7	Бакалавр	8	21	13	13,2	19	14,15	86,07
8	Руководитель, бакалав	2	6	4	1,8	3	1,93	88,00
9	Руководитель, бакалав	4	14	8	4	6	4,29	92,28
10	Бакалавр	4	12	7	7,2	10	7,72	100,00
Итого:						135		

3.4 Построение графика работ

Наиболее удобным и наглядным видом календарного плана работ является построение ленточного графика проведения НИР в форме диаграмм Ганта.

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

График строится в рамках таблицы с разбивкой по месяцам и неделям (7 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделяются различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу:

 – Руководитель;  – Бакалавр

Таблица 13 - Календарный план проекта

Этапы	Вид работы	Исполнитель	t _к	Декабрь				Январь				Февраль				Март				Апрель			
1	Составление и утверждения технического задания НИР	Руководитель	6																				
2	Выбор направления исследования	Руководитель	36																				
3	Обзор современных методов исследований по выбранному направлению	Бакалавр	16																				
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, Бакалавр	6																				
5	Теоретическое обоснование и выбор экспериментальных методов исследований	Руководитель, Бакалавр	16																				
6	Построение моделей и проведение экспериментов	Бакалавр	17																				
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Бакалавр	18																				
8	Анализ полученных результатов, выводы	Бакалавр, руководитель	3																				
9	Оценка эффективности полученных результатов	Бакалавр, руководитель	6																				
10	Составление пояснительной записки	Бакалавр	8																				

3.5 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением

3.5.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_{\text{м}} = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{\text{расх}i} \quad (7)$$

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

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

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, отражены в таблице 14.

Таблица 14–Материальные затраты

Наименование затрат	Ед. изм.	Количество			Цена за ед., руб			Затраты на материалы ($З_{\text{м}}$), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3

Торф	кг	1	1	1	200	200	200	200	200	200
Метанол	кг	0,06	-	-	20	-	-	1,2	-	-
Четыреххлористый углерод	л	-	-	0,7	-	-	1317	-	-	922
Бромид калия	кг	-	0,1	-	-	490		-	49,0	-
Хлороформ	кг	0,6	-	-	327	-	-	196,2	-	-
Бумага	шт.	100	100	100	2	2	2	200,0	200,0	200,0
Ручка	шт.	2	2	2	20	20	20	40,0	40,0	40,0
Итого								637,4	489,0	1361,9

3.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме, с учетом амортизации. При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены.

Таблица 15- Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

Наименование оборудования	Количество единиц			Цена единицы оборудования, руб	Общая стоимость, руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3		Исп.1	Исп.2	Исп.3
Магнитного хромато-масс-спектрометр DFS фирмы "ThermoScientific"	1	-	-	150000	172500	-	-
Система высокоэффективной жидкостной хроматографии Agilent 1200	-	-	1	500000	-	-	575000
ИК- Фурье - спектрометре Nicolet 5700	-	1	-	162000	-	186300	-
Аналитические весы Pionir	1	1	1	10257	11795	11795	11796
Колба плоскодонная, 500 мл	2	2	2	262	524	524	524
Колба мерная, 100 мл	2	2	2	105	210	210	210
Колба мерная, 1000 мл	1	1	1	130	130	130	130

Мерный цилиндр, 100 мл	1	1	1	88	88	88	88
Пипетка градуированная, 10 мл	2	2	2	165	330	330	330
Эксикатор	1	1	1	702	702	702	702
Промывалка	1	1	1	120	120	120	120
Итого					186400	200200	588900

3.5.3 Расчет заработной платы исполнителей темы

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 10 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в табл. 16.

Таблица 16 - Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.- дн.			Заработная плата, приходящая я на 1 чел. - дн, руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), руб.		
			Исп.1	Исп.2	Исп.3		Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Составление и утверждения технического задания НИР	Руководитель	2	2	2	3440	7568	7568	7568
2	Выбор направления исследования	Руководитель	14	14	14	3440	52976	52976	52976
3	Обзор современных методов исследований по выбранному направлению	Бакалавр	5	5	5	560	3080	3080	3080

4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, бакалавр	5	5	5	4000	22000	22000	22000
5	Теоретическое обоснование и выбор экспериментальных методов исследований	Руководитель, бакалавр	20	20	20	4000	88000	88000	88000
6	Построение моделей и проведение экспериментов	Бакалавр	7	12	8	560	4312	7392	4928
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Бакалавр	10	10	10	560	6160	6160	6160
8	Анализ полученных результатов, выводы	Руководитель, бакалавр	4	4	4	4000	17600	17600	17600
9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, бакалавр	7	7	7	4000	30800	30800	30800
10	Составление пояснительной записки	Бакалавр	4	4	4	560	2464	2464	2464
	Итого						234960	238040	235576

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работал руководитель и студент. Принимая во внимание, что за час работы руководитель получает 430 рублей, а студент 70 рублей (рабочий день 8 часов).

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} \quad (8)$$

Максимальная основная заработная плата руководителя равна примерно 160 тыс. рублей, а студента 74,9 тыс. рублей.

Дополнительная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (9)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12%).

Таким образом, заработная плата руководителя равна 179200 рублей, студента – 83955 рублей.

3.5.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (10)$$

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

Отчисления во внебюджетные фонды представим в табличной форме – табл.17.

Таблица 17 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата			Дополнительная заработная плата		
	Исп.1	исп.2	Исп.3	Исп.1	исп.2	Исп.3
Руководитель	160000	160000	160000	19200	19200	19200
Бакалавр	74960	78040	75576	8995,2	9364,8	9069,1
Коэффициент отчислений во внебюджетный фонд	0,3					
Итого						
Исполнение 1	79473					
Исполнение 2	80515					
Исполнение 3	79681					

3.5.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\sum \text{сумма}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (11)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

3.5.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таб.18.

Таблица 18 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Материальные затраты НТИ	637,4	489,0	1361,9
Затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ	186400	200200	588900
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	234960	238040	235576
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	28195,2	28564,8	28269,1
Отчисления во внебюджетные фонды	79473	80515	79681
Накладные расходы	84746,4	87649,2	149406,0

Бюджет затрат НТИ	614412	635458	1083194
-------------------	--------	--------	---------

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (12)$$

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.

Для нашей разработки: $I_{\text{финр}}^{\text{p}} = \frac{614412}{1083194} = 0,57$

Для первого аналога: $I_{\text{финр}}^{\text{a1}} = \frac{635458}{1083194} = 0,59$

Для второго аналога: $I_{\text{финр}}^{\text{a2}} = \frac{1083194}{1083194} = 1$

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

$$I_{pi} = \sum a^i * b^i,$$

$$I_{исп.i} = \frac{I_{pi}}{I_{финр}}, \quad I_{pi} = \sum a^i * b^i, \quad (13)$$

$$\Theta_{cp} = \frac{I_{исп.i}}{I_{исп.мах}}$$

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

a^i - весовой коэффициент i-го варианта исполнения разработки;

b^i - бальная оценка i-го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности проведем в форме таблицы (табл. 19).

Таблица 19 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Бальная оценка			Интегральный показатель ресурсоэффективности		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Надежность	0,2	5	4	5	1	0,8	1
2. Универсальность	0,2	5	4	4	1	0,8	0,8
3. Уровень материалоемкости	0,15	5	4	5	0,75	0,6	0,75
4. Функциональная мощность	0,2	5	4	5	1	0,8	1

5. Ремонтопригодность	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
6. Энергосбережение	0,15	4	4	4	0,6	0,6	0,6
Итого	1				4,75	4	4,45

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

$$I_{исп.i} = \frac{I_{pi}}{I_{финр}}, \quad (14)$$

Для нашего исследования: $I_{исп1} = 4,75/0,57 = 8,4$.

Для первого аналога: $I_{исп1} = 4/0,59 = 6,8$.

Для второго аналога: $I_{исп1} = 4,45/1 = 4,5$.

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

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.i}}{I_{исп.max}}, \quad (15)$$

Таблица 20 - Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Исп.1	Исп.2	исп.3
Интегральный финансовый показатель разработки	0,57	0,59	1,00

Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,75	4	4,45
Интегральный показатель эффективности	8,4	6,8	4,5
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,8	0,5

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволило определить, что существующий вариант решения (Исп. 1) поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является наиболее приемлемым.