

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

Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 19.04.01 «Биотехнология», профиль «Биотехнология»
 Научно-образовательный центр Н.М. Кижнера

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы

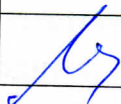
Исследование фитостеринов в хвойных породах

УДК 547.926-047.37:633.877

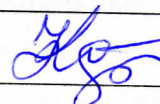
Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ДМ71	Шегарова Наталья Александровна		04.06.2019

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент НОЦ Н.М. Кижнера	Лесина Юлия Александровна	К.Х.Н., доцент		03.06.2019

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Директор по науке ООО «Солагифт»	Карпицкий Владимир Игнатович	К.Х.Н.		03.06.2019

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Криницына Зоя Васильевна	К.Т.Н., доцент		17.05.2019

По разделу «Социальная ответственность»

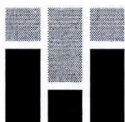
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романова Светлана Владимировна	-		17.05.19

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП 19.04.01 Биотехнология	Чубик Марианна Валериановна	К.М.Н., доцент		03.06.2019

Планируемые результаты обучения
по ООП 19.04.01 «Биотехнология» (магистр)
профиль «Биотехнология»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Профессионально эксплуатировать современные биотехнологические производства, обеспечивая их высокую эффективность и безопасность
P2	Разрабатывать и внедрять новые биотехнологические процессы и оборудование в рамках проектирования новых и усовершенствования действующих производств
P3	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в различных областях прикладной биотехнологии
<i>Универсальные компетенции</i>	
P4	Ставить и решать задачи инженерного анализа для создания инновационных биотехнологических процессов и продуктов
P5	Эффективно организовывать и участвовать в работе коллективов, в том числе международных, демонстрировать ответственность за результаты инженерной деятельности
P6	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и правовых аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах устойчивого развития
P7	Постоянно повышать интеллектуальный и общекультурный уровень и профессиональную квалификацию, способствовать обучению персонала



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

Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки 19.04.01 «Биотехнология», профиль «Биотехнология»
Научно-образовательный центр Н.М. Кижнера

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

Чубик М.В.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
4ДМ71	Шегаровой Наталье Александровне

Тема работы:

Исследование фитостеринов в хвойных породах	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№1471/с от 25.02.2019

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2019
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

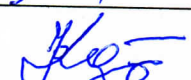
Исходные данные к работе	Объектом исследования являются фитостерины, содержащихся в бензиновых экстрактах хвойных пород деревьев (пихты, сосны, ели)
---------------------------------	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	• Обзор литературы • Объект и методы исследования • Описание экспериментальной части • Результаты проведенного исследования • Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение • Социальная ответственность • Заключение
Перечень графического материала	

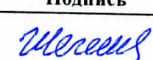
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Криницына З.В., доцент отдела социально-гуманитарных наук, к.т.н.
Социальная ответственность	Романова С.В., старший преподаватель отделения общетехнических дисциплин
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Выделение фитостерина (литературный обзор)	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	24.01.2019
--	------------

Задание выдал руководитель / консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ Н.М. Кижнера	Лесина Юлия Александровна	к.х.н., доцент		24.01.2019
Директор по науке ООО «Солагифт»	Карпицкий Владимир Игнатович	к.х.н.		24.01.2019

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ДМ71	Шегарова Наталья Александровна		24.01.2019

Реферат

Выпускная квалификационная работа 105 с., 25 рис., 37 табл., 48 источников, 2 прил.

Ключевые слова: фитостерины, бензиновые экстракты, пихта, сосна, ель, экстракция, растительное сырьё, биологически активные вещества.

Объектом исследования служат фитостерины, содержащиеся в хвойных породах деревьев, а именно в пихте, сосне, ели. Работа проводится в опытно-исследовательской лаборатории компании «Солагифт» г. Томск. Фитостерины могут использоваться в пищевой отрасли, косметологии и при производстве стероидных препаратов.

Цель работы – выделение и исследование фитостеринов из бензиновых экстрактов пихты, сосны, ели.

В процессе исследования проводились различные операции с экстрактами хвойных пород деревьев: экстракция, взаимодействие со спиртовым раствором щелочи, спиртовая очистка, колоночная хроматография.

В результате исследования была разработана методика по выделению и очистке фракций фитостеринов из экстрактов пихты, сосны, ели.

Область применения: пищевая промышленность, косметология, фармацевтическая промышленность.

Экономическая эффективность/значимость работы оценена в разделе финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Оглавление

Введение.....	11
1. Выделение фитостеринов (литературный обзор)	13
1.1 Основное сырьё для получения фитостеринов	13
1.2 Методики выделения фитостеринов из растительных масел	14
1.3 Методики выделения фитостеринов из таллового масла.....	19
1.4 Методика выделения фитостеринов из бензиновых экстрактов хвойных пород деревьев.....	23
2. Объекты и методы исследования	25
3. Экспериментальная часть.....	27
4. Результаты проведенного исследования	29
5. - Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	37
5.1 Предпроектный анализ	37
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	37
5.1.2 Диаграмма Исикавы.....	38
5.1.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	39
5.1.4 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования	40
5.2 Инициация проекта	41
5.2.1 Цели и результат проекта.....	41
5.2.2 Организационная структура проекта	42
5.2.3 Ограничения и допущения проекта	42
5.3 Планирование управления научно-техническим проектом	43
5.3.1 Иерархическая структура работ проекта.....	43
5.3.2 Контрольные события проекта	44
5.3.3 План проекта.....	44
5.3.4 Бюджет научного исследования	52
5.3.5 Организационная структура проекта	63
5.3.6 Матрица ответственности	64
5.3.7 План управления коммуникациями проекта.....	65
5.3.8 Реестр рисков проекта	66

5.3.9 . План управления контрактами и поставками	67
5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .	68
5.4.1 Оценка сравнительной эффективности исследования	68
6. Социальная ответственность	72
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	72
6.2 Производственная безопасность	75
6.2.1 Анализ вредных и опасных факторов и обоснование мероприятий по снижению воздействия	76
1) Отклонение показателей микроклимата	78
2) Превышение уровня шума.....	79
3) Недостаточная освещённость рабочей зоны	80
4) Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.....	81
6.3 Экологическая безопасность	82
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	83
Выводы	86
Список публикаций студента.....	87
Список использованных источников	88
Приложение А	92
1. The separation of phytosterols (literature review)	93
1.1 The main sources for the production of phytosterols	93
1.2 Methods of separation of phytosterols from vegetable oils	94
1.3 Methods of extraction of phytosterols from tall oil.....	99
1.4 Method selection of phytosterols from gasoline extracts of coniferous trees	103
Приложение Б.....	105

Введение

Данная работа была выполнена на основе сотрудничества с компанией «Солагифт». Компания «Солагифт» является резидентом Особой экономической зоны технико-внедренческого типа в г. Томске. Компания создана для реализации на территории ОЭЗ ТВТ «Томск» проекта - «Разработка технологий переработки зеленых отходов различного растительного сырья» с целью получения биологически активных соединений для использования в фармацевтической, пищевой, косметической промышленности, животноводстве и сельском хозяйстве.

На основе научных разработок и уникальных технологий, компания «Солагифт» получает экстракты из зелени хвойных пород деревьев, которая в течение нескольких столетий считалась отходами лесозаготовки и просто уничтожалась.

Актуальность: данная работа является актуальной, т.к. разработана методика выделения фитостеринов из доступного растительного сырья – хвойных пород деревьев. Также существует возможность расширить линейку товаров производителей биологически активных веществ путем добавления фитостеринов в различные продукты пищевой и косметической промышленности.

Цель работы: выделение и исследование фитостеринов из бензиновых экстрактов пихты, сосны, ели. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи:**

1. Разработка методики выделения фитостеринов из бензиновых экстрактов хвойных пород деревьев и очистка методом колоночной хроматографии;
2. Определение чистоты полученных продуктов методами ТСХ, ВЭЖХ и ГХ/МС;
3. Оценка коммерческого потенциала проекта, бюджета и рисков, экономической эффективности работы;

4. Оценка производственной и экологической безопасности работы.

Объекты исследования: бензиновые экстракты пихты, сосны и ели.

Предмет исследования: фитостерины, содержащиеся в экстрактах.

Научная или практическая новизна: использование разработанной методики для выделения фракций фитостеринов.

Практическая значимость результатов ВКР: использование результатов при производстве пищевых продуктов и в области косметологии.

1. Выделение фитостеринов (литературный обзор)

1.1 Основное сырьё для получения фитостеринов

Выделение фитостеринов в промышленных масштабах осуществляется из двух основных видов сырья, а именно из растительных масел и таллового масла (побочный продукт при получении целлюлозы) .

В настоящее время для обработки растительных масел используется два подхода: химическое и физическое рафинирование (рис 1.1) [1,2].



Рис. 1.1- Стадии химического и физического рафинирования

Химическая переработка растительных масел включает в себя удаление свободных жирных кислот и смол на стадии нейтрализации путём использования раствора щелочи. На выходе реакции получают нейтральное масло и мыла, как побочный продукт. Метод физического рафинирования предотвращает образование таких побочных продуктов, как мыла. Но возникает другая проблема, не удаляются фосфатиды. В общем случае, при обработке масел предпочтение отдаётся методу физического

рафинирования. Независимо от способа рафинации растительного масла, удаление фитостеролов, в основном в свободной форме, происходит на стадии дезодорации. Для получения дистиллята, богатого фитостеролами, используется глубокий вакуум (1–8 мбар) для удаления остаточных компонентов, и высокотемпературная (180-270 °C) перегонка пара. Жирные кислоты (C_{10} - C_{22}) являются основным компонентом этого дисстилята. Типичный дистиллят, полученный в результате стадии дезодорации, содержит 30-85% свободных жирных кислот, 1-8% токоферолов, 5-30% глицериды, 0-5% стеролов в виде сложных эфиров и 2-15% свободных стеролов [3].

Другим основным источником фитостеролов является талловое масло - побочный продукт целлюлозно-бумажной промышленности [4]. Талловое масло, содержит 35-50% жирных кислот (C_{18} , такие как линолевая, олеиновая и стеариновая кислоты), 15-55% кислот дитерпеновой смолы (канифоли), и 5-35% неомыляемых веществ (нейтральных), таких как воска, длинноцепочечные спирты, жирные кислоты, свободные стеринны и стеринны в форме эфиров.

1.2 Методики выделения фитостеринов из растительных масел

Фитостеринны из растительных масел извлекают непосредственно из дистиллята, полученного в результате дезодорации. Есть две особенности такого процесса. Во первых, при длительном термическом воздействии на дистиллят может произойти испарения фитостеринов. Во вторых, сложность разделения фитостеролов и токоферолов, потому что у них близкие температуры кипения [2].

Вначале были попытки добиться разделения смеси дистиллята путём щелочного гидролиза. Berry и Miller (1956) [5] омыляли смесь, охлаждали её и разбавляли метанолом. Далее осуществлялась кристаллизация и отделение примесей путём фильтрации. Стероиды после этого экстрагировали с добавлением органического растворителя, а именно хлористого этилена, в

котором оставшиеся продукты омыления не растворяются, и осаждаются с добавлением воды. Выход стеролов 83%.

Эти ранние процессы не были удовлетворительными, так как требовали щелочи в большом избытке для гидролиза и омыления сложных эфиров, в результате возникали высокие концентрации эфиров стерина[6]. Были попытки использовать минеральные кислоты для гидролиза[7]. Но в конечном итоге они вызывали деградацию соединений. Также эти кислоты требуют особой осторожности при работе с ними.

Подходы Brown and Smith [6,8] ,были направлены на преодоление таких недостатков. Они вводят стадию этерификации под действием высших жирных кислот, которая должна облегчить разъединение стерина и токоферолов (рис. 1.2а, б).

Fizet [9] усовершенствовал методологию, выполнив этерификацию стеролов жирными кислотами в смеси, содержащий осадок, а затем разделил токоферолы и стерин простой дистилляцией, так как температуры кипения стерина в форме эфиров значительно выше, чем температуры кипения непрореагировавших токоферолов (рис. 1.2в). Далее добавляется стадия перевода эфиров стерина в свободную форму.

Czurpon (2003) [10] предложил удалить сначала свободные жирные кислоты от дистиллята дезодорации. Также он задумался об уменьшении количества материалов путём проведения либо омыления, либо вакуумной дистилляции.

Copeland and Belcher (2003)[11] конкретно подошли к последнему, направленному на разделение стерина, токоферолов и свободных жирных кислот со значительными подробностями. С удалением жирных кислот размер оборудования, необходимого для переработки, уменьшается. Этот процесс воспроизводили для дистиллятов, содержащих 2-15% стеролов и 30-85% свободных жирных кислот. И также данная технология позволяет сохранить токоферолы (рис 1.3а).

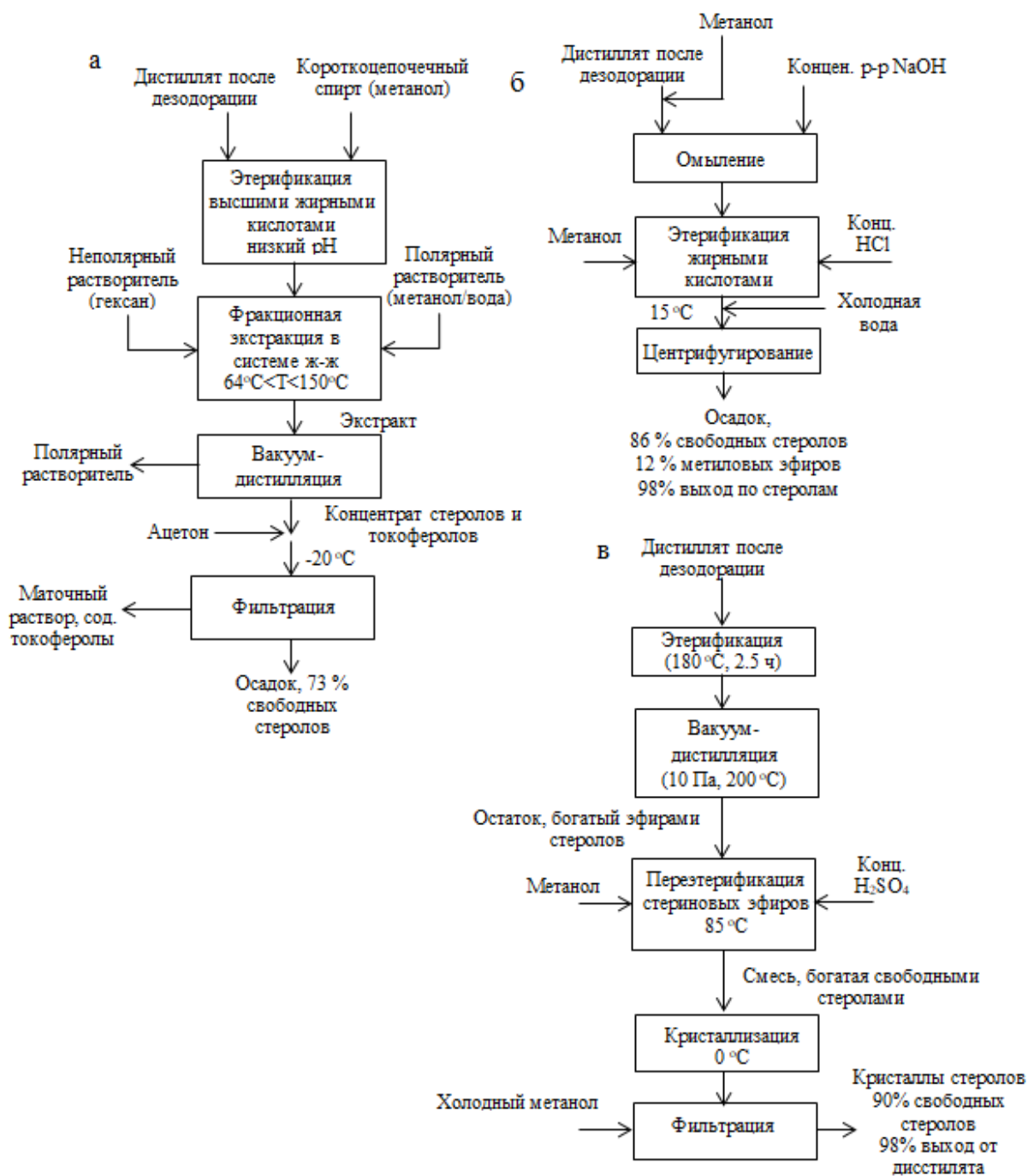


Рис 1.2 - Извлечение стерина из дистиллятов после дезодорации: (а) Brown и Smith (1964), (б) Smith (1967) и (в) Fizet (1996).

Технологию, описанную выше, можно упростить, что сделали Hattori и Charlemagne [12,13]. Данная технология используется для дистиллятов, имеющих низкий кислотный модуль и высокое содержание стеролов. Дистилляты дезодоратора, с кислотным числом в районе 10 и с содержанием стеролов между 15% и 50%, были обработаны по этой методике (рис 1.3б).

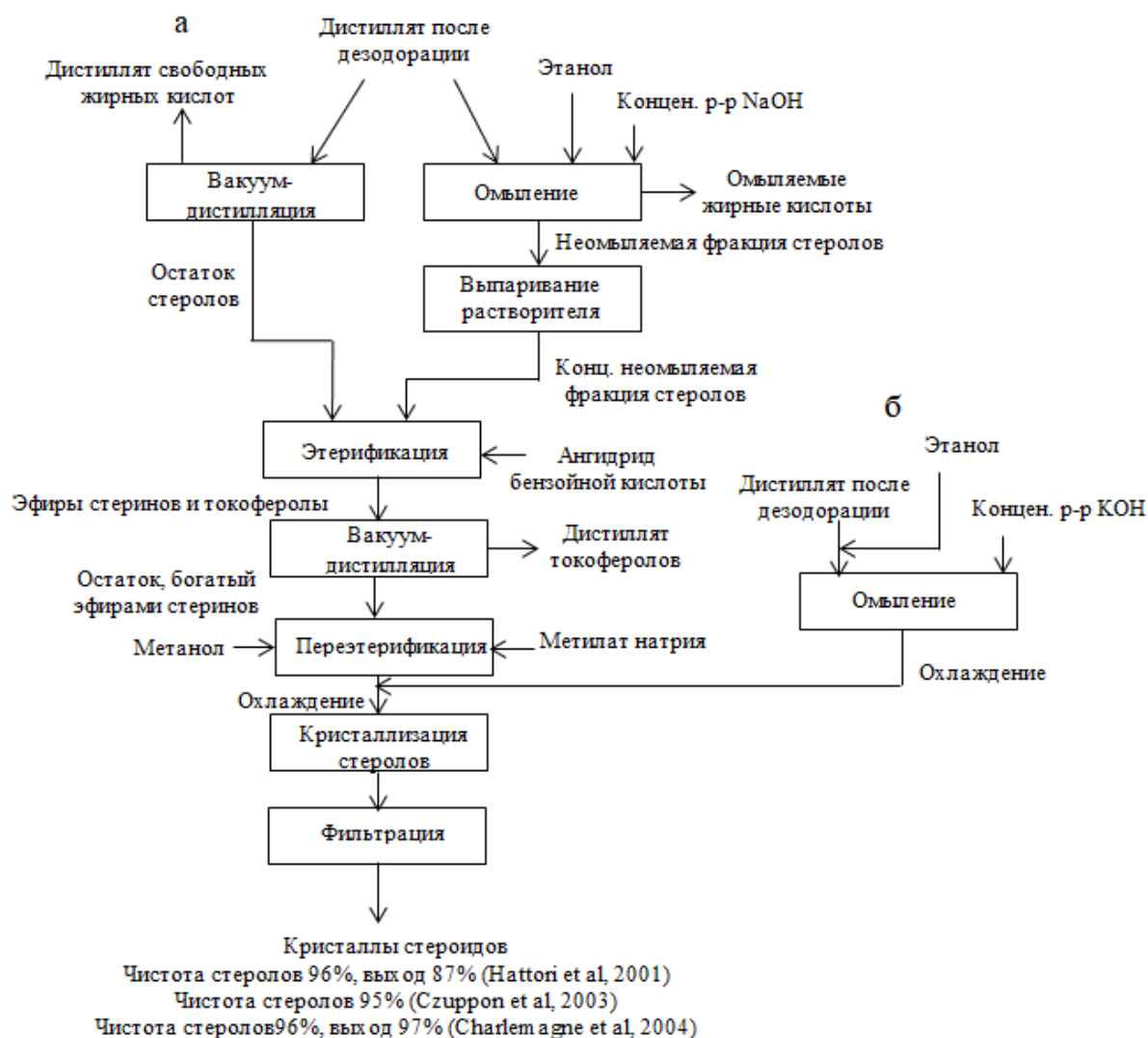


Рис. 1.3 - Процессы выделения фитостеролов: из дистиллятов после дезодорации (а) с низким содержанием стеролов и высокой кислотностью (Czuppon et al., 2003); (б) с высоким содержанием стеролов и низкой кислотностью (Hattori et al., 2001 и Charlemagne et al., 2004).

Жирные кислоты и их эфиры омыляются, и стеролы выкристаллизованы из неомыляемой фракции. Выход составил 56% при частоте продукта 100%. Этот подход позволяет уменьшить содержание эфиров жирных кислот, которые часто загрязняют кристаллы фитостеринов. Эта методика не требует дополнительного оборудования для вакуумной дистилляции и трансэтерификации, а также нет жёстких условий, которые могут нарушить структуру стеролов.

Albiez и соавторы [14] представили способ получения стерина из дистиллятов, при котором используются экологически безопасные растворители. Методика описана для дезодоратора, содержащего 8.2% стеролов и 19.5% стерина в виде эфиров. Дистиллят смешивали с деионизированной водой и нагревали до 220 °С в течение 3 ч. под давлением. Продукты гидролиза отделяли от воды, богатой глицерином. Далее жирные кислоты удаляли вакуумной дистилляцией при 280 °С и 200 Па. Богатый стеринами остаток подвергли гидролизу при 220 °С под давлением в течение 6 ч., что позволило стеринам перейти в форму эфиров. Жирные кислоты удалялись вакуумной дистилляцией. Конечный продукт содержал 50% стеролов и 4% стеролов в виде эфиров.

Более новый подход к удалению жирных кислот из растительных масел основан на CO₂-экстракции. Данный метод имеет преимущество с экологической точки зрения, так как для окружающей среды более безопасен по сравнению с токсичными органическими растворителями, которые должны быть удалены из конечного продукта.

Масло из рисовых отрубей было обработано данным методом в непрерывном режиме фракционирования. В результате содержание свободных жирных кислот снизилось от 5% в масле до 2,5% в рафинате, количество свободных стеролов несколько снизилось (0,7–0,5% соответственно), содержание стерина в виде эфиров увеличилось с 2,6% до 2,9 [15].

Mendes [16] смог выделить ключевые компоненты из дистиллята путем CO₂-экстракции. Стигмастерол выделяли при 40 °С и 25 МПа.

Имеется альтернативный подход извлечения фитостерина из дистиллятов после дезодорации. Он основан на специфическом действии липаз на стерина. Осуществляется этерификация стеролов в эфиры [17,18]

Ферментативный способ этерификации жирных кислот и стерина двухступенчатый. Дистиллят подвергли вакуумной перегонки при 240 °С и 2.6 Па для разделения высококипящих веществ, а именно эфиров стерина,

диацилглицеринов и триацилглицеринов. Получали дистиллят, содержащий 52,8% свободных жирных кислот, 8,4% стеролов, 1,7% эфиров стерина эфир и 15,8% токоферолов. Затем добавляли воду в соотношении 5:95 Вт вместе с препаратом липазы. Реакционную массу инкубировали при 40 °С и 2.6 кПа в течение 24 ч., с обезвоживанием. Конверсия стадии этерификации достигла 95 % . Продукт реакции содержал 48,2% свободных жирных кислот, 0,4% стеролов, 15,2% стерильные эфиры и 20,4% токоферолов. К этой смеси добавили 20% воды, метанол и смесь липазы, и всё инкубировали при 30 °С без обезвоживания, в течение 8 ч.. Конверсия процесса 95 % без потерь токоферолов и эфиров стеролов, полученных на первом этапе [19,20].

1.3 Методики выделения фитостеринов из таллового масла

Количество неомыляемых веществ в талловом масле, богатого фитостеролами, может варьироваться в районе 5–30% по весу, в зависимости от вида древесины [21] Извлечение фитостеролов из таллового масла использовалось в коммерческой практике в начале 1980-х годов в Финляндии [22].Forbes Medi-Tech в Канаде и Cognis в Германии также активно участвовали в извлечении фитостеринов из природных источников, а именно таллового масла.

Основными примесями в этом сырье являются высокомолекулярные кислоты, которые имеют коммерческую релевантность, такие как олеиновая или стеариновая кислота, высокомолекулярные спирты, которые трудно отделить от стерина [23].

Christenson [24] удалил из дистиллята неэтерифицированные жирные кислоты путём экстракции с использованием двухфазной системы растворителей, состоящей из углеводородного и полярного растворителя, содержащего воду. Фазу, богатую стиролами, отмыли от водорастворимых загрязнений, далее сконцентрировали её путем испарения растворителя. Остаток на основе стерина был переведён в метанол и кристаллизован с выходом 2,1% и частотой 82%.

Извлечение стеринов из неомыляемых веществ также описали Christenson и Gloyer [25]. Неомыляемые вещества извлекали из водно–спиртовой смеси с использованием масляных фракций, которые впоследствии подвергается дальнейшей обработке, например испарению. Затем стерин кристаллизуется из подходящего растворителя.

Аналогичный подход был предложен позднее Holmbom и Avela [26], но с применением водно–ацетоново–мыльной смеси. Связанные стерин были переведены в свободную форму, стеролы перешли в осадок. Осадок промыли и высушили.

Johansson и Kivikari [27] предложили способ выделения стерин на основе метода Holmbom и Avela [26], но извлекать стерин из раствора метанол–ацетон–гексан, содержащий небольшое количество воды, так как это влияет на разделение фаз. Далее концентрировали фазу метанол–ацетон с испарением. Охлаждали раствор при 4 °C в течение ночи. Наблюдали кристаллизацию стеролов. Осадок отфильтровали. Выход стерин составил 75% с частотой продукта 80-100 %.

Вышеперечисленные процессы концентрируют ценные вещества в талловом масле путем использования различной растворимости между неомыляемыми и омыляемыми веществами. При обработки смеси гидроксидами щелочных металлов свободные кислоты и кислотная часть сложных эфиров образуют мыла, а фитостеролы остаются в свободной форме. Тем не менее, часто бывает трудно дополнительно очистить стеролы без фракционирования при помощи дистилляции. Данные системы для извлечения фитостерина затрудняют регенерацию растворителя, и это делает процесс экономически невыгодным.

Метод для эффективного разделения компонентов на основе дистилляции был представлен Diaz и др. [28,29]. Осуществлялись повторные перегонки над предварительно высушенным сырьем до тех пор, пока не была получена необходимая чистота фракции стерин. Таким образом. Можно получить концентрат стерин с чистотой до 96%. Несмотря на

требование о пяти последовательных дистилляциях, следовательно, с экономической точки зрения дорогостоящий процесс, этот метод позволяет избавиться от нейтральных и неомыляемых соединений.

Huibers [30] также основал свой подход к выделению стеролов из сырого таллового масла на дистилляции. С учетом более высоких температур кипения эфиров стерина, выход процесса может быть повышен, если термическая этерификация будет проведена перед перегонкой сырого таллового масла (рис. 1.4).

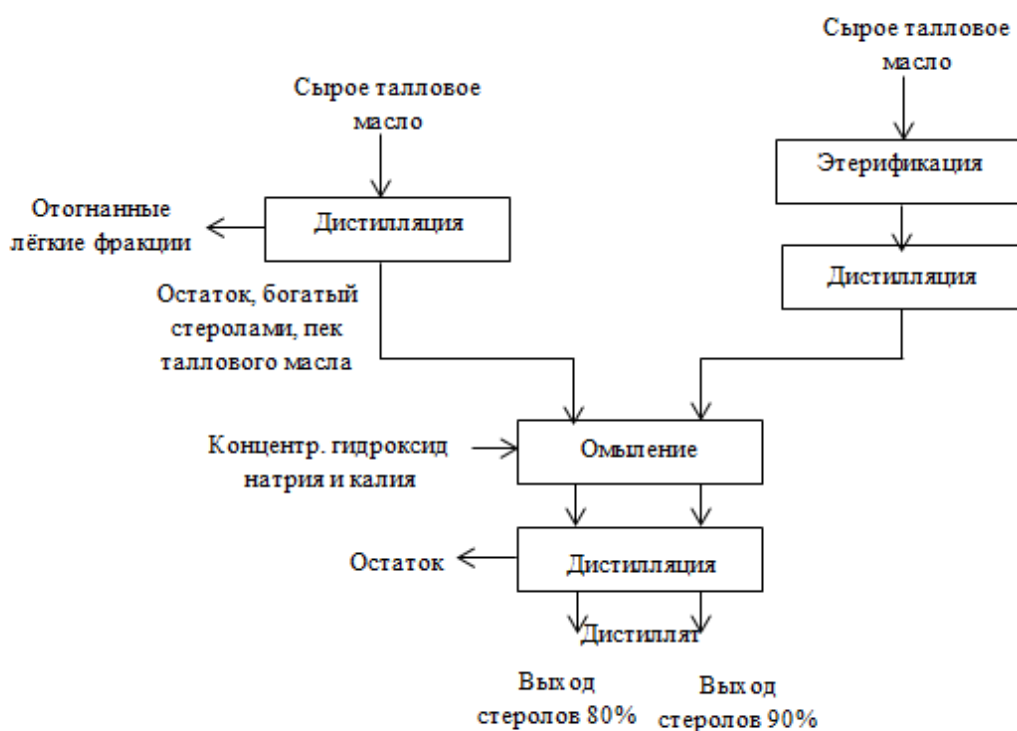


Рис 1.4 - Способ извлечения фитостеролов из сырого таллового масла по Huibers et al. (2000)

Было установлено, что есть необходимость проработки очистки от примесей стерина, так как это мешает кристаллизации продукта из нейтральных соединений. Это потребует дополнительных стадий [31]. Они представлены рис. 1.5.

В подходе, предложенным Coss [32], извлечение фитостеринов из таллового масла происходит за счёт преимущественного образования комплекса фитостерина - соль, который затем гидролизуются (рис. 1.5а).

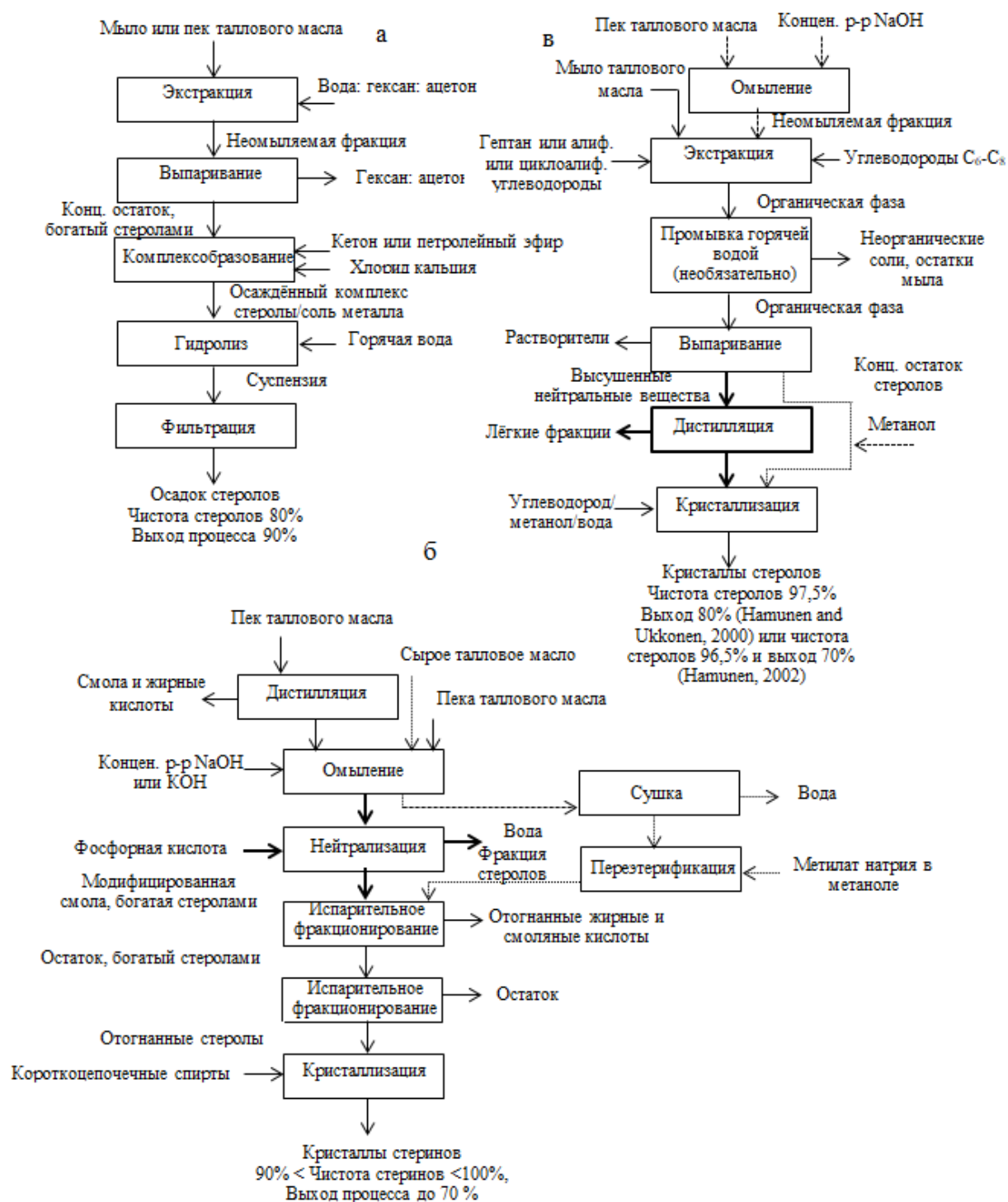


Рис 1.5 - Процессы извлечения фитостеролов из таллового масла согласно (а) Coss et al. (2000), (б) Wong et al. (1999), Hamunen (2003) и Schultzi, Sonnier (2003), (в) Hamunen и Ukkonen (2000), Hamunen (2002)

Wong [33] предложил предварительно обрабатывать смесь перед фракционированием путём испарения. Это необходимо для того, чтобы увеличить содержание свободных фитостеролов для более легкого их выделения (рис. 1.5б). На основе этого процесса Namunen [34] предложил для более эффективной очистки стернов ввести этап переэтерификации (рис. 1.5б). Schultz and Sonnier [35] ввели предварительную перегонку таллового масла для того, чтобы удалить излишки смоляных и жирных кислот. Эта стадия способствует более эффективному проведению процесса омыления в плане конверсии и уменьшает количество требуемой щелочи для омыления. Также это способствует уменьшению количества кислоты, необходимого для последующей нейтрализации (рис. 1.5б).

В процессах, где талловое мыло используется как основное сырьё, Namunen и Ukkonen [36,37] комбинировали экстракцию неомыляемых веществ смесью алифатических и циклоалифатических углеводородов с фракционной перегонкой (рис. 1.5в).

Процессы, сочетающие в себе дорогостоящие стадии экстракции с фракционной перегонкой, эффективны для извлечения стеролов, однако они требуют значительных вложений и эксплуатационных расходов, что удорожает процесс.

1.4 Методика выделения фитостеринов из бензиновых экстрактов хвойных пород деревьев

Источниками фитостеринов могут служить не только растительные и талловые масла. Фитостерины содержатся во всех растениях, в том числе в хвойных деревьях. В качестве сырья для выделения фитостеринов могут быть использованы остатки от лесозаготовок (ветки, сучья хвойных пород деревьев). Также это поможет решить проблему утилизации отходов от лесной промышленности.

Компания «Солагифт» получает экстракты из зелени пихты, ели, сосны. В производстве компания использует ветки хвойных деревьев для получения различных продуктов (рис. 1.6)

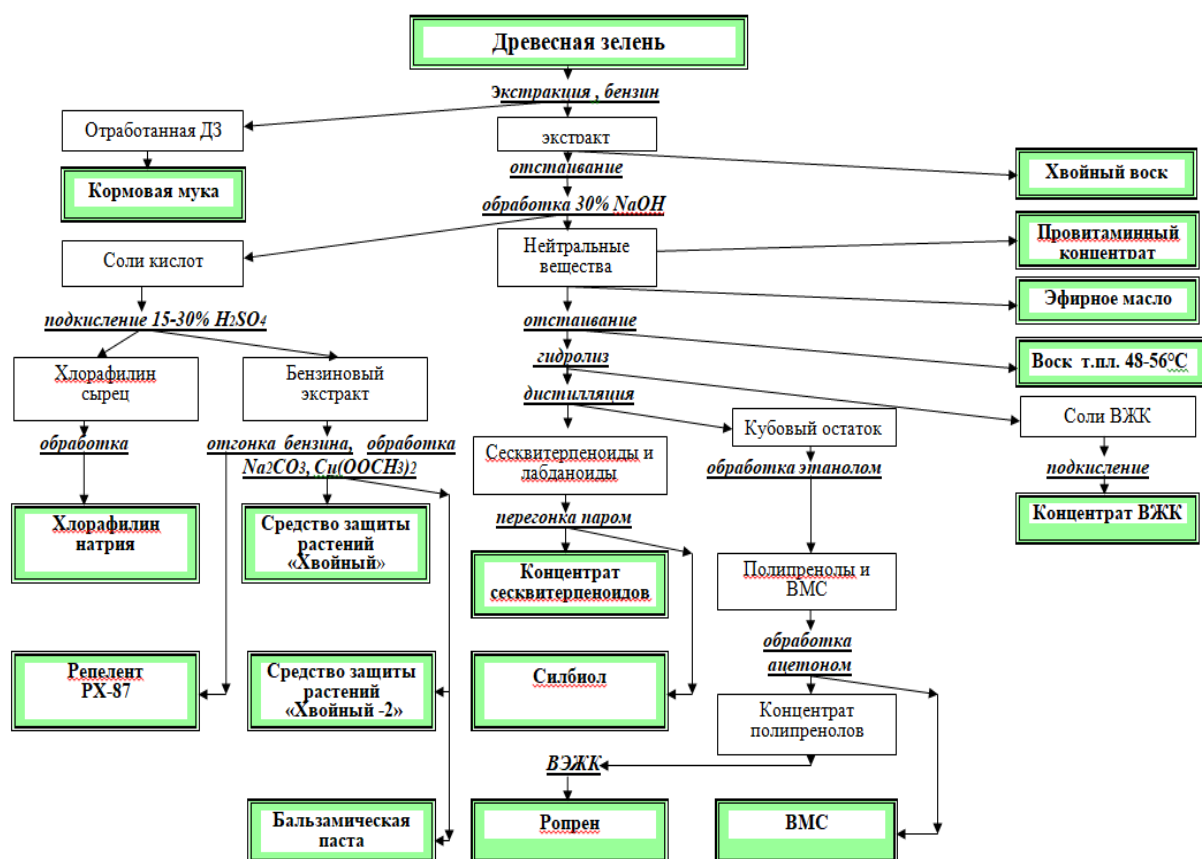


Рис 1.6 – Принципиальная схема переработки древесной зелены пихты, ели, сосны методом дистилляции

Поэтому возникла потребность разработки методики выделения фитостеринов в связи с доступности сырья в данном регионе и возможностью практического применения на производстве полученных результатов.

2. Объекты и методы исследования

Контроль над проведением колоночной хроматографии и чистотой полученных продуктов вели методом ТСХ на пластинках Silufol-UV 254 и Sorbfil-UV 254. Детектирование пятен проводили в йодной камере. В качестве элюента использовали системы нефрас:ипс в соотношении 98:2, 97:3, нефрас:этилацетат 80:20.

Хромато-масс-спектры регистрировали на газовых хроматографах Agilent 7890A с масс-селективным детектором Agilent 5975C (70 эВ) и Finnigan MAT 90 (70 эВ), газ-носитель – гелий.

Спектры ВЭЖХ были сняты на хроматографе «Милихром-5». Колонка аналитическая хроматографическая КАХ-5 80мм*2мм, сорбент «силасорб 600», 5 мкм, 4100 теоретических тарелок. Параметры хроматографирования следующие: элюент гексан: ИПС – 99:1, подача элюента 100 мкл в мин, длина волны 210 нм.

Характеристика использованных веществ

Нефрас применяется марки С2-80/120. Характеристика данного растворителя представлена в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Характеристика нефраса марки С2-80/120

Параметр	Норма по ТУ 38.401-67-108-92
Плотность при 20°C, г/см ³ , не более	0,7
Температура начала кипения, °C, не ниже	80
98% перегоняется при температуре, °C, не выше	110
100% перегоняется при температуре, °C, не выше	98
остаток в колбе после перегонки, %, не более	1,0
Бромное число, г брома на 100 см ³ нефраса, не более	0,08
Массовая доля ароматических углеводородов, %, не более	1,5
Массовая доля серы, %, не более	0,001

Ацетон, этанол, гексан, изопропиловый спирт, этилацетат использовали марки «хч» без предварительной очистки. Силикагель для хроматографии применяли гранулированный крупнопористый (КСКГ). Гидроксид калия марки «х.ч.» с чистотой 86 % [ОКП 26 1142 0013].

Аналитический паспорт СО₂-экстрактов хвойных деревьев представлен в приложении Б.

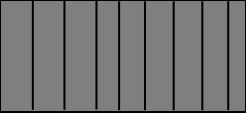
5. - Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1 Предпроектный анализ

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Фитостерины – вещества природного происхождения, которые могут быть выделены из растительного сырья. Так как данные соединения обладают биологической активностью, они представляют интерес для производителей биодобавок, косметики, фармацевтических препаратов.

В качестве потенциальных потребителей результатов исследования, а именно способа выделения фитостеринов из хвойных пород деревьев, были выбраны томские компании: «Solagift», «Артлайф» и «Биолит». Ниже представлена карта сегментирования рынка фитостеринов (рис. 5.1.1).

		Области применения фитостеринов		
		Сырье для стероидных препаратов	Косметология	Пищевая промышленность
Компании	Узкоспециализированные			
	Многопрофильные			

 «Артлайф»

 «Solagift»,
«Биолит»

Рис. 5.1.1. Карта сегментирования фитостеринов

На карте представлены области применения, где могут быть использованы фитостерины. Компания «Биолит» сможет добавлять их в свои крема и др. косметику, а «Solagift» делать биодобавки на основе этих соединений. Так как Артлайф более крупная компания, у неё больше возможностей использования данных соединений. Помимо косметики и биодобавок, есть условия производить стероидные препараты. Были выбраны

томские компании, поскольку для них в первую очередь будет выгоден данный способ получения фитостеринов из-за доступности сырья.

5.1.2 Диаграмма Исикавы

Для того, чтобы оценить существующие риски работы, используется графический метод: - диаграмма Исикавы (рис 5.1.2). Диаграмма показывает возможные причины неудачи проекта и как следствие, отсутствие полученных фитостеринов.



Рис 5.1.2 Диаграмма Исиакавы для процесса выделения фитостеринов из растительного сырья

Как следует из диаграммы, наблюдается четыре основных фактора риска: персонал, оборудование, методы и материалы. Данные факторы способны оказать отрицательное влияние на результат работы. Поэтому,

стоит обратить на это внимание и по возможности свести риски к минимуму для достижения положительного результата.

5.1.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Готовность работы к коммерциализации оценивается по балльной системе (таблица 5.1.1). Данная операция поможет оценить объем имеющихся знаний и степень проработанности проекта.

Таблица 5.1.1 - Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	4	5
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	3
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	3	4
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	1	4
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	1	1
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	1	1
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	1	1
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	4
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	4
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	3
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки,	1	3

	получения льгот		
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	3
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	3
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	1	3
	ИТОГО БАЛЛОВ	27	43

По суммарным баллам можно сказать, что пока перспективность работы в плане коммерциализации невысокая и необходима проработка определённых аспектов, чтобы затем можно было представить товар на рынке.

5.1.4 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Существуют различные методы коммерциализации результатов научно-технического исследования. На данном этапе подходит только один метод (таблица 5.1.2).

Таблица 5.1.2 - Метод коммерциализации работы

Метод	Обоснование
Торговля патентными лицензиями	Для интеллектуальной собственности это наиболее перспективный и наименее ресурсозатратный метод

Другие методы пока не рассматриваются, так как они требуют либо дополнительных вложений, либо дополнительных связей. В конце получения готового продукта будет возможность запатентовать реализуемый метод. К тому же, у участников группы имеется такой опыт. А затем можно задуматься о продаже патентной лицензии. Полученные средства можно применить для дальнейших исследований в данной области.

5.2 Инициация проекта

5.2.1 Цели и результат проекта

Инициация проекта возникла в результате определённого интереса и ожидания заинтересованных сторон (таблица 5.2.1).

Таблица 5.2.1. - Заинтересованные стороны проекта и их ожидания

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Научные руководители	Возможность получения фитостеринов из природного сырья. Оценка выходов продуктов. Анализ полученных соединений.
Магистрант	
Сторонние организации (лаборатории)	Описание методики получения биологически активных веществ для возможности дальнейшего исследования.

Заинтересованные лица проекта ставят перед собой определённые цели и ожидают соответствующий результат, который необходимо представить и подтвердить. Цели и результаты проекта представлены ниже (таблица 5.2.2).

Таблица 5.2.2 - Цели и результат проекта

Цели проекта:	Получение фитостеринов из хвойных пород деревьев.
Ожидаемые результаты проекта:	Выделение фитостеринов. Оценка наиболее выгодного сырья для получения данных соединений. Анализ полученной смеси фитостеринов..
Критерии приемки результата проекта:	Спектральные методы анализа
Требования к результату проекта:	Требование:
	1.Осуществление выделение и очистки продуктов с помощью колоночной хроматографии
	2. Подбор сырья из хвойных пород деревьев (пихта, сосна, ель) с наибольшим выходом продуктов
	3. Установление структур гомологов фитостеринов

5.2.2 Организационная структура проекта

Организационная структура проекта представлена руководителем, исполнителем и куратором проекта. У каждого есть свои обязанности и каждый вносит свой вклад в этот проект (таблица 5.2.3).

Таблица 5.2.3 - Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо- затраты, час.
1	Лесина Юлия Александровна	Куратор проекта	Обеспечивает общий контроль и поддержку проекта.	512
2	Карпицкий Владимир Игнатович	Руководитель проекта	Разработка научного проекта и руководство по его реализации.	1 176
3	Шегарова Наталья Александровна	Исполнитель проекта	Непосредственная реализация проекта	1 704
ИТОГО:				3 392

5.2.3 Ограничения и допущения проекта

У данного проекта есть ограничения или допущения. Основные из них – это финансирование и временные рамки проекта (таблица 5.2.4)

Таблица 5.2.4 - Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
1. Бюджет проекта	3 292 649,9 руб.
1.1. Источник финансирования	ООО «Солагифт»
2. Сроки проекта:	01.09.2018– 30.05.2019 г
2.1. Дата утверждения плана управления проектом	01.09.2018
2.2. Дата завершения проекта	30.05.2019

5.3 Планирование управления научно-техническим проектом

5.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Осуществление проекта предполагает большой объем поставленных задач, требующих выполнения. Для того, чтобы распланировать действия по реализации проекта, необходимо составить иерархию проведения работ (схема 5.3.1).

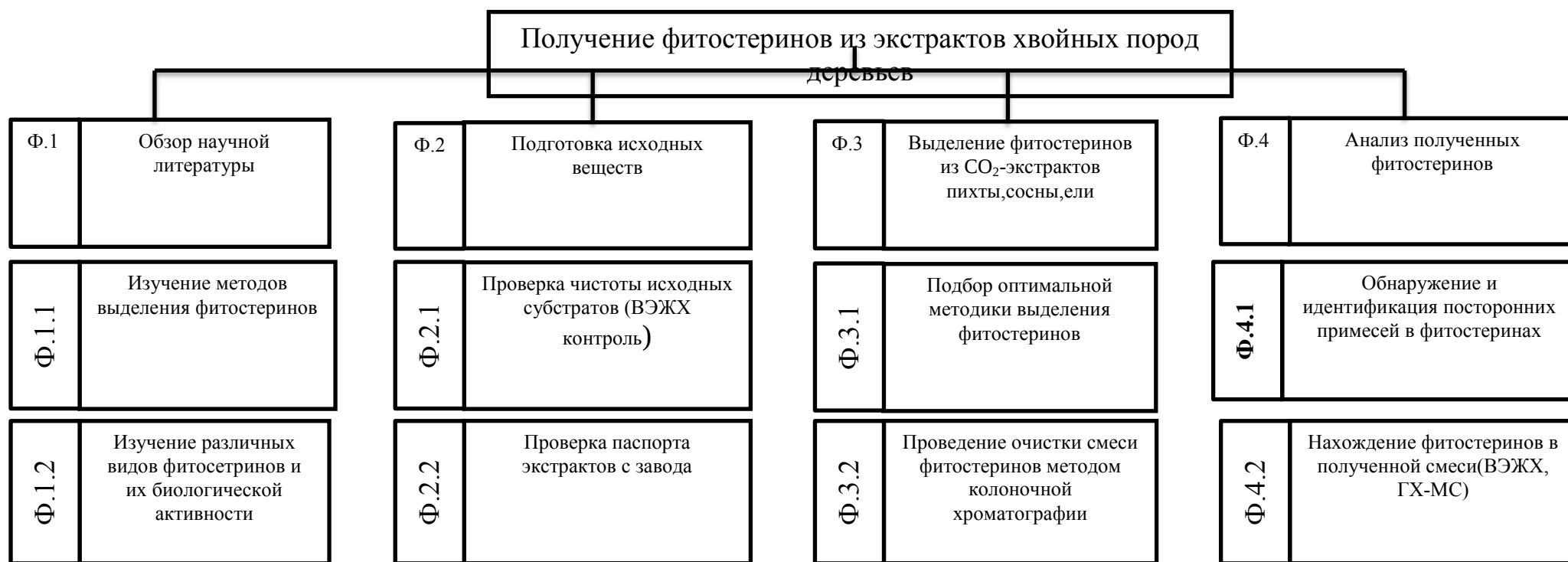


Схема 5.3.1. Иерархическая структура работ проекта

5.3.2 Контрольные события проекта

Проект имеет контрольные точки, после которых идёт сбор информации о проделанной работе, анализ и обсуждение результатов (таблица 5.3.1).

Таблица 5.3.1 - Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Выделение неочищенной фракции фитостеринов	10.01.2019	ВЭЖХ
2	Очистка фитостеринов колоночной хроматографией	28.02.2019	ТСХ, ВЭЖХ
3	Проверка полученных фитостеринов	01.05.2019	ВЭЖХ, ТСХ, ГХ-МС
4	Представление результатов исследования	10.06.2019	Диссертация

5.3.3 План проекта

В ходе планирования научного проекта необходимо составить календарный план проекта, чтобы отслеживать ход работ и соблюдать временные рамки (таблица 5.3.2).

Таблица 5.3.2- Календарный план проекта

Код работы (из иср)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (фио ответственных исполнителей)
Ф.1.1	Изучение методов выделения фитостеринов	36	20.09.2018	30.10.2018	Шегарова Н.А.

Продолжение таблицы 5.3.2

Ф.1.2	Изучение различных видов фитосетринов и их биологической активности	36	20.09.2018	30.10.2018	Шегарова Н.А.
Ф.2.1	Проверка чистоты исходных субстратов (ВЭЖХ контроль)	13	01.11.2018	10.11.2018	Шегарова Н.А. Карпицкий В.И.
Ф.2.2	Проверка паспорта экстрактов с завода	13	01.11.2018	10.11.2018	Шегарова Н.А. Карпицкий В.И.
Ф.3.1	Подбор оптимальной методики выделения фитостеринов	57	11.11.2018	10.01.2019	Шегарова Н.А. Карпицкий В.И.
Ф.3.2	Проведение очистки смеси фитостеринов методом колоночной хроматографии	43	11.01.2019	28.02.2019	Шегарова Н.А. Карпицкий В.И.
Ф.4.1	Обнаружение и идентификация посторонних примесей в фитостеринах	33	01.03.2019	01.04.2019	Шегарова Н.А. Карпицкий В.И. Лесина Ю.А..
Ф.4.2	Нахождение фитостеринов в полученной смеси(ВЭЖХ,	31	01.04.2019	01.05.2019	Шегарова Н.А. Карпицкий В.И. Лесина Ю.А.

	ГХ-МС)				
И т о г о:		213			

Календарный план в более наглядной форме представлен ниже (таблица 5.3.3)

Таблица 5.3.3 - Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Код работы	Вид работ	Исполнители	Т _к , кал , дн.	Продолжительность выполнения работ																							
				2018												2019											
				Сентяб.	Октябрь			Ноябрь			Декабрь			Январь			Февраль			Март			Апрель			Май	
				3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	
Ф.1.1.1	Изучение методов выделения фитостерина в	Шегарова Н.А.	36																								
Ф.1.2	Изучение различных видов фитосетрино в и их биологической активности	Шегарова Н.А.	36																								
Ф.2.1	Проверка чистоты исходных субстратов (ВЭЖХ контроль)	Шегарова Н.А. Карпицкий В.И.	13																								
Ф.2.2	Проверка паспорта экстрактов с завода	Шегарова Н.А. Карпицкий В.И.	13																								

Продолжение таблицы 5.3.3

[illegible]

Исполнитель проекта



Руководитель проекта



Куратор проекта

Сетевой график – графическое отображение комплекса работ по теме с установленными между ними взаимосвязями (рис 3.3.1). Расчет сетевого графика ведется в двух направлениях: прямом и обратном.

Прямой проход по сети

Раннее начало каждой работы можно определить, двигаясь по графику слева направо. Всякая первая работа может начаться в момент $t=0$. В точке «схождения» нескольких работ (например, работа 4) отражается самое

позднее завершение всех работ, предшествующих данной точке. Тогда раннее начало последующей работы определяется максимальной из сумм раннего начала предшествующей работы и продолжительности этой же работы:

$$t_{\text{рн}}(j) = \max[t_{\text{рн}}(i) + T(i)] ,$$

где $t_{\text{рн}}(j)$ – раннее начало последующей работы;

$t_{\text{рн}}(i)$ – раннее начало предшествующей работы;

$T(i)$ – продолжительность выполнения i -ой работы в календарных днях.

Раннее окончание работы рассчитывается по формуле

$$t_{\text{по}}(i) = t_{\text{рн}}(i) + T(i)] ,$$

Критический путь – максимальное время выполнения работ по всей теме в целом:

$$T_{\text{кр}} = T[L_{\text{max}}(1, \text{зав.})] ,$$

где $L_{\text{max}}(1, \text{зав.})$ – максимальный путь от первой работы до завершающей.

Следует учесть, что раннее начало завершающей работы сети принимают равным ее позднему началу:

$$t_{\text{рн}}(\text{зав.}) = t_{\text{пн}}(\text{зав.}) ,$$

а раннее окончание завершающей работы сети принимают равным ее позднему окончанию:

$$t_{\text{по}}(\text{зав.}) = t_{\text{по}}(\text{зав.}) .$$

Обратный проход по сети

Определение поздних сроков работ начинается с завершающей работы и ведется строго в обратном порядке, приближаясь к начальной работе.

Позднее начало каждой работы можно определить, двигаясь по графику справа налево. В точке «схождения» нескольких работ (например, 6 работа) используется самое раннее время завершения из входящих в нее работ:

$$t_{\text{пн}}(i) = \min t_{\text{пн}}(j) - T(i),$$

где $t_{\text{пн}}(i)$ – позднее начало i -ой работы;

$\min t_{\text{пн}}(j)$ – минимальная величина позднего начала j -ой работы;

$T(i)$ – продолжительность выполнения i -ой работы в календарных днях.

Позднее окончание работы рассчитывается с учетом точки «схождения» нескольких работ (например, работа 6) по следующей формуле:

$$t_{\text{по}}(i) = \min t_{\text{пн}}(j),$$

где $t_{\text{по}}(i)$ – позднее окончание i -ой работы;

$\min t_{\text{пн}}(j)$ – минимальная величина позднего начала работ, приходящихся на точку «схождения» i -ой работе.

Расчет резервов времени работы

Резерв времени полного пути. Его величина показывает, на сколько в сумме могут быть увеличены продолжительности работ, принадлежащих полному пути:

$$R(L_n) = T_{\text{кр}} - T(L_n),$$

где $T_{\text{кр}}$ – продолжительность критического пути;

$T(L_n)$ – продолжительность любого другого пути.

Полный резерв времени работы означает, что эта работа может начаться позднее, чем указано датами раннего начала. Использование этого резерва на одной из работ, аннулирует полные резервы времени всех остальных работ, лежащих на этом пути:

$$R_{\text{п}}(i) = \min t_{\text{пн}}(j) - t_{\text{по}}(i),$$

где $\min t_{\text{пн}}(j)$ – минимальное позднее начало последующих работ, приходящихся на точку «схождения» к предшествующей работе;

$t_{\text{по}}(i)$ – раннее окончание предшествующей работы.

Продолжительность критического пути больше продолжительности любого другого пути сетевого графика. Полный резерв времени работ критического пути равен нулю.

Свободный резерв времени работы указывает максимальное время, на которое можно увеличить продолжительность отдельной работы или отсрочить ее начало. Он является независимым резервом, т.к. его использование на одной из работ не меняет величины свободных резервов времени остальных работ:

$$R_{\text{с}}(i) = t_{\text{рн}}(j) - t_{\text{рн}}(i),$$

где $t_{\text{рн}}(j)$ – раннее начало последующей работы;

$t_{\text{рн}}(i)$ – раннее начало предшествующей работы.

Данные, полученные при расчете параметров сети, сводятся в табл. 5.3.4

Таблица 5.3.4 - Параметры сетевого графика

Название работы	№ раб.	$T_{\text{кал}}$	$t_{\text{рн}}$	$t_{\text{ро}}$	$t_{\text{пн}}$	$t_{\text{по}}$	$R_{\text{п}}$	$R_{\text{с}}$
Изучение методов выделения фитостеринов	1	36	36	0	36	30	36	36
Изучение различных видов фитосетринов и их биологической активности	2	36	36	0	36	30	36	36
Проверка чистоты исходных субстратов (ВЭЖХ контроль)	3	13	49	36	49	31	13	13
Проверка паспорта экстрактов с завода	4	13	49	36	49	31	13	13
Подбор оптимальной методики выделения фитостеринов	5	57	106	49	106	90	57	57
Проведение очистки смеси фитостеринов методом колоночной хроматографии	6	43	149	106	149	130	43	43
Обнаружение и идентификация посторонних примесей в фитостеринах	7	33	182	149	182	169	33	33
Нахождение фитостеринов в полученной смеси(ВЭЖХ, ГХ-МС)	8	31	213	182	213	185	31	31
	i	213						
Резерв времени полного пути $R(L_{\text{п}})$								
Критический путь $T_{\text{кр}}$								



Рис 3.3.1 Сетевой план-график выполнения НИР

5.3.4 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям, представленным в таблице 5.3.14

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3 – 5 % от цены). В эту же статью включаются затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности, тиражирование материалов). Результаты по данной статье заносятся в табл. 5.3.5

Таблица 5.3.5 - Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Марка, размер	Кол- во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Нефрас	C4-155/200, 1л	1	547	547
Ацетон	Ленреактив, 0,8 кг	1	202	202
Этанол	Ленреактив, 0,9 кг	5	215	860
Силикагель для хроматографии	Хромлаб, фракция менее 0,063, 1 кг	5	2890	14 450
Гидроксид калия	Sigma-Aldrich , 500 г	1	525	525
Гексан	Ленреактив, 0,66 кг	7	817	5719
Изопропиловый спирт	Ленреактив, 0,8 кг	5	181	905
Этилацетат	Ленреактив, 0,9 кг	5	196	980
СО ₂ -экстракты пихты, сосны, ели	«Солагифт»	3 кг	5500	15500
Колбы круглодонные со шлифом	Химмедснаб, 500мл	5	400	2000
Делительная воронка	Химмедснаб, 1л	1	1062	1062
Фильтровальная бумага	Химмедснаб, 300 шт.	1	300	300
Воронки стеклянные	Химмедснаб, d=150 мм	5	530	2650
Колбы плоскодонные	Химмедснаб, 500 мл	5	320	1600

Продолжение таблицы 5.3.5

Стаканы	Химмедснаб, 100 мл.	5.	100	500
Штатив лабораторный	Химмедснаб, 200*140	1	2490	2490
ТСХ-пластины	Химмедснаб, 10*15	25	143,6	3590
Капилляры для ТСХ	Химмедснаб	50	19	950
Перчатки	Химмедснаб, S	5	12	60
Колонка стеклянная хроматографическая	Химмедснаб, 1,5 м	1	3200	3200
Палочки стеклянные	Химмедснаб, 220мм	25	23,2	580
Пробки стеклянные	Химмедснаб	8	80	680
Всего за материалы				59350
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				2374
Итого по статье См				61724

Далее рассмотрим затраты на специальное оборудование, необходимое для проведения работ. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене (таблица 5.3.6).

Таблица 5.3.6 - Спецоборудование для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс.руб.	Общая стоимость оборудования, тыс.руб.
1.	Хроматограф жидкостный микроколоночный в блочно-модульном исполнении «Милихром-5-3»	1	281,888	281,888
2.	Фотометр КФК-3-01	1	78,225	78,225
3	Аналитические весы OHAUS Pioneer (PA)	1	89,979	89,979

Продолжение таблицы 5.3.6

4	Весы МЛ 2-II В1ЖА (0,01; 170x173) "Ньютон" (d=0,01)	1	16,900	16,900
5	Сушильный шкаф с естественной конвекцией 350°C "SNOL 67/350"	1	79,338	79,338
6	Роторный испаритель Hei-VAP Value Digital G3	1	281,809	281,809
7	Дистиллятор PHS Aqua	1	21,7	21,7
8	Вытяжной шкаф	1	26,23	26,23
9	Газовый хроматограф Agilent 7890A	1	1500,000	1500,000
10	Холодильник комбинированный лабораторный ХЛ-250 "ПОЗИС"	1	32,2	32,2
Итого				2408,269

Затраты на спецоборудование учтём через амортизационные отчисления за время использования. (Таблица 5.3.7)

Таблица 5.3.7 - Амортизационные отчисления на спецоборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Срок эксплуатации, лет	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.	Амортизационные отчисления, тыс. руб.
1.	Хроматограф жидкостный микроколоночный в блочно-модульном исполнении «Милихром-5-3»	8	281,888	35,236
2.	Фотометр КФК-3-01	8	78,225	9,778
3	Аналитические весы OHAUS Pioneer (PA)	12	89,979	7,498
4	Весы МЛ 2-II В1ЖА (0,01; 170x173) "Ньютон" (d=0,01)	12	16,900	1,408

Продолжение таблицы 5.3.7

5	Сушильный шкаф с естественной конвекцией 350°C "SNOL 67/350"	10	79,338	7,934
6	Роторный испаритель Hei-VAP Value Digital G3	7	281,809	40,258
7	Дистиллятор PHS Aqua	8	21,7	2,713
8	Вытяжной шкаф	5	26,23	5,246
9	Газовый хроматограф Agilent 7890A	10	1500,000	150,000
10	Холодильник комбинированный лабораторный ХЛ-250 "ПОЗИС"	16	32,2	2,013
Итого				262,084

Также необходимо учесть затраты на электроэнергию, которую потребляют приборы (таблица 5.3.8). Тариф за электроэнергию принимаем 2.39 руб. за кВт*ч.

Таблица 5.3.8 - Затраты на электроэнергию

№ п/п	Наименование оборудования	Мощность прибора, Вт	Потребляемая мощность, кВт*ч	Общая стоимость электроэнергии, руб.
1.	Хроматограф жидкостный микроколоночный в блочно-модульном исполнении «Милихром-5-3»	240	1,92	1257,331
2.	Фотометр КФК-3-01	240	1,92	1257,331
3	Аналитические весы OHAUS Pioneer (PA)	5	0,04	26,1944
4	Весы МЛ 2-II В1ЖА (0,01; 170x173) "Ньютон" (d=0,01)	5	0,04	26,1944
5	Сушильный шкаф с естественной конвекцией 350°C "SNOL 67/350"	800	6,4	4191,104

Продолжение таблицы 5.3.8

6	Роторный испаритель Hei-VAP Value Digital G3	1400	11,2	7334,432
7	Дистиллятор PHS Aqua	1800	14,4	9429,984
8	Вытяжной шкаф	600	4,8	3143,328
9	Газовый хроматограф Agilent 7890A	1800	14,4	9429,984
10	Холодильник комбинированный лабораторный ХЛ-250 "ПОЗИС"	250	2	1309,72
Итого				37405,6

Таким образом, общие расходы на спецоборудование представлены в таблице 5.3.9.

Таблица 5.3.9 - Затраты на спецоборудование

Амортизационные отчисления, руб.	Затраты на электроэнергию, руб.
262 084	37 405,6
Итого	
299 489,6	

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}$$

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

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}},$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d},$$

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M=11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

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

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 5.3.10 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель	Куратор
Календарное число дней	365	365	365
Количество нерабочих дней			
- выходные дни	44	48	44
- праздничные дни	14	14	14
Потери рабочего времени			
- отпуск	56	28	56
- невыходы по болезни	1	1	1
Действительный годовой фонд рабочего времени	250	274	250

Среднедневная заработная плата:

$$З_{дн(рук.)} = \frac{39\,808 \cdot 10,4}{250} = 1656,0 \text{ руб.}$$

$$З_{дн(исп.)} = \frac{34\,190 \cdot 11,2}{274} = 1397,5 \text{ руб.}$$

$$З_{дн(кур.)} = \frac{47\,104 \cdot 10,4}{250} = 1959,5 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата:

$$З_{осн(рук.)} = 1656,0 \cdot 250 = 414\,000 \text{ руб.}$$

$$З_{осн(исп.)} = 1397,5 \cdot 274 = 382\,915 \text{ руб.}$$

$$З_{осн(кур.)} = 1959,5 \cdot 250 = 489\,875 \text{ руб.}$$

Месячный должностной оклад работника:

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

где $З_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.;

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

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда);

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

Таблица 5.3.11 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$З_{\text{б}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, руб.	$З_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб. дн.	$З_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	31 100	-	-	1,28	39 808	1656,0	250	414 000
Инженер	26 300	-	-	1,3	34 190	1397,5	274	382 915
Куратор	36 800	-	-	1,28	47 104	1959,5	250	489 875

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

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

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

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

где $З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

Дополнительная заработная плата:

$$З_{\text{доп(рук.)}} = 0,1 \cdot 414\,000 = 41\,400 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{доп(исп.)}} = 0,1 \cdot 382\,915 = 38\,291,5 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{доп(кур.)}} = 0,1 \cdot 489\,875 = 48\,987,5 \text{ руб.}$$

В табл. 5.3.12 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы

Таблица 5.3.12 - Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Исполнитель	Куратор
Основная зарплата	414 000	382 915	489 875
Дополнительная зарплата	41 400	38 291,5	48 987,5
Зарплата исполнителя	455 400	421 206,5	538 862,5
Итого по статье $C_{\text{зп}}$	1 415 469		

Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

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

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

$$C_{\text{внеб (рук.)}} = 0,271 \cdot 455\,400 = 123\,413,4 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{внеб (рук.)}} = 0,271 \cdot 421\,206,5 = 114\,147,0 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{внеб (рук.)}} = 0,271 \cdot 538\,862,5 = 146\,031,7 \text{ руб.}$$

Таблица 5.3.13 - Отчисления во внебюджетные фонды

	Руководитель проекта	Исполнитель.	Куратор
Основная заработная плата, руб.	414 000	382 915	489 875
Дополнительная заработная плата, руб.	41 400	38 291,5	48 987,5

Продолжение таблицы 5.3.13

Коэффициент	
-------------	--

отчисления внебюджетные фонды	во	27,1 %	
Отчисления, руб.		123 413,4	114 147,0
Итого		1 799 061,1	
		146 031,7	

Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. В расчетах эти расходы принимаются в размере 70 - 90 % от суммы основной заработной платы научно-производственного персонала данной научно-технической организации.

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

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

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

$$C_{\text{накл(рук.)}} = 0,8 \cdot 455\,400 = 364\,320 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{накл(рук.)}} = 0,8 \cdot 421\,206,5 = 336\,965,2 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{накл(рук.)}} = 0,8 \cdot 538\,862,5 = 431\,090 \text{ руб.}$$

Таблица 5.3.14 Группировка затрат по статьям

Вид работ	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты, руб	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ, руб.	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Отчисления на социальные нужды руб.	Накладные расходы руб.	Итого плановая себестоимость руб.
Рук.	61 724	299 489,6	1 286 790	128 679	383 592,1	1 132 375,2	3 292 649,9
Исп							
Кур.							

5.3.5 Организационная структура проекта

В практике используется несколько базовых вариантов организационных структур: функциональная, проектная, матричная. Для данной работы была выбрана матричная структура (таблица 5.3.15)

Таблица 5.3.15 - Выбор организационной структуры научного проекта

Критерии выбора	Матричная
Степень неопределенности условий реализации проекта	Высокая
Технология проекта	Сложная
Сложность проекта	Средняя
Взаимозависимость между отдельными частями проекта	Средняя
Критичность фактора времени (обязательства по срокам завершения работ)	Средняя
Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от организаций более высокого уровня	Средняя

Пример матричной организационной структуры научного проекта приведен на рис 5.3.1

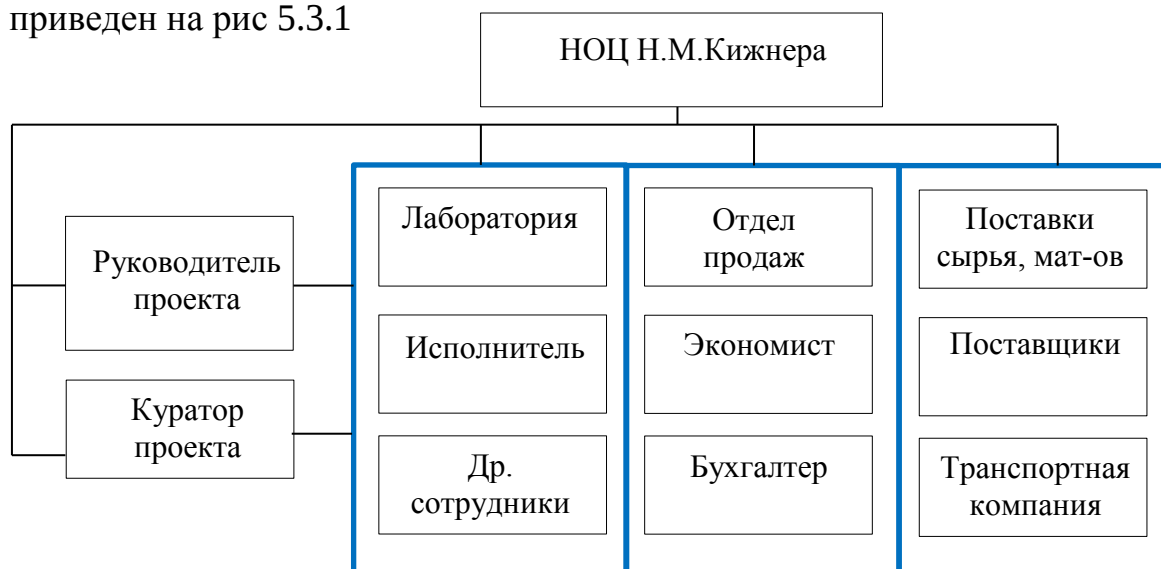


Рис 5.3.1 Матричная организационная структура проекта

5.3.6 Матрица ответственности

Для распределения ответственности между участниками проекта формируется матрица ответственности (табл. 5.3.16).

Таблица 5.3.16 - Матрица ответственности

Этапы проекта	Роль/должность	Роль/должность	Роль/должность
Изучение методов выделения фитостеринов	-	И/магистрант	-
Изучение различных видов фитостеринов и их биологической активности	-	И/магистрант	-
Проверка чистоты исходных субстратов (ВЭЖХ контроль)	О/директор по науке	И/магистрант	-
Проверка паспорта экстрактов с завода	О/директор по науке	И/магистрант	-
Подбор оптимальной методики выделения фитостеринов	О/директор по науке	И/магистрант	-
Проведение очистки смеси фитостеринов методом колоночной хроматографии	О/директор по науке	И/магистрант	-
Обнаружение и идентификация посторонних примесей в фитостеринах	О/директор по науке	И/магистрант	С/профессор

Продолжение таблицы 5.3.16

Нахождение фитостеринов в полученной смеси(ВЭЖХ, ГХ-МС)	О/директор по науке	И/магистрант	С/профессор
---	---------------------	--------------	-------------

Степень участия в проекте может характеризоваться следующим образом:

Ответственный (О)– лицо, отвечающее за реализацию этапа проекта и контролирующее его ход.

Исполнитель (И) – лицо (лица), выполняющие работы в рамках этапа проекта.

Согласующее лицо (С) – лицо, осуществляющее анализ результатов проекта и участвующее в принятии решения о соответствии результатов этапа требованиям.

5.3.7 План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта (таблица 5.3.17).

Таблица 5.3.17 - Пример плана управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1.	Статус проекта	Руководитель проекта	Директору предприятия	Ежеквартально (первая декада квартала)
2.	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель проекта	Участникам проекта	Еженедельно (пятница)
3.	Документы и информация по проекту	Исполнитель проекта	Руководителю проекта	Не позже сроков графиков и к. точек
4.	О выполнении контрольной точки	Исполнитель проекта	Руководителю проекта	Не позже дня контрольного события по плану управления

Продолжение таблицы 5.3.17

5.	Проблемы с качеством реактивов	Исполнитель	Руководителю проекта	По факту
6.	Неисправность оборудования	Исполнитель	Руководителю проекта	По факту

5.3.8 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты (таблица 5.3.18).

Таблица 5.3.18 - Реестр рисков

№	Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска *	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Некачественные или неочищенные реактивы	Получение побочных продуктов, загрязнение целевого вещества, отсутствие целевого продукта	1	5	высокий	Проверка реактивов на чистоту	Ошибка поставщика, непроверенный поставщик
2	Некачественное исходное сырьё	Невозможность выделения целевого продукта или его получение в малых количествах	1	5	высокий	Проверка паспорта экстракта	Неисправность заводского оборудования, человеческий фактор
3	Сбой оборудования	Остановка работы проекта на неопределённый срок	2	5	высокий	Установка нового и проверенного оборудования, периодичес	Несоблюдение техники безопасности и при работе с оборудованием,

						кая поверка и диагностик а обор-я	наличии старого обор-я, не отслеживал и состояние прибора
--	--	--	--	--	--	--	--

5.3.9 . План управления контрактами и поставками

В данном проекте важна поставка химических реактивов поставщиками. Требования к поставщикам представлены в табл 5.3.19

Таблица 5.3.19 - Требования к объектам контрактов

№	Объект контракта (продукт/услуга)	Требования к продукту/услуге	Требования к срокам поставки	Требования к поставщику/подрядчик у
1	Поставка хим.реактивов	Непросроченные, химически чистые вещества	90 дней	Доставка в срок и всех товаров, указанных в договоре, техническая документация, подписанный договор, счет,

Был составлен план закупок для проекта, в котором указаны необходимые реактивы и др. принадлежности, которые должны быть поставлены различными поставщиками (таблица 5.3.20)

Таблица 5.3.20 - План закупок проекта

№	Закупаемые материалы/услуги	Количество	Поставщик
1.	Нефрас	1 л	АО «Ленреактив»
2.	Ацетон	1 л	
3.	Этанол	5 л	
4.	Гексан	7	
5.	Изопропиловый спирт	5	
6.	Этилацетат	5	
7.	Силикагель для хроматографии	5	ООО «Хромлаб»
8.	Гидроксид калия	500 г	Sigma-Aldrich

Продолжение таблицы 5.3.20

9.	CO ₂ -экстракты пихты, сосны, ели	3 кг	ООО «Солагифт»
10	Фильтровальная бумага	300	ООО «Химмедснаб»
11	Воронки стеклянные	5.	
12	Колбы плоскодонные	5.	
13	Стаканы	5	
14	Штатив лабораторный	1	
15	ТСХ-пластины	25	
16	Капилляры для ТСХ	50	
17	Перчатки	5	
18	Колонка стеклянная хроматографическая	1	
19	Палочки стеклянные	25	
20	Пробки стеклянные	8	

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

5.4.1 Оценка сравнительной эффективности исследования

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (табл. 5.4.1). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}},$$

$$I_{\phi 1}^p = \frac{3478699}{3900720} = 0,89$$

$$I_{\phi 2}^p = \frac{3900720}{3900720} = 1$$

$$I_{\phi 3}^p = \frac{3514230}{3900720} = 0,9$$

где I_{ϕ}^p - интегральный финансовый показатель разработки;

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

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

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

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

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p,$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов; a_i – весовой коэффициент i-го параметра;

b_i^a , b_i^p – балльная оценка i-го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Таблица 5.4.1 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ ПО	Весовой коэффициент параметра	Вариант 1 (текущий)	Аналог 1 [38]	Аналог 2 [39]
1. Количество стадий	0,25	4	4	3
2. Выход продукта	0,25	3	5	3
3. Экологичность	0,2	5	4	4
4. Затраты на энергоресурсы	0,2	4	3	4
5. Время процесса	0,1	4	3	4
ИТОГО	1	20	19	18

$$I_{\text{ТП}} = 4 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,1 = 3,95$$

$$\text{Аналог 1} = 4 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,1 = 3,95$$

$$\text{Аналог 2} = 3 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,1 = 3,5$$

Интегральный показатель эффективности разработки ($I_{\text{финр}}^p$) и аналога

($I_{\text{финр}}^a$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p}, \quad I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_\phi^a} \quad \dots$$

$$I_{\text{финр1}}^a = \frac{3,95}{0,89} = 4,42$$

$$I_{\text{финр2}}^a = \frac{3,95}{1} = 3,95$$

$$I_{\text{финр3}}^a = \frac{3,5}{0,9} = 3,89$$

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

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

$$\mathcal{E}_{cp2} = \frac{3,95}{4,42} = 0,89$$

$$\mathcal{E}_{cp3} = \frac{3,89}{4,42} = 0,88$$

где $\mathcal{E}_{cp}$ – сравнительная эффективность проекта; $I_{мэ}^p$ – интегральный показатель разработки; $I_{мэ}^a$ – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Таблица 5.4.2 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/ п	Показатели	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,89	1	0,9
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,95	3,95	3,5
3	Интегральный показатель эффективности	4,42	3,95	3,89
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,89	0,88

В ходе сравнения показателей по разным вариантам исполнения данной работы был выбран вариант 1, так как в нём относительно небольшое количество стадий, невысокие затраты на энергоресурсы, более экологичный вариант и удовлетворяет необходимой степени частоты продукта на данном этапе.

Список публикаций студента

- Соболев Н.А. Синтез диаминопроизводных бис(пиразол-1-ил)алканов // Материалы XVIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Химия и химическая технология в XXI веке», 29 мая -1 июня 2017 г. Томск
- Соболев Н.А., Потапов А.С. Синтез динитропроизводных бис(пиразол-1-ил)алканов // Сборник материалов VI Всероссийской конференции с международным участием г. Чебоксары, 24-25 ноября 2016 г.