



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

Инженерная школа природных ресурсов  
Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология  
ООП Аналитический контроль в химической промышленности  
Отделение химической инженерии

### ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
<b>Флуориметрическое определение серотонина в растительном сырье</b>

УДК 543.42:577.175.823

Обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д93	Гейден Кристина Сергеевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Чернова Анна Павловна	к.х.н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Меньшикова Екатерина Валентиновна	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Михеева Елена Валентиновна	к.х.н.		

Томск – 2023 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП/ОПОП

### 18.03.01 Химическая технология

Образовательная программа: Химическая технология

Специализация: «Аналитический контроль в химической промышленности»

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК(У)-1	Способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Готовность использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы
ОПК(У)-3	Готовность использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире
ОПК(У)-4	Владение пониманием сущности и значения информации в развитии современного информационного общества, осознания опасности и угрозы, возникающих в этом процессе, способностью соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
ОПК(У)-5	Владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией
ОПК(У)-6	Владение основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий

<b>Профессиональные компетенции</b>	
<b>ПК(У)-1</b>	Способность и готовность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции
<b>ПК(У)-2</b>	Готовность применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств сферы профессиональной деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования
<b>ПК(У)-3</b>	Готовность использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности
<b>ПК(У)-4</b>	Способность принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения
<b>ПК(У)-5</b>	Способность использовать правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и нормы охраны труда, измерять и оценивать параметры производственного микроклимата, уровня запыленности и загазованности, шума, и вибрации, освещенности рабочих мест
<b>ПК(У)-6</b>	Способность налаживать, настраивать и осуществлять проверку оборудования и программных средств
<b>ПК(У)-7</b>	Способность проверять техническое состояние, организовывать профилактические осмотры и текущий ремонт оборудования, готовить оборудование к ремонту и принимать оборудование из ремонта
<b>ПК(У)-8</b>	Готовность к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования
<b>ПК(У)-9</b>	Способность анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования
<b>ПК(У)-10</b>	Способность проводить анализ сырья, материалов и готовой продукции, осуществлять оценку результатов анализа
<b>ПК(У)-11</b>	Способность выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса
<b>ДПК(У)-1</b>	Способность планировать и проводить химические эксперименты, проводить обработку результатов эксперимента, оценивать погрешности, применять методы математического моделирования и анализа при исследовании химико-технологических процессов
<b>ДПК(У)-2</b>	Готовность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования





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

Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки: 18.03.01 «Химическая технология»

Отделение школы: Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП/ОПОП

\_\_\_\_\_ Михеева Е.В. \_

(Подпись) (Дата) (ФИО)

### ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
2Д93	Гейден Кристина Сергеевна

Тема работы:

Флуориметрическое определение серотонина в растительном сырье	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	30.01.2023, №30-94/с

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	15.06.2023
--	------------

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b> <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 функционированию (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)</i></p>	<p>Объект исследования: измельченные листья, ветки и кора облепихи крушиновидной. Подобрать рабочие условия для определения серотонина в коре, ветках и листьях облепихи крушиновидной методом флуориметрии.</p>
<p><b>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке</b> <i>(аналитический обзор литературных источников 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>	<p>Обзор литературных данных по тематике научно-исследовательской работы. Проведение серии экспериментов для достижения цели исследования. Анализ, обработка и обсуждение результатов проведенных экспериментов. Анализ экономической привлекательности, ресурсоэффективности и ресурсосбережения работы. Анализ рисков и опасностей проведения исследования и составление перечня нормативных документов для их</p>

	регулируемая. Обобщение результатов и формулирование выводов по итогам проделанной работы.
--	---

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

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
--	--

Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Гуляев Милий Всеволодович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Меньшикова Екатерина Валентиновна

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Чернова Анна Павловна	к.х.н.		

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д93	Гейден Кристина Сергеевна		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Д93	Гейден Кристине Сергеевне

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение школы (НОЦ)	Отделение химической инженерии
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 Химическая технология

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов в соответствии с применяемой техникой, технологиями и рыночными ценами. Оклады в соответствии с окладами сотрудников организации.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Районный коэффициент – 1,3 Коэффициент доплат – 1,28 Коэффициент накладных расходов – 0,1
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды – 30,2 %

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Провести предпроектный анализ
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	Разработать устав научного проекта ВКР.
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Составить план работ. Определение бюджета НТИ.
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Провести оценки сравнительной эффективности проекта.

### Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Матрица SWOT
2. Иерархическая структура работ проекта
3. График проведения НТИ
4. Организационная структура проекта
5. Группировка затрат по статьям
6. Сравнительная эффективность разработки

### Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

### Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН, ШБИП	Меньшикова Екатерина Валентиновна	к.ф.н.		

### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д93	Гейден Кристина Сергеевна		

## ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Обучающемуся:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Д93	Гейден Кристина Сергеевна

<b>Школа</b>	<b>Инженерная школа природных ресурсов</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>Отделение химической инженерии</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	18.03.01 «Химическая технология»

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Объект: ветки и листья облепихи крушиновидной.          Область применения: химико-фармацевтическая промышленность.          Рабочая зона: лаборатория.          Размеры помещения: 6×12.          Количество и наименование оборудования рабочей зоны: персональный компьютер, спектрофлуориметр «ФЛЮОРАТ-02-ПАНОРАМА» (1), вытяжной шкаф, аналитические весы.          Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: пробоподготовка объекта исследования, экстрагирование серотонина из веток и листьев облепихи различными растворителями, измерение концентрации серотонина в экстрактах веток и листьев с помощью флюората.</p>
--	--

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>          Специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<p>Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства.          Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. От24.04.2020);</li> <li>2. Федеральный закон № 426-ФЗ от 28.12.2013 года «О специальной оценке условий труда»;</li> <li>3. ПНД Ф 12.13.1-03 «Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения)».</li> </ol>
<p><b>2. Производственная безопасность:</b>          – анализ потенциально вредных факторов;          – анализ потенциально опасных факторов;          – разработка мероприятий по снижению воздействия опасных и вредных производственных факторов.</p>	<p><b>Анализ потенциальные вредных факторов:</b>          – Повышенный уровень шума          – Недостаточная освещенность рабочей зоны          – Повышенный уровень локальной вибрации          – Монотонность труда, вызывающая монотомию</p> <p><b>Анализ потенциально опасных факторов:</b></p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Производственные факторы, связанные с электрическим током</li> <li>– Пожаровзрывоопасность</li> </ul> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы;</li> <li>2. ГОСТ 12.1.019 -79 (с изм. №1) ССБТ;</li> <li>3. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты;</li> <li>4. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов;</li> <li>5. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий;</li> <li>6. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.</li> </ol>
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу, гидросферу и литосферу</li> <li>– решение по обеспечению экологической безопасности</li> </ul>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ возможных ЧС</li> <li>– Меры по предотвращению пожароопасной обстановки</li> <li>– Действия в результате возникновения ЧС и меры по ликвидации ее последствий</li> </ul>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант по разделу «Социальная ответственность»:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д93	Гейден Кристина Сергеевна		

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	24
1 Литературный обзор .....	14
1.1 Облепиха крушиновидная .....	14
1.2 Характеристика серотонина .....	15
1.3 Методы определения серотонина .....	17
2.1 Объект исследования, реактивы, приборы и материалы .....	22
2.2 Методика приготовления экстрактов из растительного сырья облепихи.....	23
2.2.1 Методика приготовления экстрактов методом однократной экстракции.....	23
2.2.2 Методика приготовления экстрактов методом двукратной экстракции.....	23
2.2.3 Методика приготовления экстрактов методом трехкратной экстракции.....	24
2.2.4 Методика приготовления экстрактов методом четырехкратной экстракции.....	24
2.3 Метод флуориметрии.....	24
2.4 Методика определения содержания серотонина в экстрактах методом флуориметрии .....	27
2.4.1 Методика построения градуировочного графика .....	27
3 Обсуждение результатов .....	29
3.1 Определение содержания серотонина в модельных растворах.....	29
3.2 Количественное определение серотонина в исследуемых экстрактах .....	32
3.3 Метод «введено-найдено» .....	36
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	38
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	38
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	38
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений .....	38
4.1.3 SWOT-анализ .....	40
4.2 Планирование научно-исследовательских работ .....	43
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	43
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ .....	44
4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования .....	46
4.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	48
4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ .....	48

4.3.2	Расчет затрат на оборудование .....	49
4.3.3	Расчет основной заработной платы .....	50
4.3.4	Расчет дополнительной заработной платы .....	51
4.3.5	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	52
4.3.6	Накладные расходы.....	52
4.3.7	Прочие прямые затраты.....	53
4.3.8	Формирование бюджета затрат НТИ .....	53
4.3	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	54
5	Социальная ответственность .....	56
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	56
5.1.1	Правовые нормы трудового законодательства, характерные для рабочей зоны исследователя .....	56
5.1.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.....	59
5.2	Производственная безопасность.....	59
5.2.1	Анализ опасных и вредных производственных факторов .....	59
5.2.2	Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего .....	61
5.2.3	Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристики шума.....	62
5.2.4	Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения.....	63
5.2.5	Производственные факторы, связанные с электрическим током .....	65
5.2.6	Производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм человека .....	66
5.3	Экологическая безопасность .....	68
5.3.1	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	68
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	71
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	72

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа включает 80 с., 11 рис., 33 табл., 72 источников.

Ключевые слова: серотонин, 5-гидрокситриптамин, облепиха крушиновидная, переработка древесных отходов, экстракция, флуориметрия.

Объектом исследования являются неплодовые части облепихи крушиновидной.

Цель работы – подбор рабочих условий для определения серотонина в коре, ветках и листьях облепихи крушиновидной методом флуориметрии.

Исследованы флуоресцентные свойства стандартного образца серотонина, подобраны рабочие условия его регистрации методом флуориметрии. Приготовлены водные экстракты растительного сырья и подобраны рабочие условия для количественного определения серотонина в ветках и листьях облепихи крушиновидной исследуемым методом флуориметрии. Проведена проверка правильности рабочих условий определения серотонина в растительном сырье по методу “введено-найдено”. Проведено сравнение полученных данных и методом ВЭЖХ.

В результате исследования:

- подобрали условия для определения серотонина в водных экстрактах методом флуориметрии;
- предложили схему получения и количественного определения серотонина методом флуориметрии.

Область применения: полученные результаты можно использовать для количественного определения серотонина в растительном сырье и быть интересны для фармацевтических и пищевых промышленности.

## ВВЕДЕНИЕ

Крушиновидная облепиха – урожайное растение, кладезь целебных свойств и интересный для коммерческой деятельности объект. Ягоды, листья, ветки, косточки и кора этого растения - ценные источники полезных веществ. В частности, в коре, ветках и листьях облепихи содержится медиатор центральной нервной системы и тканевый гормон серотонин, поэтому разработка методики его выделения из неплодовой части облепихи может дать дополнительный источник этого жизненно важного вещества [1].

### **Цель работы:**

Подбор рабочих условий для определения серотонина в коре, ветках и листьях облепихи крушиновидной методом флуориметрии

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Подобрать оптимальные условия выделения серотонина из растительного сырья методом экстракции;
2. Исследовать оптические свойства серотонина в модельных растворах методом флуориметрии;
3. Провести количественное определение серотонина в экстрактах методом флуориметрии;
4. Провести сравнение полученных данных методом флуориметрии и ВЭЖХ.

### **Практическая значимость**

Подобранные условия определения серотонина в растительном сырье методом флуориметрии могут быть применимы для контроля серотонина в пищевой, косметической и медицинской промышленности.

# 1 Литературный обзор

## 1.1 Облепиха крушиновидная

Крушиновидная облепиха – древовидный, ветвистый кустарник. Ветви покрыты острыми колючками. Растение достигает в высоту 4-6 м. Диаметр кроны – 3-5 м. Принадлежит к семейству лоховые (Elaeagnaceae). Ветви облепихи шиповатые и сероватые, образуют неровную крону. Листья линейно-ланцетной формы, чередующиеся по расположению, длиной 2-6 см, с обеих сторон чешуйчатые, белые. Цветки невзрачные, золотистые, опыляются ветерком. Дерево начинает плодоносить в возрасте трех лет, а пик урожайности приходится на возраст от восьми до десяти лет. [2].

В гималайских странах - Бутане, Непале, Индии, северном Пакистане и Афганистане - произрастают большие популяции облепихи. Дерево может достигать от четырех до четырех с половиной метров в высоту. Поскольку растение имеет глубокую корневую систему, его можно использовать для пополнения истощенной почвы. Облепиха может выживать в самых разных биотических и абиотических условиях, включая температуру от -43 до 40° по и рН почвы от 5 до 8.

Облепиха крушиновидная – листопадное дерево с высокой питательной и терапевтической ценностью, принадлежащий к семейству облепиховых, богатый олеиновой кислотой, белком, аминокислотами, калием и другими питательными веществами. Богатое содержание веществ в растении может быть использовано для лечения болезни сердца, легких и другие заболеваний. Масло облепихи содержит стерины, жирные кислоты, холин, фосфолипиды, бетаин и фитохитон. Облепиховое масло обладает бактерицидным, а также противовоспалительным, обезболивающим и ранозаживляющим свойствами. Местное использование масла регулирует процессы обмена веществ в слизистых оболочках и коже [3].

Лечебные свойства коры облепихи связывают именно с наличием в ней серотонина и его гипохлорида гипофеина (связанная форма), его содержание в ветках достигает до 2,4% сухой массы, в листьях до 0,02%, а в коре находится в диапазоне от 1,2 до 3,6% сухой массы. В плодах облепихи содержание серотонина ниже – оно колеблется от 1,1 до 2,5 мг% [4-5].

## 1.2 Характеристика серотонина

Серотонин, 5-гидрокситриптамин, 5-НТ — один из основных нейромедиаторов. Серотонин относится к моноаминам, как и норадреналин, дофамин и гистамин. Серотонин имеет большое влияние аппетит, эмоции, настроение, движение, функцию кишечника, познание, циркадный ритм и «бессознательную» нервную систему (вегетативную). Структурная формула серотонина приведена на рисунке 1.1.

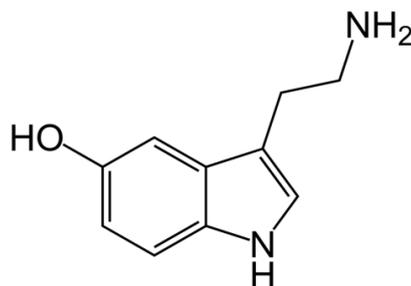


Рисунок 1.1 - Структурная формула серотонина

Физико-химические свойства данного соединения указаны в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Основные физико-химические свойства серотонина [6,7]

<b>Физические свойства</b>	
<b>Тип вещества</b>	Органическое
<b>Внешний вид</b>	Твёрдое кристаллическое вещество белого цвета
<b>Молекулярная масса</b>	176,21 а.е.м.
<b>Плотность</b>	1,288 ± 0,06 г/см <sup>3</sup>
<b>Химические свойства</b>	
<b>Растворимость в воде</b>	25,5 мг/см <sup>3</sup>
<b>Показатель диссоциации</b>	pK <sub>a</sub> (1) = 10,4 (20 °C)
<b>Термические свойства</b>	
<b>Температура кипения</b>	416 ± 30,0 °C
<b>Температура плавления</b>	167,5 °C
<b>Условия безопасности</b>	
<b>Указания по риску</b>	H301; H361*
	*H301 - Токсично при проглатывании. *H315 - Предположительно может нанести ущерб плодовитости или плоду.

Типичные проблемы, вызванные дефицитом серотонина, — тревожность, депрессия и обсессивно-компульсивное расстройство (ОКР); проблемы с кишечником — запор и нарушение перистальтики, а также некоторые симптомы болезни Паркинсона и другие последствия для здоровья.

Серотонин входит в класс лекарственных препаратов, которые широко назначаются в последние десятилетия для лечения пациентов с диагнозом клинической депрессии, также используется для лечения обсессивно-компульсивного расстройства, панических расстройств, социальных фобий и синдрома дефицита внимания.

Присутствие серотонина подтверждено почти во всех семействах растений, где он играет важную роль в росте и развитии растений, включая функции получения энергии, сезонные циклы, модуляцию репродуктивного развития, контроль органогенеза корней и побегов, поддержание тканей растений, задержку старения и реакцию на биотические и абиотические стрессы. Также как и адреналин, может выступать в качестве активных компонентов

азотного обмена. Данные о содержании серотонина в некоторых растениях приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Содержание серотонина в растениях [8]

Вид	Орган	Содержание, (мкг/г сырой массы)
<i>Mucuna pruriens</i>	Жгучие волоски плодов	150
<i>Phaseolus multiflorum</i>	Листья	0,6 – 1,0
<i>Pisum sativum</i>	Листья стебли	0,9 – 1,0
<i>Peganum harmala</i>	Листья (культура ткани)	18 200
<i>Musa sapientum</i>	Плод (кожура)	1 – 41
	Плод (мякоть)	40 – 150
<i>Uretica dioica</i>	Жгучие волоски	3,5

### 1.3 Методы определения серотонина

Серотонин, как и вся группа 5-гидроксииндолов, при нейтральных pH флуоресцирует при длине волны поглощения 300 нм и испускания 340 нм, что позволяет определять его по собственной флуоресценции классическими спектрофлуориметрическими методами [9]. Однако исторически первые флуориметрические методы определения серотонина в биологических матрицах были неспецифичны и требовали разделения с интерферирующими соединениями. Для этого требовалось использование длительной пробоподготовки с дальнейшим применением экстракции, ионообменной хроматографии и гель-фильтрации. Достаточно высокий предел детекции (примерно 1 нмоль) можно снизить примерно до 50 пкмоль, применяя дериватизацию нингидрином или о-фталевым альдегидом [10]. Повысить чувствительность спектрофлуориметрического определения удастся также за счет формирования комплекса тройного серотонина с комплексом ацетилацетон-формальдегид [11].

Стремительное развитие аналитических технологий привело к появлению более специфичных и точных методов, среди которых:

- тонкослойная хроматография (ТСХ) [12-14];
- радиоиммунный анализ (РИА) [15-16];
- иммуноферментный анализ (ИФА) [17-18];
- масс-спектрометрия (МС) [19];
- газовая хроматография с МС-детекцией [20-22];
- капиллярный электрофорез с флуоресцентной и МС-детекцией [23];
- иммуноцитохимический (с использованием проточного цитофлуориметра) [24],
- высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ) с флуориметрической (по собственной флуоресценции [25-27], и с помощью дериватизации [28]), электрохимической [29-33], амперметрической [34] и МС-детекцией [35].

Среди используемых сегодня методом определения серотонина наибольшее распространение получили методы, основанные на ВЭЖХ с электрохимической, флуориметрической или МС-детекцией. Тип детекции выбирают в зависимости от возможностей лаборатории и требований к разрабатываемому методу. Анализ серотонина в биологических образцах осложняется его чувствительностью к свету, кислороду, а также к высоким или очень низким значениям рН. Поэтому для предотвращения окисления желательно принять ряд превентивных мер, среди которых: снижение или исключение воздействия солнечного света, проведение пробоподготовки при охлаждении с последующим быстрым анализом или немедленным замораживанием образцов, подкисление образцов ( $\text{pH} > 2$ ), добавление антиоксидантов, таких как аскорбиновая кислота, ЭДТА или L-цистеин. Примеры определения серотонина электрохимическим методом приведен в таблице 1.3.

Таблица 1.3 - Обзор научных исследований по анализу серотонина электрохимическим методом

№	Объект исследования	Диапазон детектируемых концентраций	Источник
1	Стандарт серотонина	10 – 30 мкМ	[29]
2	Кровь и мозг мышей с депрессией	0 – $4 \times 10^{-6}$ М	[30]
3	Спинальная жидкость крысы	1 пМ – 10 нМ	[31]
4	Сыворотка крови человека	10 нмоль/л – 7,0 мкмоль/л	[32]
5	Сыворотка крови человека	$6,0 \times 10^{-8}$ М – $6 \times 10^{-6}$ М	[33]
6	PBS сыворотка	0,1 – 15 мкМ	[34]
7	Синтетический образец мочи	1 – 500 мкМ	[35]
8	Куркумин	10 – 170 мкМ	[36]

Углеродные наноматериал графен демонстрирует многообещающие результаты для определения серотонина. Кроме того, новые электрохимические сенсоры, изготовленные на основе углеродных наноматериалов, играют важную роль для улучшения процесса зондирования. Металлические электроды, содержащие оксид, демонстрируют выдающиеся электрокаталитические свойства по отношению к серотонину и другим нейротрансмиттерам. Металлические электроды, функционализированные биомолекулой, могут катализировать электрохимическую реакцию и усиливать перенос электронов. Определение серотонина в реальном образце остается серьезной проблемой из-за эффектов матрицы и присутствия других биомолекул. Хотя большинство инструментальных аналитических методов являются надежными и чувствительными, существуют некоторые недостатки, такие как: трудоемкость и дороговизна процесса, сложная пробоподготовка и разрушение пробы. Электрохимические методы благодаря экономичности, скорости и простоте работы привлекли значительное внимание к использованию для обнаружения серотонина. Рабочие электроды в процессе электроанализа являются наиболее важной частью метода, играющей главную роль в получении аналитического сигнала, основную роль в получении электрохимических реакций. В связи с этим наноматериалы широко используются в качестве модификаторов электродов для улучшения отклика электрода и его производительности в различных средах.

Распространенным методом анализа биологических соединений является метод ВЭЖХ. Высокоэффективная жидкостная хроматография — один из эффективных методов разделения сложных смесей веществ, широко применяемый как в аналитической химии, так и в химической технологии. Далее в таблице 1.4 приведены примеры определения серотонина методом ВЭЖХ.

Таблица 1.4 – Обзор исследований по определению серотонина методом ВЭЖХ в различных биологических объектах.

№	Объект исследования	Диапазон детектируемых концентраций	Источник
1	Микродиализаты мозга крысы	5 – 1000 пг/мл	[39]
2	Клетки тромбоцитов кролика	11,80 – 470,45 нг/мл	[40]
3	Образцы мочи и крови человека	5 – 1000 мкг/л	[41]
4	Образцы мочи взрослого человека	$5,98 \times 10^{-3}$ – 62,8 мкМ	[42]
5	Образцы крови детей и подростков	0,64 – 2,45 мкмоль/л.	[43]

Основной проблемой при определении серотонина в биологических образцах является деградация во время хранения образцов. Серотонин не стабилен в кислой среде в отличие от других моноаминов, обнаруженных в образцах мозга. Стандарты серотонина, изготовленные в растворе Рингера, стабильны при 4 °С в течение почти 10 часов, но быстро разрушаются при комнатной температуре.

Оксигемоглобин во время денатурации может окислять серотонин и связанные с ним 5-гидроксииндолы. Эта реакция ингибируется промыванием крови угарным газом монооксидом перед осаждением белка. Хотя ингибирование не такое полное, как в случае с монооксидом углерода, аскорбиновая кислота частично ингибирует окисление серотонин. По этой причине кровь немедленно смешивается с аскорбиновой кислотой и ЭДТА. Методы, в которых добавляют аскорбиновую кислоту во время процедуры экстракции, рискуют окислить серотонин, что приведет к снижению его концентрации. Литературный обзор по детектированию серотонина методом флуориметрии приведен в таблице 1.5.

Таблица 1.5. – Обзор исследований по определению серотонина методом флуориметрии

№	Группа объектов исследования	Объект исследования	Рабочие условия			Диапазон детектируемых концентраций/ Исследуемая концентрация	Источник
			Растворитель	$\lambda_{\text{возб}}$ , нм	$\lambda_{\text{исп}}$ , нм		
1	Стандартные образцы	Гидрохлорид серотонина	Вода	280	337	50 – 95 нМ	[44]
			Вода	290	340	0 – 10 нМ	[45]
			Ацетатный буфер (рН=5,2)	280	340	0 – 200 пМ	[46]
			0,1Н соляная кислота	355	473	3,1 – 25,0 мг/мл	[47]
			Орто-фталальдегид (ОРА)	355	473	40 – 20 нг/мл	[48]
			Вода	276	339	0 – 1 М	[49]
			Метанол	290	340	0 – 1 М	[50]
2	Образцы человеческих материалов	Спинномозговая жидкость	Вода	280	340	1000 нМ	[51]
		Образцы мочи людей, страдающих наркотической зависимостью	Гидроксид натрия	365	450	0 – 2000 нМ	[52]
		Клетки тромбоцитов человека	Вода	285	340	33 мкМ	[53]
3	Образцы животных материалов	Черви Planaria	0,06М буфер хлорной кислоты	280	340	0,35 – 7,0 нг/мл	[54]
		Ткани мозга крыс и мышей	ОРА при 20% соляной кислоты	360	470	10 нг	[55]
		Кишечник крысы	0,01М ацетатный буфер (рН=4)	280	340	26±9 нг/мл	[56]
4	Фрукты и овощи	Томаты черри, картофель, киви	Вода, ацетонитрил	300	355	500 мг/мл	[57]

Флуориметрический метод представляет собой полезный инструмент для выяснения определенных функциональных проблем, особенно в сочетании с гистохимической микрофлуориметрией в случае необходимости.

На основании литературного обзора, можно сделать выводы, что разработанных флуориметрических методик для детекции серотонина в растительном сырье нет, а для определения серотонина в водных биологических объектах чаще используют длину волны возбуждения 280-290 нм.

## **2 Материалы и методы исследования**

### **2.1 Объект исследования, реактивы, приборы и материалы**

Объектом исследования являлось растительное сырье из Алтайского края весеннего 2021 года, а именно:

1. Измельченные ветки и кора облепихи размером не более 1,4 мм.
2. Измельченные листья облепихи размером не более 1,4 мм.

Для исследования серотонина в экстрактах использовалось следующее оборудование:

- Спектрофлуориметр «Флюорат-02-Панорама»;
- Дозаторы пипеточные «Ленпипет Лайт» объемом 10-100 мм<sup>3</sup>, 100-1000 мм<sup>3</sup>, 500-5000 мм<sup>3</sup>.

В данной работе использовались следующие материалы и реактивы:

- 5-гидрокситриптамина гидрохлорид –  $(\text{OH})\text{C}_8\text{H}_4\text{NHCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2 \cdot \text{HCl}$  (производитель - Acros Organics, чистота - 98 %);
- Вода дистиллированная –  $\text{H}_2\text{O}_{\text{дист}}$  (ГОСТ 6709-72);
- Вата, марля, фильтры «синяя лента», шприцевые фильтры.

## **2.2 2.2 Методика приготовления экстрактов из растительного сырья облепихи**

Для экстракции растительного сырья в качестве экстрагента использовали дистиллированную воду. Неплодовую часть облепихи подвергали экстракции (мацерации) до 4-кратной экстракции. Более подробно экстрагирование прописано в последующих главах.

### **2.2.1 Методика приготовления экстрактов методом однократной экстракции**

Навески массой примерно 1,00 г растительного сырья, просеянного через сито 1400 мкм/1000 мкм – смеси измельченных веток и коры размером частиц не более 1,4 мм и измельченных листьев размером частиц не более 1,4 мм – настаивали в 100 см<sup>3</sup> экстрагента в течение 40 минут. Затем полученные экстракты фильтровали через ватно-марлевый фильтр и фильтр «синяя лента».

### **2.2.2 Методика приготовления экстрактов методом двукратной экстракции**

Навески массой примерно 1,00 г растительного сырья, просеянного через сито 1400 мкм/1000 мкм – смеси измельченных веток и коры размером частиц не более 1,4 мм и измельченных листьев размером частиц не более 1,4 мм – настаивали в 35 см<sup>3</sup> экстрагента в течение 20 минут. Далее, слив получившиеся жидкие экстракты в отдельные стаканы, сырье настаивали в 65 см<sup>3</sup> экстрагента снова в течение 20 минут. Объединив получившиеся из одного и того же сырья экстракты, их фильтровали через ватно-марлевый фильтр и фильтр «синяя лента».

### **2.2.3 Методика приготовления экстрактов методом трехкратной экстракции**

Навески массой примерно 1,00 г растительного сырья, просеянного через сито 1400 мкм/1000 мкм – смеси измельченных веток и коры размером частиц не более 1,4 мм и измельченных листьев размером частиц не более 1,4 мм – каждые 13 минут настаивали в 30, 30 и 40 см<sup>3</sup> экстрагента, предварительно объединяя получавшиеся из одного и того же сырья экстракты в общем стакане. Затем экстракты фильтровали через ватно-марлевый фильтр и фильтр «синяя лента».

### **2.2.4 Методика приготовления экстрактов методом четырехкратной экстракции**

Навески массой примерно 1,00 г растительного сырья, просеянного через сито 1400 мкм/1000 мкм – смеси измельченных веток и коры размером частиц не более 1,4 мм и измельченных листьев размером частиц не более 1,4 мм – каждые 10 минут настаивали в 10, 20, 30 и 40 см<sup>3</sup> экстрагента, предварительно объединяя получавшиеся из одного и того же сырья экстракты в общем стакане. Затем экстракты фильтровали через ватно-марлевый фильтр и фильтр «синяя лента».

## **2.3 Метод флуориметрии**

Флуориметрия (или флуоресцентная спектрофотометрия) является методом анализа, основанным на измерении флуоресценции. Флуоресценция (один из видов люминесценции) – испускание света химическим веществом, находящимся в возбужденном состоянии, при переходе в основное состояние. Первоначальный переход вещества из основного в возбужденное состояние происходит при этом виде люминесценции за счёт поглощения им световой

энергии при облучении ультрафиолетовым, видимым или иным электромагнитным излучением. Флуоресценция органических соединений охватывает спектральную область от 200 до 830 нм [58].

Спектр испускания флуоресценции представляет собой зависимость интенсивности флуоресценции от длины волны (в нм) или частоты (в см<sup>-1</sup>) при заданной длине волны возбуждения. Спектр возбуждения флуоресценции представляет собой зависимость интенсивности излучения в максимуме испускания флуорофора от длины волны или частоты возбуждающего света. При этом спектр возбуждения обычно совпадает со спектром поглощения, так же как и интенсивность флуоресценции пропорциональна светопоглощению. Комбинирование спектров испускания, полученных при различных длинах волн возбуждения, даёт трёхмерную карту испускания.

Рассмотрим устройство прибора, измеряющего флуоресценцию, на примере анализатора «Флюорат-02 Панорама». Прибор построен по однолучевой схеме. Оптическая схема прибора представлена на рис. 2. Освещающий луч, источником которого является ксеноновая лампа (1), сначала проходит монохроматор канала возбуждения (3), который пропускает излучение лишь определённой длины волны. После монохроматора луч посредством светоделительной пластины (5) разделяется на два луча; только один из которых через образец (6). Оба луча попадают впоследствии на детекторы (11, 12), и степень погашения излучения раствором (пропускание,  $I/I_0 \equiv T, \%$ ) определяется сравнением интенсивностей этих лучей. Таким образом, оптическую плотность раствора  $D$ , являющуюся функцией пропускания, а также спектр (зависимость  $D$  от длины волны) по отношению к растворителю, можно получить, записав последовательно два спектра – раствора сравнения и испытуемого раствора. Для минимизации попадания в детектор возбуждающего излучения, под углом в 90° к освещающему лучу (если смотреть относительно кюветного отделения), расположен монохроматор канала испускания (флуориметрического канала) (8), который также из общего спектра (флуоресценции либо фосфоресценции)

выделяет излучение с некоей длиной волны. После этого оно попадает в приемник (9), который регистрирует его интенсивность.

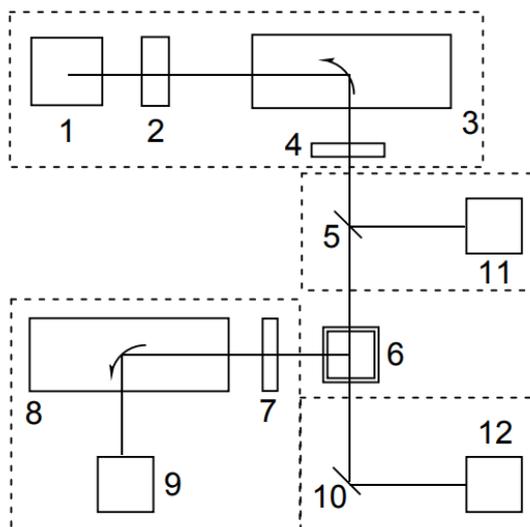


Рисунок 2.1 - Оптическая схема спектрофлуориметра «Флуорат-02- Панорама», где: 1 – ксеноновая лампа; 2 – устройство отсечки второго порядка дифракции; 3 – монохроматор возбуждения; 4,7 – светофильтры каналов возбуждения и регистрации люминесценции; 5 – светоделительная пластина; 6 – кювета с анализируемой пробой; 8 – монохроматор флуориметрического канала; 9 – фотоприёмник флуориметрического канала; 11 – фотоприёмник опорного канала; 12 – фотоприёмник канала пропускания (фотометрического).

Источником излучения является импульсная ксеноновая лампа (1), которая позволяет генерировать короткие световые импульсы длительностью около 1 мкс с частотой повторения до 25 Гц. Это даёт возможность исследовать временные характеристики наведённого излучения – исследовать фосфоресценцию, которая длится некоторое время после прекращения освещения раствора. Можно также за непродолжительное время сделать несколько независимых измерений пропускания и люминесценции для множества (10, 25, 250) вспышек. Регистрация люминесценции производится фотоумножителем (9). Диапазон измерения спектров поглощения данного прибора – 180÷860 нм, спектров испускания – 180÷720 нм. Таким образом, в составе прибора есть два независимо работающих монохроматора (3, 8), каждый

из которых можно либо установить на определённую длину волны, либо дать ему задание сканировать излучение по длинам волн, с записью определённого спектра [58].

## **2.4 Методика определения содержания серотонина в экстрактах методом флуориметрии**

### **2.4.1 Методика построения градуировочного графика**

Серию стандартных растворов серотонина в воде готовили следующим образом:

Навеску массой 1 мг стандарта серотонина растворяли в 1 см<sup>3</sup> воды дистиллированной и получали раствор концентрацией 1 мг/см<sup>3</sup>. Затем из данного раствора готовили растворы с концентрациями: 0,01; 0,05; 0,10; 0,15; 0,20; 0,25; 0,40; 0,50; 0,60; 0,70 и 0,80 мг/см<sup>3</sup>.

Для исследования в кварцевую кювету с толщиной поглощающего слоя 10 мм вводилось 3 см<sup>3</sup> раствора серотонина. Далее каждый полученный раствор исследовали методом флуориметрии при следующих характеристиках:

- Длина волны возбуждения – 280 нм;
- Длина волны регистрации – 300 нм;
- Шаг – 20 нм;
- Число вспышек – 50.

Для выявления линейной зависимости были построены градуировочные графики оптической плотности (А) от концентрации раствора стандартного образца серотонина (С, мг/см<sup>3</sup>) – в двух диапазонах концентраций – 0,01-0,25 мг/см<sup>3</sup> и 0,40-1,00 мг/см<sup>3</sup>.

Точная зависимость между концентрацией определяемого компонента (Х) и интенсивностью сигнала (У) будет выражаться уравнением [59]:

$$A = a + bC, \quad (2.1)$$

где  $A$  – оптическая плотность анализируемого раствора;

$C$  - концентрация анализируемого раствора, мг/см<sup>3</sup>;

$k$  - тангенс угла, образуемого калибровочным графиком и осью абсцисс;

$b$  - расстояние между началом координат и гипотетической точкой пересечения калибровочного графика с осью ординат, выраженное в единицах оптической плотности.

Для расчёта коэффициентов  $k$  и  $b$  принимали во внимание концентрации анализируемых веществ (мг/см<sup>3</sup>) в изучаемых растворах стандартной серии и значения площадей пиков, соответствующие этим концентрациям. Коэффициент  $k$  рассчитывали по формуле:

$$k = \frac{\sum C \cdot \sum A - n \cdot \sum C \cdot A}{\sum C^2 - n \cdot \sum C^2}, \quad (2.2)$$

где  $n$  – число точек, по которым строили градуировочный график.

Коэффициент  $b$  рассчитывали по формуле:

$$b = \frac{\sum A - k \cdot \sum C}{n} \quad (2.3)$$

Исходя из концентрации ( $C$ ) и значений сигнала тока ( $A$ ), рассчитывали значения  $C^2$  и  $C \cdot A$  (данные представлены в таблице 3.1).

### **3 Обсуждение результатов**

Облепиха является ценным растительным сырьем серотонина, который можно использовать для производства БАДов в химико-фармацевтической промышленности. Данная работа посвящена подбору оптимальных условий для определения серотонина в ветках и листьях крушиновидной облепихи методом флуориметрии. В разделе 3 представлены:

- результаты определения серотонина методом флуориметрии, а именно – определение рабочих концентраций по стандартному образцу серотонина, а также построение градуировочного графика в области высоких и низких концентраций;
- оптимальные условия определения серотонина, длины волн возбуждения и регистрации соответственно;
- количественное определение серотонина в растительном сырье – в листьях и ветках облепихи крушиновидной.

#### **3.1 Определение содержания серотонина в модельных растворах**

В изученных литературных источниках определение серотонина проводится преимущественно электрохимическим и ВЭЖХ методами [29-38], 39-43]. Метод флуориметрии используется для определения серотонина в биологических тканях [51-57]. Вместе с тем, рабочие методики по исследованию содержания серотонина методом флуориметрии в растительном сырье отсутствуют.

Измерения проводились на спектрофлуориметре «Флюорат-02-Панорама». В выбранных условиях были получены аналитические сигналы растворов стандарта серотонина с концентрациями 0,01; 0,05; 0,10; 0,15; 0,20; 0,25; 0,40; 0,50; 0,60; 0,70; 0,80 и 1,00 мг/см<sup>3</sup>. Полученные спектры серии стандартных растворов серотонина в воде представлены на рисунке 3.1.

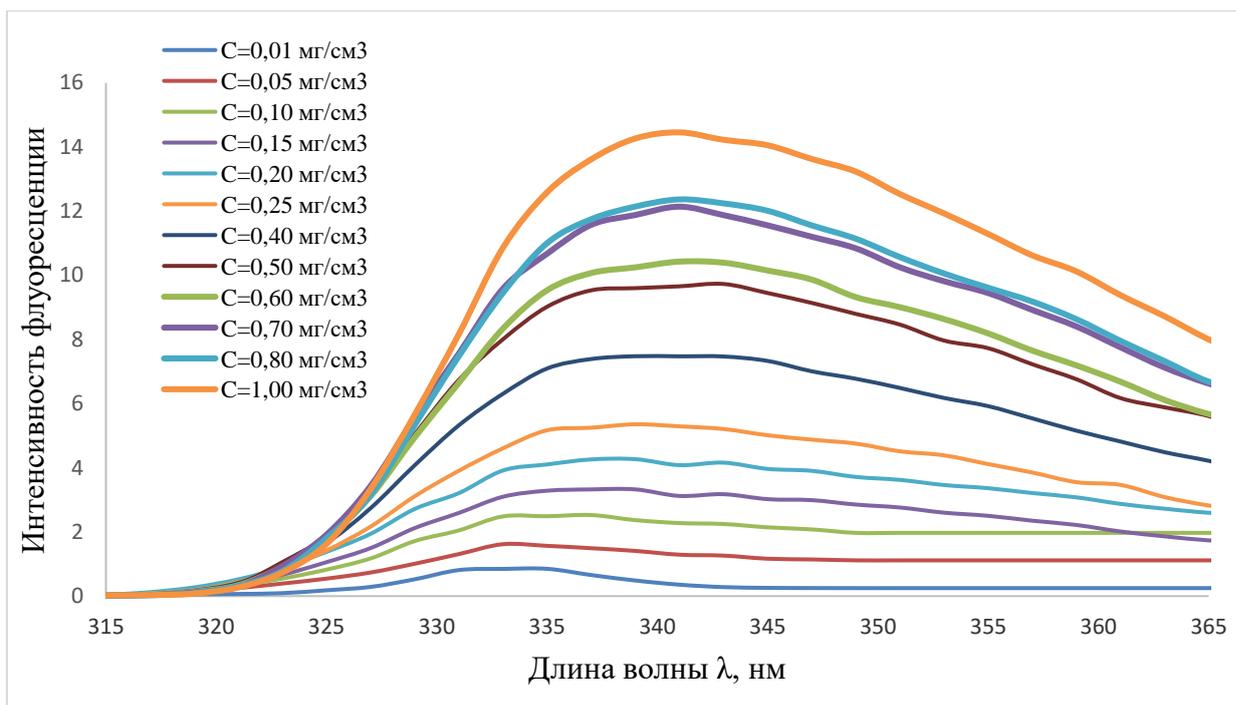


Рисунок 3.1 - Спектры серии стандартных растворов серотонина в воде

Значения оптической плотности и концентрации растворов были обработаны по методу наименьших квадратов. Данные для расчёта коэффициентов  $k$  и  $b$  согласно разделу 2.4.1 представлены в таблице 3.1

Таблица 3.1 - Данные для расчета уравнения градуировочного графика стандарта серотонина в воде

$C$ , мг/см <sup>3</sup>	$A$	$C^2$	$C \cdot A$
0,0100	0,7500	0,0001	0,0075
0,0500	1,5000	0,0025	0,0750
0,1000	2,5200	0,0100	0,2520
0,1500	3,3300	0,0225	0,4995
0,2000	4,3400	0,0400	0,8680
0,2500	5,3600	0,0625	1,3400
0,4000	7,4800	0,1600	2,9920
0,5000	8,9500	0,2500	4,4750
0,6000	10,4200	0,3600	6,2520
0,7000	11,4000	0,4900	7,9800
0,8000	12,3700	0,6400	9,8960
1,0000	14,4500	1,0000	14,4500

На основании полученных данных были построены градуировочные графики в двух диапазонах концентраций. Градуировочный график для диапазона концентраций серотонина 0,01-0,25 мг/см<sup>3</sup> представлен на рисунке 3.2.

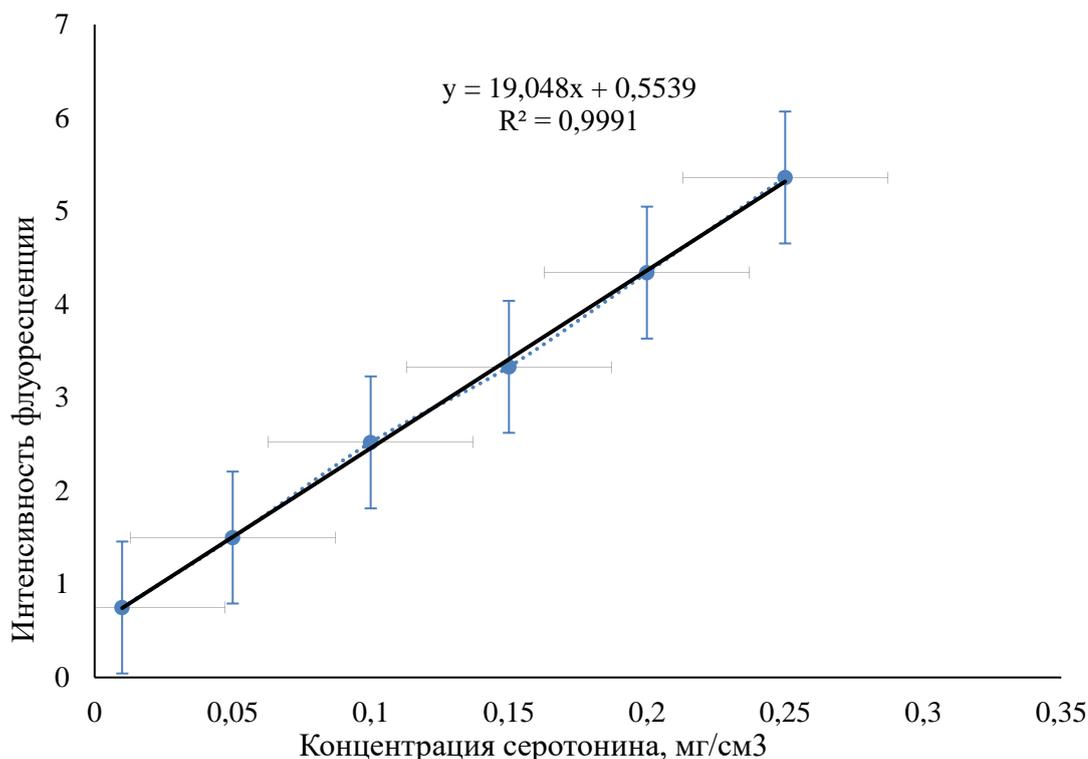


Рисунок 3.1 – Градуировочный график стандарта серотонина в диапазоне концентраций 0,01-0,25 мг/см<sup>3</sup>

Для данного диапазона концентраций серотонина получено уравнение прямой,

$$A = 19,048 \cdot C + 0,5539; \quad (3.1)$$

которое показывает линейную зависимость, с коэффициентом корреляции  $R^2 = 0,9991$ , что означает, что можно проводить количественное определение.

Градуировочный график для диапазона концентраций серотонина 0,40-1,00 мг/см<sup>3</sup> представлен на рисунке 3.3.

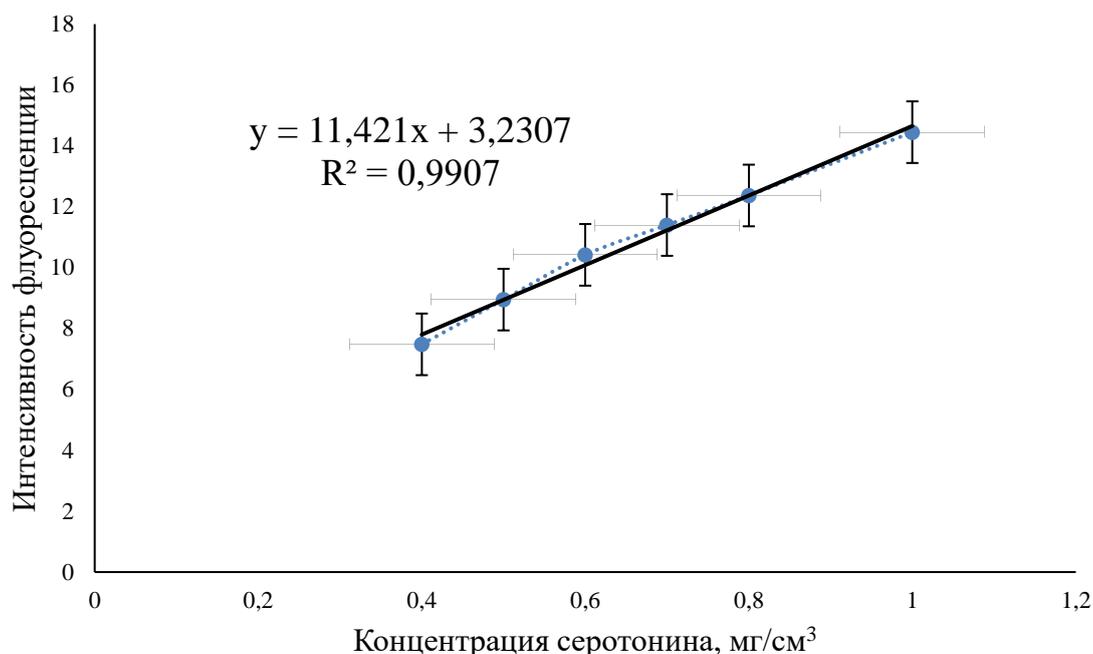


Рисунок 3.3 - Градуировочный график стандарта серотонина в диапазоне концентраций 0,40-1,00 мг/см<sup>3</sup>

Для диапазона концентраций серотонина 0,40-1,00 мг/см<sup>3</sup> получено уравнение прямой:

$$A = 11,421 \cdot C + 3,2307; \quad (3.2)$$

с коэффициентом корреляции  $R^2 = 0,9907$ , что также позволяет провести количественный расчет.

### 3.2 Количественное определение серотонина в исследуемых экстрактах

Для исследования в кварцевую кювету с толщиной поглощающего слоя 10 мм вводилось 3 см<sup>3</sup> раствора серотонина. Экстракты исследовали при характеристиках, указанных в пункте 2.4.1. Примеры спектров исследуемых экстрактов представлены на рисунках 3.4-3.7

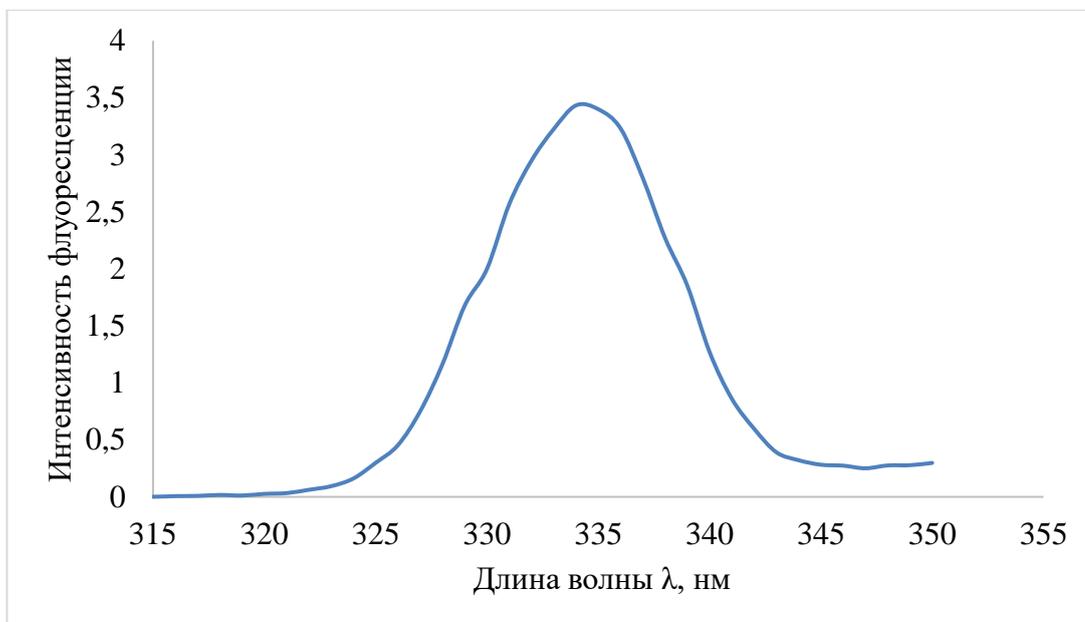


Рисунок 3.4 - Спектр водной 3-кратной экстракции смеси веток и коры;

$$A_{\max} = 3,43$$

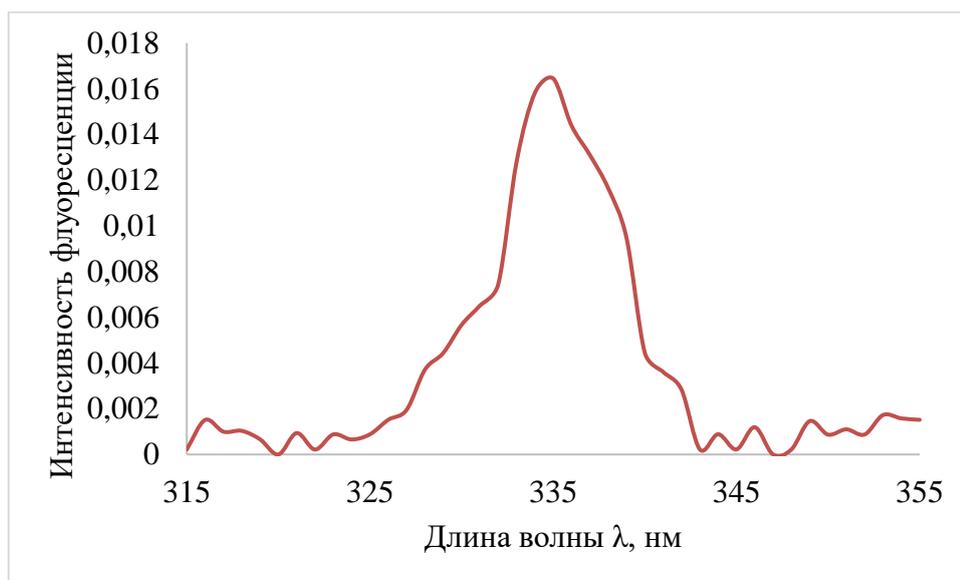


Рисунок 3.5 - Спектр водной 1 - кратной экстракции листьев;

$$A_{\max} = 0,016$$

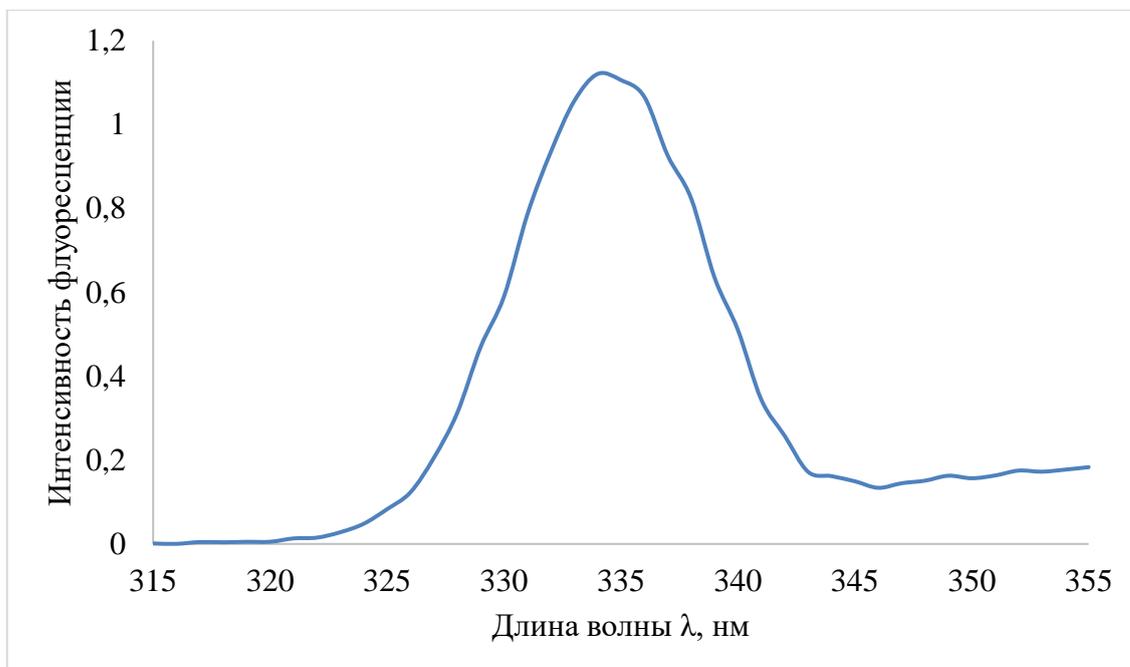


Рисунок 3.6 - Спектр водной 4-кратной экстракции веток и коры;

$$A_{\max} = 1,12$$

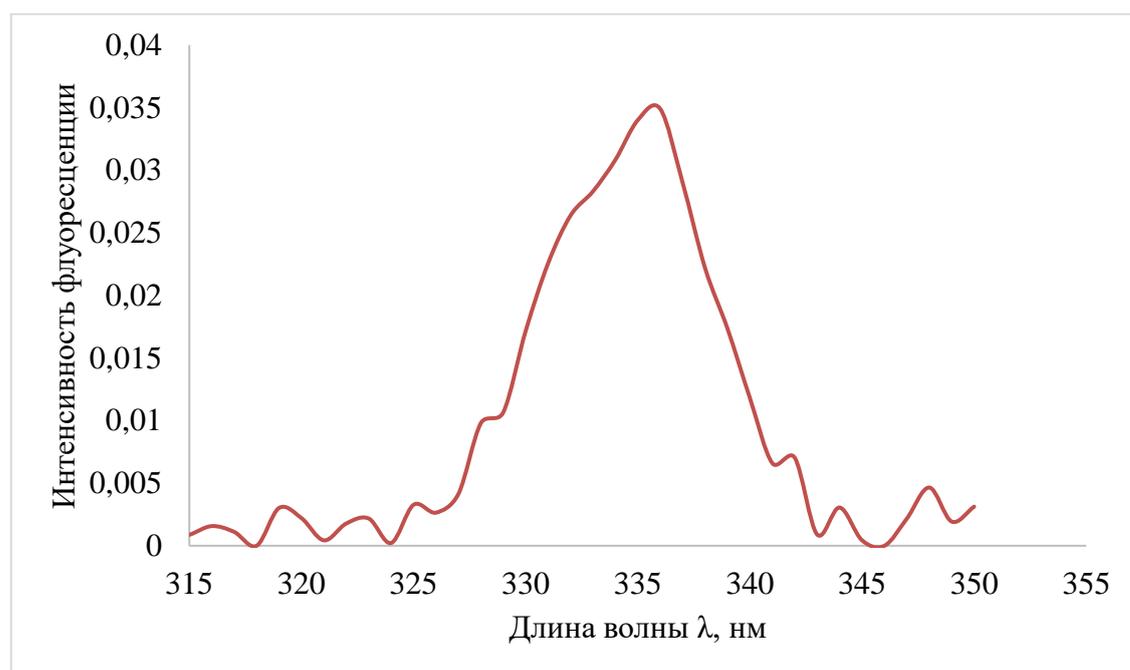


Рисунок 3.7 - Спектр водной 4-кратной экстракции листьев;

$$A_{\max} = 0,035$$

Определение количественного содержания в исследуемых экстрактах осуществлялось методом градуировочного графика в двух диапазонах по

уравнениям 3.1 и 3.2. Результаты количественного определения серотонина в водных экстрактах методом флуориметрии представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Результаты количественного определения серотонина в водных экстрактах методом флуориметрии

Сырье	Тип экстракции	Количество серотонина, мг/1 г сырья
Листья	1-кратная	-
	2-кратная	-
	3-кратная	-
	4-кратная	-
Смесь веток и коры	1-кратная	0,6
	2-кратная	2,4
	3-кратная	15,1
	4-кратная	3,0

Методом флуориметрии было обнаружено содержание серотонина во всех экстрактах, однако величина аналитического сигнала в экстрактах листьев настолько мала, что количественно определить содержание серотонина невозможно. Было количественно определено содержание серотонина в экстрактах смеси и коры. Установлено, что наиболее оптимальным методом является трехкратная экстракция. Исходя из полученных результатов можно сделать вывод, что 3-кратной экстракции достаточно для того, чтобы содержание серотонина в экстракте достигло 1,5%.

Длины волн испускания водных экстрактов находятся в диапазоне 334-336 нм, что совпадает с литературными данными для детектирования серотонина, если в качестве растворителя выступает вода [44,49].

Количественное содержание серотонина в экстрактах, установленное арбитражным методом – методом ВЭЖХ – представлено в таблице 3.3.

Таблица 3.3 - Результаты количественного определения серотонина в водных экстрактах арбитражным методом (методом ВЭЖХ)

Сырье	Тип экстракции	Количество серотонина, мг/1 г сырья
Листья	1-кратная	30 ± 2
	2-кратная	31 ± 2
	3-кратная	32 ± 2
	4-кратная	38 ± 3
Смесь веток и коры	1-кратная	46 ± 4
	2-кратная	106 ± 8
	3-кратная	139 ± 8
	4-кратная	109 ± 7

Сравнивая результаты, можно отметить, что при количественном определении методом флуориметрии содержание серотонина 2-кратной экстракции близко к значению 4-кратной экстракции, что также наблюдается при количественном определении методом ВЭЖХ.

### 3.3 Метод «введено-найдено»

Для того, чтобы уточнить присутствие серотонина в экстрактах растительного сырья, воспользуемся методом «введено-найдено», который основан на добавлении стандартного образца вещества для увеличения аналитического сигнала [60]. Спектры водных экстрактов до и после добавки стандартного образца серотонина приведены на рисунках 3.8-3.9.

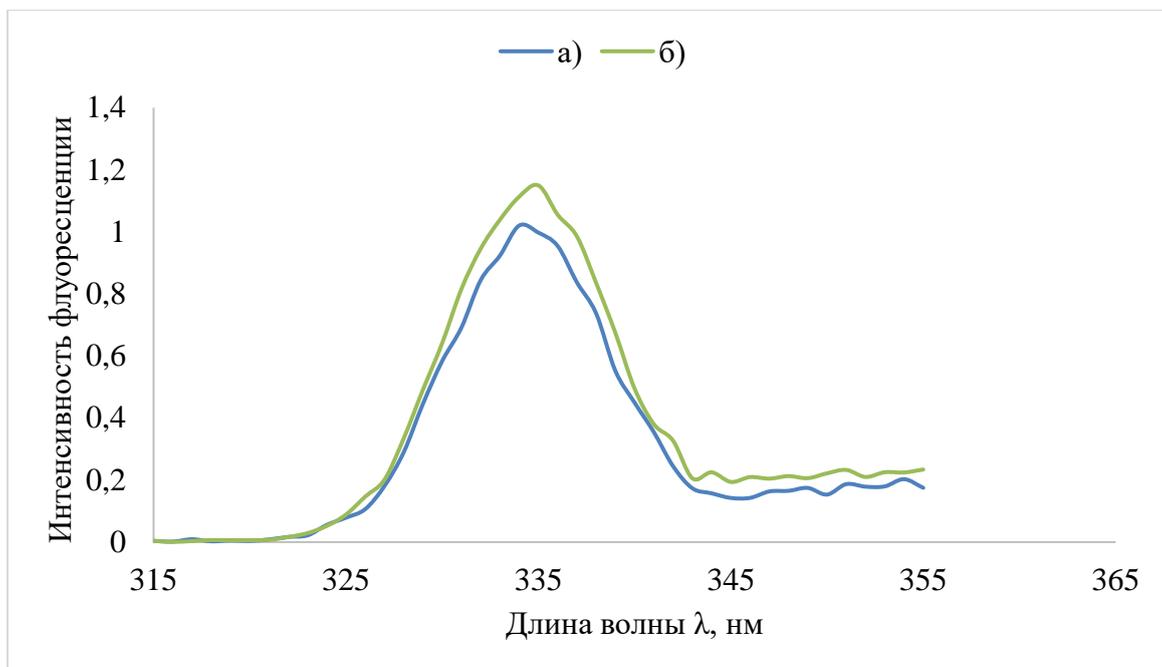


Рисунок 3.8 – Спектр водной 2-кратной экстракции веток и коры а) до добавки; б) после добавки

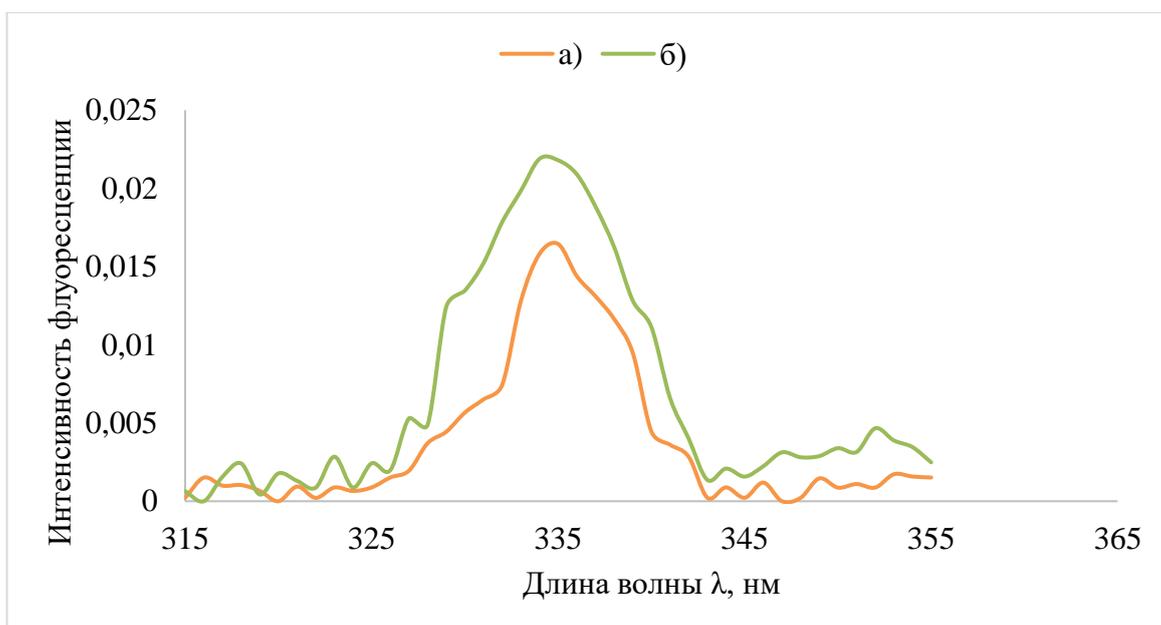


Рисунок 3.9 – Спектр водной 4-кратной экстракции листьев а) до добавки; б) после добавки

Согласно полученным данным, после добавления стандартного раствора серотонина к экстракту оптическая плотность у

## **4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

#### **4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

В рамках исследовательской работы проводилась подборка условий детекции серотонина из древесных отходов облепихи крушиновидной методом флуориметрии. Кроме регуляции настроения и сна, серотонин также участвует в процессах дыхательных, сердечно-сосудистых и пищеварительных, мочеиспускании, влияет на аппетит и температуру тела. Результаты исследования могут быть использованы:

- фармацевтическими компаниями, которые смогут использовать его для детекции серотонина и дальнейшего приготовления лекарственных средств или БАДов на его основе;
- исследовательскими центрами, которые смогут в лабораторных условиях выделить серотонин и использовать в своих исследованиях;
- владельцам облепиховых плантаций, т.к. на данный момент неплодовые части облепихи считаются отходами и сжигаются, а разработка поднимет к ним интерес как к растительному сырью.

#### **4.1.2 Анализ конкурентных технических решений**

В настоящее время для определения серотонина применяют такой метод, как высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ). В данной работе серотонин детектируют методом флуориметрии.

Конкурентоспособность способов определения субстанции серотонина оценивается по формуле 4.1:

$$K = \sum B_i \cdot B_i ; \quad (4.1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл показателя (по 5-ти балльной шкале).

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок приведена в таблице 4.1. Сравнение проводилось между используемым методом детекции флуориметрией из сырья облепихи ( $K_{\phi}$ ) и конкурентным методом детекции ВЭЖХ ( $K_{\text{вэжх}}$ ) одним из эффективных методов разделения сложных смесей веществ, широко применяемый как в аналитической химии, так и в химической технологии.

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>вэжх</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>вэжх</sub>
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
Точность определения	0,2	4	5	0,8	1
Простота эксплуатации	0,2	5	3	1	0,6
Экспрессность	0,1	4	4	0,4	0,4
Экономические критерии эффективности					
Стоимость оборудования	0,2	5	2	1	0,4
Стоимость анализа	0,2	5	3	1	0,6
Уровень проникновения на рынок	0,1	4	5	0,4	0,5
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>27</b>	<b>22</b>	<b>4,6</b>	<b>3,5</b>

Анализ был проведен между используемым методом флуориметрии

( $K_{\phi}$ ) и конкурентным методом ВЭЖХ ( $K_{\text{ВЭЖХ}}$ ). По результатам выявлено, что как уязвимостью конкурентов, так и преимуществом используемого метода является его простота осуществления (эксплуатации) и стоимость оборудования.

#### 4.1.3 SWOT-анализ

SWOT (Strengths – сильные стороны, Weaknesses – слабые стороны, Opportunities – возможности, Threats – угрозы) – это комплексный анализ научно-исследовательского проекта, применяемый для исследования внешней и внутренней среды проекта. Он включает в себя следующие этапы:

1) Описание сильных и слабых сторон проекта, а также выявление возможностей и угроз во внешней среде.

Таблица 4.2 – Матрица SWOT по результатам первого этапа анализа

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b> С1. Экспрессность С2. Простота выполнения методики С3. Более низкая стоимость оборудования по сравнению с другими методиками	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b> Сл1. Более низкая точность анализа, чем у других методик Сл2. Требуется поддержание температуры в лаборатории не менее 20 °С. Сл3. Необходимо отсутствие влияния света на растворы.
<b>Возможности:</b> В1. Развитие спроса В2. Повышение стоимости конкурентных разработок В3. Выход разработки на производство БАД		
<b>Угрозы:</b> У1. Развитие конкурентных методов анализа У2. Повышение стоимости оборудования У3. Недостаточное финансирование исследований		

2) Выявление соответствия сильных и слабых сторон проекта внешним условиям окружающей среды. Для этого используются интерактивные матрицы, в которой сильное соответствие сторон возможностям/угрозам помечается знаком «+», слабое соответствие сторон - знаком «-», а сомнение в оценке соответствия - «0». Интерактивные матрицы проекта представлены в таблицах 4.3-4.6.

Таблица 4.3 – Интерактивная матрица проекта

«Сильные стороны и возможности проекта»

Сильные стороны проекта				
Возможности проекта		С1	С2	С3
	В1	0	+	+
	В2	+	+	+
	В3	0	+	0

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица проекта

«Слабые стороны и возможности проекта»

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	В1	-	0	0
	В2	0	0	0
	В3	0	0	0

Таблица 4.5 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и угрозы»

Сильные стороны проекта				
Угрозы		С1	С2	С3
	У1	0	+	+
	У2	+	+	-
	У3	-	-	-

Таблица 4.6 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и угрозы»

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

Составление итоговой матрицы SWOT-анализа по результатам интерактивных матриц. Данная матрица представлена в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b> С1. Экспрессность С2. Простота выполнения методики С3. Более низкая стоимость оборудования по сравнению с другими методиками	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b> Сл1. Более низкая точность анализа, чем у других методик Сл2. Требуется поддержание температуры в лаборатории не менее 20 °С. Сл3. Необходимо отсутствие влияния света на растворы.
<b>Возможности:</b> В1. Развитие спроса В2. Повышение стоимости конкурентных разработок В3. Выход разработки на производство БАД	При развитии спроса и повышении стоимости конкурентных разработок данная методика сумеет заинтересовать потребителей за счет своих преимуществ.	Более низкая точность в будущем может сказаться на спросе, в то время как соблюдение условий проведения анализа – менее вероятно.
<b>Угрозы:</b> У1. Развитие конкурентных методов анализа У2. Повышение стоимости оборудования У3. Недостаточное финансирование исследований	Простота методики и её экспрессность позволят ей остаться конкурентоспособной в условиях развития данных угроз.	Повышение стоимости используемого оборудования нивелирует одно из достоинств методики, а развитие конкурентных методов подчеркнет недостатки, что угрожает спросу на разработку.

В результате SWOT-анализа были выявлены сильные и слабые стороны разработки, а также их стабильность в условиях развития дополнительных возможностей и внешних угроз.

## 4.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научно-исследовательской работы в рамках ВКР была сформирована рабочая группа, состоящая из:

- студента-дипломника – Гейден К.С.

- научного руководителя – Чернова А.П.

Этапы и распределение исполнителей представлено в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Название этапа	Содержание работы	Исполнитель
Введение	Разъяснение темы НИР, основных направлений деятельности по осуществлению НИР	Чернова А.П. (доцент ОХИ ИШПР)
Литературный обзор	Обзор теоретических основ и существующих методик и исследований серотонина	Гейден К.С. (студент)
Теоретический анализ	Разработка плана НИР, выбор методики и техники выполнения	Чернова А.П. (доцент ОХИ ИШПР) Гейден К.С. (студент)
Постановка задачи исследования	Постановка задачи на эксперимент, предсказание возможных результатов	Чернова А.П. (доцент ОХИ ИШПР)
Экспериментальная часть	Изучение оптических и хроматографических свойств серотонина для разработки методики.	Гейден К.С. (студент)
Результаты и обсуждения	Оценка эффективности полученных результатов и определение целесообразности проведения ВКР	Чернова А.П. (доцент ОХИ ИШПР) Гейден К.С. (студент)
Оформление отчета по НИР	Разработка презентации, дипломной работы и раздаточного материала	Гейден К.С.(студент)

#### 4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Данный параметр характеризует количество труда (часов), которое было затрачено на выполнения научно-исследовательской работы в рамках ВКР.

Трудозатраты участников представлены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ, человеко-дни			Исполнитель	Длительность работ, дни	
	$t_{\min}$	$t_{\max}$	$t_{\text{ож}}$		$T_p$	$T_k$
Выбор направления исследования	1	3	1,8	Чернова А.П. (доцент ОХИ ИШПР)	1,8	3
Изучение литературы, написание литературного обзора	10	20	14	Гейден К.С. (студент)	14	23
Экспериментальная часть	15	50	29	Гейден К.С. (студент)	29	48
Результаты и обсуждение	10	15	12	Чернова А.П. (доцент ОХИ ИШПР)	12	20
	10	15	12	Гейден К.С. (студент)		
Оценки эффективности применения анализа	5	10	7	Гейден К.С. (студент)	5,2	9
Разработка социальной ответственности	3	7	4,6	Гейден К.С. (студент)	4	7
Обработка данных и оформление ВКР	14	24	18	Гейден К.С. (студент)	18	30
<b>Итого:</b>	68	124	98,4		72	140

Ожидаемое значение трудоёмкости  $t_{\text{ож}i}$  рассчитывают по формуле 4.2:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3 \cdot t_{\min i} + 2 \cdot t_{\max i}}{5}, \quad (4.2)$$

где  $t_{\text{ож}i}$  – ожидаемая трудоёмкость выполнения  $i$ -ой работы, человеко-дни;

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоёмкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, человеко-дни;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоёмкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, человеко-дни.

Продолжительность каждой  $i$ -ой работы  $T_{pi}$  в рабочих днях:

$$T_p = \frac{t_{\text{ож}i}}{ч}, \quad (4.3)$$

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

### 4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для разработки графика проведения научного исследования была использована диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, иллюстрирующий затраченное время на выполнение определенных работ.

Для удобства длительность каждого этапа работ переводят из рабочих дней в календарные по формуле:

$$T_i = T_{Pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4.4)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{247} = 1,47 \quad (4.5)$$

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

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

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

Календарный план проекта представлен в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Календарный план-график проведения НИОКР

Виды работ	Исполнитель	Количество дней	Продолжительность выполнения работ														
			Январь	Февраль			Март			Апрель			Май				
			3														
Выбор направления исследования	Чернова А.П. (научный руководитель) Гейден К.С. (студент)	3															
Изучение литературы, написание литературного обзора	Гейден К.С. (студент)	23															
Экспериментальная часть	Гейден К.С.(студент)	48															
Результаты и обсуждение	Чернова А.П. (научный руководитель) Гейден К.С. (студент)	20															
Обработка данных и оформление ВКР	Гейден К.С. (студент)	30															

Научный руководитель
  Студент

### 4.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

#### 4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Материальные затраты вычисляются по формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{расх } i} \quad (4.6)$$

где  $m$  - количество видов материальных ресурсов, потребляемых при исследовании;

$N_{\text{расх } i}$  - количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования;

$C_i$  - цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов;

$k_T$  - коэффициент, учитывающий транспортно-заготовленные расходы (примем равным 20%).

Результаты расчета затрат на сырье, материалы и покупные изделия представлены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Материальные затраты [61-62]

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	$N_{\text{расх}}$	Ц, руб.	$Z_m$ , руб.
<b>Текущий проект</b>					
1	Серотонин гидрохлорид	мг	1	61 634,00	61 634,00
2	Мерные цилиндры 100 мл	шт.	5	726,00	3 630,00
3	Лабораторные стаканы 250 мл	шт.	5	240,00	1 200,00
4	Конические колбы 250 мл	шт.	5	222,00	1 110,00
5	Стеклянные воронки	шт.	10	151,20	1 512,00
6	Микропробирки типа «Эппендорф»	уп.	0,25	785,00	196,25
7	Наконечники для дозаторов	уп.	0,25	1120,00	280,00
8	Фильтровальная бумага «Синяя лента»	уп.	0,25	765,00	191,25
9	Фильтры шприцевые насадочные	шт.	20	21,50	430,00

10	Латексные перчатки	уп.	0,25	501,00	125,25
<b>Итого</b>					<b>70 308,75</b>

### 4.3.2 Расчет затрат на оборудование

Исследование проводилось с помощью оборудования, приобретенного и уже использовавшегося до выполнения работ в рамках ВКР. В таком случае необходимо рассчитать амортизацию оборудования:

где  $A$  – ежегодная сумма амортизационных отчислений, руб;

$C_{\text{нач}}$  – начальная цена единицы оборудования, руб.;

$N_A$  – норма амортизации,

%;  $T_{\text{год}}$  – количество дней

в году.

Норма амортизации рассчитывается по формуле:

$$N_A = \frac{1}{T} \cdot 100\%, \quad (4.8)$$

где  $T$  – срок эксплуатации, лет.

В начальной стоимости оборудования были учтены затраты по доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Затраты на оборудование для проведения научно-исследовательской работы приведены в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Затраты на оборудование

Наименование оборудования	Количество, шт	T, лет	$C_{\text{нач}}$ , руб.	A, руб
Дистиллятор	1	10	14026,00	14026,00
Спектрофлуориметр «ФЛЮОРАТ-02-ПАНОРАМА»	1	5	1012680,00	45501,24
Дозатор пипеточный объемом 1-10 мкл	1	3	7260,00	7260,00

Дозатор пипеточный объемом 100-1000 мкл	1	3	7275,45	7275,45
Дозатор пипеточный объемом 500-5000 мкл	1	3	7528,47	7528,47
<b>Итого:</b>			1048769,92	<b>81591,16</b>

### 4.3.3 Расчет основной заработной платы

Зарплата работников вычисляется по формуле:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot Z_{\text{осн}} + Z, \quad (4.9)$$

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

$Z_{\text{осн}}$  – дополнительная заработная плата одного работника.

Основная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (4.10)$$

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.;

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (4.11)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 рабочих дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (показатель рассчитан с помощью таблицы 4.13)

Таблица 4.13 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	24	24
Действительный годовой фонд рабочего времени	223	223

Месячный должностной оклад работника составляет:

$$Z_m = Z_b \cdot (k_{пр} + k_d) \cdot k_p \quad (4.12)$$

где  $Z_b$  – базовая плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент;

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок;

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

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.14.

Таблица 4.14 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	Категория	$Z_b$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Научный руководитель	ППС3	39300	-	-	1,3	51090,0	2566,0	13,8	35410,8
Студент	ППС1	20064	-	-	1,3	26083,0	1310,0	72	94319,9

#### 4.3.4 Расчет дополнительной заработной платы

Дополнительная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (4.13)$$

где  $k_{\text{доп}}$  - коэффициент дополнительной заработной платы  
(примем равным 0,14).

Полная заработная плата исполнителей работы с учетом дополнительной представлена в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Расчет дополнительной и полной заработной платы

Исполнитель	$Z_{\text{осн}}$ , руб.	$Z_{\text{доп}}$ , руб.	$Z_{\text{зп}}$ , руб.
Научный руководитель	35410,8	4957,5	40368,3
Студент	94319,9	13204,7	107524,6
<b>Итого:</b>	<b>129730,7</b>	<b>18162,2</b>	<b>142935,4</b>

#### 4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления в пенсионный фонд, фонд ОМС и другие внебюджетные фонды рассчитывают по формуле:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = k_{\text{внеб}} \cdot Z_{\text{зп}} \quad (4.14)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  - коэффициент отчислений во внебюджетные фонды. В  
ТПУ  $k_{\text{внеб}} = 30,2\%$  (0,302).

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 4.16.

Таблица 4.16 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	$Z_{\text{зп}}$ , руб.	$Z_{\text{внеб}}$ , руб.
Научный руководитель	40368,3	12191,2
Студент	107524,6	32472,4
<b>Итого:</b>		<b>44663,6</b>

#### 4.3.6 Накладные расходы

Расходы на печать, оплату услуг связи электроэнергии и прочие

затраты, не учтенные в предыдущих статьях, рассчитываются по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} \cdot (\text{сумма статей } 1 \div 5), \quad (4.15)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы (примем равным 16%)

#### 4.3.7 Прочие прямые затраты

В данной статье рассчитываются затраты на электроэнергию, потребляемую оборудованием. По формуле:

$$E = P \cdot t \cdot Ц, \quad (4.16)$$

где  $P$  – мощность оборудования, кВт;

$t$  – время использования, час;

$Ц$  – стоимость 1 кВт/час (5,8 руб.)

Расчеты представлены в таблице 17.

Таблица 17 – затраты на электроэнергию

Оборудование	Потребляемая мощность, кВт	Время использования, час	Затраты, руб.
Весы аналитические	0,011	50	3,19
Спектрофлуориметр «Флюорат-02-Панорама»	0,038	50	11,02
Итого			14,21

#### 4.3.8 Формирование бюджета затрат НИИ

По результатам расчетов в пунктах 4.3.1-4.3.7 был произведен расчет бюджета НИИ, представленный в таблице 4.17.

Таблица 4.17 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
Материальные затраты	70308,7	Пункт 4.3.1
Затраты на оборудование	81591,1	Пункт 4.3.2
Основная заработная плата	129730,7	Пункт 4.3.3
Дополнительная заработная плата	18162,2	Пункт 4.3.4
Отчисления во внебюджетные фонды	44663,6	Пункт 4.3.5
Накладные расходы	55113,0	16% от ст. 1÷5
Прочие прямые затраты	14,2	Пункт 4.3.7
<b>Бюджет затрат НИИ:</b>	<b>399583,5</b>	

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

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования рассчитывается по формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i; \quad \#(4.16)$$

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

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i$  – балльная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта, проведенная с помощью интегрального показателя ресурсоэффективности, представлена в таблице 4.18.

Таблица 4.18 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Объект исследования		
	a	$b_{\phi}$	$b_{вэжж}$
1. Точность определения	0,3	4	5
2. Простота эксплуатации	0,2	5	3

3. Экспрессность	0,2	4	4
4. Стоимость оборудования	0,3	5	2
<b>Итого</b>	1	4,5	3,5

### ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ

В данном разделе были рассмотрен рынок потребителей разработанной методики, был проведен анализ конкурентных разработок, выявлены сильные и слабые стороны проекта и проведен SWOT-анализ, составлен календарный план-график проведения работ, учитывающий затрачиваемое каждым участником время, а также был рассчитан бюджет затрат, необходимых для осуществления НТИ.

## **5 Социальная ответственность**

Работа направлена на подборку рабочих условий определения серотонина в модельных условиях и растительном сырье.

Областью применения данной работы является химико-фармацевтическая промышленность, а объектом исследования – растительное сырье, а именно: измельченные ветки и листья облепихи крушиновидной.

Научно-исследовательская работа проводилась на приборе «ФЛЮОРАТ-02-ПАНОРАМА» с целью детекции серотонина в растительном сырье. Работа выполнялась в лаборатории, находящейся в НИ ТПУ в 223 аудитории 2 учебного корпуса.

Целью данной части ВКР является обеспечение социальной ответственности при выполнении экспериментальной части научно-исследовательской работы, а также и на производстве, заключающееся в создании безопасных, безвредных, благоприятных и комфортных условий труда.

### **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

#### **5.1.1 Правовые нормы трудового законодательства, характерные для рабочей зоны исследователя**

Правовую и организационную основу обеспечения безопасности жизнедеятельности составляют Конституция Российской Федерации, общепризнанные принципы и нормы международного права, международные договоры Российской Федерации, федеральные конституционные законы, другие федеральные законы и иные нормативные правовые акты Российской Федерации, законы и иные нормативные правовые акты субъектов Российской Федерации,

Федерации, органов местного самоуправления, принятые в пределах их компетенции в области безопасности. Персонал, работающий в химикоаналитической лаборатории, относится к 4 классу. При выполнении работы с источником электромагнитного излучения при наличии химических веществ с различным типом взаимодействия предполагается специальная оценка условий труда. Специальная оценка условий труда является единым комплексом последовательно осуществляемых мероприятий по идентификации вредных и (или) опасных факторов производственной среды и трудового процесса и оценке уровня их воздействия на работника с учетом отклонения их фактических значений от установленных уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти нормативов (гигиенических нормативов) условий труда и применения средств индивидуальной и коллективной защиты работников. Во избежание несчастных случаев следует проводить обучение и проверять знания работников согласно ГОСТ 12.0.004-90. Организация обучения безопасности труда. 01.07.1991.

В результате анализа условий труда при работе в лаборатории физико-химических методов анализа можно сделать вывод, что выполнение научно-исследовательской работы требует четкого соблюдения правил техники безопасности.

Одним из основных документов, устанавливающих отношения между работниками и работодателями, является Трудовой кодекс Российской Федерации от 31.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022), согласно которому работник имеет право на трудовую деятельность в условиях безопасности для жизни и здоровья. Согласно ТК РФ, работник имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;

– получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и опасных производственных факторов;

– отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;

– обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;

– обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;

– внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;

Поскольку исследование проводилось в лаборатории, то, согласно ПНД Ф 12.13.1-03, к ней предъявляются следующие требования [63]:

– в целях пожарной безопасности необходимы первичные средства пожаротушения, план эвакуации, местная пожарная команда (организующая противопожарные мероприятия);

– в целях электробезопасности объекты под напряжением должны быть заземлены, необходимо наличие общего рубильника для отключения электросетей;

– химические реактивы должны храниться в специально оборудованных сухих помещениях с учетом порядка совместного хранения пожаро- и взрывоопасных веществ, отработанные реактивы необходимо передавать в организации, занимающиеся утилизацией химических веществ.

## **5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя**

Исследовательская работа включает в себя как работу в положении стоя (приготовление растворов), так и в положении сидя (снятие показаний с приборов). Работы, проводимые в положении сидя, относятся к легким. Для них регламентирована высота рабочей поверхности 700 мм для женщин, 750 мм для мужчин и 725 мм в среднем. Высота сиденья составляет 400 мм, 430 мм и 420 мм соответственно. Органы управления размещают так, чтобы исключить перекрещивание рук входе работы, располагая наиболее используемые предметы и органы управления в ближнем поле зрения.

Средства отображения информации требуется располагать в вертикальной плоскости под углом  $\pm 15^\circ$  от нормальной линии взгляда или в горизонтальной плоскости под тем же углом от сагиттальной плоскости. Работы в положении стоя также относят к легким. Высота рабочей поверхности должна составлять 990 мм для женщин, 1060 мм для мужчин и 1025 мм для мужчин и женщин. Органы управления и предметы располагают аналогичным образом, что и для положения сидя [64]. Учитывая специфику работ, необходимо оборудовать помещение хорошей вентиляцией и освещением, а работников – спецодеждой и средствами индивидуальной защиты.

## **5.2 Производственная безопасность**

### **5.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов**

Для идентификации факторов использовался ГОСТ 12.0.003- 2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация [65]. Перечень опасных и вредных

факторов, характерных для анализируемой производственной среды, представлен в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Возможные вредные и опасные производственные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего	+	+	+	СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [66]
Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристики шума	+	+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 «Шум. Общие требования безопасности» [67]
Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	+	+	+	СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» [68]
Производственные факторы, связанные с электрическим током	+	+	+	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ «Электробезопасность» [69]
Производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм человека	+	+	+	ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности [70]
Пожаровзрывоопасность на объектах	+	+	+	ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность» [71]

Исследование проводилось с такими веществами, как дистиллированная вода, стандарт серотонина, экстракты растительного сырья. Данные вещества не относятся к классу опасных веществ.

## 5.2.2 Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего

Показатели микроклимата влияют на результаты измерений в ходе исследовательской работы, а также на общее состояние работника.

По степени тяжести выполняемую работу можно отнести к легкой категории Ib [65]. Для данной категории: в холодный период оптимальная температура составляет 21-23 °С, допустимая с непостоянным рабочим местом – 17-25 °С; в теплый период оптимальная температура составляет 22-24 °С, допустимая с непостоянным рабочим местом – 19-30 °С. Оптимальная влажность для обоих периодов составляет 40-60 %, а допустимая в холодный период не более 75 %, в теплый – не более 60 %. Микроклимат в лабораториях, в которых проводились исследования, можно охарактеризовать как охлаждающий. Защита от негативных эффектов осуществляется посредством:

- одежды, изготовленной в соответствии с требованиями государственных стандартов;
- использования локальных источников тепла, обеспечивающие сохранение должного уровня общего и локального теплообмена организма;
- регламентации продолжительности непрерывного пребывания в охлаждающих условиях.

Для работ, производимых сидя, стоя или связанных с ходьбой и сопровождающихся физическим напряжением (Ib) предусмотрены допустимые параметры, представленные в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Допустимые величины параметров микроклимата на рабочих местах в помещениях

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	19,0-22,0	14,0-23,0	15-75	0,2-0,4
Теплый	21,1-27,0	15,0-28,0	15-75	0,2-0,5

Условия труда по метеофактору соответствуют допустимым СОУТ.

К средствам коллективной защиты можно отнести установки кондиционирования воздуха, основная задача которых поддерживать параметры воздуха в установленных пределах, для обеспечения надежной работы и комфортных условий для работников. В лаборатории необходимо создать приток свежего воздуха. Воздух, который используется для вентиляции лаборатории, должен быть очищен от пыли. Для обеспечения допустимых норм микроклимата в рабочей зоне необходимо установить в холодный период времени отопительную систему.

### **5.2.3 Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристики шума**

Исследование проводилось с помощью флюората, являющимся источником шума.

Согласно [67], шум на рабочем месте оказывает раздражающее влияние на работника, повышает его утомляемость, а при выполнении задач, требующих внимания и сосредоточенности, способен привести к росту ошибок и увеличению продолжительности выполнения задания. Длительное воздействие шума влечет тугоухость работника вплоть до его полной глухоты.

Для измерительных и аналитических работ в лабораториях допустимые значения характеристик шума представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Допустимые значения уровней звукового давления и уровень звука

Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	80
93	79	70	63	58	55	52	50	49	

При эксплуатации прибора для снижения вредного воздействия повышенного уровня шума на работающих применяются:

- строительно-акустические мероприятия;
- дистанционное управление;
- организационные мероприятия (рациональные режимы труда и отдыха, сокращение времени пребывания работников в условиях воздействия шума, лечебно-профилактические и другие мероприятия).

Для измерительных и аналитических работ в лабораториях допустимые значения характеристик шума представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Допустимые значения уровней звукового давления и уровень звука

Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	80
93	79	70	63	58	55	52	50	49	

Условия труда по шумовому фактору соответствуют допустимым СОУТ.

В соответствии с ГОСТ 12.1.003 - 83 должны проводиться работы по снижению шума в помещениях лаборатории. Для подобных целей используются шумобезопасная техника, звукоизоляция, звукопоглощение, рациональная планировка помещения и т.д.

#### **5.2.4 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения**

Исследование проводилось в аналитической лаборатории 223 аудитории 2 корпуса НИ ТПУ, оснащенных только общим освещением.

На рабочих объектах любого назначения используются три вида освещения: естественное, искусственное и совмещенное. Естественное освещение – освещение помещений прямым и отраженным светом неба, проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях, а также через световоды. Искусственное освещение создается искусственными источниками света, к которым относятся светильниками, концентрирующиеся в верхних зонах помещения или непосредственно у освещаемой поверхности.

Совмещенное освещение создается при дополнении естественного освещения искусственным.

Исследование проводилось в аналитической лаборатории 223 аудитории 2 корпуса НИ ТПУ, оснащенных только общим освещением.

Недостаточное освещение рабочего места затрудняет работу, вызывает утомление и головные боли, способствует развитию близорукости, а также приводит к несчастным случаям вследствие ухудшения видимости. При длительном пребывании в условиях недостаточного освещения снижается интенсивность обмена веществ в организме, что приводит к его ослаблению и снижению сопротивляемости. Чрезмерная освещенность оказывает слепящее воздействие, приводящее к зрительному дискомфорту

Естественное и совмещенное освещение характеризуются коэффициентом естественной освещенности КЕО, а искусственное освещение – освещенностью и объединённым показателем дискомфорта URG. В таблице 5.5 приведены требования к освещению помещений при работе малой точности (с объектом различения размером от 1 до 5 мм).

Таблица 5.5 – Требования к освещению помещений промышленных предприятий для работы малой точности [68]

Помещение	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности, и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение	
		КЕО $e_n$ , %		КЕО $e_n$ , %	
		при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении
Кабинеты, рабочие комнаты, офисы	$\Gamma - 0,8$	3,0	1,0	1,8	0,6

Продолжение таблицы 5.5

Помещени е	Искусственное освещение				
	Освещенность, лк			показатель дискомфорт, М, не более	коэффициент пульсации освещенност и, Кп, %, не более
	при комбинированном освещении		при общем освещени и		
	всего	от общего			
Кабинеты, рабочие комнаты, офисы	400	200	300	40	15

Для общего освещения необходимо использовать разрядные лампы и/или лампы накаливания. При использовании люминесцентных ламп улучшенной цветопередачи допускается снизить приведенные нормы освещенности на одну ступень.

В аудитории 223, 2 корпуса НИ ТПУ где проводилось исследование комбинированная система освещения. Согласно СОУТ, освещенность соответствует допустимым нормам.

### 5.2.5 Производственные факторы, связанные с электрическим током

При выполнении данной научно-исследовательской работы использовались следующие электроприборы: весы аналитические лабораторные, спектрофлуориметр и т.д. Все помещения лаборатории 223 2-го корпуса НИ ТПУ соответствуют требованиям электробезопасности при работе с электроустановками по ГОСТ 12.1.019-79. Все электрооборудование с напряжением свыше 36 В, а также оборудование и механизмы, которые могут оказаться под напряжением, заземлены. Помещение лаборатории согласно ГОСТ Р12.1.019-2009 является помещением без повышенной опасности по условиям опасности поражения электрическим током, в котором отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность.

Для предотвращения воздействия тока на человека в лаборатории выполнялись следующие условия:

1. ограждения токоведущих частей;
2. применение блокировки аппаратов и ограждающих устройств для предотвращения ошибочных операций и доступа к токоведущим частям;
3. применение предупреждающей сигнализации, надписей;
4. целостность электрооборудования.

Проводящие части, находящиеся под опасным рабочим, наведенным, остаточным напряжением, не должны быть доступными, а доступные проводящие части не должны находиться под опасным напряжением при отсутствии повреждения и случае единичного повреждения.

Защиту при нормальных условиях (защиту от прямого прикосновения) обеспечивают посредством основной защиты, а защиту при условиях единичного повреждения (защиту при косвенном прикосновении) обеспечивают посредством защиты при повреждении [69].

Строгое выполнение организационных и технических мероприятий при проведении работ с электроустановками, очень важно в целях предупреждения электротравматизма, кроме этого используют средства защиты, к которым относятся: электрическая изоляция токоведущих частей, защитное заземление и отключение, электрическое разделение сети. Использование этих средств позволяет обеспечить защиту людей от прикосновения к токоведущим частям, от опасности перехода напряжения к металлическим нетокведущим частям, от шагового напряжения.

#### **5.2.6 Производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм человека**

Химические вещества – вредные и опасные производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека, приводящие нарушают биохимические процессы его функционирования [65].

Серотонин не является опасным веществом, экстракты растительного сырья не несут вреда окружающей среде, поэтому слив отходов можно осуществлять в канализацию.

При работе в химической лаборатории необходимо соблюдать требования к технике безопасности [63]:

1. Перед тем как приступить к работе, сотрудники должны осмотреть и привести в порядок рабочее место.
2. Приступая к работе, проверяется исправность оборудования.
3. Проводить работу с ядовитыми и едкими веществами, а также с органическими растворителями только в вытяжном шкафу.
4. Работа проводится в вытяжных шкафах в защитных очках, перчатках и фартуке, если существует вероятность поломки стеклянного прибора с разбрызгиванием горячих или едких продуктов при его нагреве или повышенном давлении.
5. Работа в вытяжном шкафу проводится так, чтобы в шкафу находились только руки, наблюдение за процессом осуществляется через шкаф, для этого створки шкафа поднимают на высоту не более 30 см.
6. Приготовление химических растворов с выделением тепла проводится в фарфоровой или термостойкой емкости.
7. Во избежание ожогов, поражений от брызг и выбросов нельзя наклоняться над посудой, в которой кипит какая-либо жидкость.

При работе в лаборатории используются следующие средства индивидуальной защиты [63]:

- халат (при любых работах в лаборатории);
- перчатки из химически стойких материалов (при работе с веществами и реагентами);
- защитные очки (при необходимости);
- респиратор (при необходимости);
- маска (при необходимости).

### **5.3 Экологическая безопасность**

Определение серотонина в растительном сырье методом флуориметрии не связано с выбросом вредных веществ, следовательно, выбросов в атмосферу и литосферу нет. Что касается сбросов в гидросферу, то канализационные стоки от деятельности сбрасываются в общегородскую канализацию.

В случае поломки основного оборудования лаборатории - электроприборов, оргтехники и т.д, не подлежащей ремонту, их должны рационально складировать и провести захоронение отходов, обезвреживание и их утилизацию. Утилизация оборудования производится фирмой ООО «Утилизация-Томск» по адресу Комсомольский проспект, 43/3, телефон: +7(3822) 93-50-41

Для случая люминесцентных ламп, необходимо заключить договор с фирмой ОАО «Полигон», расположенной по адресу ул. Железнодорожная, 3, телефон: 8 (382) 265-68-32, занимающейся их утилизацией, чтобы своевременно поставлять вышедшие из строя или перегоревшие лампы, с целью уменьшения вреда окружающей среды из-за наличия в лампах такого опасного вещества, как ртуть.

#### **5.3.1 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

При разработке проектируемого решения возможно возникновение ЧС техногенного (пожар), природного (стихийные бедствия) и биологического (эпидемия, пандемия).

Наиболее вероятным видом ЧС является пожар. Согласно [72], лаборатория, в которой проводилось исследование, по взрывопожарной и пожарной опасности относится к категории Б (взрывопожароопасность). В лаборатории находятся твердые горючие вещества и материалы, горючие жидкости и электроустановки под напряжением, поэтому возможно возникновение пожаров классов А, Б и Е. Для ликвидации пожаров в

лаборатории находятся огнетушитель ОУ-3 (1 шт.) и ОП-3 (1 шт.), а также асбестовое одеяло и ящик с песком. Для оповещения о возникновении пожара лаборатория оснащена эвакуационными знаками пожарной безопасности и системой оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре [72].

Пожар в лаборатории может возникнуть по причине несоблюдения правил техники безопасности персоналом, неисправности системы электроснабжения и электроприборов, попадание молнии в здание и работы с легковоспламеняющимися жидкостями.

Превентивные меры по предупреждению возникновения пожара в лаборатории:

- оснащение системой пожарной безопасности и средствами пожаротушения, проведение их планового осмотра;
- проведение инструктажа по технике безопасности;
- своевременно устранять неисправности в системе электроснабжения и проводить ремонт электрооборудования;
- оснащение здания молнеприемниками;

Порядок действий при пожаре:

- при обнаружении признаков пожара прекратить все работы, отключить электроприборы и систему вентиляции;
- принять меры по эвакуации персонала согласно плану эвакуации;
- по возможности организовать тушение пожара первичными средствами пожаротушения (огнетушитель, песок).

## ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ

В данном разделе рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности работы при выполнении исследовательской работы, проанализированы потенциальные вредные и опасные факторы физической и химической природы и разработаны мероприятия по снижению или ликвидации действия данных факторов на работников. Установлено, что процесс

исследования серотонина в растительном сырье не оказывает влияния на атмосферу, были рассмотрены способы минимизации воздействия на литосферу и гидросферу. Также были рассмотрены наиболее вероятные ЧС, источники их возникновения и мероприятия, осуществляемые в случае развития данных ЧС.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенного исследования во всех образцах неплодовой части облепихи крушиновидной был обнаружен серотонин. В результате выполнения работы были получены следующие результаты:

1. Были подобраны оптимальные условия регистрации аналитического сигнала: длина волны возбуждения – 280 нм, длина волны испускания – 335 нм.
2. Исследованы флуоресцентные свойства стандартного образца серотонина в модельных растворах.
3. На основе измерений аналитического сигнала в модельных растворах были построены градуировочные кривые.
4. Количественно определено содержание серотонина в смеси веток и коры.
5. Проведена корреляция содержания серотонина в растительном сырье арбитражным методом – ВЭЖХ, было установлено, что наблюдается динамика для 2-кратных и 4-кратных экстрактов смеси веток и коры.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Крушиновидная облепиха: описание и особенности выращивания [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://geostart.ru/post/30825>, свободный (дата обращения: 26.01.2023).
2. Облепиха крушиновидная - Hippophae rhamnoides [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://ecosystema.ru/08nature/fruits/085.htm>, свободный. – Заглавие с экрана. — (Дата обращения: 26.01.2023).
3. Где в России растет облепиха? [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://sovhozik.ru/shrubs/oblepiha/gde-v-rossii-rastet-oblepiha>, свободный (Дата обращения: 26.01.2023).
4. Скалий Л.П. Облепиха: Пособие для садоводов-любителей / Л.П.Скалий. – М. : Изд-во «Ниола-Пресс»; Изд. дом «ЮНИОН-паблик», 2007. –240 с.
5. Christaki E. Hippophae Rhamnoides L. (Sea Buckthorn): a Potential Source of Nutraceuticals / E. Christaki // Food and Public Health. – 2012. – Vol.2. – P. 69-72.
6. Serotonin (Compound) [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5202>, свободный. – Заглавие с экрана. — (Дата обращения: 26.01.2023).
7. Serotonin [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.chemspider.com/Chemical-Structure.5013.html>, свободный – Заглавие с экрана. — (Дата обращения: 26.01.2023).
8. Биомедиаторы в растениях : учеб. пособие / В. М. Юрин. – Минск : БГУ, 2013. – 199 с
9. Crosti P.F., Lucchelli P.E. An easy method to determine the serotonin content of human platelets // J. Clin. Pathol. – 1962. – V. 15. – P. 191- 193.
10. Tachiki K.H., Aprison M.H. Fluorometric assay for 5- hydroxytryptophan with sensitivity in the picomole range // Anal Chem. – 1975. – V. 47, № 1. – P. 7-11.

11. Peng Q., Jiang C. A new spectrofluorimetric method for determination of trace amounts 5-hydroxytryptamine in human urine and serum // *J. Fluoresc.* – 2007. – V. 17, № 3. – P. 339-343.
12. Eaton J.L., Mullins D.E. Quantitative high-performance thin-layer chromatography of dansyl derivatives of biogenic amine // *Anal. Biochem.* – 1988. – Vol. 172, № 2. – P. 484-487.
13. Alemany G., Nicolau M.C, Gamundí A, Rial R. Thin-layer chromatographic determination of brain catecholamines and 5- hydroxytryptamine // *Biomed Chromatogr.* – 1993. – V. 7, № 6. – P. 315- 316.
14. Kato N, Kojima T, Yoshiyagawa S, Ohta H, Toriba A, Nishimura H, Hayakawa K. Rapid and sensitive determination of tryptophan, serotonin and psychoactive tryptamines by thin-layer chromatography/fluorescence detection // *J. Chromatogr. A.* – 2007. – V. 1145, № 1-2. – P. 229-233.
15. Engbaek F., Voldby B. Radioimmunoassay of serotonin (5- hydroxytryptamine) in cerebrospinal fluid, plasma, and serum // *Clin Chem.* – 1982. – Vol. 28, № 4, Pt 1. – P. 624-628.
16. Haritou S.J., Zylstra R., Ralli C., Turner S., Tortonese D.J. Seasonal changes in circadian peripheral plasma concentrations of melatonin, 113 serotonin, dopamine and cortisol in aged horses with Cushing's disease under natural photoperiod // *J Neuroendocrinol.* – 2008. – Vol. 20, № 8. – P. 988-996.
17. Torfs S.C., Maes A.A., Delesalle C.J., Deprez P., Croubels S.M. Comparative analysis of serotonin in equine plasma with liquid chromatography-tandem mass spectrometry and enzyme-linked immunosorbent assay // *J Vet Diagn Invest.* – 2012. – V.24, № 6. – P. 1035-1042.
18. Nichkova M.I., Huisman H., Wynveen P.M., Marc D.T., Olson K.L., Kellermann G.H. Evaluation of a novel ELISA for serotonin: urinary serotonin as a potential biomarker for depression // *Anal Bioanal Chem.* – 2012. – V. 402, № 4. – P. 1593-1600
19. Chauveau J., Fert V., Morel A.M., Delaage M.A. Rapid and specific enzyme immunoassay of serotonin // *Clin Chem.* – 1991. – Vol. 37, № 7. – P. 1178-1184.

20. Kuo T.R., Chen J.S., Chiu Y.C., Tsai C.Y., Hu C.C., Chen C.C. Quantitative analysis of multiple urinary biomarkers of carcinoid tumors through gold-nanoparticle-assisted laser desorption-ionization time-of-flight mass spectrometry // *Anal. Chim. Acta.* – 2011. – V. 699, № 1. – P.81-86.
21. Nguyen D.T., Cho I.S., Kim J.W., Kim K.R., Lee G., Paik M.J. Acidic metabolite profiling analysis of catecholamine and serotonin as Oethoxycarbonyl/tert-butyldimethylsilyl derivatives by gas chromatography-mass spectrometry // *Biomed. Chromatogr.* – 2013. – V. 27, № 2. – P. 216-221.
22. Sano M., Ferchaud-Roucher V., Nael C., Aguesse A., Poupeau G., Castellano B., Darmaun D. Simultaneous detection of stable isotopelabeled and unlabeled l-tryptophan and of its main metabolites, l-kynurenine, serotonin and quinolinic acid, by gas chromatography/negative ion chemical ionization mass spectrometry. // *J Mass Spectrom.* – 2014. – V. 49, № 2. – P. 128-135.
23. Maurer-Spurej E., Dyker K, Gahl W.A., Devine D.V. A novel immunocytochemical assay for the detection of serotonin in platelets. // *Br. J. Haematol.* – 2002. – V. 116, № 3. – P. 604-611.
24. Sa M., Ying L., Tang A.G., Xiao L.D., Ren Y.P. Simultaneous determination of tyrosine, tryptophan and 5-hydroxytryptamine in serum of MDD patients by high performance liquid chromatography with fluorescence detection. // *Clin. Chim. Acta.* – 2012. – V. 413, № 11-12. – P. 973-977.
25. Atkinson W., Lockhart S.J., Houghton L.A., Keevil B.G. Validation of the measurement of low concentrations of 5-hydroxytryptamine in plasma using high performance liquid chromatography. // *J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci.* – 2006. – V. 832, № 1. – P. 173-176.
26. Wang H., Walaszczyk E.J., Li K., Chung-Davidson Y.W., Li W. High-performance liquid chromatography with fluorescence detection and ultra-performance liquid chromatography with electrospray tandem mass spectrometry method for the determination of indoleamine 115 neurotransmitters and their metabolites in sea lamprey plasma. // *Anal. Chim. Acta.* – 2012. – V. 721. – P. 147-153.

27. Gloria Ebube Uwaya, Omolola Esther Fayemi, Electrochemical detection of serotonin in banana at green mediated PPy/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>NPs nanocomposites modified electrodes. // Sensing and Bio-Sensing Research, Volume 28, 2020, 100338.
28. Sathish Panneer Selvam, Kyusik Yun, A self-assembled silver chalcogenide electrochemical sensor based on rGO-Ag<sub>2</sub>Se for highly selective detection of serotonin. // Sensors and Actuators B: Chemical, Volume 302, 2020, 127161.
29. Sai Prasad Nayak, V. Prathyusha, J.K. Kiran Kumar, Eco-friendly surface modification of oxidized carbon nanotubes with curcumin for simultaneous electrochemical detection of dopamine and serotonin. // Materials Chemistry and Physics, Volume 287, 2022, 126293.
30. Mengjuan Kong, Peng Jin, Wei Wei, Weifeng Wang, Hongyan Qin, Hongli Chen, Jiang He, Covalent organic frameworks (COF-300-AR) with unique catalytic performance in luminol chemiluminescence for sensitive detection of serotonin. // Microchemical Journal, Volume 160, Part A, 2021, 105650.
31. Ayoub Boulghobra, Myriam Bonose, Isabelle Billault, Antoine Pallandre, A rapid and sensitive method for the quantification of dopamine and serotonin metabolites in cerebrospinal fluid based on UHPLC with fluorescence detection. // Journal of Chromatography B, Volume 1200, 2022, 123264.
32. Sachin Ganpat Chavan, Ajay Kumar Yagati, Hyun Tae Kim, Eunjian Jin, Sung Ryul Park, Dilip V. Patil, Min-Ho Lee, Dimeric-serotonin bivalent ligands induced gold nanoparticle aggregation for highly sensitive and selective serotonin biosensor. // Biosensors and Bioelectronics, Volume 191, 2021, 113447.
33. Torfs S.C., Maes A.A., Delesalle C.J., Deprez P., Croubels S.M. Comparative analysis of serotonin in equine plasma with liquid chromatography-tandem mass spectrometry and enzyme-linked immunosorbent assay. // J Vet Diagn Invest. – 2012. – V.24, № 6. – P. 1035-1042.
34. P. Chandrani Gunaratna, Karen K. Cadle, Candice B. Kissinger, An improved liquid chromatographic method with electrochemical detection for direct determination of serotonin in microdialysates from Caudate-putamen and pineal

- gland regions of rat brain. // *Journal of Neuroscience Methods*, Volume 155, Issue 1, 2006, P. 143-148.
35. Suchanat Boonkaew, Anna Dettlaff, Michał Sobaszek, Robert Bogdanowicz, Martin Jönsson-Niedziółka, Electrochemical determination of neurotransmitter serotonin using boron/nitrogen co-doped diamond-graphene nanowall-structured particles. // *Journal of Electroanalytical Chemistry*, Volume 926, 2022, 116938.
36. Tung-Hu Tsai, Wei-Jern Tsai, Chieh-Fu Chen, Aspirin inhibits collagen-induced platelet serotonin release, as measured by microbore high-performance liquid chromatography with electrochemical detection. // *Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications*, Volume 669, Issue 2, 1995, P. 404-407.
37. Min Liu, Jin Xiang, Juan Zhou, Hong Ding, A disposable amperometric sensor for rapid detection of serotonin in the blood and brain of the depressed mice based on Nafion membrane-coated colloidal gold screen-printed electrode. // *Journal of Electroanalytical Chemistry*, Volume 640, Issues 1–2, 2010, P. 1-7.
38. Tsang C.W., Chan C.L., Li P., Pang S.F. Analysis of 5- methoxytryptamine at the femtomole level in the rat and quail brain by gas chromatography-electron-capture negative-ion chemical ionization mass spectrometry. // *J Chromatogr B Biomed Appl.* – 1996. – V. 682, № 2. – P. 185-194. .
39. Pussard E., Guiqueno N., Adam O., Giudicelli J.F. Validation of HPLC-amperometric detection to measure serotonin in plasma, platelets, whole blood, and urine. // *Clin. Chem.* – 1996. – V. 42, № 7. – P. 1086- 1091.
40. Ishida J., Takada M., Hitoshi N., Iizuka R., Yamaguchi M. 4-Dimethylaminobenzylamine as a sensitive chemiluminescence derivatization reagent for 5-hydroxyindoles and its application to their quantification in human platelet-poor plasma. // *J. Chromatogr. B. Biomed. Sci. Appl.* – 2000. – V. 738, № 2. – P.199-206.
41. Peterson Z.D., Lee M.L., Graves S.W. Determination of serotonin and its precursors in human plasma by capillary electrophoresis-electrospray

- ionization-time-of-flight mass spectrometry. // J. Chromatogr. B. Analyt. Technol. Biomed. Life Sci. – 2004. – V. 819, № 1. – P. 101-110.
42. Omolola E. Fayemi, Abolanle S. Adekunle, Eno E. Ebenso, Electrochemical determination of serotonin in urine samples based on metal oxide nanoparticles/MWCNT on modified glassy carbon electrode. // Sensing and Bio-Sensing Research, Volume 13, 2017, P. 17-27.
43. Ayoub Boulghobra, Myriam Bonose, Isabelle Billault, Antoine Pallandre, A rapid and sensitive method for the quantification of dopamine and serotonin metabolites in cerebrospinal fluid based on UHPLC with fluorescence detection. // Journal of Chromatography B, Volume 1200, 2022,123264.
44. Noriyuki Kato, Takashi Kojima, Shinji Yoshiyagawa, Hikoto Ohta, Akira Toriba, Hideo Nishimura, Kazuichi Hayakawa, Rapid and sensitive determination of tryptophan, serotonin and psychoactive tryptamines by thin-layer chromatography/fluorescence detection. // Journal of Chromatography A, Volume 1145, Issues 1–2, 2007, P. 229-233.
45. Sumiyo Umeda, Gregory W. Stagliano, Michael R. Borenstein, Robert B. Raffa, A reverse-phase HPLC and fluorescence detection method for measurement of 5-hydroxytryptamine (serotonin) in Planaria. // Journal of Pharmacological and Toxicological Methods, Volume 51, Issue 1, 2005 , P. 73-76.
46. Bikash Chandra Swain, Padmaja Prasad Mishra, Hirdyesh Mishra, Umakanta Tripathy, Monitoring the binding of serotonin to silver nanoparticles: A fluorescence spectroscopic investigation. // Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, Volume 367, 2018, P. 219-225.
47. Thompson JH, Spezia CA, Angulo M. Fluorometric detection of serotonin and serotonin-O.P.T. // Ir J Med Sci. 1970 May, P.197-220.
48. Conlon JM, Bailey CJ, Flatt PR. Effect of a transplantable insulinoma upon serotonin concentrations in the intestine of the rat. // Gut. 1987, 28 Suppl(Suppl):213-6.
49. Thompson JH, Spezia CA, Angulo M. Fluorometric detection of serotonin using o-phthaldialdehyde: an improvement. // Experientia, 1970, 26(3):327-9.

50. Jahidul Islam, Hitoshi Shirakawa, Thomas Kim Nguyen, Hisashi Aso, Michio Komai, Simultaneous analysis of serotonin, tryptophan and tryptamine levels in common fresh fruits and vegetables in Japan using fluorescence HPLC. // Food Bioscience, Volume 13, 2016, P. 56-59.
51. Sudip Chaudhuri, Sandipan Chakraborty, Pradeep K. Sengupta, Encapsulation of serotonin in  $\beta$ -cyclodextrin nano-cavities: Fluorescence spectroscopic and molecular modeling studies. // Journal of Molecular Structure, Volume 975, Issues 1–3, 2010, P. 160-165.
52. Risse D, Elfringhoff AS, Lehr M. Determination of the cell lytic properties of amphiphilic inhibitors of the cytosolic phospholipase A2 against human platelets by measuring the liberation of serotonin with high-performance liquid chromatography and fluorescence detection. // J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci. 2002, 769(1):185-90.
53. Sudip Chaudhuri, Sandipan Chakraborty, Pradeep K. Sengupta, Encapsulation of serotonin in  $\beta$ -cyclodextrin nano-cavities: Fluorescence spectroscopic and molecular modeling studies. // Journal of Molecular Structure, Volume 975, Issues 1–3, 2010, P. 160-165.
54. Flatmark T, Jacobsen SW, Haavik J. Fluorometric detection of tryptophan, 5-hydroxytryptophan, and 5-hydroxytryptamine (serotonin) in high-performance liquid chromatography. // Anal Biochem. 1980 107(1):71-4.
55. Schlumpf M, Lichtensteiger W, Langemann H, Waser PG, Hefti F. A fluorometric micromethod for the simultaneous determination of serotonin, noradrenaline and dopamine in milligram amounts of brain tissue. // Biochem Pharmacol. 1974 Sep 1;23(17):2437-46.
56. Barbara M. Goldsmith, Carl Feinstein, Sara Munson, Allan Reiss, Mary Ann Borengasser-Caruso, Determination of a reference range for whole blood serotonin in a pediatric population using high pressure liquid chromatography with electrochemical detection // Clinical Biochemistry, Volume 19, Issue 6, 1986, P. 359-363.

57. Золкина И.В., Мамедов И.С., Глаговский П.Б., Овчинникова К.А. Количественное определение серотонина в крови и моче методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с электрохимической детекцией. // Лабораторная служба. - 2016. - №3. - С. 45.
58. Федорова О.А., Кулакова И.И., Сотникова Ю.А., Жиленко М.П., Крутяков Ю.А., Оленин А.Ю., Рахманов Э.В., Сафронихин А.В., Хорошутин А.В. МЕТОДЫ ОПТИЧЕСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ. - Москва: 2015. - 117 с.
59. Государственная фармакопея Российской Федерации / МЗ РФ. – XIII изд. – Т.3. – Москва, 2018. – 1294 с.
60. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа: учебно-методическое пособие для высшего профессионального образования / В.И. Комова. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК», 2015. – 107 с.
61. Chem Express магазин для лаборатории [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://chem-ex.ru/catalog/>, свободный – Заглавие с экрана. — (Дата обращения: 24.05.2023).
62. ОАО «Термоприбор» каталог [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.thermopribor.com>, свободный – Заглавие с экрана. — (Дата обращения: 24.05.2020).
63. ПНД Ф 12.13.1-03 Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения).
64. ГОСТ 12.2.033-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.
65. ГОСТ 12.0.003- 2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы.
66. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
67. ГОСТ 12.1.003-2014 Шум. Общие требования безопасности.
68. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.
69. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ Электробезопасность.

70. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
71. ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность.
72. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.