

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

Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки 19.03.01 Биотехнология, профиль Биотехнология
Научно-образовательный центр Н.М. Кижнера

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

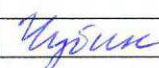
Тема работы
Изменение микробиологической чистоты семян пшеницы под воздействием импульсного электронного пучка

УДК 537.533:633.11:631.531

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Д41	Сурков Кирилл Арнольдович		05.06.18

Руководитель

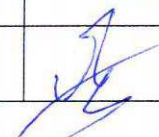
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Чубик М.В.	к.м.н., доцент		05.06.18

КОНСУЛЬТАНТЫ:

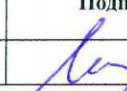
По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГН ШБИП	Верховская М.В.	к.э.н., доцент		25.05.18

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Ахмеджанов Р.Р.	д.б.н., профессор		06.06.18

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

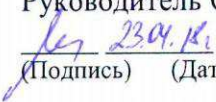
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Лесина Ю.А.	к.х.н., доцент		08.06.18

*Планируемые результаты обучения
по ООП 19.03.01 «Биотехнология» (бакалавр)
профиль «Биотехнология»*

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Общекультурные компетенции</i>	
P1	Способность самостоятельно совершенствовать и развивать свой интеллектуальный, общекультурный и профессиональный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования своей личности
P2	Готовность к кооперации с коллегами для выполнения научно-исследовательских и научно-производственных работ, в том числе интернациональных; способность проявлять инициативу, личную ответственность; быть коммуникабельным.
P3	Демонстрировать понимание вопросов устойчивого развития современной цивилизации, безопасности и здравоохранения, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияние инженерных решений на социальный контекст и социальную среду
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P4	Способность к овладению базовыми знаниями в области базовых естественных и технических наук, применение их в различных видах профессиональной деятельности
P5	Понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, быть готовым к использованию в профессиональной деятельности информационных и коммуникативных технологий
P6	Быть способным к планированию, проведению теоретических и экспериментальных исследований, обработке полученных результатов и представлению их в форме, адекватной задаче
P7	Быть способным к организационно-управленческой и инновационной деятельности в биофармацевтической области, демонстрировать знания для решения проблем устойчивого развития

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

Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки 19.03.01 Биотехнология, профиль Биотехнология
Научно-образовательный центр Н.М. Кижнера

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
 23.04.18 Лесина Ю.А.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
4Д41	Суркову Кириллу Арнольдовичу

Тема работы:

Изменение микробиологической чистоты семян пшеницы под воздействием импульсного электронного пучка	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	06.03.18 1529/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	06.06.2018 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	<i>Объектом исследования являются изменения в микробиологической чистоте семян пшеницы после обработки импульсным электронным пучком</i>
---	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	• Обзор литературы • Объект и методы исследования • Описание экспериментальной части • Результаты проведенного исследования • Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение • Социальная ответственность • Заключение
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Верховская М.В., доцент кафедры ОСГН ШБИП, к.э.н.
Социальная ответственность	Ахмеджанов Р.Р., профессор, д.б.н.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	23.04.2018 г.
--	----------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Чубик М.В.	к.м.н., доцент	<i>Чубик</i>	23.04.18

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Д41	Сурков Кирилл Арнольдович	<i>Срк</i>	23.04.18

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4Д41	Суркову Кириллу Арнольдовичу

Институт	физики высоких технологий	Кафедра	биотехнологии и органической химии
Уровень образования	бакалавр	Направление	19.03.01 Биотехнология

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Общий бюджет НТИ составил 226944,1 руб., из них материально-технических затрат – 94535,16 руб., человеческих – 79548,6 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норматив расходования ресурсов для разработанного продукта установлен не был вследствие новизны разработки.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	При выполнении раздела использовалась упрощенная налоговая система РФ, отражены обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС).

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Коммерческий потенциал НИ является высоким, так как в настоящее время на рынке наблюдается отсутствие методик, подобных разработанным в НИР. С точки зрения ресурсоэффективности, проведение данного НИ также является выгодным, так как данная методика соответствует современным требованиям экологической безопасности.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	В бюджете НИ были отражены затраты на зарплату исследователей, амортизацию оборудования и отчисления во внебюджетные фонды.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Анализ интегральных показателей эффективности показал, что представленный в ВКР метод обработки семян импульсным электронным пучком более предпочтителен по сравнению с уже существующими методиками обработки пестицидами вследствие высокого соответствия требованиям безопасности.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

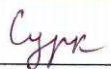
1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Верховская М.В.	к.э.н., доцент		25.05.18

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Д41	Сурков Кирилл Арнольдович		25.05.18

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4Д41	Суркову Кириллу Арнольдовичу

Институт	Кафедра	
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность
		19.03.01 Биотехнология

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

Объектом исследования является изменение микробиологической чистоты семян, вследствие их обработки импульсным электронным пучком. Семена подвергаются обработке в научно-производственной лаборатории «Импульсно-пучковых, электроразрядных и плазменных технологий», ИИФВТ ТПУ с помощью электронного ускорителя АСТРА-М. Дальнейшее исследование микробиологической чистоты проводится в микробиологической лаборатории 3-го корпуса.
Область применения – совершенствование сельскохозяйственных методик увеличения сроков хранения семян.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность

1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

- физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;
- действие фактора на организм человека;
- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
- предлагаемые средства защиты;
- (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).

1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

- механические опасности (источники, средства защиты);
- термические опасности (источники, средства защиты);
- электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты)

1.1. Основной вредный фактор, появляющийся при обработке семян электронным ускорителем АСТРА-М, это ионизирующее воздействие создаваемого установкой электронного пучка. Кроме того, вредное воздействие на организм человека в условиях лаборатории могут оказать такие факторы как недостаточная освещенность, неправильные условия микроклимата помещения. Ионизирующее излучение является вредным фактором физической природы. Оно оказывает биохимически вредное воздействие на организм человека.
Нормы среднегодовой допустимой плотности потока моноэнергетических электронов ($\text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$) и нормы эквивалентной дозы в коже на единичный флюенс ($\text{Зв} \cdot \text{см}^2$) для человека указаны в СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности. Индивидуальные средства защиты для работы в лаборатории [1]:

- Халат из хлопчатобумажной ткани
- Резиновые перчатки
- Защитные очки

	– Работу следует проводить в вытяжном шкафу 1.2. Для минимизации воздействия опасных факторов при работе с электронным ускорителем АСТРА-М следует обратить внимание на электробезопасность. Механической и термической опасности данная установка не представляет. Работа в микробиологической лаборатории предполагает под собой наличие опасности пожара, взрыва, поражения электрическим током. Для пожаровзрывобезопасности разработан план эвакуации из помещения, размещены огнетушители и ящики с песком, действует система оповещения о пожаре. Для защиты от электрического тока применяют заземление.
2. Экологическая безопасность: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	Электронный ускоритель АСТРА-М в ходе своей работы не образует никаких отходов. Все отходы, появившиеся в ходе данной работы, обусловлены последующей обработкой результатов в микробиологической лаборатории. Анализ воздействия объекта на атмосферу: Имеются малые выбросы в атмосферу. Предпринимаются действия, предложенные в СанПиН 2.1.7.1322-03 [11] Анализ воздействия объекта на гидросферу: Имеются малые сбросы в гидросферу. Предпринимаются действия, предложенные в ГОСТ 17.1.3.13-86 [12] Анализ воздействия объекта на литосферу: Имеются малые сбросы в литосферу. Предпринимаются действия, предложенные в ГОСТ 17.4.3.04-85 [13]
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	Возможные ЧС: поражение электрическим током, пожар, вследствие неисправности проводки. Наиболее вероятным из них является поражение электрическим током. Превентивные меры по предупреждению ЧС: организация системы оповещения, разработка техники безопасности. Действия по ликвидации последствий возникшей ЧС: оповещение надлежащих органов о возникновении ЧС, эвакуация рабочих и лиц, близко находящихся к месту возникновения ЧС.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	В рабочей зоне, применяемой для исследования микробиологической чистоты семян должны быть предусмотрены специальные режимы работы, предназначенные для микробиологических лабораторий. Работникам выдаются необходимые вещи по техническому регламенту [18]

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Ахмеджанов Р.Р.	д.б.н., профессор		17.03.18

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Д41	Сурков Кирилл Арнольдович		17.03.18

Реферат

Выпускная квалификационная работа _____ 79 _____ с., _____ 12 _____ рис., _____ 27 табл., _____ 36 _____ источника.

Ключевые слова: импульсный электронный пучок, электронный ускоритель, семена пшеницы, микробиологическая чистота семян, действие ионизирующих излучений на микроорганизмы.

Объект исследования: семена пшеницы.

Цель работы – исследование последствий воздействия импульсного электронного пучка на микробиологическую чистоту семян пшеницы и изучение оптимальных параметров электронного пучка.

В процессе исследования осуществлялось определение ОМЧ микроорганизмов находящихся на поверхности семян до и после обработки импульсным электронным пучком.

В результате исследования была разработана оптимальная методика обработки семян пшеницы импульсным электронным пучком.

Область применения: сельскохозяйственная/пищевая промышленность.

Значимость работы: была разработана методика обработки семян импульсным электронным пучком. Использование данной методики позволяет эффективно и экологично проводить дезинфекцию семян, что повышает качество семян пшеницы и, как следствие, увеличивает урожайность.

Оглавление

Введение	13
1. Обзор литературы.....	15
1.1. Заболевания семян пшеницы.....	15
1.2. Радиационная техника, используемая в сельском хозяйстве	17
1.2.1. Радиационная техника на основе радиоактивных изотопов ^{60}Co и ^{137}Cs	18
1.2.2. Радиационная техника на основе ускорителей электронов	20
1.2.3. Источники нейтронного излучения	21
1.2.4. Ультрафиолетовое излучение.....	21
1.2.5. Лазерное излучение.....	23
1.2.6. Радиоволны	24
1.3. Ультразвук.....	24
1.4. Механизм действия ионизирующих излучений на микроорганизмы	25
1.5. Явление гормезиса.....	27
1.6. Синергетический потенциал ионизирующих излучений.....	29
2. Объект, оборудование и методики исследования	30
2.1. Объект исследования.....	30
2.2. Экспериментальное оборудование.....	30
2.3. Методики исследования	32
3. Результаты проведенного исследования.....	35
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	42
4.1. Потенциальные потребители результатов исследования.....	42
4.1.1. Анализ конкурентных технических решений.....	43
4.1.2. SWOT-анализ	45
4.2. Планирование научно-исследовательских работ	47
4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования	47
4.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ	49
4.2.3. Разработка графика проведения научного исследования	49
4.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	52
4.3.1. Расчет материальных затрат НТИ	52
4.3.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.....	54
4.3.3. Основная заработная плата исполнителей темы	55
4.3.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы	56
4.3.5. Отчисления во внебюджетные фонды	57
4.3.6. Накладные расходы	58
4.3.7. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	58

4.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	59
5. Социальная ответственность	62
5.1. Производственная безопасность.....	62
5.1.1. Химические вредные факторы.....	63
5.1.2. Повышенный уровень ионизирующих излучений.....	64
5.1.3. Отсутствие или недостаток естественного света.....	66
5.1.4. Повышенная или пониженная температура воздуха	67
5.1.5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.....	68
5.1.6. Пожаровзрывоопасность.....	69
5.2. Экологическая безопасность.....	70
5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	71
5.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности работы.....	72
Выводы	75
Список литературы	76

Введение

Повышение качества посевного материала пшеницы является важной задачей современной сельскохозяйственной отрасли. Напрямую от качества посевного материала зависит урожайность и, следовательно, количество производимого продовольствия. Также важной задачей является повышение сроков хранения семян и повышение процента семян пригодных к посеву после хранения. Основной причиной снижения качества семян в процессе хранения являются патогены бактериальной и грибковой природы.

В настоящее время наиболее широко используемой технологией устранения патогенной угрозы является применение химических препаратов. Химическая обработка как правило приводит к полному уничтожению патогена и отвечает требованиям эффективности обработки. Но принимая во внимание последующий негативный эффект химических дезинфектантов и фунгицидов на окружающую среду и организм человека, можно заключить, что в настоящее время требуются иные столь же эффективные и при этом более безопасные способы обработки.

В качестве способов, отвечающих данным требованиям, могут быть рассмотрены следующие: обработка гамма-излучением, импульсным электронным пучком, нейтронным пучком, ультрафиолетовым излучением, лазерным излучением, радиоволнами.

В данной работе основное внимание уделяется обработке семян импульсным электронным пучком.

Так как обработка семян импульсным электронным пучком не приводит к критическим структурным изменениям в растениях и не является причиной появления потенциально опасных химических веществ в окружающей среде, можно заключить, что данный метод относится к экологически безопасным методам дезинфекции и дезинсекции семян.

Цель работы: Исследовать последствия воздействия импульсного электронного пучка на микробиологическую чистоту семян пшеницы и изучить оптимальные параметры электронного пучка.

Задачи:

1. Изучить зависимость между дозой облучения и общего микробного числа на поверхности семян;
2. Изучить различия дезинфекционных и фунгицидных свойств электронного пучка высокой энергии (305 КэВ), в сравнении с электронным пучком низкой энергии (200 КэВ);
3. Определить оптимальную дозу облучения для обоих видов пучков;
4. Проверить соответствие проведенной работы условиям ресурсоэффективности и безопасности.

Объект исследования: семена пшеницы.

Предмет исследования: изменение микробиологической чистоты семян пшеницы.

1. Обзор литературы

1.1. Заболевания семян пшеницы

Качество семян пшеницы напрямую влияет на грядущий урожай, и одной из основных причин снижения посевного качества семян является недостаточная микробиологическая чистота поверхности зерна. Микроорганизмы в процессе хранения семян могут вызывать их самосогревание и гниение, что влечет за собой гибель семян и, как следствие, снижение будущего урожая.

Кроме того, снижение посевного качества семян может быть вызвано грибковым заражением поверхности семян. Заражение семян грибами рода *Alternaria* приводит к щуплости семян, корневым гнилям, снижению всхожести и изменению цвета семян. Грибы из родов *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium* в процессе своей жизнедеятельности на поверхности семян производят токсины и микотоксины, являющиеся канцерогенами и представляющие опасность для организма человека [1].

Согласно данным филиала ФГБУ «Россельхозцентр» по Красноярскому краю за 2016 год инфицированность семян пшеницы корневыми гнилями превысила порог вредоносности и составила 20,29%. Распространенность корневых гнилей отражена на рисунке 1.1.

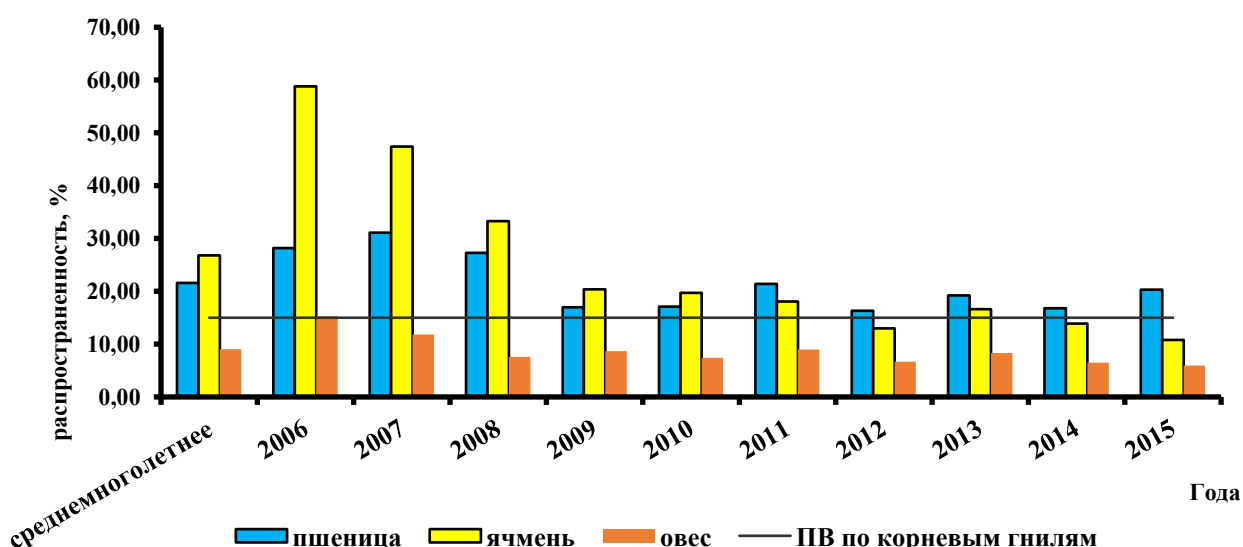


Рис. 1.1. Распространенность корневых гнилей на семенном материале зерновых культур в Красноярском крае, 2006 -2015 гг [2]

Споры твердой головней были обнаружены в 18% проанализированных семян пшеницы. Семенной материал зерновых культур был заражён твердой головней преимущественно в слабой степени. К замене из-за высокой заспоренности семян твердой головней (более 2000 спор/зерно) было рекомендована лишь 1 партия пшеницы в ООО «Возрождение» Саянского района общим весом 0,12 тыс.т. (или 0,1 % проанализированного объёма семян культуры). Заспоренность семян отражена на рисунке 1.2.

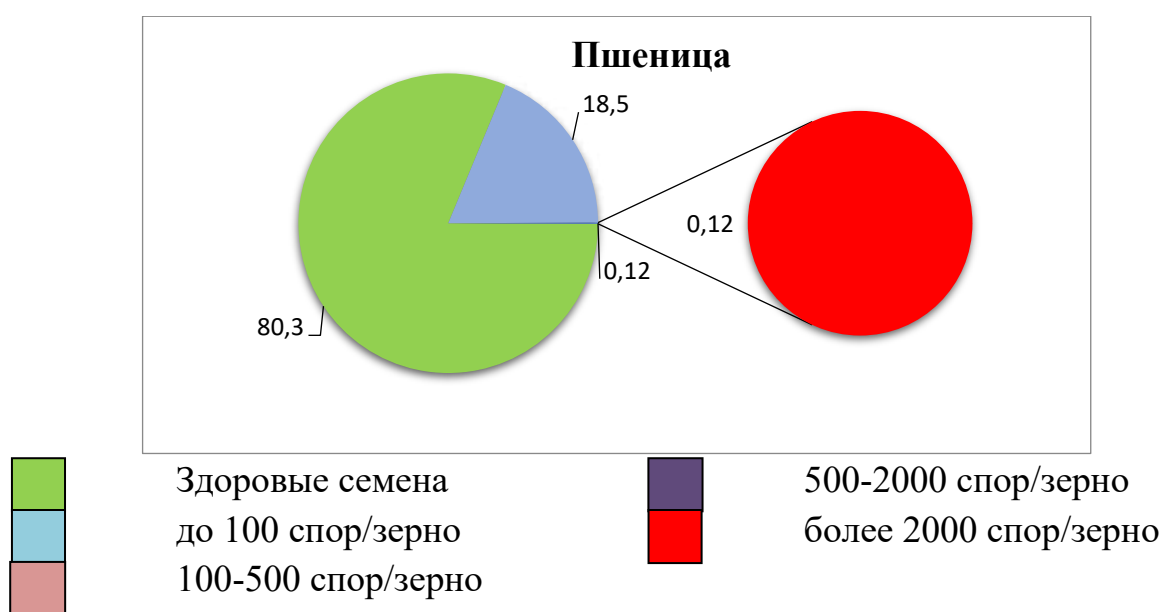


Рис. 1.2. Заспоренность семян зерновых культур урожая 2015 года в Красноярском крае твердой головней [2]

Многие производители сельскохозяйственных товаров для увеличения своих доходов прибегают к традиционным и дешевым способам предпосевной обработки семян. Такими способами являются обработка семян сельскохозяйственных культур с помощью химических и биохимических препаратов, вызывающих уничтожение вредителей на поверхности семян и стимуляцию роста.

Стимуляция роста также может быть вызвана альтернативными методами обработки семян, такими как: СВЧ, постоянное или переменное магнитное поле, воздействие лазера, радиоволн и т.д. Все перечисленные

методы, несмотря на различный механизм воздействия обеспечивают одинаковый прирост урожая [3].

1.2. Радиационная техника, используемая в сельском хозяйстве

Основные требования к источникам излучений, используемым в сельском хозяйстве: отсутствие нежелательных реакций, вызывающих появление в объекте облучения наведенной радиоактивности; равномерное получение заданной дозы по всему объему облучаемой продукции; обеспечение определенной поглощенной дозы в пределах требуемой мощности; обеспечение условий радиационной безопасности и окупаемости себестоимости технологии (сравнительно низкая стоимость используемых материалов, низкая энергоемкость и т.п.).

Современные направления применения радиационной обработки сельскохозяйственных и пищевых продуктов:

- Повышение урожая картофеля, капусты, моркови, зерновых и зернобобовых путем стимулирования всхожести с помощью предпосевного облучения семян.
- Профилактика болезней пищевого происхождения (уничтожение болезнетворных микроорганизмов, таких как сальмонелла и кишечная палочка *E.coli*).
- Сохранение продуктов (уничтожение или снижение активности микроорганизмов, способствующих порче и разложению, и продление срока годности пищевых продуктов).
- Контроль насекомых (уничтожение или стерилизация насекомых-вредителей).
- Задержка прорастания и созревания плодов.
- Стерилизация (увеличение срока годности продуктов, которые затем могут храниться при комнатной температуре) [4].

1.2.1. Радиационная техника на основе радиоактивных изотопов ^{60}Co и ^{137}Cs .

Широкое применение радиоактивных изотопов ^{60}Co и ^{137}Cs , обусловлено следующими характеристиками данных металлов: продолжительные периоды полураспада (соответственно 5,27 года и 30,17 лет); высокая проникающая способность излучений; отсутствие возникновения наведенной радиоактивности у облученных объектов; наличие возможности создавать источники излучения любой удельной активности от нескольких кюри до тысяч кюри на грамм; благоприятные с технологической точки зрения физические свойства источников, дающие возможность длительно эксплуатировать их в автономных установках различных типов при наименьших затратах энергии.

Получение радиоактивного изотопа ^{60}Co проводят путем помещения необходимого количества металлического кобальта в виде цилиндров или дисков нужных размеров в герметические металлические стаканы с последующей загрузкой их в ядерный реактор. В реакторе металлический кобальт подвергается облучению потоком тепловых нейтронов на протяжении нескольких месяцев или даже лет, в зависимости от того какой требуемой удельной активности образца необходимо достичь. После обработки в реакторе стаканы с кобальтом вскрывают и полученные радиоактивные источники ^{60}Co помещают в герметизированные двойные ампулы из нержавеющей стали.

Радиоактивный изотоп цезия ^{137}Cs получают в виде цилиндров или дисков из спрессованных хлорида или сульфата цезия, помещенных в аналогичные ампулы из нержавеющей стали. Сам ^{137}Cs получают из смеси продуктов радиоактивного распада, образующихся в ядерных реакторах.

Хранение и транспортировку источников излучения проводят в контейнерах, оборудованных специальной свинцовой защитой. В подобных контейнерах они находятся, будучи в нерабочем состоянии, непосредственно

в облучательных установках, а некоторых конструкциях аппаратов остаются в защитных контейнерах и во время работы.

На основе взаимодействия между объектом и источником облучения выделяют три основных конструктивных типа облучательных установок:

1. источник облучения неподвижен, к нему перемещается объект облучения;
2. источник облучения на время облучения перемещается в рабочую камеру с неподвижным объектом облучения;
3. источник облучения на время облучения перемещается в рабочую камеру, а объекты облучения перемещаются относительно него.

Помимо того, выделяют облучательные установки стационарного типа и передвижные (транспортабельные).

Установки первого типа являются наиболее безопасными. Благодаря конструктивным особенностям подобных установок, источник облучения постоянно остается внутри экранированного укрытия. Поэтому они получили название «самозащищенных». Самозащищенные установки представляют собой массивный железобетонный или металлический блок со средней массой вплоть до нескольких тонн, внутри блока расположена вертикально ориентированная цилиндрическая камера, оборудованная массивной пробкой, открываемая и закрываемая с помощью специального устройства. Источники излучения помещаются непосредственно в эту камеру. Объект облучения в специальном контейнере вместе с пробкой опускается в камеру на необходимое время, где и подвергается действию гамма излучения. Время воздействия определяется в зависимости от требуемой дозы облучения.

Небольшой объем рабочей камеры (несколько литров) не позволяет использовать подобные установки для широкомасштабных работ. Тем не менее для некоторых целей сельскохозяйственного производства они могут быть применены, например, для предпосевного облучения семян овощных культур с целью индуцирования стимулирующего эффекта при высеве в

защищенный грунт, для облучения семян с целью радиационного мутагенеза и некоторых других.

Тот же принцип работы имеют установки, предназначенные для радиационной дезинфекции зерна. В них источник облучения представляет собой вертикально расположенный стержень, вокруг которого по спирали проходит канал-зерновод. Зерно засыпается сверху и, проходя под действием силы тяжести непрерывным потоком по каналу, получает необходимую дозу, достигающую сотен грей.

Конструкция установок по принципу движения объекта облучения к неподвижному источнику облучения, является наиболее распространенной и встречается среди облучателей, предназначенных для самых разных целей. И хотя их включение в технологический процесс оказывается более сложным и дорогим, чем установок других типов, высокая степень безопасности совершенно однозначно определяет отношение к ним производства.

1.2.2. Радиационная техника на основе ускорителей электронов

Из-за конструктивных особенностей электронных ускорителей, способных на создание электронных пучков мощностей достаточных для оказания дезинфекционного действия на поверхность семян, данные установки представляют собой стационарные сооружения. Примером может служить американская многопрофильная промышленная установка с ускорителем электронов типа «Динамотрон», она представляет собой помещение, в которое через лабиринт по транспортеру поступают облучаемые объекты (клубни картофеля, зерно, лук и т.д.), с расположенным в центре действующим ускорителем электронов. Доза облучения регулируется с помощью изменения скорости движения транспортера и изменения расстояния между транспортером и ускорителем. После окончания процедуры облучения продукция выводится через другой лабиринт. Переход ускорителя в режим работы осуществляется подключением его к электросети.

Выгодным экономическим отличием электронных излучателей от установок на основе гамма-излучателей является отсутствие необходимости создания особых защитных укрытий для излучателя и простота в управлении излучателем, именно благодаря этим отличиям эта технология является более перспективной.

1.2.3. Источники нейтронного излучения

На данный момент из-за низкой распространенности источников нейтронов (таких как ядерные реакторы) облучение нейтронами применяется в сельском хозяйстве крайне редко. Наибольшее применение нейтронное излучение нашло в облучении семян растений с целью вызова радиационного мутагенеза, для получения новых сортов сельскохозяйственных культур [5].

1.2.4. Ультрафиолетовое излучение

Помимо ионизирующих излучений для стерилизации сельскохозяйственной продукции широко применяются электромагнитные излучения неионизирующего диапазона. Из данного диапазона практическую ценность несет ультрафиолетовое излучение области С (УФ-С) с длинами волн от 200 нм до 280 нм. В основе действия УФ-С лучей лежит их способность посредством повреждения ДНК индуцировать искусственный мутагенез в микроорганизмах, который с большой долей вероятности приводит к появлению летальных мутаций и, как следствие, к смерти микроорганизма. Разрушительное действие на ДНК производится либо при непосредственном воздействии УФ-С луча на молекулу ДНК, либо при взаимодействии ДНК с химически активными продуктами фотолиза воды. Малые дозы УФ-излучения способны оказывать стимулирующее действие на отдельные функции микроорганизмов. Более высокие, но не приводящие к гибели дозы вызывают торможение ряда процессов обмена, и изменения свойств патогенов, вплоть до наследуемых. При получении дозы, ниже смертельной, возможно последующее восстановление (реактивация) нормальной жизнедеятельности микроорганизмов.

Наиболее летальным для микроорганизмов является УФ-излучение с длиной волны от 250 нм до 260 нм. Это объясняется тем, именно в данной области находится максимум поглощения УФ-радиации молекулами ДНК и РНК. Наибольшей чувствительностью к УФ-лучам обладают вегетативные формы бактерий. Споры бактерий, дрожжи и плесневые грибки в свою очередь обладают большей устойчивостью к данному излучению. Особенно чувствительными к УФ-облучению микроорганизмы становятся в непосредственно перед и в период деления клетки.

УФ-облучение является эффективным средством защиты от микробной контаминации, при этом оно является одним из наиболее экономных способов обработки. Но применение УФ для стерилизации больших объемов продукции сильно ограничено в связи невысокой проникающей способностью УФ-излучения, из-за чего, в процессе обработки, дезинфекции подвергается только поверхность продуктов.

На данный момент обращают на себя внимание разработки бактерицидных эксиламп нового поколения (спонтанное вакуумное ультрафиолетовое (ВУФ) излучение эксимерных молекул), имеющих более коротковолновый спектр действия по сравнению с ртутными лампами низкого давления (РЛНД). Эти лампы, как видно из рисунка 1.3, обладают более выраженным бактерицидным действием по сравнению с РЛНД [6].

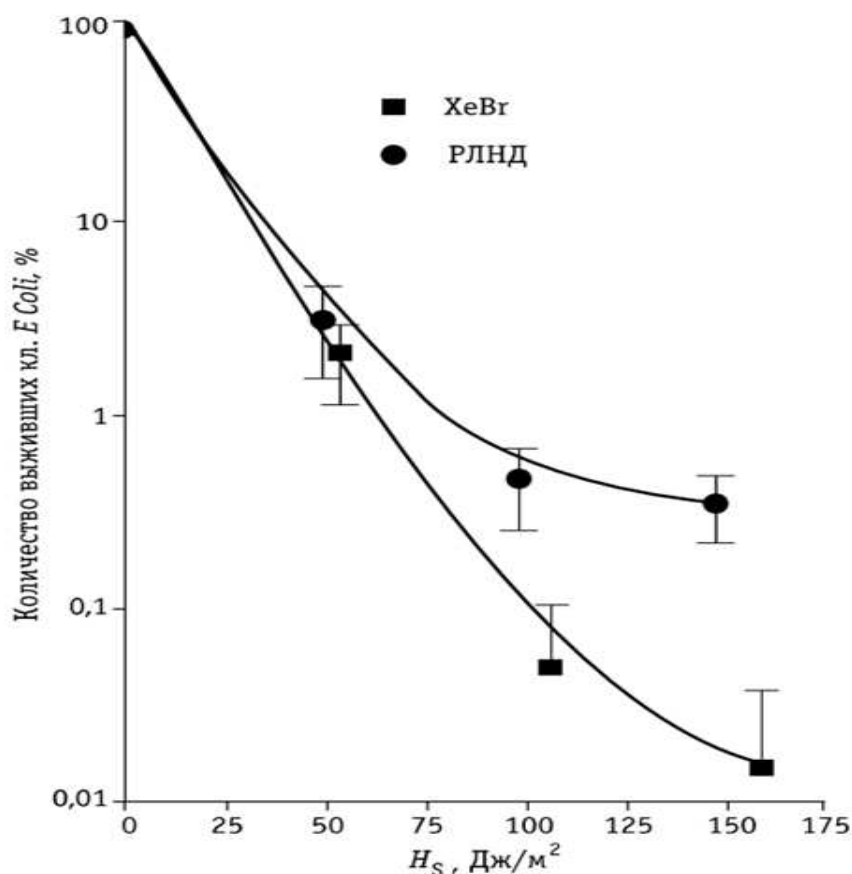


Рис. 1.3. Инактивация *E.coli* различными дозами УФ-излучения XeBr-эксилампы и РЛНД [6]

1.2.5. Лазерное излучение

Лазерное излучение – монохроматическое электромагнитное излучение, сфокусированное в виде пучка с длиной волны в диапазоне от 0,01 до 2000 мкм. В связи с большой энергией излучения, оно способно оказывать сильное воздействие на биообъекты. Воздействие лазерного луча вызывает повышение температуры биологических тканей и как следствие коагуляцию белков и разрушение клеток. Наиболее сильным бактерицидным действием обладает ультрафиолетовый спектр лазерного излучения. В зависимости от мощности, длины волны и продолжительности излучения эффект облучения варьируется от стимулирующего до ингибирующего или даже летального [7].

1.2.6. Радиоволны

Самой широко распространённой радиационной технологией для обработки сельскохозяйственной продукции в настоящее время является технология с применением сверхвысокочастотного излучения (СВЧ) с диапазоном радиоволн от 1 мм (частота 300 ГГц) до 30 см (частота 1 ГГц). Принцип действия СВЧ на микроорганизмы основан на явлении диэлектрического нагрева материалов, происходящем благодаря возникновению диэлектрической поляризации – перемещению в некоторых ограниченных пределах связанных электрических зарядов – диполей. В результате воздействия внешнего переменного электромагнитного поля в материале происходит колебательное движение и переориентация диполей, что приводит к возникновению токов проводимости и смещения, что в совокупности приводит к нагреву материала. Таким образом основной причиной возникновения дезинфицирующего действия при обработке СВЧ является термическое повреждение клеток микроорганизмов [8].

1.3. Ультразвук

Ультразвук – механические колебания частотами свыше 20 кГц. Ультразвуковые колебания нашли себе применение в дезинфекции благодаря способности ускорять химические реакции и вызывать распад высокомолекулярных соединений и, как следствие, вызывать коагуляцию белков, дезактивировать ферменты и токсины. Более того, воздействие ультразвука способно приводить к разрыву клеточной стенки и разрушению внутриклеточных структур микроорганизма. Летальность воздействия ультразвуком начинает проявляться при интенсивности излучения 0,5-1,0 Вт/см² и частоте колебаний в несколько десятков кГц. Главной причиной гибели микроорганизмов является проявление эффекта кавитации. Кавитация – процесс образования и последующего схлопывания разрывов в жидкости, принимающих, благодаря действию сил поверхностного натяжения, форму пузырьков. Кавитационный пузырек после схлопывания образует мощную гидравлическую ударную волну, вызывающую механическое разрушение

микроорганизмов, кроме того разреженный газ в пузырьках является химически агрессивным и сам по себе вызывает разрушение биологических макромолекул [9].

1.4. Механизм действия ионизирующих излучений на микроорганизмы

Специфичность действия ионизирующих излучений заключается в их способности проникать в биологические ткани на клеточном и субклеточном уровне и повреждать принципиально важные для метаболизма макромолекулы белков и ДНК. За счет высокой энергии ионизирующего излучения в биологической ткани происходит множество радиационно-химических реакций и физических взаимодействий, приводящих к ионизации атомов и молекул [10].

Воздействие ионизирующего излучения на микроорганизмы является сложным и многостадийным процессом, включающим в себя три следующих друг за другом этапа: физическую, физико-химическую и химическую.

Этапы формирования лучевого повреждения:

1. Физическая.

Поглощение энергии ионизирующего излучения облучаемой средой с возбуждением и ионизацией её молекул. Длительность стадии 10^{-15} – 10^{-13} с.

В данном случае будет рассматриваться специфика физического воздействия для бета-частиц. В сравнении с альфа-частицами бета-частицы имеют меньшую ионизирующую способность и образуют только несколько десятков пар ионов на 1 см пути. Кроме изначальной ионизации, из-за торможения электронов в веществе возникает тормозное рентгеновское излучение. Так как масса бета-частицы очень мала, то она при движении в веществе отклоняется на большие углы, что обуславливает извилистую траекторию движения бета-частиц. Проникающая способность бета-частиц в воздухе измеряется метрами, в биологической ткани составляет до пяти сантиметров.

2. Физико-химическая.

Возникновение химически активных свободных радикалов, которые взаимодействуют между собой и с органическими молекулами клетки. Длительность стадии $10^{-13} - 10^{-10}$ с.

В основе первичных радиационно-химических изменений на данной стадии могут лежать 2 механизма:

- 1) прямое действие – когда молекула претерпевает изменения непосредственно при взаимодействии с ионизирующим излучением;
- 2) косвенное действие – когда молекула непосредственно не поглощает энергию от ионизирующего излучения, а получает её от других молекул (радиолиз воды, кислородный эффект).

3. Химическая.

Появление биохимических повреждений биологически важных макромолекул (белки, нуклеиновые кислоты, липиды и т.д.). Длительность стадии $10^{-6} - 10^{-3}$ с.

Действие ионизирующего излучения на белки.

До 20% поглощённой энергии локализуется в белках. Под воздействием ионизирующего излучения из молекулы белка выбивается электрон. Образуется дефектный участок, лишённый электрона – “дырка”. Эта “дырка” мигрирует по полипептидной цепи за счёт переброски соседних электронов до тех пор, пока не достигнет участка с повышенными электронодонорными свойствами. В этом месте возникают свободные радикалы у пептидных группировок. Подобный механизм образования повреждений белковой молекулы происходит в результате прямого действия ионизирующего излучения. При косвенном действии образование свободных радикалов происходит при взаимодействии с продуктами радиолиза воды.

Действие ионизирующего излучения на нуклеиновые кислоты.

Около 7% поглощённой дозы приходится на ядерную ДНК. Механизм повреждения аналогичен механизму повреждения белка: выбивание электрона и образование “дырки”, миграция её по полинуклеотидной цепи до

участка с повышенными электронодонорными свойствами. Таким участком будет место локализации азотистого основания, чаще тимина или цитозина. Возникают свободные радикалы этих оснований, происходит разрыв цепочки. Таков механизм прямого действия. При косвенном действии к образованию свободных радикалов приводит взаимодействие с продуктами радиолиза воды.

Действие ионизирующего излучения на липиды.

Из-за воздействия облучения образуются свободные радикалы ненасыщенных жирных кислот, которые при взаимодействии с кислородом образуют перекисные радикалы, а они, в свою очередь, реагируют с нативными жирными кислотами. Это процесс перекисного окисления липидов. Так как липиды – основа биомембран, то это повлечёт за собой изменение их свойств. Это влечет за собой нарушение многих биохимических процессов клеточного метаболизма, происходящих на мембранах клетки. Проявляется выраженное нарушение энергетического обмена, связанное с повреждением мембран митохондрий.

Действие на углеводы.

Под воздействием ионизирующего излучения происходит, отрыв атома водорода от кольца, образуются свободные радикалы, а затем перекиси. Из продукта распада углеводов – глицеринового альдегида – синтезируется метилглиоксаль – вещество, ингибирующее синтез ДНК, белка и подавляющее деление клеток [11].

1.5. Явление гормезиса

В основе методологии выбора ингибирующего фактора является изучение зависимости выживаемости микроорганизмов от дозы воздействующего излучения. Такая зависимость инвариантна по отношению к природе действующего фактора и имеет вид, показанный на рисунке 1.4.

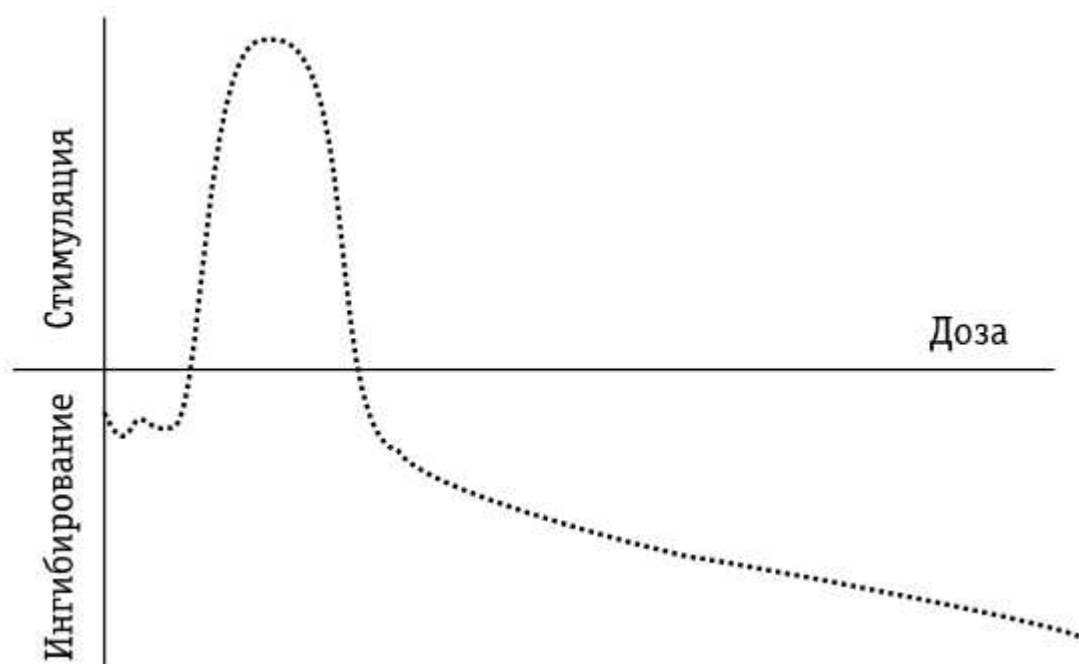


Рис. 1.4. Характерный вид зависимости выживаемости микроорганизмов от дозы воздействующего фактора.

На рисунке 1.4 изображен график выживаемости патогенов, на котором обозначены зоны ингибирования и стимуляции. Максимум на кривой рис. 1.4 соответствует эффекту гормезиса. Термин «гормезис» означает стимуляцию какой-либо системы организма внешними воздействиями, имеющими силу, недостаточную для оказания вредного воздействия. Гормезис могут вызывать токсины, лекарства, вредные агенты окружающей среды и физические факторы воздействия, используемые в радиационных технологиях. Впервые гипотеза о существовании гормезиса была выдвинута Хьюго Шульцем и Рудольфом Арндтом в 1880 г. При исследовании действия токсинов на дрожжи. Ими было отмечено, что низкие дозы токсинов стимулируют дрожжи, средние дозы – ингибируют их рост, высокие дозы – приводят к гибели. Можно сделать предположение о том, что гормезис системы репарации ДНК патогена в зависимости от дозы воздействия осуществляет выбор между гормезисом численности микроорганизмов и апоптозом. В нашем случае именно апоптоз патогенов является конечной целью применения радиационной обработки пищевых и сельскохозяйственных продуктов [8].

1.6. Синергетический потенциал ионизирующих излучений

Обработка импульсным электронным пучком - это новая, нетепловая, физическая методика обработки сельскохозяйственной и пищевой продукции, которая эффективна для достижения дезинфекции, дезинсекции и увеличения срока хранения различных продуктов. Эта технология является экономически и экологически эффективной, и имеет несколько преимуществ по сравнению с другими источниками облучения пищевых продуктов и обычными методами сохранения продукции. Данный метод эффективен в сохранении качества и продлении срока годности различных фруктов, овощей, зерновых культур, бобовых культур, птицы, мяса и морепродуктов. Обработка импульсным электронным пучком повышает свою эффективность в сочетании с другими традиционными и нетрадиционными технологиями обработки сельскохозяйственной и пищевой продукции.

Обработка импульсным пучком имеет большой потенциал не как замена, а как дополнение к другим современным технологиям дезинфекционной обработки. Её можно комбинировать с технологией обработки монохроматическим инфракрасным (ИК) излучением как с одной из технологий термообработки. Организм, подверженный обработке импульсным электронным пучком может стать более восприимчивым к ИК-излучению. Существующее ограничение пригодности ИК-облучения для обработки поверхности продукции может быть преодолено путем объединения с обработкой импульсным электронным пучком [12].

2. Объект, оборудование и методики исследования

2.1. Объект исследования

Объектом исследования являются семена пшеницы, наиболее вероятными патогенами на поверхности семян являются грибы родов *Alternaria* (альтернариоз), *Fusarium* (гнили зерна), *Aspergillus* (гнили зерна), *Penicillium* (гнили зерна), *Trichothecium* (гнили зерна), *Rhizopus* (гнили зерна), *Mucor* (гнили зерна), *Tilletia* (твердая и карликовая головня), *Urocystis* (стеблевая головня), *Ustilago* (пыльная головня), *Puccinia* (бурая ржавчина), *Septoria* (септориоз), *Ophiobolus* (корневая гниль), бактерии рода *Pseudomonas* (базальный бактериоз) и вирус полосатой мозаики [13].

Обработка импульсным электронным пучком направлена на уничтожение бактериальной и грибковой контаминации семян, против вирусов данная обработка не эффективна.

2.2. Экспериментальное оборудование

В ходе данной работы эксперименты по обработке семян пшеницы импульсным электронным пучком проводились с помощью электронного ускорителя «АСТРА–М». Импульсный ускоритель электронов «АСТРА-М» был создан на базе генератора высоковольтных импульсов. Характеристики генератора позволяют формировать на нагрузке импульсы высокого напряжения длительностью до 100 мкс с частотой следования до 100 имп/с [14]. Внешний вид ускорителя электронов «АСТРА–М» приведен на рисунке 2.1.



Рис. 2.1. Внешний вид ускорителя электронов «АСТРА-М»

Принципиальная электрическая схема ускорителя приведена на рисунке 2.2.

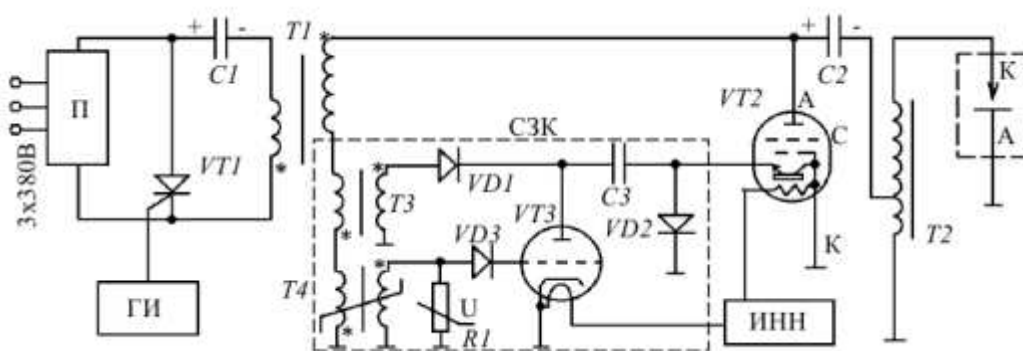


Рис. 2.2. Принципиальная электрическая система генератора импульсного напряжения ускорителя «АСТРА-М»

П – преобразователь напряжения; ГИ – генератор импульсов; C1 – первичный накопитель; VT1 – тиристорный коммутатор; T1 – повышающий импульсный трансформатор; C2 – высоковольтный накопитель; VT2 – коммутатор; T2 – высоковольтный импульсный накопитель; К–А – ускоряющий промежуток; T3 – импульсный трансформатор тока; C3 – конденсатор; VT3 – маломощный импульсный тиратрон с терм катодом; T4 – пик-трансформатор; R1 – варистор; ИНН – источник накальных напряжений; VD1, VD2, VD1 – диоды; C3K – система запуска коммутатора [14].

Отслеживание изменения параметров работы электронного ускорителя проводится микроконтроллерной системой автоматического

управления, позволяющей использовать ускоритель «АСТРА-М» как для проведения работ под контролем оператора, так и для выполнения работ в автоматическом режиме. Панелью оператора является персональный компьютер со специализированным программным обеспечением и сетевой картой для Ethernet соединения с контроллером.

2.3. Методики исследования

Для обработки в электронном ускорителе «АСТРА-М» семена помещались в конверт из алюминиевой фольги и подвергались обработке импульсным электронным пучком с обеих сторон. Схема размещения семян в конверте из фольги изображена на рисунке 2.3.

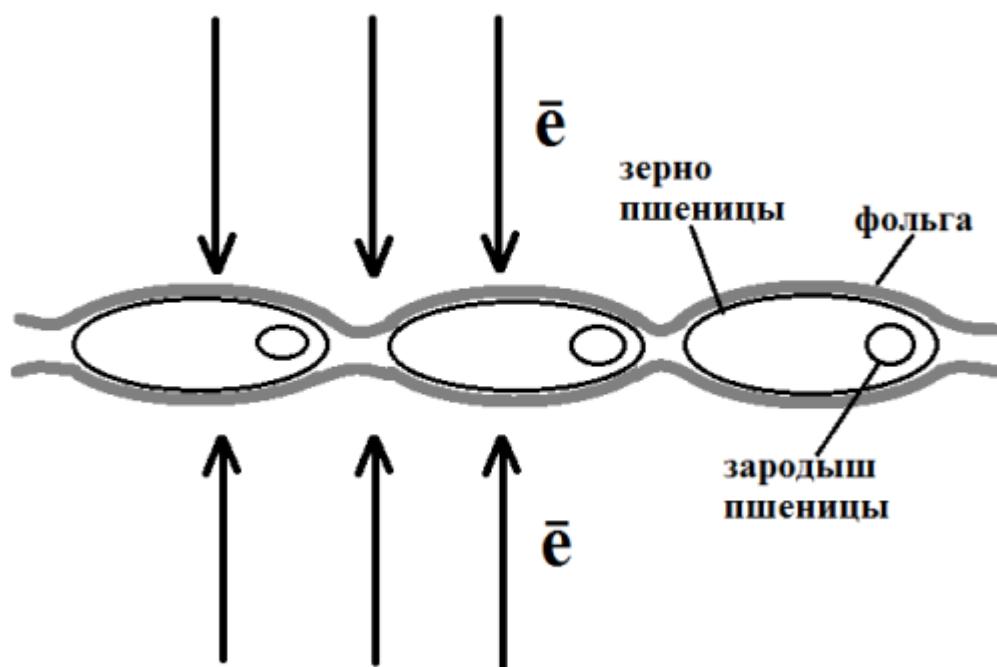


Рис 2.3. Схема обработки семян в конвертах из фольги [15]

После обработки электронным пучком проводится определение ОМЧ на поверхности семян пшеницы по методике определения общего микробного числа на поверхности зерновых культур [16, 17, 18].

Оборудование и материалы

Оборудование:

- Холодильный шкаф или холодильник бытовой, поддерживающий температуру $\pm(2-6)^{\circ}\text{C}$;

- Бокс стерильности (ламинарный шкаф);
- Термометр для определения температуры питательной среды;
- Термостат, поддерживающий температуру 37°C;
- Весы лабораторные электронные;
- Дистиллятор;
- Шейкер лабораторный.

Посуда лабораторная стерильная:

- Стеклянные пробирки и стаканы;
- Чашки бактериологические (Петри);
- Автоматические дозированные пипетки вместимостью до 1 мл;
- Пинцеты.

Питательные среды:

- ГРМ-агар;
- Питательная среда для культивирования плесневых грибов (Сабура);
- Вода дистиллированная стерильная.

Правила отбора проб для бактериологических исследований

Отбор проб для лабораторных исследований производится методом случайной выборки. Объединенная проба формируется методом отбора трех точечных проб.

Пробы отбираются в чистые емкости (чистые полиэтиленовые пакеты или другие упаковочные материалы, разрешенные для контакта с пищевой продукцией).

Пробы хранят в холодильнике при температуре 4-5°C в упакованном виде.

Подготовка проб к исследованию на ОМЧ. Метод замачивания.

Пробы взвешивают, после чего закладывают в чистые стеклянные банки, стаканы или пробирки (в зависимости от размера объекта), заполненные фиксированным объемом воды (измерения производятся при

помощи автоматических дозированных пипеток) с таким расчетом, чтобы исследованный материал был полностью погружен в воду (для одного зерна пшеницы – 1 мл, для 0,5 г – 4 мл) и замачивают на 2 ч.

В течение указанного времени емкость периодически встряхивают вручную или на аппаратах для встряхивания (шейкерах) в течение 5-10 мин.

Исследуемые пробы удаляют из смывной жидкости.

Определение общего количества микробных клеток

Для количественного учета микробного обсеменения в стерильные чашки Петри вносят по 1 мл смывной жидкости и заливают 10-15 мл стерильного, расплавленного и охлажденного до температуры 44-45°C ГРМ-агара. Осторожно покачивая чашки, засеянный материал равномерно распределяют в агаре. После застывания среды чашки помещают (вверх дном) в термостат при температуре 37°C.

Для обнаружения грибкового обсеменения в стерильные чашки Петри заливают 10-15 мл стерильной, расплавленной и охлажденной до температуры 44-45°C питательной среды для культивирования плесневых грибов (Сабуро). После застывания среды на её поверхность равномерно наносят 1 мл смывной жидкости. Чашки помещают в термостат при температуре 37°C.

После 24-48-часового термостатирования для ГРМ-агара или 5 суток термостатирования для Сабуро проводят подсчет выросших колоний только в чашках, где содержатся не более 300 колоний. Результаты, полученные при подсчете колоний, умножают на объем смывной жидкости в мл и определяют количество микробов на поверхности объекта.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью данного раздела является проектирование и создание конкурентоспособных разработок и технологий, отвечающих предъявляемым требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- разработка общей экономической идеи проекта, формирование концепции проекта;
- организация работ по научно-исследовательскому проекту;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований;
- планирование научно-исследовательских работ;
- оценки коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

Целью данной выпускной квалификационной работы является исследование способности импульсного электронного пучка увеличивать микробиологическую чистоту семян пшеницы, что повысит предполагаемый срок хранения и их всхожесть. Данный способ является альтернативой таким способам обработки семян как: обработка пестицидами, облучение семян гамма-излучением.

4.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Результатом работы является исследование эффективности экологически безопасного способа обработки семян пшеницы при различных параметрах импульсного электронного пучка, подбор минимального обеспечивающего микробиологическую чистоту воздействия.

Целевой рынок данного исследования – сельскохозяйственная промышленность РФ, крупные сельскохозяйственные производства.

Следует отметить, что данный метод обработки является наиболее экологически безопасным среди существующих аналогов, что отмечено на рисунке 4.1. Учитывая современную тенденцию на увеличение экологичности и безопасности эта работа является весьма перспективным направлением исследований в области микробиологического обеззараживания семян.

		Уровень экологического загрязнения		
		Низкий	Средний	Высокий
Стоимость	Низкая			
	Высокая			

Гамма-излучение -  Импульсный электронный пучок – 

Обработка пестицидами - 

Рисунок 4.1. – Карта сегментирования рынка услуг относительно соотношения цена/экологическая безопасность

4.1.1. Анализ конкурентных технических решений

Таким образом, для анализа конкурентных технических решений стоит рассмотреть перечисленные выше способы обработки: обработка импульсным электронным пучком, обработка гамма-излучением, обработка пестицидами.

Оценочная карта анализа представлена в таблице 4.1. Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1. Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Наиболее важными критериями оценки данной разработки являются:

- надежность разработки – способность обеспечивать необходимый уровень обработки семян;
- безопасность – отсутствие вредных воздействий на организм человека во время обработки;
- потребность в материальных ресурсах – количество дополнительных ресурсов необходимых для обеспечения работоспособности технологии;
- простота эксплуатации – количество и сложность операций необходимых для работы методики;
- экологичность – отсутствие вредных воздействий на окружающую среду;
- стоимость разработки – стоимость необходимых для разработки материалов и оборудования;
- предполагаемый срок эксплуатации – время эффективного использования разработки;
- финансирование разработанного метода – стоимость средств необходимых для поддержания эффективной работы разработки.

Таблица 4.1. – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _э	Б _г	Б _п	К _э	К _г	К _п
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Надежность	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,4
2. Безопасность	0,2	5	4	4	1	0,8	0,8
3. Потребность в материальных ресурсах	0,15	5	4	3	0,75	0,6	0,45
4. Простота эксплуатации	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5

5. Экологичность	0,2	5	4	3	1	0,8	0,6
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Стоимость разработки	0,05	4	4	5	0,2	0,2	0,25
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,4
3. Финансирование разработанного метода	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
Итого	1				4,95	4,1	3,8
Индексы: э – импульсный электронный пучок, г – гамма-излучение, п – пестициды							

На основании представленного выше анализа можно сделать вывод, что исследованный в данной диссертационной работе способ обработки является наиболее пригодным для эксплуатации. Конкурентные установки недостаточно удовлетворяют установленным требованиям, вследствие несоответствия современным тенденциям к увеличению безопасности производства.

4.1.2. SWOT-анализ

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

Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта. Сильные стороны свидетельствуют о том, что у проекта есть отличительное преимущество или особые ресурсы, являющиеся особенными с точки зрения конкуренции. Другими словами, сильные стороны – это ресурсы или возможности, которыми располагает руководство проекта и которые могут быть эффективно использованы для достижения поставленных целей.

Слабые стороны – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей. Это то, что плохо получается в рамках проекта или где он располагает недостаточными возможностями или ресурсами по сравнению с конкурентами.

Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта, например, тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию.

Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем.

Была составлена итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 4.2.

Таблица 4.2. – SWOT-анализ

	Сильные стороны проекта: С1. Актуальность выбранной темы. С2. Соответствие тенденциям экологичности. С3. Экономичность обработки. С4. Возможность поточной обработки. С5. Возможность полной автоматизации обработки.	Слабые стороны проекта: Сл1. Высокая стоимость генераторов импульсного электронного пучка. Сл2. Возможное снижение всхожести семян. Сл3. Низкая эффективность против вирусных заболеваний. Сл4. Громоздкость установки. Сл5. Необходимость наличия поблизости источника электроэнергии.
Возможности: В1. Возможность дальнейшего изучения радиационного гормезиса. В2. Возможность применения импульсного электронного пучка для облучения семян других растений. В3. Возможность применения импульсного электронного пучка для облучения пищевых продуктов.	Создание и оптимизация методики обработки семян пшеницы импульсным электронным пучком, с целью соблюдения микробиологической чистоты семян. Применение данной технологии к другим продуктам.	1. Высокая стоимость оборудования может быть скомпенсирована дешевизной и простотой последующей обработки семян. 2. При наличии снижения всхожести данную технологию можно использовать для облучения семян, подлежащих долгосрочному хранению, с последующим их использованием непосредственно в пищевой промышленности. 3. Вирусные заболевания значительно менее распространены, чем грибковые и бактериальные, с которыми импульсный электронный

		пучок хорошо справляется. 4,5. Данные установки предназначены для стационарной работы.
Угрозы: У1. Развитие новых методов сохранения микробиологической чистоты семян. У2. Вероятность наличия аналогичных разработок у конкурентов. У3. Недостаток спроса на дорогую, но экологически безопасную технологию.	Несмотря на возможный недостаток спроса у мелких сельскохозяйственных предприятий, данная технология в долгосрочной перспективе окупает себя, что делает основным рынком сбыта крупные сельскохозяйственные предприятия.	При отсутствии спроса или при занятости данной ниши конкурентами, данная технология имеет большие перспективы в обработке других продуктов.

В таблице 4.3 представлена интерактивная матрица проекта, в которой показано соотношение сильных сторон с возможностями, что позволяет более подробно рассмотреть перспективы разработки.

Таблица 4.3. – Интерактивная матрица проекта

Возможности проекта	Сильные стороны проекта		
	C1	C2	C3
B1	+	0	0
B2	+	+	+
B3	+	+	+

В матрице пересечения сильных сторон и возможностей имеет определенный результат: «плюс» – сильное соответствие сильной стороны и возможности, «минус» – слабое соответствие.

Таким образом, выполнив SWOT-анализ можно сделать вывод, что на данный момент преимущества исследуемого контейнера преобладают над его недостатками. Все имеющиеся несовершенства можно легко устранить, воспользовавшись перечисленными выше возможностями.

4.2. Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в чей состав входят: бакалавр, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части

(ЭЧ) выпускной квалификационной работы. Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и проведем распределение исполнителей по видам работ в таблице 4.4.

Таблица 4.4. – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, инженер
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, инженер
	4	Составление обзора литературы	Инженер
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер
	7	Проведение экспериментов	Инженер
	8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Руководитель, инженер
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, инженер
	10	Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, инженер
Проведение ВКР			
Разработка технической документации и проектирование	11	Определение оптимального режима обработки семян пшеницы импульсным электронным пучком	Инженер
	12	Оценка эффективности производства и применения разработки	Инженер
	13	Разработка социальной ответственности по теме	Инженер
Изготовление и испытание опытного образца	14	Разработка оптимальной методики обработки	Инженер, руководитель
	15	Лабораторные испытания опытной методики	Инженер, руководитель
Оформление комплекта документации по ВКР	16	Составление пояснительной записки	Инженер

4.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ

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

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

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i},$$

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

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

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

4.2.3. Разработка графика проведения научного исследования

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал},$$

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

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

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

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

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

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

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

Результаты расчетов занесены в таблицу 4.5.

Таблица 4.5. – Временные показатели проведения научного исследования

№	Название работ	Трудоемкость работ			Исполнители	T_p , раб. дн.	T_p , кал. дн.
		$t_{\min}$, чел- дн.	$t_{\max}$, чел- дн.	$t_{\text{ож}}$, чел- дн.			
1	Составление технического задания	0,2	1	0,5	И	0,3	0,2
		0,1	0,4	0,2	Р	0,1	0,2
2	Выбор направления исследований	0,5	2	1	И	0,5	0,7
		0,1	0,4	0,2	Р	0,1	0,2
3	Подбор и изучение материалов	5	10	7	И	3,5	4
		0,5	2	1	Р	0,5	0,7
4	Составление обзора литературы	7	10	8,2	И	8,2	10
5	Календарное планирование работ по теме	1	2	1,4	И	0,7	1
		0,1	0,4	0,2	Р	0,1	0,2
6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	3	5	3,8	И	3,8	5
7	Проведение экспериментов	14	28	19,6	И	19,6	24
8	Сопоставление результатов с теоретическими исследованиями	2	3	2,4	И	1,2	2
		1	2	1	Р	0,5	0,7
9	Оценка эффективности полученных результатов	3	4	3,4	И	1,7	2
		0,1	0,2	0,1	Р	0,1	0,2
10	Определение целесообразности проведения ВКР	5	7	5,8	И	2,9	4
		1	2	1	Р	0,5	0,7
11	Определение оптимального режима	7	14	9,8	И	9,8	12

	обработки семян пшеницы импульсным электронным пучком						
12	Оценка эффективности производства и применения разработки	3	4	3,4	И	3,4	4
13	Разработка социальной ответственности по теме	3	4	3,4	И	3,4	4
14	Разработка оптимальной методики обработки	10	22	19,6	И	7,4	9
		0,8	1	0,9	Р	0,4	0,7
15	Лабораторные испытания опытной методики	7	14	9,8	И	4,9	6
		0,8	1	0,9	Р	0,5	0,7
16	Составление пояснительной записки	20	36	26,4	И	26,4	32

Р – руководитель, И – Инженер.

Таблица 4.6. – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнитель и	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				фев р		март			апрель			май			июн ь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление ТЗ	Р, И	0,2 1														
2	Выбор направления исследований	Р, И	0,2 1														
3	Подбор и изучение материалов	Р, И	0,7 4														
4	Составление литобзора	И	10														
5	Календарное планирование работ по теме	Р, И	0,2 1														
6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	И	5														
7	Проведение экспериментов	И	24														
8	Сопоставление результатов с теоретическими исследованиями	Р, И	0,7 2														
9	Оценка эффективности результатов	Р, И	0,2 2														

- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований).

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi},$$

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

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

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Материальные затраты данного НТИ представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7. – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб	Затраты на материалы, (Z_m), руб.
Семена пшеницы	кг	0,2	97,7	19,54
Питательная среда для культивирования плесневых грибов (Сабура)	кг	0,25	3452	863
Питательная среда ГРМ - агар	кг	0,25	3182,88	795,72
Одноразовая лабораторная пластиковая посуда	шт.	50	3,57	178,5
Спирт этиловый 95%	л	0,2	200	40
Спирт изопропиловый	кг	0,1	199	19,9
Набор для окраски по Граму	шт.	1	2000	2000
Дистиллированная вода	л	2	30	60

Итого за сырье и материалы	3945,97
Транспортно-заготовительные расходы 20%	789,19
Итого	4735,16

4.3.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Учтем стоимость оборудования, использовавшегося для выполнения данной работы, в виде амортизационных отчислений. Расчет проводим по следующей формуле:

$$A_{\text{год}} = C_{\text{перв}} \cdot H,$$

где $C_{\text{перв}}$ – первоначальная стоимость оборудования, руб.;

H – норма амортизации, %.

Расчет затрат на амортизационные отчисления на время использования оборудования:

$$A_i = \frac{A_{\text{год}}}{N * 100} * T$$

где N – число рабочих дней в году (247 дней);

T – число дней, в которые оборудование использовалось в проекте.

Результаты расчетов приведены в таблице 4.8.

Таблица 4.8. – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	T, дней	Норма амортизации, %	Сумма амортизационных отчислений на время проведения эксперимента, тыс. руб.
1	Электрическая плита	1	26	-	-	-
2	Термостат Электрический суховоздушный ТС-1/20 СПУ	1	14,5	-	-	-
3	Автоклав паровой Tuttnauer 2340 МК	1	193,5	16	11	1,4
4	Бокс биологической безопасности 2 класса Streamline	1	110,2	24	11	1,2

	SC2-4A1.					
5	Электронный ускоритель «АСТРА-М»	1	10000	6	11	26,7
6	Микроскоп бинокулярный Primo star.	1	20	-	-	-
Итого			10364,2	Итого		29,3
Итого затраты на оборудование включая амортизационные отчисления						89,8

4.3.3. Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии и доплаты) и дополнительную заработную плату. Также включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} ,$$

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

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12 – 20 % от $З_{осн}$).

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot Т_p ,$$

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

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

$Т_p$ – продолжительность работ, выполняемых научно – техническим работником, раб. дни. (табл. 4.5).

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;

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

В таблице 4.9 приведен баланс рабочего времени каждого работника НТИ.

Таблица 4.9. – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни + праздничные дни	66	118
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48 0	24 0
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	223

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{ок}} \cdot k_{\text{р}},$$

где $З_{\text{ок}}$ – заработная плата по окладу, руб.;

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

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.10.

Таблица 4.10. – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	$З_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, руб	$З_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб. дн.	$З_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	33664	1,3	43763,2	1813,3	5	9066,5
Инженер	9489	1,3	12335,7	619,5	99	61330,5
Итого $З_{\text{осн}}$						70397

4.3.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле:

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

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,13).

Общая заработная плата исполнительской работы представлена в таблице 4.11

Таблица 4.11. – Общая заработная плата исполнителей

Исполнитель	$Z_{\text{осн}}$, руб.	$Z_{\text{доп}}$, руб.	$Z_{\text{зп}}$, руб.
Руководитель	9066,5	1178,6	10245,1
Бакалавр	61330,5	7973,0	69303,5

4.3.5. Отчисления во внебюджетные фонды

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

Величина этих отчислений определяется по формуле:

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

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

На 2015 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 № 212-ФЗ (ред. от 31.12.2014) установлен размер страховых взносов равный 30%. Однако на основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2015 году водится пониженная ставка – 27.1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 4.12.

Таблица 4.12. – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб	Дополнительная заработная плата, руб
Руководитель	9066,5	1178,6
Бакалавр	61330,5	7973,0
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого отчислений:	21557,7	

4.3.6. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование графических материалов, оплата услуг связи, электроэнергия, транспортные расходы и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

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

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

4.3.7. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

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

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 4.13.

Таблица 4.13. – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб	Примечание
1. Материальные затраты НТИ	4735,16	Табл. 4.7
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	89800	Табл. 4.8
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	70397	Табл. 4.11
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	9151,6	Табл. 4.11
5. Отчисления во внебюджетные фонды	21557,7	Табл. 4.12
6. Накладные расходы	31302,6	16% от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НТИ	226944,1	Сумма ст. 1-6

Из таблицы 4.13 очевидно, что основные затраты НТИ приходятся на специальное оборудование для научных работ.

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

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

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

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

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

Расчет:

$$I_1 = 226944,1 / 324205,86 = 0,7 \quad I_2 = 324205,9 / 324205,9 = 1$$

$$I_3 = 259364,7 / 324205,9 = 0,8$$

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

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

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 4.14.

- экологичность – отсутствие вредных воздействий на окружающую среду;
- безопасность – отсутствие вредных воздействий на организм человека во время обработки;
- трудоемкость – количество и сложность операций необходимых для работы методики;
- стоимость разработки – стоимость необходимого оборудования для последующих исследований;
- материалоемкость – количество и стоимость средств необходимых для поддержания эффективной работы разработки.

Расчет:

$$I_{p1}=(0,25+0,15)*5+(0,2+0,2+0,2)*4=4,4$$

$$I_{p2}=(0,25+0,2+0,2+0,2)*4+0,15*5=4,15$$

$$I_{p3}=0,25*2+(0,2+0,2)*3+(0,15+0,2)*4=3,1$$

Таблица 4.14. – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Импульсный электронный пучок	Гамма- излучение	Пестициды
1. Экологичность	0,25	5	4	2
2. Безопасность	0,20	4	4	3
3. Трудоемкость	0,15	5	5	4
4. Стоимость обработки	0,20	4	4	4
5. Материалоемкость	0,20	4	4	3
Итого	1	4,4	4,15	3,1

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

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{\text{р-исп}i}}{I_{\text{финр}}},$$

Расчет:

$$I_{\text{исп1}} = \frac{4,4}{0,7} = 6,29; I_{\text{исп2}} = \frac{4,15}{1} = 4,15; I_{\text{исп3}} = \frac{3,1}{0,8} = 3,875$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{\text{ср}}$) рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп.1}}}{I_{\text{исп.2}}},$$

Расчет:

$$\mathcal{E}_{\text{ср1}} = \frac{6,29}{6,29} = 1; \mathcal{E}_{\text{ср2}} = \frac{4,15}{6,29} = 0,66; \mathcal{E}_{\text{ср3}} = \frac{3,875}{6,29} = 0,82$$

Таблица 4.15. – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Импульсный электронный пучок	Гамма- излучение	Пестициды
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,7	1	0,8
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,4	4,15	3,1
3	Интегральный показатель эффективности	6,29	4,15	3,875
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения (сравнение проводится с методом обработки электронным пучком)	1	0,66	0,62

Таким образом, с точки зрения ресурсоэффективности лидирующую позицию занимает метод импульсного электронного пучка, но на данный момент из-за малой распространенности дорогостоящих установок генерации электронного пучка метод обработки пестицидами занимает более выгодную позицию с точки зрения экономических затрат.