

На правах рукописи



**КУЗНЕЦОВА ОКСАНА АЛЕКСАНДРОВНА**

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АНАЛИЗА И  
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РИСКОВ В ТЕХНОЛОГИИ МЯСА И МЯСНОЙ  
ПРОДУКЦИИ**

Специальность 05.18.04 – технология мясных, молочных и рыбных  
продуктов и холодильных производств

Специальность 05.02.23 - стандартизация и управление  
качеством продукции

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
доктора технических наук

Москва – 2017

Работа выполнена в отделе «Стандартизация, сертификация и системы управления качеством» Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности имени В. М. Горбатова» (ФГБНУ «ВНИИМП им. В.М. Горбатова»)

**Научный консультант:** **Лисицын Андрей Борисович**  
доктор технических наук, профессор, академик РАН

**Официальные оппоненты:** **Дунченко Нина Ивановна**  
доктор технических наук, профессор  
ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева, зав. кафедрой управления качеством и товароведение продукции, г. Москва

**Бобренева Ирина Владимировна**  
доктор технических наук, профессор  
ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет пищевых производств», профессор кафедры технологии и биотехнологии продуктов питания животного происхождения, г. Москва

**Красуля Ольга Николаевна**  
доктор технических наук, профессор  
ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (ПКУ)», и.о. зав. кафедрой «Регулирование продовольственного рынка, пищевой, перерабатывающей промышленности и экспертизы товаров», г. Москва

**Ведущая организация:** ФГБНУ «Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции», г. Волгоград

Защита состоится «21» апреля 2017 года в 11:00 часов на заседании диссертационного совета Д 307.004.03 при ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» по адресу: 107140, г. Москва, ул. Верхняя Красносельская, д. 17 тел. (499) 264-93-87, Факс: (499) 264-91-87, e-mail: fishing@vniro.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБНУ «ВНИРО» и на сайте [www.vniro.ru](http://www.vniro.ru)

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 года.

Учёный секретарь  
диссертационного совета



Татарников Вячеслав Александрович

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### **Актуальность темы исследования.**

Глобализация торговли, причем не только готовой пищевой продукцией, но и сырьевыми материалами, вызывает необходимость расширения понятия «технологического процесса» и рассмотрение его не только в рамках операций перерабатывающего предприятия, но и в рамках цепи создания характеристик безопасности продукции от поля до прилавка. В тоже время, усовершенствование возможностей аналитического оборудования и методических подходов к исследованию продукции позволяет выявлять новые, ранее неизвестные риски, ассоциированные с пищевой продукцией.

Сложившаяся ситуация требует расширения перечня контролируемых элементов, при ограниченности ресурсов на проведение мониторинга и контроля. В связи с этим, тенденция к разработке механизмов выявления и фокусирования на наиболее значимых проблемах в технологии производства продукции является общемировой практикой, позволяющей решить, как на государственном, так и на производственном уровне социально-значимые и хозяйственные задачи по обеспечению населения безопасной пищевой продукцией и соблюдением ветеринарного благополучия территории страны. Поскольку важнейшей задачей, стоящей перед государством, в настоящее время является снижение заболеваемости и смертности населения по алиментарнозависимым причинам. Увеличение случаев заболеваний ведет не только к недополучению доходов в ВВП, но и увеличение прямых и косвенных затрат на здравоохранение и рост потребности в дорогостоящей высокотехнологической медицинской помощи, которая, как показывает мировая практика, не может в полной мере обеспечить оздоровление населения

В мировой практике мясная продукция рассматривается как продукция высокого риска, для которой характерны как биологические, так и химические риски. В документах Кодекс Алиментариус и Международного эпизоотического бюро (МЭБ) содержатся указания к применению риск-ориентированного подхода к анализу продукции животного происхождения. Однако в Кодекс Алиментариус они относятся к готовому продукту и рассматриваются относительно здоровья человека, а в документах МЭБ в большей части к ветеринарному благополучию сельскохозяйственных животных. Технологическая составляющая не выделяется в указанных документах, однако именно она служит существенным механизмом управления как отдельными рисками, так и их совокупностью, что позволяет производить продукт гарантированной безопасности в

течении срока его годности, причем безопасности как в отношении здоровья человека, так и в отношении эпизоотического благополучия.

В Российской Федерации также усиливается государственное внимание к вопросам риск-ориентированного подхода к планированию контрольно-надзорных мероприятий, а также оценки риска здоровью человека. Однако технологическая составляющая в процессе обеспечения безопасности мяса и мясной продукции пока также не прослеживается.

В связи с этим, важнейшим путем обеспечения безопасности продукции как для человека, так и животных является разработка комплексной методики анализа рисков, характерных для пищевых продуктов животного происхождения с акцентом на технологию их производства, с построением, по результатам анализа, системы нормирования, мониторинга, производственного и государственного контроля.

**Степень разработанности.** Научными и практическими аспектами оценки химических и микробиологических рисков занимались отечественные и иностранные ученые. Исследованием химических загрязнителей, характерных для мясной промышленности занимались: Большакова К. А., Вовк Д. М., Голубицкая А. В., Жуленко В. Н., Цвирко И. П., Малярова М. А., Рабинович М. И., Таланов Г. А., Хмельницкий Д. А., Ames V.N. и др. Изучением микробиологических рисков: Костенко Ю. Г., Корнелаева Р. П., Сидоров М. А. и др. Вопросам разработки и внедрения на предприятиях мясной промышленности систем управления безопасностью: Чернуха И. М., Макаренко Г. Ю., Дунченко Н. И. и др. Вопросами моделирования: Липатов Н.Н., Ивашкин Ю. А., Красуля О. Н., Бобренева И. В., Crouch E. A., Wilson R и др.

Проводимые ранее исследования фокусировались в рамках одного направления (микробиология, токсикология), либо рассматривали различные отдельные этапы производства мясной продукции (выращивание, производство, обращение) при этом применялся подход к оценке опасных факторов с использованием инструментов системы ХАССП. Вопросы анализа риска на уровне всей пищевой цепи (от поля до прилавка), недостаточно проработаны и требуют дальнейшего изучения. Актуально и практическое применение риск-ориентированного подхода как для производственных процессов, так и для организации мониторинга и контроля.

**Цель и задачи исследований.** Цель работы - с системных позиций разработать методологию анализа и прогнозирования рисков для технологии мяса и мясной продукции.

Для реализации цели поставлены следующие задачи:

1. Проанализировать и систематизировать существующие подходы к анализу рисков и разработать концептуальную схему анализа и прогнозирования рисков применительно к технологии производства мяса и мясной продукции,

2. Разработать системные методические подходы к идентификации рисков, характерных для мяса и мясной продукции, провести мониторинговые исследования сырья. Выявить регионы с характерным преобладающим содержанием опасных химических компонентов в мясном сырье.

3. Разработать структурную модель оценки рисков. С использованием разработанной модели составить профили химических опасных компонентов, характерных для мясного сырья, ингредиентов, упаковки и мясной продукции.

4. Провести причинно-следственную оценку источников и этапов попадания опасных химических компонентов в цепь производства мяса и мясной продукции «от поля до прилавка».

5. Разработать и обосновать методические подходы к проведению процедуры количественной оценки рисков, источниками которых служат составные компоненты мясной продукции, технологический процесс ее производства, а также производственная среда.

6. Экспериментально определить и рассчитать фоновое содержание химических опасных компонентов, нормируемых российским законодательством в мясной продукции, на основании полученных данных провести оценку экспозиции исследованных химических веществ на здоровье человека.

7. Разработать системные методические требования и подходы к характеристике риска для мясной продукции: ранжированию, вероятности реализации и тяжести последствия, а также составлению его профиля.

8. Разработать системные подходы к управлению и коммуникации риском, в том числе, к видам управляющих воздействий и методам оценки их эффективности, с учетом особенности технологии мясной продукции.

9. Провести апробацию разработанной методологии на примере технологии производства колбасы вареной и колбасы сырокопченой.

10. Разработать методические подходы к экономической оценке затрат на проведение анализа и управления риском

### **Научная новизна.**

1. Концептуально обоснована и разработана методология проведения анализа и прогнозирования рисков различной природы (микробиологического и химического) в технологии производства мяса и мясной продукции.

2. Разработана структурная модель этапа «Оценка риска», а также методологические подходы и инструменты, необходимые для выполнения этого этапа:

- с помощью причинно-следственной диаграммы определены и структурированы виды, источники и этапы вовлечения опасных химических компонентов в цепь производства мясной продукции «от поля до прилавка»;

- разработан алгоритм прогноза и выявления разумно ожидаемых химических рисков, ненормируемых законодательством, в зависимости от составных компонентов мясной продукции;

- проведен анализ влияния технологических этапов основных типовых технологий производства мясной продукции, на динамику изменения и выявления сочетанности химического и микробиологического риска. Рассчитано приоритетное число рисков для каждой типовой технологии производства мясной продукции, позволившее выявить критические технологические этапы для управления рисками.

- предложена формула оценки ранга риска. Разработаны оценочные шкалы для прогнозной оценки вероятности реализации, тяжести воздействия и фактора риска, с учетом специфики технологических приемов в производстве мясной продукции. Разработана градационная шкала ранжирования риска, метод составления его профиля.

3. Оценен химический риск от смазочных материалов, используемых в оборудовании при производстве мясной продукции. Выявлен и экспериментально обоснован сопряжённый с этим видом микробиологический риск. Разработан риск-ориентированный алгоритм выбора смазочных материалов, с учетом специфики оборудования, используемого при производстве мясной продукции.

4. Разработана двухуровневая структурная модель этапа «Управление рисками» (химическими, микробиологическими, физическими), характерными для мясной продукции. Введена классификация управляющих воздействий, в зависимости от применяемых технологических приемов, предложена формула оценки эффективности управляющего воздействия, с учетом специфики производства мясной продукции.

5. Разработан двухуровневый подход к определению эффективности экономического обеспечения осуществления анализа и управления риском при производстве продукции животного происхождения «от поля до прилавка».

### **Теоретическая и практическая значимость исследований.**

Результаты исследований представляют собой разработанную методологию проведения анализа и прогнозирования рисков, характерных для мясной промышленности, с учетом рассмотрения технологического процесса в рамках цепи «от поля до прилавка» Разработаны структурные модели выполнения основных этапов анализа и прогнозирования рисков. Разработаны методологические подходы и инструменты для идентификации опасных химических компонентов, характерных для мясной продукции, анализа и прогнозирования источников вовлечения их в пищевую цепь при производстве мясной продукции, идентификации ненормируемых рисков, связанных с составными компонентами продукта. Обоснована и подтверждена возможность использования FMEA для оценки технологического процесса на предмет попадания/возникновения химического опасного компонента в мясную продукцию.

Определены критические этапы технологического процесса, оказывающие наибольшее влияние на реализацию химических рисков при производстве мясной продукции. Установлено фоновое содержание кадмия, ртути, мышьяка, свинца и ПАУ в мясных продуктах. Рассчитана их годовая экспозиция на человека. Доказано, что существующее нормирование показателя ПАУ в мясной продукции (как по виду нормируемых компонентов, так и по виду продукции) недостаточно и требует расширения их номенклатуры.

Проведены исследования химических и микробиологических рисков, связанных с производственной средой мясоперерабатывающего предприятия, в части применения смазочных материалов. Выявлено необоснованное отсутствие процедуры нормирования веществ, разрешённых в смазочных материалах, применяемых в мясной промышленности.

Разработана система ранжирования рисков, с учетом поправочных коэффициентов, учитывающих специфику технологических операций, а также процедура составления профилей рисков, характерных для мясной продукции. Предложена классификация и методы оценки эффективности управляющих воздействий, направленных на устранение или снижение уровней химических рисков, с учетом особенностей производства мясной продукции.

Разработаны двухуровневые структурные модели коммуникации рисков и экономической оценки затрат на анализ и управление рисками.

Проведена апробация разработанной методологии на примере технологии производства изделий колбасных вареных и сырокопченых.

Результаты исследований внедрены на 26 предприятиях мясо- и птицеперерабатывающей отрасли, также они используются при проведении курсов повышения квалификации для специалистов мясной отрасли в Учебном центре ФГБНУ «ВНИИМП им. В. М. Горбатова», АНО ДПО «МТИМП», а также при подготовке магистерских и дипломных работ на базовой кафедре ФГБОУ ВО МГУТУ им. К.Г. Разумовского (ПКУ).

Разработанные принципы легли в основу ГОСТ 33182-2014 «Промышленность мясная. Порядок разработки системы ХАССП на предприятиях мясной промышленности».

#### **Положения, выносимые на защиту.**

1. Методология анализа и прогнозирования рисков для продукции мясной промышленности.

2. Структурные модели, методологические подходы и процедуры анализа рисков (идентификация, оценка (в т.ч. прогнозирование), управление, коммуникация) на

примере химического и микробиологического рисков, с учетом особенности производства мясной продукции.

3. Методические подходы к оценке тяжести последствий, вызванных химическими опасными компонентами с учетом их экспозиции на здоровье человека и вероятности его реализации, исходя из составных компонентов мясной продукции и технологии ее производства.

**Апробация результатов исследования.** Основные положения и результаты исследований докладывались и обсуждались на международных и всероссийских научных, научно-практических конференциях, форумах, симпозиумах, в том числе: «Необходимость в модернизации российской пищевой промышленности» (Копенгаген, Дания, 2010); Российско-датская конференция «Применение системы ХАССП на мясоперерабатывающих предприятиях» (Санкт-Петербург, 2010); Круглый стол «Новый порядок подтверждения соответствия» (Москва, 2010); «Реформа технического регулирования в мясной промышленности» (Москва, 2010); «Безопасность и качество продукции. Создание, внедрение и развитие системы управления. Экологический менеджмент» (Москва, 2010); «Системы управления качеством и безопасностью пищевой продукции» (Москва, 2010); Круглый стол «Система менеджмента, как основа принятия управленческих решений» (Москва, 2010); «Опыт внедрения систем качества в Дании и России. Основные проблемы, пути их решения» (Москва, 2011); Международная конференция «Принципы нормирования показателей безопасности мяса и мясной продукции. Подходы Кодекс Алиментариус» (Москва, 2011); Форум «Мясная индустрия-2011» (Москва, 2011); «Изменение пищевого законодательства в рамках Таможенного союза» (Москва, 2012); «Реформа технического регулирования» (Тула, 2012); «Роль системы ХАССП в свете принятия ТР ТС «О безопасности пищевой продукции» (Пермь, 2012); «Техническое регулирование пищевой промышленности» (Челябинск, 2012); АРЕС PTIN Laboratory Capacity Building Project (Vietnam, Hanoi, 2012); International Conference «Meat production and export challenges – from hygiene and veterinary drug use to countries import hurdles: How Brazilian producers tackle these challenges» (Indaiatuba, SP Brazil, 2013); International 57<sup>th</sup> Meat Industry Conference (Belgrade, Serbia, 2014); International 58<sup>th</sup> Meat Industry Conference (Zlatibor, Serbia, 2015); Международный научно-практический семинар «Анализ и управление рисками при производстве и переработке продукции животного происхождения» (Санкт-Петербурга, 2016); Круглый стол «Качество продуктов питания, технологии и кадровое обеспечение пищевой промышленности» (Москва, 2016), Международный семинар «Реализация системы НАССР на перерабатывающих предприятиях. Внутренний аудит системы НАССР» (Москва, 2016), Конференция «Промышленная безопасность» (Москва, 2016);



Российско-китайский форум «Внедрение инновационных пищевых технологий – основа продовольственной безопасности в современном мире» (Москва, 2016).

**Публикации.** Основное содержание диссертации опубликовано в 36 печатных работах, в т.ч. 23 статьях в журналах, входящих в перечень ВАК Минобрнауки РФ.

**Структура и объем диссертационной работы.** Диссертация состоит из 5 глав, в т.ч. введения, аналитического обзора информационных источников, методологической части, результатов собственных исследований, а также выводов, списка использованных информационных источников и приложений. Основное содержание изложено на 279 страницах печатного текста, включает 32 таблицы, 27 рисунков, 189 информационных источников отечественных и зарубежных авторов, 2 приложения.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **Глава 1. Состояние вопроса управления рисками в мясной промышленности**

Обобщена научно-техническая информация отечественных и зарубежных ученых по основным аспектам темы исследований: подходы к анализу для рисков здоровья, рекомендуемые Кодекс Алиментариус; подходы к анализу ветеринарных рисков, рекомендуемые Международным эпизоотическим бюро; законодательные требования к анализу рисков в РФ и ЕЭС; описаны основные виды химических рисков, характерных для мясной продукции.

### **Глава 2. Объекты и методы исследования**

Объектами исследования являлись: химические опасные факторы, характерные для мясной продукции; сырье: говядина, свинина, натуральная оболочка, соевый белок, животные белки, соль; готовая продукция: вареные колбасы, полукопченые колбасы, сырокопченые колбасы; варено-копченые продукты из мяса, сырокопченые продукты из мяса, продукты из шпика, консервы мясные и мясосодержащие; процессы производства мясной продукции: технология без тепловой обработки и копчения, технология с тепловой обработкой и копчением; технология без тепловой обработки с копчением; технология с тепловой обработкой без копчения; производственная среда мясоперерабатывающих предприятий.

При выполнении работы применялись общепринятые стандартные методы исследований: свинец по ГОСТ EN 14083, ГОСТ 26932, ГОСТ Р 51301; кадмий по ГОСТ EN 14083, ГОСТ Р 51301, ГОСТ 26933; мышьяк по ГОСТ 31628, ГОСТ 26930, ГОСТ Р 51766, ГОСТ Р 51962; ртуть по ГОСТ 26927, ГОСТ Р 53183, ГОСТ Р 54639; бенз [а] пирен по ГОСТ Р 51650; ПАУ - высокоэффективной жидкостной хроматографией с масс-спектрометрическим детектором, с методом химической ионизации при атмосферном давлении; *Listeria monocytogenes* по ГОСТ Р 51921; БГКП - ГОСТ Р 52816. Описание

процессов – IDF0; причинно-следственный анализ – диаграмма Исикавы; FMEA по ГОСТ Р 51901.12; экспозиция контаминантов - Р 2.1.10.1920-04.

Результаты обработаны с применением методов математической статистики с использованием Microsoft Excel XP и являются достоверными. Основные этапы диссертационного исследования выполнялись на базе ФГБНУ «ВНИИМП им. В. М. Горбатова». Программно-целевая модель исследований представлена на рисунке 1.

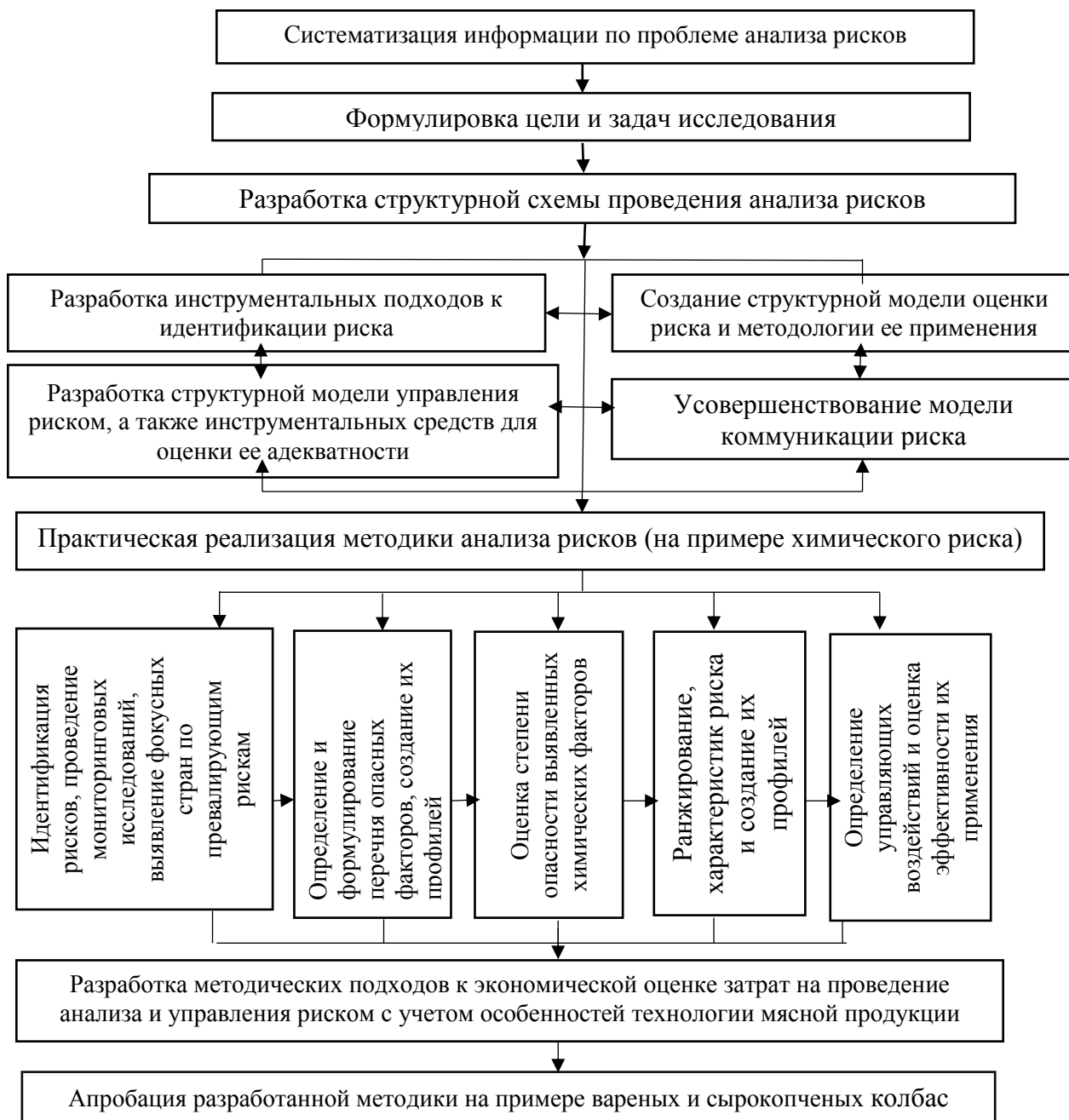


Рисунок 1. Программно-целевая модель исследований

### Глава 3. Теоретические аспекты методологии анализа и прогнозирования рисков для мясной продукции

На первом этапе была сформулирована методологическая концепция проведения анализа и прогнозирования рисков, структурно представленная на рисунке 2.

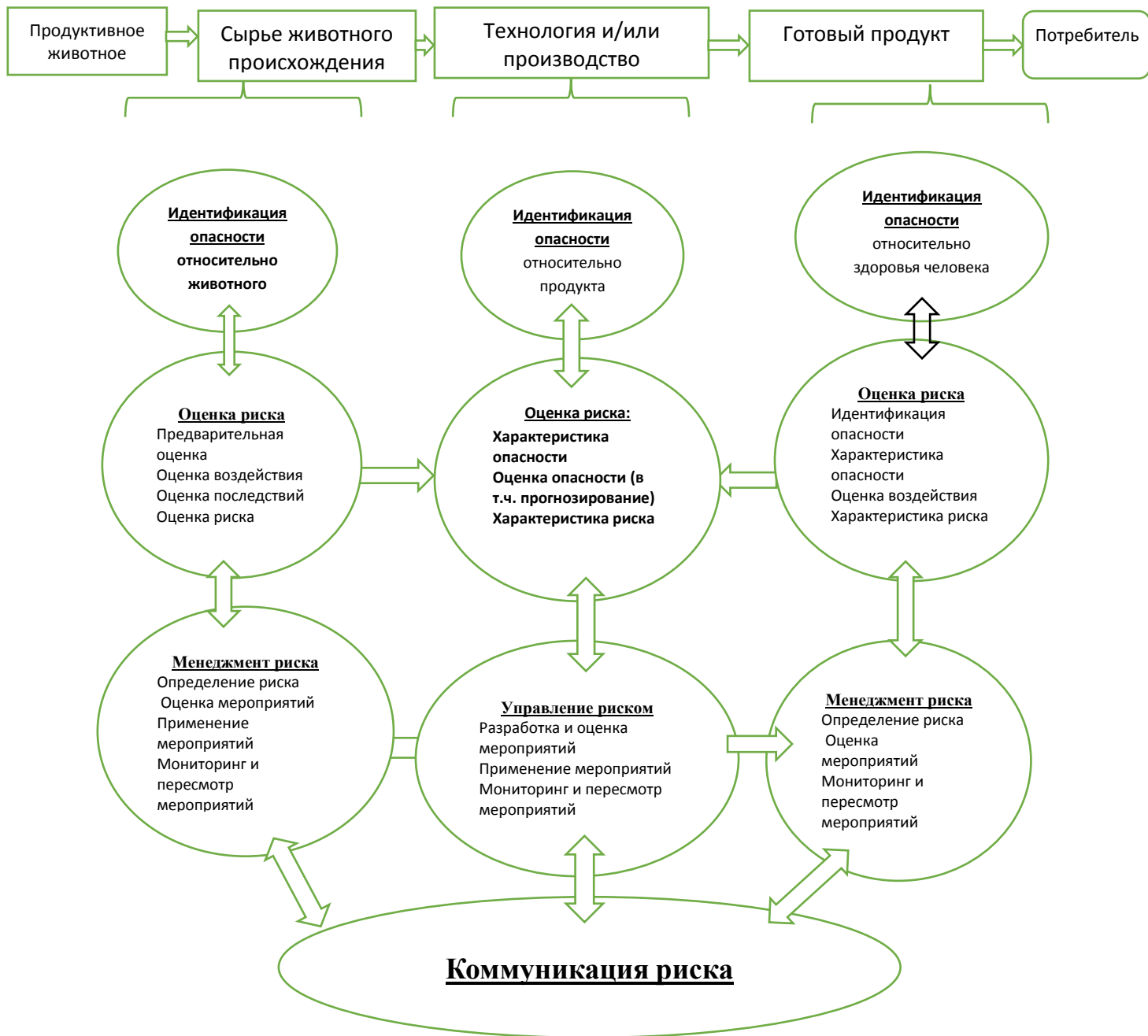


Рисунок 2. Концептуальная схема анализа и прогнозирования риска для мяса и мясной продукции

Методология анализа рисков для мяса и мясной продукции рассматривает «технологию производства» как цепь «от поля до прилавка», интегрируя подходы к

анализу медицинского и ветеринарного риска через ключевую роль технологического процесса в управлении и коммуникации риском.

На следующих этапах были разработаны методологические инструменты для выполнения этапов анализа и прогнозирования рисков, указанных в вышепредложенной схеме.

На первом этапе, идентификация риска, выявляются все возможные риски, характерные для анализируемой мясной продукции. В первую очередь это законодательно нормируемые показатели безопасности рассматриваемого продукта, а также нормируемые показатели для составных компонентов продукта и упаковки. Также, на данном этапе, учитывается имеющаяся научная информация о рисках, которые могут присутствовать в продукте, но, в настоящий момент, законодательно не нормируются. Итогом выполнения этого этапа является решение о том, является ли рассматриваемая опасность характерной для продукта или нет.

Для второго этапа, оценки риска, была разработана структурная модель, представленная на рисунке 3.

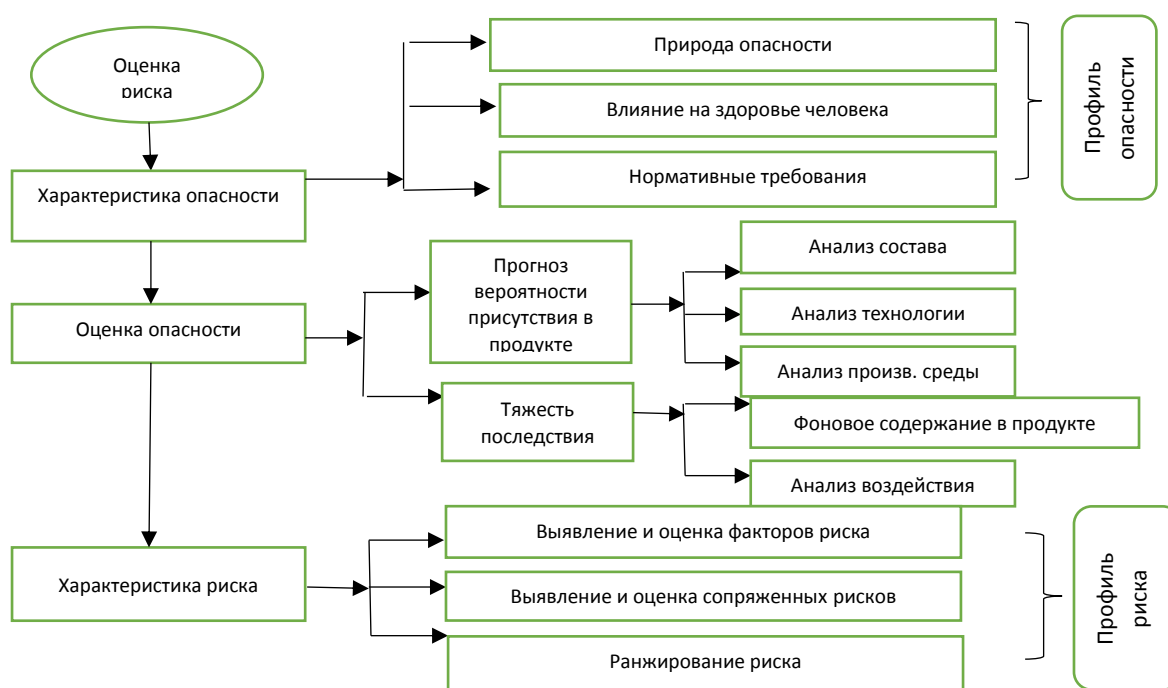


Рисунок 3. Структурная модель этапа «Оценка риска»

На этапе «характеристика опасности», анализируется вся имеющаяся информация о рассматриваемой опасности с учетом ее природы, распространенности, устойчивости в окружающей среде, влияние на здоровье человека, законодательное нормирование и пр. Результатом завершения этапа является формирование профиля опасности, информационная структура которого представлена на рисунке 4.

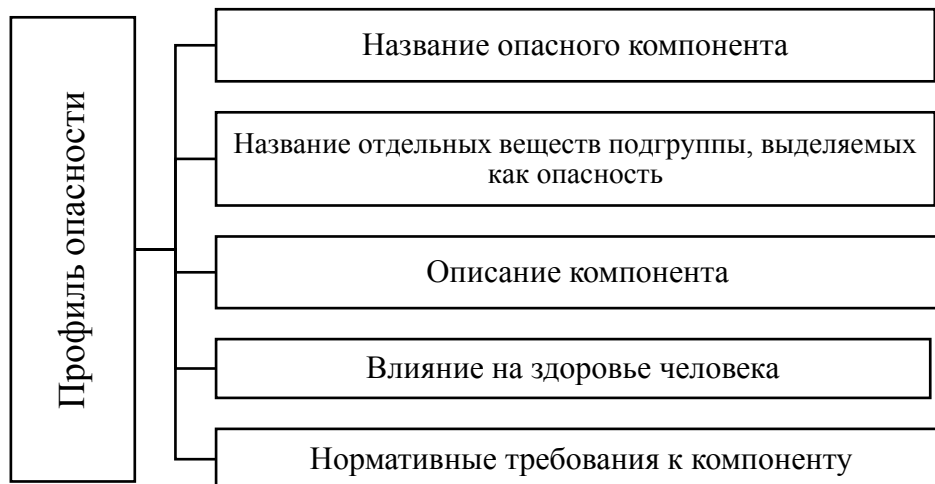


Рисунок 4. Информационная структура профиля опасности

Следующий методологический этап - «оценка опасности» предназначен для прогнозной оценки вероятности присутствия ранее выявленной и описанной опасности в продукте и определения тяжести последствия от ее реализации.

Для оценки вклада технологии в прогноз реализации риска был разработан подход к анализу технологии с помощью методики FMEA. Предложенный методологический подход базируется на оценке приоритетного числа рисков (ПЧР), который рассчитывается по формуле (ГОСТ Р 51901.12):

$$\text{ПЧР} = T \times B \times BB, \quad (1)$$

где, ПЧР – приоритетное число риска,

T – тяжесть последствия,

B – вероятность возникновения,

BB – возможность выявления

Для объективной оценки ПЧР, была разработана шкала оценки тяжести последствий (T), вероятности возникновения (B), возможности выявления (BB). Объединенные шкалы оценки данных показателей, представлены в таблице 1.

Оценку ПЧР осуществляли экспертным методом. Предложенная методика применяется для оценки критичности и степени воздействия технологического этапа при реализации риска.

Таблица 1 – Объединённая шкала оценки приоритетного числа риска (ПЧР)

Ранг	Значение ранга	Описание для определения тяжести последствий (Т)	Описание для определения вероятности возникновения (В)	Описание для определения возможности выявления (ВВ)
1	Соответствует полностью	Опасный компонент в готовом продукте отсутствует	Очень низкий (В - мене 0,01)	Этап предназначен для выявления опасности, имеются необходимые методики
2	Соответствует частично			
3	Соответствует полностью	Опасный компонент в готовом продукте присутствует, но не превышает установленных нормативных значений (в случае отсутствия нормативов – не оказывает в предполагаемых концентрациях вреда здоровью)	Низкий (В = 0,01-0,02)	На этапе возможность выявления опасности имеется, методики существуют.
4	Соответствует частично			
5	Соответствует полностью	Опасный компонент в продукте находится на пределе установленных нормативных значений	Средний (В = 0,02-0,05)	Методики выявления есть, но контроль на данном этапе не проводится.
6	Соответствует частично			
7	Соответствует частично	Опасный компонент находится в продукте, и незначительно превышает нормативные значения, не приводящие к серьезным последствиям для здоровья	Высокий (В = 0,05-0,10)	Методики выявления есть, но контроль на данном этапе невозможен или законодательно показатель не контролируется.
8	Соответствует полностью			
9	Соответствует частично	Опасный компонент находится в продукте, превышает нормативные значения, приводит к серьезным последствиям для здоровья.	Очень высокий (В = 0,10-0,50) или недостаточно научной информации	Методики выявления отсутствуют
10	Соответствует полностью			

Этап «характеристика риска», определяет показатель «ранг риска», который рассчитывался по формуле, предложенной автором диссертационного исследования (2):

$$P = V_r + T_p (\pm F_r), \quad (2)$$

где, P – ранг риска  
 $V_r$  – вероятность реализации,  
 $T_p$  – тяжесть последствия,  
 $F_r$  – фактор риска

Для оценки вероятности реализации и тяжести последствия были разработаны оценочные шкалы, взаимосвязанные со шкалами оценки при определении ПЧР технологических операций (таблица 2).

Таблица 2 – Объединенная оценочная шкала определения вероятности реализации риска и тяжести последствия

Вр,Тп	Значение Вр, Тп	Описание для Вр	Описание для Тп
1	Очень низкий	Менее 1% выявления в объеме исследуемой продукции	Негативный эффект на здоровье человека отсутствует
2	Низкий	1 – 2 % выявления в объеме исследуемой продукции	Существует доказанный кратковременный негативный эффект на здоровье человека не приводящий к заболеванию
3	Средний	2 – 5 % выявления в объеме исследуемой продукции	Существует доказанный негативный эффект на здоровье человека приводящий к заболеванию, поддающегося лечению и не приводящего к значительному снижению качества жизни человека
4	Высокий	5 – 10% выявления в объеме исследуемой продукции	Существует доказанный негативный эффект на здоровье человека приводящий к значительному снижению качества жизни человека
5	Очень высокий	10 – 50 % и более выявления в объеме исследуемой продукции	Существует доказанный острый/хронический негативный эффект на здоровье человека приводящий к смерти или инвалидности

Учитывая многофакторность реализации рисков, в особенности влияние технологического процесса, для более объективной оценки был введен показатель – фактор риска. Шкала оценки факторов риска разрабатывается для конкретного вида рисков (химического, биологического и физического) отдельно.

Для ранжирования рисков, была разработана матрица оценки рисков, представленная на рисунке 5.

6	7	8	9	10
5	6	7	8	9
4	5	6	7	8
3	4	5	6	7
2	3	4	5	6

	- Низкий риск		- Средний риск		- Высокий риск
--	---------------	--	----------------	--	----------------

$P = 2-10$  – ранг риска, рассчитанный по формуле (2)

Рисунок 5 – Матрица оценки риска

Заключительным элементом этапа «оценка риска» является составление профиля риска с использованием всех результатов анализа параметров, полученных на этапе. Информационная структура профиля риска представлена на рисунке 6.

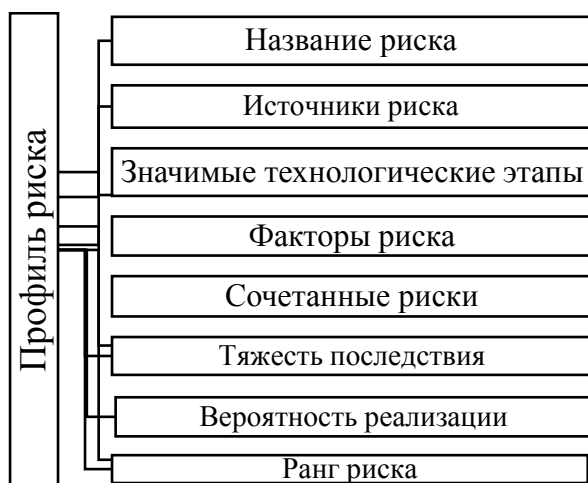


Рисунок 6. Информационная структура профиля риска

Учитывая, что вовлечение рисков в пищевую цепь происходит на большинстве этапов - от выращивания кормов до хранения готовой продукции, - эффективное управление ими возможно, как минимум при двухуровневой структуре управления – государственной и производственной. Структурная модель этапа представлена на рисунке 7.



Рисунок 7. Структурная модель этапа «Управление риском»



Необходимо отметить, что этап управления риском представляет собой циклический процесс, поскольку при многофакторности и вариабельности рисков ситуация может изменяться под воздействием природных, антропогенных, производственных факторов.

Предложена классификация управляющих воздействий, применяемых при производстве мясной продукции (таблица 3):

Таблица 3 – Виды управляющих воздействий

Управляющее воздействие	Ранг риска (см. формулу 2)	Описание воздействия
Принятие риска	Низкий (1-4)	Значимость риска недостаточная, либо он находится под надлежащим управлением
Исследование риска	Средний и высокий (5-10)	Данные о риске и/или управляющих воздействий недостаточны, требуется проведение дополнительных исследований
Исключение риска	Для рисков любого ранга	Исключение источника возникновения риска (исключение составного компонента продукта, исключение технологического воздействия)
Разделение риска с другими участниками	Низкий-средний (1-7)	Невозможность на данном этапе пищевой цепи снизить риск до приемлемого уровня, но возможно на последующих этапах производства готового продукта.
Снижение риска	Средний-высокий (5-10)	Разработка мероприятий по снижению риска на данном этапе производства.
Устранение риска	Средний-высокий (5-10)	Разработка мероприятий по устранению существующего риска на данном этапе производства либо утилизация продукции.

Таким образом, на этапе «Управление риском» сформулирована модель, применимая в мясной промышленности на протяжении цепи «от поля до прилавка». Разработаны основные виды управляющих воздействий и предложена формула расчета эффективности применения управляющих воздействий.

Оценка эффективности предпринимаемых управляющих воздействий выражается в снижении ранга риска и рассчитывается по формуле, предложенной автором диссертационного исследования (3):

$$\mathcal{E} = R_T - R_C, \quad (3)$$

где  $\mathcal{E}$  – эффективность управляющих воздействий

$R_T$  – значение ранга риска после принятия управляющих воздействий

$R_C$  – значение ранга риска до принятия управляющих воздействий

При положительных значениях  $\mathcal{E}$ , управляющие воздействия эффективные, при этом, чем больше значение  $\mathcal{E}$ , тем эффективнее воздействие и напротив, отрицательное значение  $\mathcal{E}$  свидетельствует о неэффективности управляющих воздействий.

На этапе «Коммуникация риска» важно определить заинтересованные стороны в получении информации о риске, а также способ доведения информации. Научная коммуникация является одним из определяющих факторов максимально эффективного

проведения анализа риска, поскольку вовлекает разнонаправленные научные коллективы на всестороннюю проработку и получение информации о степени риска. Для мясной продукции научная коммуникация должна осуществляться между технологическими институтами, институтами в области питания населения, ветеринарными институтами, с дальнейшим трансфером полученных результатов исследований в государственные органы власти и предприятиям промышленности. Следующим важным этапом коммуникации риска является система прослеживаемости. Получение объективной информации о любом участке пищевой цепи позволяет эффективно отслеживать статус безопасности продукта, своевременно выявлять причины возникновения тех или иных превышений и вовремя предпринимать управляющие воздействия. Разработка системы экстренного оповещения способствует скоординированной работе всех федеральных служб на случай возникновения угрозы населению, вследствие потребления пищевых продуктов. Данная система строится в т.ч. на базе системы прослеживаемости, а также разработки и внедрения автоматизированных экспертных систем, позволяющих в условиях информационной неопределенности и многофакторности выбрать наиболее оптимальное решение по возникшей проблеме.

Разработанная методология анализа риска позволяет всесторонне рассмотреть риски, характерные для мясной продукции и установить эффективные механизмы управления ими как на производственном, так и на государственном уровне.

#### **Глава 4. Практическая реализация методологии анализа и прогнозирования рисков в мясной промышленности**

Учитывая то, что управление химическим риском в цепи производства мясной продукции достаточно затруднительно, поскольку отсутствуют технологические этапы, позволяющие снижать данный вид опасности, а в ряде случаев она возникает или возрастает, предлагаемая методология была рассмотрена именно для химического риска.

Для проведения первого этапа - идентификации химической опасности в мясной продукции, был разработан алгоритм (рисунок 8).

С использованием разработанного алгоритма были выявлены основные химические компоненты, отнесенные к химическим опасностям в мясной продукции:

Органические соединения: алкил фталаты, фенольные соединения, диоксины, фураны и полихлорированные бифенилы, перфторированные соединения, минеральные масла, меламин и аналоги, пестициды;

Ветеринарные препараты: антимикробные средства, антипротозойные средства, инсектициды, стимуляторы роста;

Химические элементы и их соединения: алюминий, мышьяк, кадмий, хром, свинец, ртуть, азот, олово, фосфор, калий, натрий, стронций, цезий, сера, цинк и производные данных элементов.

Компоненты, образующиеся в результате технологического процесса: 3-хлоро-1,2-пропандиол, полициклические ароматические углеводороды, биогенные амины, нитрозамины, микотоксины.



Рисунок 8. Алгоритм идентификации химической опасности в мясной продукции

Далее был проведен анализ результатов исследований мяса и мясной продукции, полученных в Научно-исследовательском испытательном центре ВНИИМП за период 2013-2015 гг.

Анализ данных показал, что уровень выявления нормируемых химических показателей в мясе и мясной продукции имеет тенденцию роста. Так в 2013 году уровень выявления составил – 1,3%, в 2014 – 14,9%, в 2015 – 18,5% от общего количества исследованной продукции. В основном это происходит за счет увеличения количества положительных проб по ветеринарным препаратам (антибиотики, стимуляторы роста и пр). В том числе, тенденция увеличения уровня выявления ксенобиотиков связана и с развитием приборной и методической исследовательской базой.

Распределение основных выявленных химических компонентов от общего объема положительных проб составил: микотоксины – 3%, токсичные элементы – 8%, пестициды и ПХБ – 14%, ветеринарные препараты – 32% (из них 40 % в иностранной продукции).

Анализ позволил выделить основные фокусные регионы и основные виды ксенобиотиков, соотнесенные с конкретным видом продукции (таблица 4).

Таблица - 4 Распределение ксенобиотиков по странам, в зависимости от вида продукции

Наименование химического вещества	Фокусная продукция	Фокусный регион
Стойкие органические загрязнители (диоксины, ПХБ)	Животные жиры, кормовые добавки, печень овец и оленей	Россия (регионы производства пестицидов)
Остатки ветеринарных веществ	Продукция свиноводства, птицеводства	Страны ЕвразЭС, Китай, Страны Юго-Восточной Азии
Стимуляторы роста	Продукция свиноводства, крупный рогатый скот	США, Бразилия, Мексика, Канада, Китай
Органические соединения мышьяка	Продукция птицеводства	Бразилия, США, Канада, Юго-Восточная Азия

Поведенные исследования на данном этапе позволили выявить основные химические опасные факторы, характерные для мясной продукции, подтвердить полученные данные результатами лабораторных мониторинговых исследований, определить фокусные загрязнители, в том числе в зависимости от страны-происхождения продукта.

Из таблицы 4 видно, что среди химических компонентов первое место, по частоте выявления, занимают ветеринарные препараты, далее идут пестициды, ПХБ, токсичные элементы. Остальные элементы имеют низкую частоту выявления, что связано, в том числе, с отсутствием установленных законодательством нормативов и/или отсутствием методик выявления их в мясной продукции.

*Оценка риска.* На втором этапе была проведена оценка ранее идентифицированных химических опасных факторов.

На этапе «характеристика опасности», для всех ранее выявленных химических компонентов был составлен профиль опасности, содержащий описание химической природы компонента, научно подтвержденное влияние на здоровье человека, а также существующие нормативы, установленные в законодательстве (в случае наличия).

Анализ полученных данных показал, что из 31 группы рассматриваемых химических компонентов, в Российской Федерации, в мясной продукции нормируется 19 компонентов, причем из всей группы ПАУ нормируется только бенз[а]пирен, для биогенных аминов - только нитрозамины. При этом 4 компонента нормируется в немясных составляющих мясной продукции или упаковке: алкил фталат в упаковке, бензойная кислота (источник бензола) в яйцепродуктах и желе для заливного, меламин в продуктах переработки молока, алюминий в яичном белке. 8 из рассматриваемых компонентов не нормируются, однако, в научной литературе имеются данные о выявлении этих компонентов в мясной продукции и возможном отрицательном воздействии на здоровье человека. Пример объединенных профилей опасностей, приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Объединенные профили химических опасностей

<b>Название компонента</b>	Свинец и его производные	Полициклические ароматические углеводороды	Минеральные масла	3-MCPD-эфир
<b>Название отдельных веществ подгруппы, выделяемых как химическая опасность</b>	Свинец	Бензапирен, бенз(a,h)антрацен, бензпирен, овален, нафталин, аценафтилен, флуорен, аценафтен, фенантрен антрацен, флуорантен, пирен, хризен, бен(b)зфлуорантен, бен(k)зфлуорантен, бенз(g, h,i)перилен, индено(1,2,3 c, d)пирен, Бенз(b)хризен	Парафины, нафтенy, ароматические углеводороды	3-хлоро-1,2-пропандиол
<b>Описание</b>	Широко распространен в окружающей среде. В пищевую цепь попадает через воду, почву, воздух, в процессе производства, упаковки продукции	Группа органических полициклических соединений, молекулы которых построены из конденсированных бензольных ядер (двух и более), а также включающие пятичленные циклы. Образуется в процессе копчения продуктов	Углеводороды, содержащие от 10 до 50 атомов углерода. Могут также включать незначительное количество азота и серосодержащих соединений. В качестве пищевых смазок используются масла, содержащие минимальное количество ароматических углеводородов. Технические масла содержат 15-35% ароматических углеводородов.	3-MCPD образуется при тепловом воздействии (для мясной продукции в основном при копчении) в качестве продукта реакции триацилглицеролов, фосфолипидов или глицерина и соляными кислотами с жировыми компонентами продукта.
<b>Влияние на здоровье человека</b>	Влияние на кроветворную, нервную, почечную и желудочною функции	Канцерогенный эффект, мутагенные и тератогенные свойства	Выявлены мутагенный, канцерогенный, гепатоксический эффект	Генотоксический, нефротоксический, канцерогенный эффект
<b>Нормативные требования</b>	Мясо, мясные и мясосодержащие продукты, мясо птицы продукты из него, консервы мясные, мясорастительные, птичьи; яичный белок (альбумин) сухой - 0,5 мг/кг (ТР ТС 021/2011) Субпродукты убойных животных, шкура свинья, кровь пищевая и продукты из них, консервы из субпродуктов, в том числе паштетные – 0,6 мг/кг (ТР ТС 021/2011) Почки; продукты мясные с использованием почек; консервы: мясные, из мяса птицы, субпродуктов (в том числе паштетные), мясорастительные (в сборной жестяной таре) – 1,0 мг/кг (ТР ТС 021/2011) Пергамент, подпергамент - 0,030 мг/мл (ТР ТС 005/2011) В пищевых добавках в соответствии с ТР ТС 029/2012	РФ не более 0,001 мг/кг бенз(a)пирена (ТР ТС 034/2013) ЕС – 5,0 мкг/кг бенз(a)пирена; бенз(a)пирен, бенз(a)антрацен, бенз(b)флуорантен и хризен, суммарное содержание которых не должно превышать 12 мкг/кг	В РФ не установлены Уровень потребления в ЕС 0.03 - 0.3 мг/кг веса в день. Для детей норма жестче (в стадии подтверждения).	Не нормируется

В таблице представлены профили для 4 химических компонентов. Из них, свинец входит в законодательное нормирование в Российской Федерации на протяжении достаточно долгого времени, и по нему имеется наработанная база мониторинга. Один компонент, нормируемый в России частично – ПАУ и 2 компонента ненормируемых в России – минеральные масла и 3-хлоро-1,2-пропандиол.

На следующем этапе была проведена оценка выявленных и описанных опасностей по двум критериям – вероятность нахождения химического компонента в готовой мясной продукции и тяжести последствия от его попадания в продукт. Вероятность нахождения химического компонента в продукте напрямую зависит от состава продукта, технологии его производства и состояния производственной среды (или производственной культуры).

Для определения источников попадания в готовый продукт химических опасных компонентов, была построена причинно-следственная модель (рисунок 9). В основу модели легла концепция прослеживаемости вовлечения в пищевую цепочку ксенобиотиков, а также их образование на различных этапах обращения продукции «от поля до прилавка».

Анализ модели показывает, что для мясной продукции, вовлечение в пищевую цепочку и накопление химических опасных компонентов начинается на этапе выращивания кормов. Химические компоненты имеют как природный, антропогенный, так и технологический характер, т.е. преднамеренно вносятся в целях защиты растений или повышения урожайности. На следующем этапе компоненты попадают в организм животного, где либо метаболизируются и выводятся либо, накапливаются в определенных органах или тканях. На данном этапе добавляются ветеринарные химические компоненты, которые при правильном применении и соблюдении технологии выдержки перед отправкой на убой выводятся из организма животного. Наиболее значимый этап, с точки зрения анализа рисков – производство продукции. Из рисунка 9 видно, что на данном этапе в продукт предсказуемо может попасть 17 химических компонентов, в то время как на предыдущих двух этапах, их совокупное количество 10. Данный факт связан с тем, что при производстве мясной продукции используются различные немясные компоненты (молоко, яйца, растительные продукты, пищевые добавки и пр) и различные типы упаковок (полимерная, белковая, целлюлозная, бумажная, металлическая и пр), которые содержат возможные химические опасности.

В тоже время, технологические процессы и особенности сырья в ряде случаев, способствуют образованию новых опасных компонентов (ПАУ и 3-хлоро-1,2-пропандиол при копчении, фураны при стерилизации, биогенные амины).

Необходимо отметить вклад производственной среды в попадание химических опасных компонентов в мясную продукцию. В первую очередь, это относится к использованию поверхностей, контактирующей с продуктом, моющим и дезинфицирующим средствам и смазочным материалам.

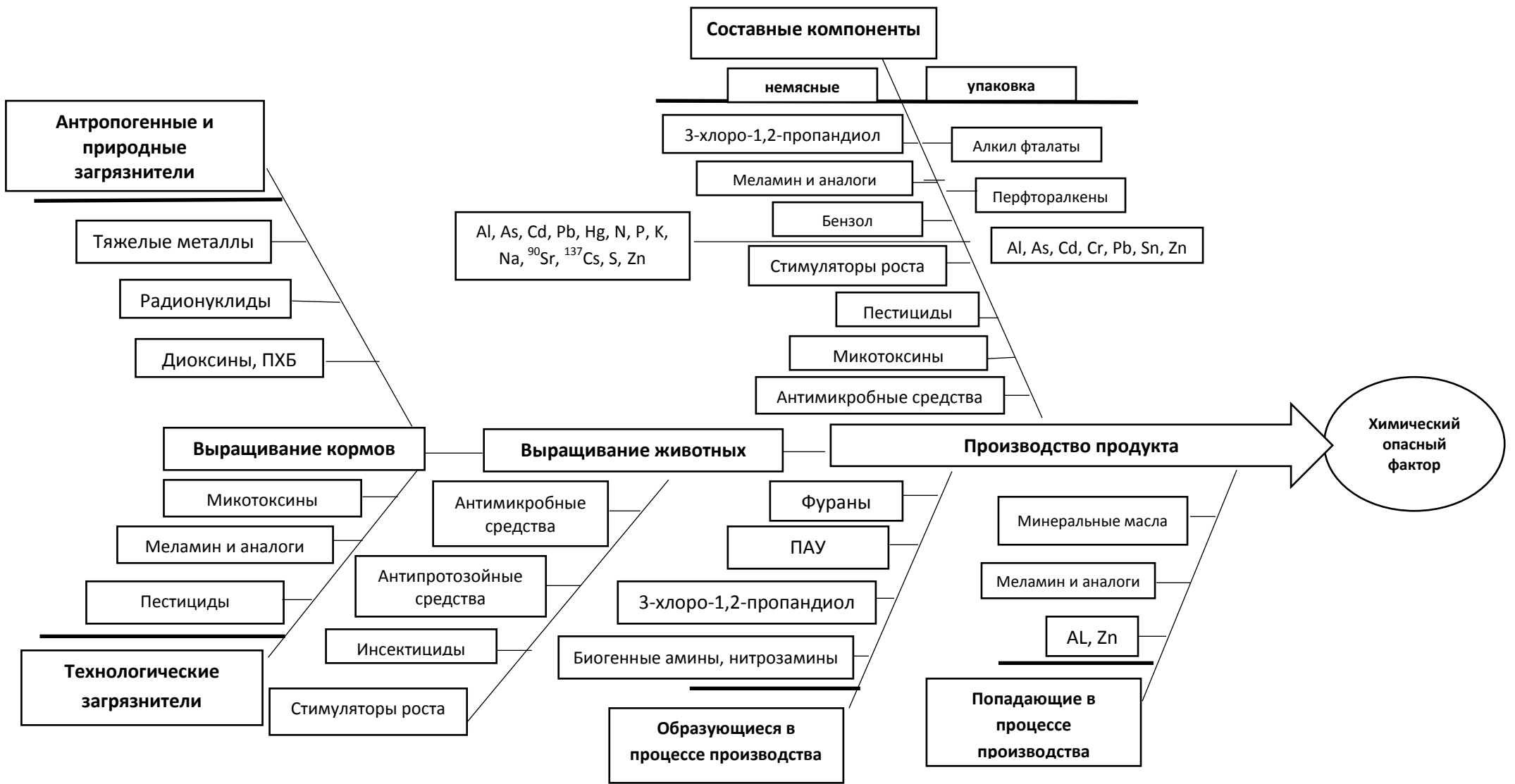


Рисунок 9. Причинно-следственная модель поступления химических опасных факторов в мясную продукцию

Первый этап оценки риска - анализ состава продукта, применяется для конкретного вида продукта. Основная цель - выявить химические опасные компоненты, не только присущие данному продукту, но и попадание которых в нее разумно ожидается. Для формализации рассматриваемого процесса разработан алгоритм выявления разумно ожидаемых опасных химических компонентов в мясной продукции, представленный на рисунке 10.

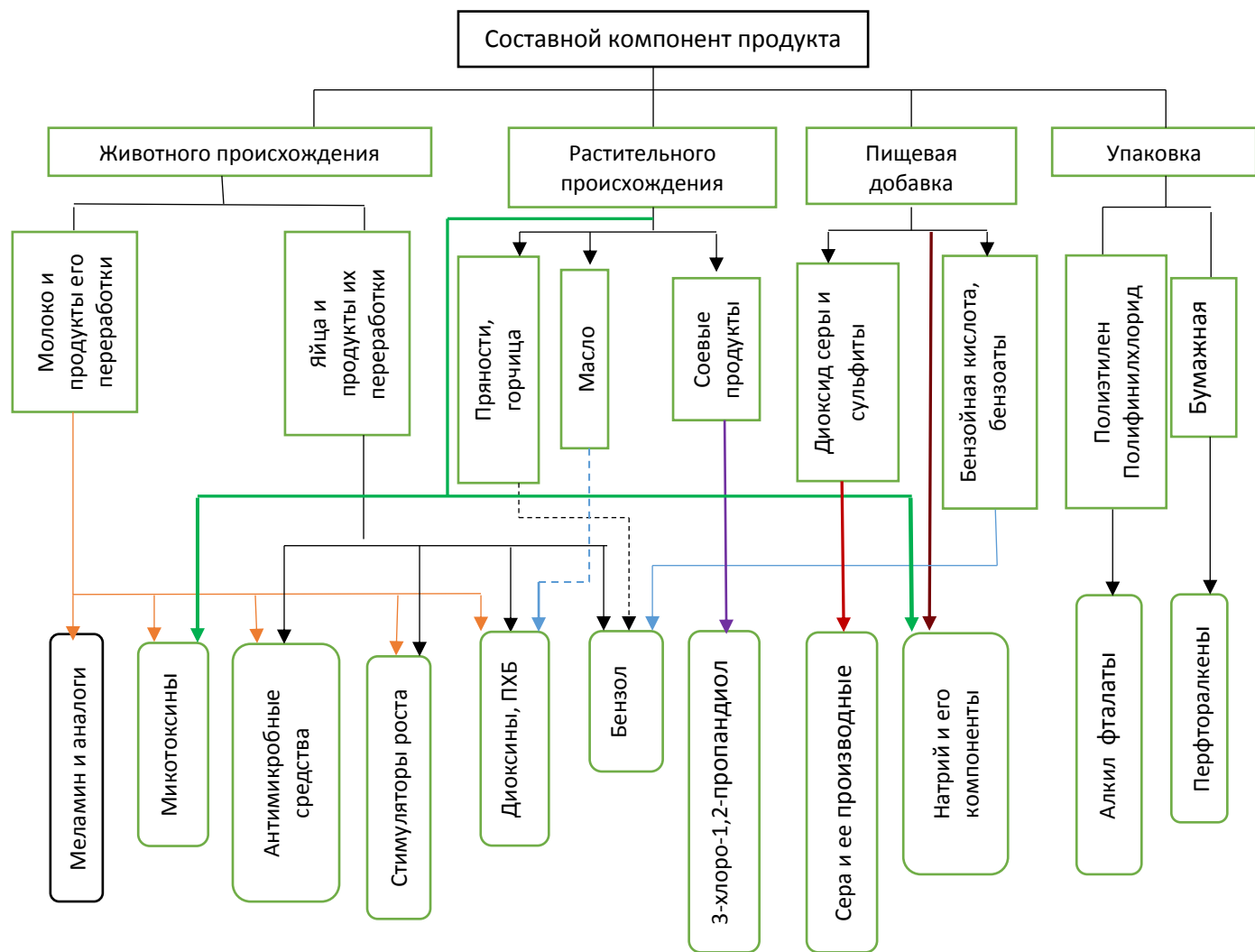


Рисунок 10. Алгоритм «Выявление разумно ожидаемых опасных химических компонентов в мясной продукции»

В алгоритме не рассматриваются химические компоненты, нормируемые в мясной продукции, поскольку наличие их очевидно и конкретная опасность контролируется в рамках предприятия и государства. Таким образом, компоненты, выявленные с помощью алгоритма и компоненты, нормируемые для конкретного продукта, дают полную картину о всех возможных химических опасных веществах, содержащихся в продукте. Разработанный инструмент позволяет проводить выявление опасных факторов при внедрении и актуализации систем управления безопасностью пищевых продуктов, разработке нового продукта, разработке программ производственного контроля и др.



Также алгоритм может применяться государственными органами контроля в рамках разработки и проведения мониторинговых исследований содержания различных ксенобиотиков в пищевых продуктах. На втором этапе, были рассмотрены традиционно применяемые технологии в мясной промышленности, с точки зрения их влияния на образование опасных химических компонентов.

Технологии были объединены по ключевым технологическим операциям:

1. Технология без тепловой обработки и копчения – Т1.
2. Технология с тепловой обработкой и копчением – Т2.
3. Технология без тепловой обработки с копчением – Т3.
4. Технология с тепловой обработкой без копчения – Т4.

Для каждой технологии была разработана и построена модель FMEA.

На первом этапе для каждой технологии, с использованием метода описания бизнес-процессов IDFO, была составлена блок - схема осуществления технологических операций. В качестве информации, сопровождающей технологические этапы, было влияние этапа на опасные факторы. Влияние технологической операции рассматривалось относительно химического и биологического опасных факторов.

Для визуализации влияния технологических операций на опасные факторы была разработана форма графического представления изменения каждого вида опасного фактора, на каждом этапе производственного процесса

Анализ блок-схем и диаграмм визуализации динамики изменения опасных факторов, например, для технологии с тепловой обработкой и копчением - Т2 показывает, что химический опасный фактор имеет тенденцию к накоплению на всех этапах технологического процесса, за исключением этапов охлаждения и упаковки.

В рассматриваемой технологии этапы, снижающие или стабилизирующие химическую опасность, отсутствуют. Таким образом, особенность управляющих воздействий для технологии Т2 будет предупреждение попадания химического опасного фактора в производственный цикл, либо обладание и прослеживание информации о количественном наличии химической опасности в продукте с целью контроля ее нахождения в законодательно заданных пределах.

Динамика изменения биологического опасного фактора показывает наличие двух этапов технологического процесса, способствующих его снижению, а именно: внесение рецептурных компонентов и высокотемпературная обработка.

На этапе внесения рецептурных компонентов, биологический опасный фактор снижается, за счет того, что вносимые рецептурные компоненты, такие как соль, нитритная соль, специи, консерванты, оказывают ингибирующее и, в ряде случаев, бактерицидное действие. Таким образом, можно констатировать, на этапе внесения

рецептурных компонентов наблюдается сочетанность биологического и химического опасного фактора.

На этапе тепловой обработки (включая процедуру копчения) происходит значительное снижение микроорганизмов в продукте, поскольку основное предназначение рассматриваемого этапа - обеспечение микробиологической безопасности продукта в течении всего срока его хранения. Однако процесс тепловой обработки, особенно этап копчения, является одним из ключевых, при реализации химических рисков, поскольку именно на этом этапе могут образовываться химические опасные компоненты, ассоциированные с процессом горения древесных опилок и, следовательно, с этапом копчения либо подкапчивания. В тоже время, продукты горения опилок, при попадании на поверхность изделия, обладают бактерицидным и бактериостатическим действием на микроорганизмы, находящиеся на поверхности батона /продукта. Что в свою очередь является одним из факторов, способствующих обеспечению микробиологической безопасности готового продукта.

Таким образом, для технологии Т2 выделено 2 ключевых технологических этапа, направленных на реализацию химического и микробиологического риска, и, следовательно, являющихся определяющими при разработке мероприятий по их управлению – фаршесоставление и тепловая обработка (с копчением/подкапчиванием).

Оба выявленных значимых технологических этапа показывают наличие сочетанности в рассматриваемых рисках. Так, снижение или полное исключение химического опасного фактора может привести к значительному росту вероятности реализации биологического риска.

В связи с этим, управляющие воздействия, разрабатываемые для отдельного опасного фактора должны рассматриваться в совокупности с сочетанными с ним опасностями.

На следующем этапе была проведена количественная оценка вклада каждого рассмотренного технологического этапа в динамику накопления химического опасного фактора. С этой целью, для рассматриваемой технологии (Т2) была построена модель FMEA (таблица 6).

Таблица 6 - Модель FMEA для технологии с тепловой обработкой и копчением (Т2)

Описание этапа	Вид контаминанта	Причина появления	Контролирующее мероприятие	Т	В	ВВ	ПЧР
Приемка сырья и материалов	Тяжелые металлы, ветеринарные препараты, пестициды, микотоксины, меламин, диоксины, ПХБ	Несоблюдение технологии выращивания животных, растительных компонентов	Входной контроль, проверка сопроводительных документов, лабораторные исследования	10	8	1	80
Размораживание (в случае замороженного сырья)	Остатки моющих и дезинфицирующих средств	Несоблюдение технологии мойки и дезинфекции	Контроль мойки и дезинфекции, использование тест-полосок. Обучение персонала.	3	5	3	45
Подготовка немясного сырья	Остатки моющих и дезинфицирующих средств	Несоблюдение технологии мойки и дезинфекции	Контроль мойки и дезинфекции, использование тест-полосок. Обучение персонала.	3	5	3	45
Обвалка/жиловка	Остатки моющих и дезинфицирующих средств	Несоблюдение технологии мойки и дезинфекции	Контроль мойки и дезинфекции, использование тест-полосок. Обучение персонала	3	5	3	45
Фаршесоставление	Бензол, фосфор, натрий	Несоблюдение рецептуры	Обучение персонала, лабораторные исследования.	8	9	4	288
	Остатки моющих средств	Несоблюдение технологии мойки и дезинфекции	Контроль мойки и дезинфекции, использование тест-полосок. Обучение персонала.	3	5	3	45
	Попадание смазочных материалов (в т.ч. минеральных масел, алюминия, цинка)	Использование материалов без пищевого допуска, нарушение правил обслуживания оборудования	Обучение персонала.	8	6	8	384
Формовка	Остатки моющих средств	Несоблюдение технологии мойки и дезинфекции	Контроль мойки и дезинфекции, использование тест-полосок. Обучение персонала.	3	5	3	45
	Попадание смазочных материалов (в т.ч. минеральных масел, алюминия, цинка)	Использование материалов без пищевого допуска, нарушение правил обслуживания оборудования	Разработка инструкций и контроль за их исполнением.	8	6	8	384
Тепловая обработка, в. т.ч. копчение	ПАУ	Опилки не соответствующие требованиям к этапу, повышенная температура дыма, вид оболочки изделия, содержание жира в продукте	Соблюдение технологии копчения.	10	7	8	560
	3-хлоро-1,2-пропандиол	Содержание в дыме	-	8	9	9	648
Охлаждение	Риски отсутствуют	-	-	-	-	-	
Упаковка	При правильной процедуре входного контроля, риски отсутствуют.	-	-	-	-	-	

Обобщённые данные по расчёту приоритетного числа риска по всем рассматриваемым технологиям представлены в виде диаграммы на рисунке 12.

Полученные данные по анализу технологии Т1 показывают, что наиболее значимый этап, по критерию внесения химических рисков, - составление рецептуры.

Анализ полученных данных для технологии Т2 показывает, что наиболее важным этапом, с точки зрения оценки риска, является тепловая обработка, включающая процесс копчения (для изделий колбасных вареных – подкапчивание).

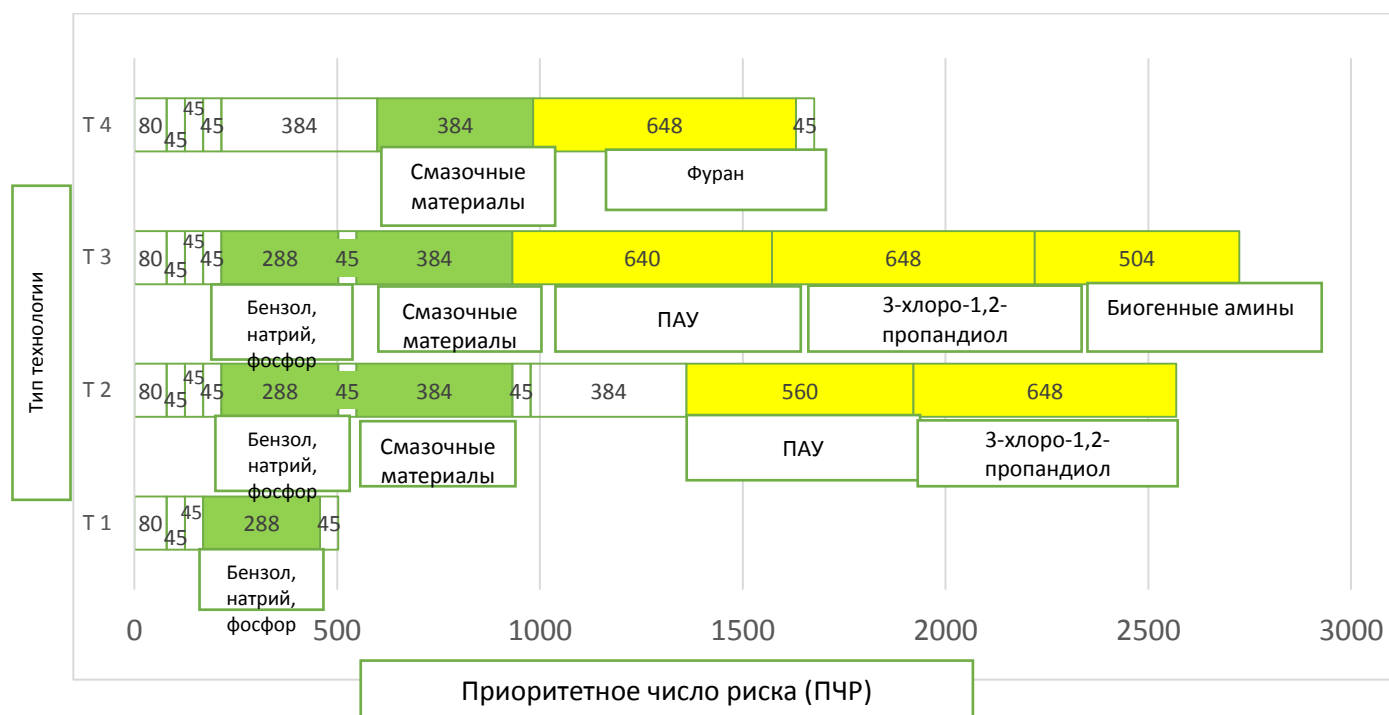


Рисунок 12. Рассчитанные величины ПЧР для этапов и технологий

Предельное число риска образования 3-хлоро-1,2-пропандиола оценен выше ПЧР образования ПАУ в связи с недостаточной научной информацией о механизме образования вещества в мясной продукции (основная теория – содержание в компонентах копильного дыма, наличие в продукте высокой составляющей жировых компонентов), отсутствием норм содержания вещества в мясной продукции и методов его обнаружения.

Высокое ПЧР относительно риска образования ПАУ связано не только с доказанным канцерогенным эффектом, но и с недостаточным законодательным нормированием ПАУ в мясной продукции. Так по результатам исследований, проведённых в ФГБНУ «ВНИИМП им. В. М. Горбатова», показано, что в процессе копчения, помимо бенз[а]пирена образуется еще 15 ПАУ (циклопента[с, d]пирен, бенз[а]антрацен, хризен, 5-метилхризен, бенз[j]флуорантен, бенз[b]флуорантен, бенз[k]флуорантен, дибензо[а, l]пирен, дибенз[а, h]антрацен, бенз[g, h, i]перилен, инден[1,2,3-с, d]пирен, дибенз[а, e]пирен, дибенз[а, i]пирен, дибенз[а, h]пирен. Суммарная канцерогенность ПАУ в копченом мясном продукте составляет порядка  $3,99 \pm 0,80$

усл.ед., из этого значения канцерогенность бенз(а)пирена -  $0,60 \pm 0,12$  усл.ед., в связи с этим, необходимо нормировать совокупный эффект ПАУ.

Высокое значение ПЧР имеется так же у смазочных материалов, попадание которых в продукцию имеет достаточно высокую вероятность. В Российской Федерации, в настоящий момент отсутствует законодательное регулирование таких материалов. Однако законодательства как ЕС, так и США имеют соответствующие нормы.

Анализ результатов, полученных для технологии Т3 показывает, что процесс копчения так же является ведущим по вкладу образования ПАУ и 3-хлоро-1,2-пропандиола в мясной продукции. При этом ПЧР для этого технологического этапа и химических компонентов рассматриваемого вида технологии выше, чем для технологии с тепловой обработкой и копчением (суммарный ПЧР 1288 Т3 против 1208 для Т2). Данный факт связан с тем, что по данным мониторингового исследования, содержание ПАУ в сырокопченых продуктах в среднем на 20% выше, чем в варено-копченых и полукопченых. Поскольку образование 3-хлоро-1,2-пропандиола связывают с коптильным дымом, можно распространить динамику выявления ПАУ и на этот компонент.

Вторым компонентом на рассматриваемом этапе является образование биогенных аминов, в т.ч. нитрозаминов. При этом если нитрозамины нормируются в копченой мясной продукции, то биогенные амины нет.

При анализе технологии Т4, видно, что наиболее значимый этап с точки зрения химического риска – стерилизация. Согласно научным данным, при высокотемпературной обработке мясных консервов в продукте возможно образование фурана. Однако ни механизм образования, ни нормы содержания, ни методики выявления на настоящий момент не определены.

Анализ диаграммы показывает, что наибольшее суммарное приоритетное число риска наблюдается у технологии без тепловой обработки, с копчением (ПЧР=2724). По технологическим этапам, наибольшее ПЧР имеют этапы копчения, стерилизации из-за возможности образования на них опасных химических веществ, механизм появления, которых до конца не выявлен, или они не нормируются на законодательном уровне.

Учитывая достаточно высокое ПЧР для этапов, на которых возможно возникновение химического риска от производственной среды, был проведен соответствующий анализ. К химическим опасным компонентам от производственной среды относят смазочные материалы, дезинфицирующие и моющие средства, материалы, контактирующие с поверхностью пищевого продукта. Учитывая наличие законодательных требований к моющим и дезинфицирующим веществам, производственным поверхностям вышеописанные риски можно рассматривать как

ничтожно малые. При этом риск попадания химических опасных компонентов от смазочных материалов мало изучен.

На первом этапе была проведена оценка случаев возникновения проблем, связанных с применением смазочных материалов. С этой целью, с помощью специально разработанной анкеты, среди предприятий мясо- и птицеперерабатывающей промышленности был проведен опрос (21 предприятие из различных регионов, таких как Москва, Респ. Алтай, Новосибирск, Сургут, Нижневартовск, Курган). Результаты опроса показали, что 22% от числа опрошенных отметили общие гигиенические проблемы использования смазочных материалов. Следы смазки остаются на поверхностях после проведения ремонтных работ у 53% предприятий; невозможность очистки поверхности от остатков смазки - у 52% опрошенных.

На следующем этапе был проанализирован состав типовых коммерческих смазочных материалов, представленных на российском рынке, и используемых предприятиями мясной промышленности. Состав анализируемых смазочных материалов включал в себя базовые масла и присадки, которые состояли в основном из:

1. Базовые масла: полициклические ароматические углеводороды, хлор, магний, натрий, барий, медь, марганец, никель, алюминий, мышьяк, кремний, кадмий, калий, железо, фосфор, цинк, хром, олово, соединения серы и азота.
2. Присадки и загустители: алкилдитиофосфат цинка, соли металлов, графит, дисульфид молибдена, соединения алюминия.

Таким образом, было выявлено, что большинство из рассматриваемых опасных химических компонентов содержатся в смазочных материалах.

Для предотвращения загрязнения пищевых продуктов указанными веществами, FDA (США) была разработана классификация смазочных материалов, признаваемая многими странами мира, в которой выделены классы – Н1, Н2, Н3. При этом, для веществ класса Н1 существует порог контаминации - 0,001 мкг/кг продукта.

В отличие от мировой практики, в законодательстве России не существует четкой градации на смазочные материалы для пищевого производства и «индустриальные».

Поскольку на предприятиях, в подавляющем большинстве используются импортные смазочные материалы, необходимо было провести анализ используемых классов материалов. Результаты анализа показали, что на предприятиях используются 10 % материалов класса Н1, 73% материалов класса Н2 и 13% материалов класса Н3 или аналогов. На семи предприятиях материалы класса Н1 не использовались вообще. В подавляющем большинстве, в узлы, где контакт со смазочным материалом не исключен, добавлялся материал класса Н2. Основные причины возникновения описанных фактов заключались в отсутствии соответствующих знаний у персонала, обслуживающего оборудование, экономия средств на материалы класса Н1, ошибочное применение

материала не того класса (при совместном хранении материалов различного класса, отсутствие маркировки на русском языке, перемещение материала в другую тару). Для оптимизации процесса выбора смазочных материалов, в зависимости от вида оборудования, был разработан алгоритм принятия решений, представленный на рисунке 13.

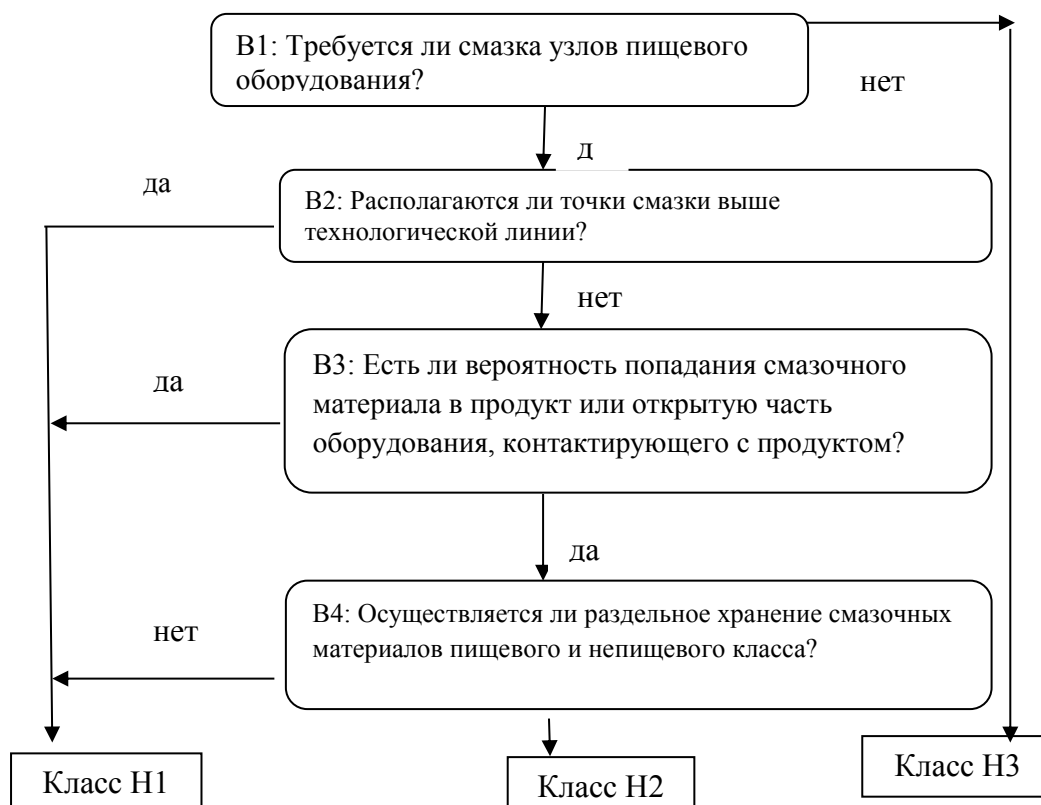


Рисунок 13. Алгоритм выбора смазочного материала

Разработанный алгоритм (рис 13) был апробирован и внедрен на указанных выше предприятиях. В таблице 7 представлен пример результата анализа оборудования с помощью алгоритма на одном из предприятий.

Таблица – 7 Пример подбора смазочного материала

Оборудование	Название узла	Номер вопроса по алгоритму				Рекомендуемый класс безопасности
		В1	В2	В3	В4	
Шпикорезка Felix 100-CE	Масло для гидравлической системы	+	-	-	+	Н2
КОНТИ Т260/Т266. Шприц вакуумный	Масло для редукторов.	+	-	-	+	Н2
	Остальные узлы	+	-	+		Н1
Волчек-наполнитель РОБОТ НР10С/НР15С	Привод питательных шнеков	+	-	-	+	Н 2

На следующем этапе был оценен сопряженный риск, связанный с использованием смазочных материалов. Учитывая способность создания смазочными материалами устойчивых к моющим и дезинфицирующим средствам эмульсий с мясным соком или водой, были проведены исследования на возможность присутствия микроорганизмов в местах соприкосновения (возможного соприкосновения) продукта со смазочным материалом.

С узлов, обработанных в плановом порядке (не ранее 10 дней) смазочным материалом (троллейные пути, подвесные крюки, вальцы конвейерной обвалочной ленты, всего 27 образцов), были проведены смывы для исследования по показателям БГКП и *Listeria monocytogenes*. В 3-х образцах были выявлены *L. monocytogenes* (2 образца на одном предприятии (конвейерная лента и подвесные крюки, 1 образец на другом (конвейерная лента)). При этом, необходимо отметить, что узлы были обработаны смазочными материалами класса Н1, на узлах, обработанных материалами класса Н2 и Н3, все пробы были отрицательные. После проведения повторной мойки и дезинфекции были проведены дополнительные исследования. Пробы, взятые с подвесных крюков, были отрицательные, с вальцов конвейерной ленты – положительные. Отрицательные результаты исследований были получены только после замены смазочного материала и проведения тщательной мойки и дезинфекции вальцов. Следовательно, при обращении со смазочными материалами необходимо помнить не только о технических вопросах обслуживания оборудования, но также проводить мониторинг возможного загрязнения точек смазки микроорганизмами.

Таким образом, результаты проведённого исследования показывают, что помимо контроля химического риска необходимо анализировать и контролировать сочетанные риски, в данном случае, микробиологический. Как следует из результатов исследований, применение смазочных материалов класса Н1, безопасных в отношении химического риска, может привести к возникновению и распространению микробиологического риска. Так же необходимо провести работы по внесению в законодательные акты, требований к смазочным материалам для пищевой промышленности.

Разработанные методы позволяют спрогнозировать вероятность реализации химического риска при производстве мясной продукции, в зависимости от особенностей технологических операций, используемых при его производстве.

На следующем этапе, в соответствии с моделью оценки риска, была проведена оценка тяжести последствия. Для определения тяжести последствия были проведены исследования по определению фонового уровня загрязнения мясной продукции. Для анализа были выбраны химические компоненты, нормы содержания которых уже существуют в законодательстве и мониторинг которых проводится достаточно продолжительное время (мышьяк, кадмий, свинец, ртуть) и компоненты, частично



регламентируемые законодательством – ПАУ. Результаты анализа токсичных элементов представлен в таблице 8.

Анализ полученных данных показывает, что фоновое содержание рассматриваемых химических компонентов на 45-70% ниже нормируемых показателей. Однако, учитывая способность изученных компонентов к аккумуляции в организме человека необходимо максимально снизить их содержание в готовом продукте.

Таблица 8 – Фоновое содержание токсичных элементов в мясной продукции

№ пп	Вид сырья и мясной продукции	Фоновый уровень загрязнения, мг/кг			
		As	Cd	Pb	Hg
1	Свинина	0,126±0,044	0,059±0,018	1,836±0,64	0,045±0,009
2	Говядина	0,021±0,074	0,023±0,007	0,147±0,051	0,008±0,002
3	Изделия колбасные вареные	0,036±0,013	0,025±0,008	0,035±0,012	0,021±0,004
4	Полукопченые колбасы	0,041±0,014	0,038±0,011	0,071±0,025	0,012±0,002
5	Сырокопченые колбасы	0,026±0,091	0,024±0,007	0,061±0,021	0,019±0,004
6	Продукты из мяса варено-копченые	0,065±0,023	0,014±0,004	0,12±0,042	0,014±0,003
7	Продукты из мяса сырокопченые	0,036±0,013	0,019±0,006	0,045±0,016	0,012±0,002
8	Продукты из шпика	0,051±0,018	0,019±0,006	0,077±0,027	0,009±0,002
9	Полуфабрикаты в тесте	0,070±0,025	0,022±0,006	0,091±0,032	0,012±0,002

В ФГБНУ «ВНИИМП им. В. М. Горбатова» также были проведены мониторинговые исследования фонового содержания ПАУ в мясной продукции:

- изделия колбасные вареные – 0,4 мкг/кг;
- полукопченые колбасы – 8,9 мкг/кг;
- сырокопченые колбасы – 10,5 мкг/кг.

Провести объективную оценку влияния фонового содержания ПАУ на организм человека, используя российские нормативы затруднительно. Однако учитывая нормы Европейского союза 12 мкг/кг, можно сделать вывод, что наибольшее фоновое содержание ПАУ в сырокопченых колбасах, которое составляет 87,5% от установленной нормы.

На следующем этапе была оценена экспозиция влияния рассмотренных контаминантов мясных продуктов на человека. Показатель экспозиции (*Exp*) рассчитывался по формуле (Р 2.1.10.1920-04):

$$Exp = \frac{\sum_{i=1}^N (C_i * M_i)}{B_w}, \quad \text{где} \quad (3)$$

где  $Exp$  – показатель экспозиции контаминантом;

$C_i$  – содержание контаминанта в  $i$ -м продукте;

$M_i$  – потребление  $i$ -го продукта, кг/год

$B_w$  – масса тела человека, кг;

$N$  – общее количество продуктов, включенных в исследование.

Расчёт был проведен с использованием ранее определенного фонового содержания конкретного контаминанта в мясной продукции. Также была рассчитана экспозиция контаминанта исходя из законодательно установленной нормы. Расчет велся исходя из стандартной массы тела – 70 кг (рекомендация ВОЗ), а также массе тела 50 кг, учитывая, что мясную продукцию употребляют, в том числе молодые люди и люди с меньшей массой тела. Расчет экспозиции по нормативному значению велся только относительно массы тела 50 кг.

Полученные результаты представлены в виде диаграмм для мышьяка (рисунок 13), кадмия (рисунок 14) ртути (рисунок 15), свинца (рисунок 16).

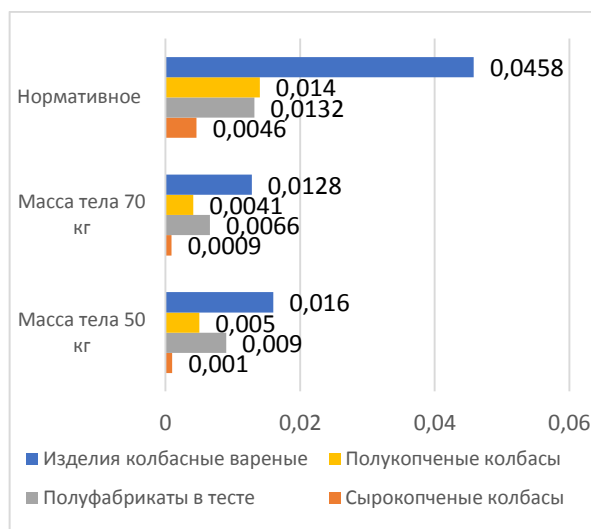


Рисунок 13. Экспозиция мышьяка, мг/кг массы тела/год

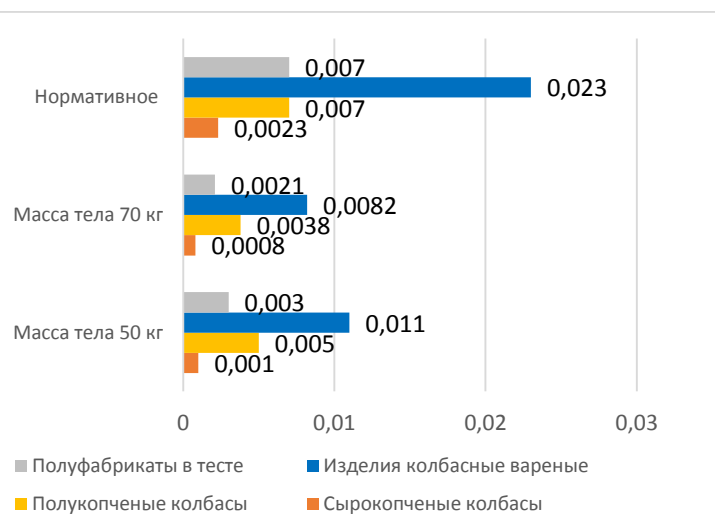


Рисунок 14. Экспозиция кадмия, мг/кг массы тела/год

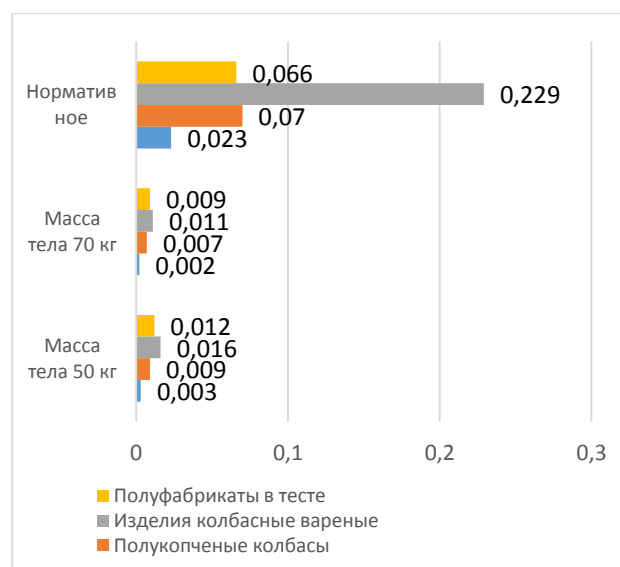
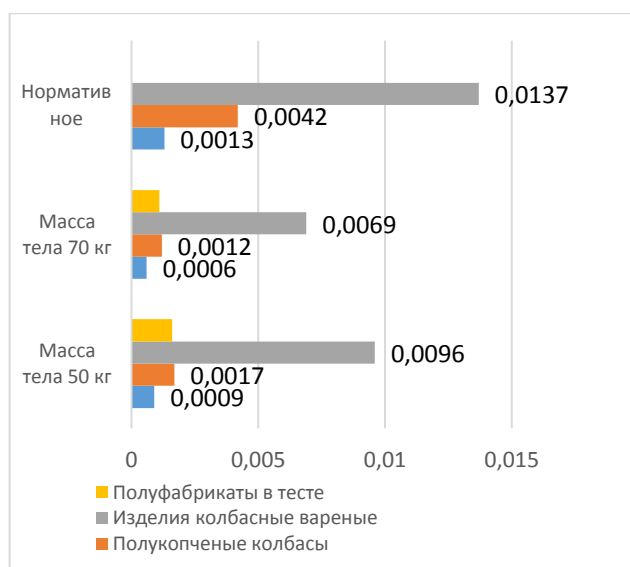


Рисунок 15. Экспозиция ртути, мг/кг массы тела/год

Рисунок 16. Экспозиция свинца, мг/кг массы тела/год

Полученные данные показывают, что фоновая годовая экспозиция кадмия, мышьяка, ртути и свинца находится намного ниже условного уровня экспозиции, рассчитанного по нормативному значению конкретного токсиканта. Однако, как ранее отмечалось, данные элементы обладают кумулятивным эффектом, поэтому должны максимально снижаться в готовой продукции.

Для ПАУ так же была рассчитана экспозиция на организм человека (таблица 9).

Таблица 9 - Экспозиция ПАУ в сравнении с нормой в мясной продукции

Вид продукции	Потребление продукта, кг/год	Экспозиция, мкг/кг массы тела/год		
		(масса тела 70 кг)	(масса тела 50 кг)	Норма ЕС (12 мкг/кг)
Изделия колбасные вареные	22,9	0,013	0,018	5,5
Полукопченые колбасы	7	0,89	1,246	1,7
Сырокопченые колбасы	2,3	0,345	0,483	0,6

Анализируя полученные данные можно констатировать, что процедура нормирования ПАУ по количеству и распространению на виды мясной, с точки зрения безопасности, неполная. Так, изделия колбасные вареные так же вносят свой вклад в общую экспозицию ПАУ, и, в первую очередь, это связано с высоким потреблением этого вида продукта. Учитывая канцерогенные свойства ПАУ, важно выявить и нормировать все источники поступления конкретного химического компонента в организм человека. Введение процесса подкапчивания для вареных колбасных изделий должно послужить основанием для внесения изменений в нормативные акты по показателю нормирования ПАУ.

Характеристика риска. Используя ранее полученную информацию, на заключительном этапе оценки риска было проведено формулирование характеристики риска. Для ранее рассмотренных и оцененных химических рисков была разработана оценочная шкала фактора риска, являющегося поправочным коэффициентом, зависящим от особенностей применяемых технологических приемов при производстве мясной продукции (таблица 10).

Таблица 10 – Оценочная шкала определения фактора риска

Вид продукции	Вид риска	Значение фактора риска (Фр)	Описание значения
Сырокопченые изделия	ПАУ	+1	В натуральной оболочке, без оболочки
	Биогенные амины	- 1	Использование денитрифицирующих микроорганизмов
Варено-копченые, полукопченые изделия	ПАУ	- 1	Использование коптильных препаратов
Для всего ассортимента продукции	Нитрозамины	+ 1	Использование овощных смесей, как источников нитрата
	Натрий	- 1	Использование солезаменителей
	Натрий	+1	Использование пищевых добавок, содержащих натрий
	Цинк, алюминий	+ 1	Использование оборудования с точками смазки выше технологической линии
	Все химические риски	+ 1	Имеется сочетанный химический риск (возможно суммарное воздействие)
	Все химические риски	- 1	Имеется сочетанный микробиологический риск (вещество выступает в роли консерванта)

Используя ранее предложенную формулу расчета ранга риска (2) и матрицу риска, было проведено ранжирование и составление профилей, для всех ранее выявленных опасных факторов. Пример профиля риска для кадмия и ПАУ представлена в таблице 11.

Таблица 11 - Профиль риска для ПАУ и кадмия.

Профиль риска		
Название риска	Кадмий	ПАУ
Источники риска	Сырье, упаковка, смазочные материалы	Коптильный дым, жареные ингредиенты (орехи)
Значимые технологические этапы	Не выявлены	Копчение
Факторы риска	Не выявлены	Температура дыма, вид опилок, вид оболочки, содержание жировых компонентов.
Сочетанные риски	Не выявлены	Химический – 3-хлоро-1,2-пропандиол
Тяжесть последствия	4	5
Вероятность реализации	3	3
Ранг риска	7 - средний	9 - высокий

Таким образом, результаты исследования показали возможность и целесообразность применения предложенной структурной модели оценки риска. Разработанные инструменты оценки позволяют объективно вывить существующие химические риски и провести их оценку.

Управление риском. На следующем этапе анализа риска были определены инструменты управления.

Управляющие воздействия для ПАУ и кадмия представлены в таблице 13:

Таблица 13 – Управляющие воздействия для ПАУ и кадмия

<b>Риск</b>	ПАУ	Кадмий
<b>Ранг риска</b>	Высокий (9)	Средний (7)
<b>Управляющее воздействие</b>	Снижение риска	Разделение риска с другими участниками/устранение
<b>Описание воздействия</b>	Подбор опилок, температуры дыма	Ввиду отсутствия иных возможных механизмов управления, риск делится с другими участниками производственной цепи. При превышении нормативных значений продукция утилизируется.

Поскольку ПАУ образуются в результате технологической обработки продукта, то эффективное управление этим риском возможно осуществлять на предприятии. Оценка эффективности применения разработанных воздействий, с помощью предложенной формулы, показывает положительную динамику воздействий  $\Theta = +2$ , и тем самым риск из высокого переходит в ранг среднего ( $P=7$ ). Данный переход обуславливается снижением вероятности образования компонента в количествах, оказывающих вредное воздействие на здоровье человека.

Для веществ, вовлечение которых в пищевую цепь происходит на допроизводственных этапах, применение управляющих воздействий затруднено. В связи с этим, фокусирование управляющих воздействий должно быть направлено на работу с поставщиками сырья. При этом важно знать регион происхождения сырья, а также фоновое содержание различных опасных компонентов в объектах окружающей среды. Так, происхождения сырья из промышленно развитых регионов и регионов с традиционно развитым сельским хозяйством будет давать управляющий эффект порядка двух единиц ( $\Theta = \pm 2$ ).

Обобщая полученные результаты, можно констатировать, что разработанные инструменты анализа рисков и структурные модели этапов позволяют количественно оценить характеристику риска и степень воздействия на него. Указанные подходы могут быть применимы в рамках государственных программ, разрабатываемых для снижения воздействия ксенобиотиков, поступающих с пищевой продукцией, на здоровье население. Также разработанные подходы могут использоваться при внедрении риск-ориентированного подхода управления безопасностью производства мясной продукцией.

## Глава 5. Практическая апробация разработанной методологии на примере вареных и сырокопченых колбас

В качестве практической реализации предложенной методологии и методов, был проведен анализ риска для изделия колбасного вареного, колбаса «Докторская» (ГОСТ Р 52196), в натуральной оболочке, упакованной в вакуумные пакеты (таблица 13), как типовой представитель группы мясной продукции, потребление и производство которого занимает наибольший объем, и колбасы полусухой сырокопченой «Брауншвейгская» (ГОСТ Р 55456), результаты представлены в таблице 14, как типового представителя продукции, произведенной по технологии, для которой осуществленный ранее анализ химического риска показал наибольшее количество технологических этапов и наивысшую числовую оценку ПЧР в реализации химического риска.

Таблица 13. Результаты анализа химических рисков для колбасы «Докторская»

№ пп	Этап анализа риска	Используемая информация	Результат
1	Идентификация риска	ТР ТС 021/2011 ТР ТС 034/2013	Нормируемые риски: свинец - 0,5 мг/кг, мышьяк – 0,1 мг/кг, кадмий – 0,05, мг/кг, ртуть – 0,03 мг/кг, ГХЦГ – 0,1 мг/кг, ДДТ и его метаболиты – 0,1 мг/кг <u>Точка входа в технологическую цепь:</u> выращивание кормовых культур, производственный процесс
2	Оценка риска		
2.1	Анализ состава	Состав: свинина, говядина, вода питьевая, яйца куриные, молоко коровье сухое цельное, соль поваренная пищевая, сахар-песок, перец черный, орех мускатный, нитрит натрия	Разумно ожидаемые риски: Ветеринарные препараты, диоксины, ПХБ, бензол, меламин и аналоги, микотоксины, натрий. <u>Точка входа в технологическую цепь:</u> выращивание кормовых культур, выращивание животных
2.2	Анализ технологии производства	Тип технологии – Т2	Ключевые технологические этапы: Фаршесоставление; Термическая обработка (с подкапчиванием) Сочетанный риск: Биологический Этапы с наивысшем ПЧР: <u>Термообработка:</u> 3-хлоро-1,2-пропандиол – ПЧР = 648; ПАУ – ПЧР = 560; <u>Попадание смазочных материалов</u> – ПЧР = 384
2.3	Фоновое загрязнение	Мониторинговые исследования	Мышьяк – 0,036 мг/кг, кадмий – 0,025 мг/кг, свинец – 0,035 мг/кг, ртуть – 0,021 мг/кг, ПАУ - 0,4 мкг/кг
	Годовая экспозиция на человека	Мониторинговые исследования	Мышьяк – 0,012 мг/кг, кадмий – 0,008 мг/кг, свинец – 0,012 мг/кг, ртуть – 0,007 мг/кг, ПАУ – 0,013 мкг/кг
3	Характеристика риска		
3.1	Фактор риска	Экспертная оценка	Натуральная оболочка - +1 для ПАУ, натрий содержащие добавки - +1 для натрия
	Ранг риска	Экспертная оценка	Средний = 6
4	Управление риском	Экспертная оценка	Для кадмия, ртути, свинца, мышьяка – принятие риска, контроль за выходом за нормируемые пределы, информация о регионе происхождения сырья и ингредиентов, контроль применения смазочных материалов. Для ПАУ – снижение

			риска, подбор и контроль температуры дыма, подбор опилок. Для натрия – снижение риска, контроль составления рецептуры, контроль внесения пищевых добавок
5	Коммуникация риска	Экспертная оценка	Производственный уровень: программа производственного контроля Государственный уровень: программа санитарно-гигиенического мониторинга

Представленный анализ показал, что помимо нормируемых, в колбасе вареной «Докторская» можно прогнозировать такие риски как ветеринарные препараты, диоксины, ПХБ, бензол, меламин и его аналоги, микотоксины, натрий. Наиболее значимые технологические этапы, влияющие на реализацию рисков: фаршесоставление и подкапчивание. Изначальное возможное загрязнение сырья, также увеличивает вероятность реализации химических рисков. В связи с этим, управляющие воздействия должны быть направлены на получении информации о содержании ксенобиотиков в сырье, контроль поставщиков, контроль рецептуры и оптимизация процессов подкапчивания. В программе производственного контроля при производстве колбасы «Докторская» необходимо установить контроль следующих химических показателей: свинец, мышьяк, кадмий, ртуть, ГХЦГ, ДДТ и его метаболиты, ветеринарные препараты, диоксины, ПХБ, бензол, меламин и аналоги, микотоксины, натрий. Данные показатели также необходимо контролировать в рамках государственного мониторинга безопасности пищевой продукции.

Таблица 14. Результаты анализа химических рисков для колбасы «Брауншвейгская»

№ пп	Этап анализа риска	Используемая информация	Результат
1	Идентификация риска	ТР ТС 021/2011 ТР ТС 034/2013	Нормируемые риски: свинец - 0,5 мг/кг, мышьяк – 0,1 мг/кг, кадмий – 0,05, мг/кг, ртуть – 0,03 мг/кг, ГХЦГ – 0,1 мг/кг, ДДТ и его метаболиты – 0,1 мг/кг, без(а)пирен – 0,001 мг/кг, нитрозамины (НДМА и НДЭА) – 0,004 мг/кг <u>Точка входа в технологическую цепь:</u> выращивание кормовых культур, производственный процесс
2	Оценка риска		
2.1	Анализ состава	Состав: говядина, шпик, свинина, посолочная смесь (поваренная соль, фиксатор окраски: нитрит натрия), сахар, пряности, стартовые культуры	Разумно ожидаемые риски: Ветеринарные препараты, бензол, микотоксины, натрий. <u>Точка входа в технологическую цепь:</u> выращивание кормовых культур, выращивание животных
2.2	Анализ технологии производства	Тип технологии – ТЗ	Ключевые технологические этапы: Копчение, созревание Сочетанный риск: Биологический Этапы с наивысшем ПЧР: <u>Копчение и созревание:</u> 3-хлоро-1,2-пропандиол – ПЧР = 648; ПАУ – ПЧР = 640; биогенные амины – ПЧР = 504 <u>Попадание смазочных материалов</u> – ПЧР = 384
2.3	Фоновое	Мониторинговые	Мышьяк – 0,026 мг/кг, кадмий – 0,024 мг/кг, свинец – 0,061

	загрязнение	исследования	мг/кг, ртуть – 0,019 мг/кг, ПАУ – 10,5 мкг/кг
	Годовая экспозиция на человека	Мониторинговые исследования	Мышьяк – 0,012 мг/кг, кадмий – 0,008 мг/кг, свинец – 0,012 мг/кг, ртуть – 0,007 мг/кг, ПАУ – 0,013 мкг/кг
3	Характеристика риска		
3.1	Фактор риска	Экспертная оценка	Стартовые культуры, с денитрифицирующими микроорганизмами - -1, натрий содержащие добавки - +1 для натрия
	Ранг риска	Экспертная оценка	Средний = 6
4	Управление риском	Экспертная оценка	Для кадмия, ртути, свинца, мышьяка – принятие риска, контроль за выходом за нормируемые пределы, информация о регионе происхождения сырья и ингредиентов, контроль применения смазочных материалов. Для ПАУ – снижение риска, подбор и контроль температуры дыма, подбор опилок. Для натрия – снижение риска, контроль составления рецептуры, контроль внесения пищевых добавок
5	Коммуникация риска	Экспертная оценка	Производственный уровень: программа производственного контроля Государственный уровень: программа санитарно-гигиенического мониторинга

Проведённый анализ рисков для колбасы сырокопченной «Брауншвейгская» показал, что в продукте можно прогнозировать реализацию следующих ненормируемых рисков: ветеринарные препараты, бензол, микотоксины, натрий. При этом, количество опасных химических веществ, способных образоваться на этапах фаршесоставления, копчения, созревания и сушки наибольшее, по сравнению с технологиями производства иных видов мясной продукции. Таким образом, можно сделать заключение, что при управлении рисками при производстве сырокопченных колбас наибольшее внимание должно уделяться оптимизации и контролю выявленных критических технологических процессов. В программе производственного контроля при производстве колбасы «Брауншвейгская» необходимо установить контроль следующих химических показателей: свинец, мышьяк, кадмий, ртуть, ГХЦГ, ДДТ и его метаболиты, без(а)пирен, нитрозамины (НДМА и НДЭА), ветеринарные препараты, бензол, микотоксины, натрий. Данные показатели также необходимо контролировать в рамках государственного мониторинга безопасности пищевой продукции.

Проведенный анализ химических рисков для двух видов колбас выявил необходимость разработки нормативов содержания в продукции: 3-хлоро-1,2-пропандиол, биогенных аминов и расширение количества нормируемых ПАУ, а также разработку методик определения данных компонентов в мясной продукции.

Таким образом, апробация анализа рисков, на примере конкретных видов продукции, показала возможность применения разработанной методологии в целях выявления и прогнозирования химических рисков, определения технологических этапов, оказывающих наибольшее влияние на реализацию рисков, порядок разработки и оценки управляющих воздействий, а также планировать объем производственного и государственного контроля.



## Глава 6. Экономическая модель оценки затрат в рамках анализа рисков

Предложенная модель анализа рисков рассматривает технологические, ветеринарные и риски здоровью человека. Следовательно, экономическая модель затрат должна также охватывать оба направления.

Поскольку разработанная схема анализа рисков имеет двухуровневое применение, государственный и производственный, то экономическая модель оценки была предложена так же для двух уровней.

Структурная модель эффективности затрат на государственном уровне представлена на рисунке 17.

На государственном уровне необходимо учитывать, как минимум два вида затрат: на соответствие и затраты вследствие несоответствия. При этом, относительно продуктов животного происхождения затраты должны складываться из ветеринарных и медицинских аспектов. Большая часть государственных затрат идет именно на управление риском. При этом, в рамках государственных затрат с целью предупреждения риска необходимо учитывать статьи на научные исследования как по анализу риска, так и по разработке методик исследования химических веществ, разработке управляющих воздействий.

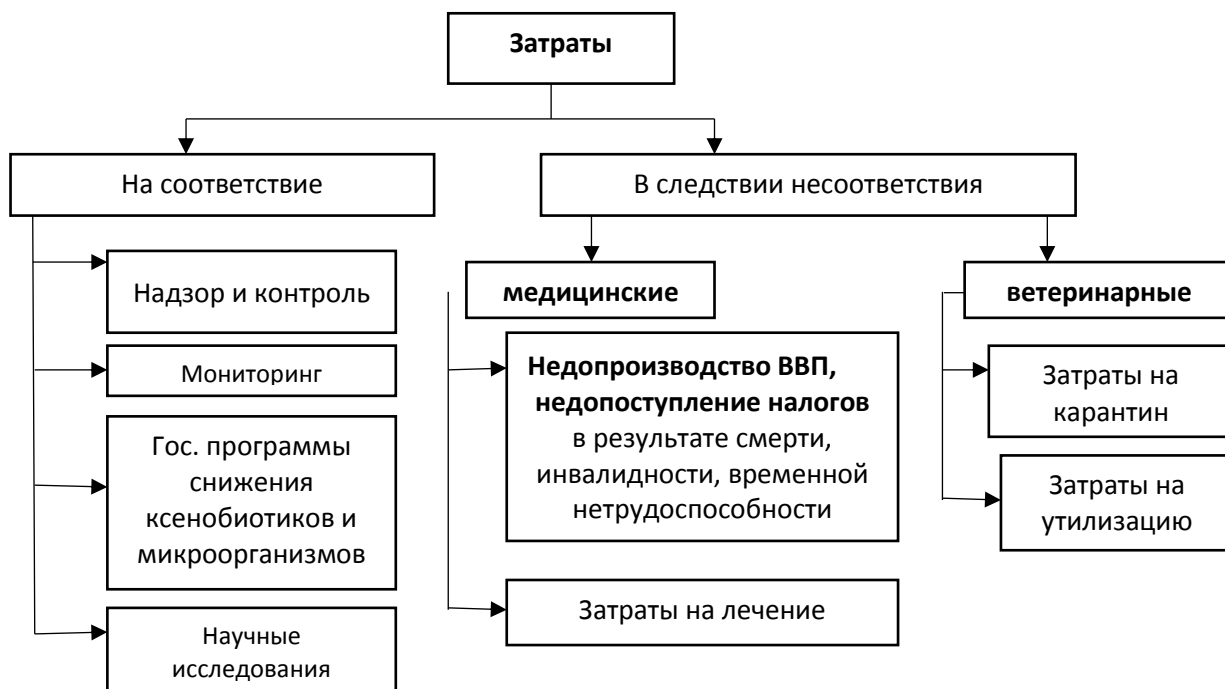


Рисунок 17. Структурная модель эффективности затрат на анализ и управление риском на государственном уровне

По данным Роспотребнадзора, в 2015 году на один рубль бюджетных денег, затраченных на надзорные, контрольные мероприятия и мониторинг приходится

предотвращение потерь ВВП в размере 10,56 рублей и 2,2 рублей недополученных налогов.

Провести полную оценку затрат и эффективности анализа и управления риском на государственном уровне затруднительно, ввиду отсутствующей статистической информации в открытом доступе.

На производственном уровне оценка экономической эффективности управления риском так же складывается из затрат на соответствие и затрат вследствие несоответствия (реализации риска).

К затратам на соответствие относится обеспечение производственного процесса, лабораторный контроль, поддержание результативности системы качества, обучение персонала и пр.

Для расчета затрат потерь от реализации риска, автором предложена следующая формула (4):

$$З = m*s + M_y * S_y + L + Ш \quad (4)$$

где, З – затраты вследствие реализации риска, руб

m – масса продукта, кг

s – стоимость продукта, руб

$M_y$  – масса утилизированной продукции, кг

$S_y$  – стоимость утилизации продукции, руб

L – затраты на логистику (транспортирование, хранение), руб

Ш – размер административного взыскания, руб

Для уточнения затрат вследствие реализации риска, риск экономических потерь можно рассчитать по формуле (5):

$$R = P * З, \quad (5)$$

где, R – риск экономических потерь,

P – вероятность реализации риска

З – затраты в следствии реализации риска, руб

Предложенный подход к оценке риска экономических потерь, позволяет выявить приоритетную продукцию, на которой необходимо сфокусировать внимание для разработки и внедрения управленческих решений в рамках ограниченного бюджетирования.

Таким образом, внедрение риск-ориентированного подхода к оценке экономической эффективности процесса анализа и управления рисками позволяет ранжировать затраты и определять стратегию в управлении производством.

Обобщая вышеописанные результаты в главах 3-5 можно констатировать, что в рамках работы продемонстрирована практическая возможность проведения двухуровневого анализа рисков (как в рамках государственной оценки, так и предприятиями мясной промышленности), характерных для процесса производства

мясной продукции в широком понимании производственной цепи «от поля до прилавка» с учетом риск-ориентированного подхода.

### **Выводы:**

1. В работе с системных позиций научно обоснована и практически реализована методология анализа и прогнозирования рисков в технологии мяса и мясной продукции, позволяющая идентифицировать, оценивать, разрабатывать управляющие и коммуникационные механизмы для рисков, характерных для мяса и мясной продукции.

2. Разработан алгоритм идентификации рисков, с помощью которого выявлен, экспериментально оценен и профилирован 31 химический опасный компонент, характерный для мясной продукции. Проведен анализ распределения ксенобиотиков в зависимости от страны-происхождения продукта, показавший, что наиболее часто встречающиеся химические загрязнители – антибиотики и иные ветеринарные препараты, а сырье (свинина, говядина) несоответствующее по данному показателю в основном поступает из стран Южной и Северной Америк, Китая, стран-участниц Евразийского экономического союза

3. Разработана структурная модель оценки риска, позволяющая спрогнозировать и оценить влияние технологического процесса на реализацию химического и микробиологического риска в мясной продукции. Систематизированы и формализованы в виде причинно-следственной модели источники вовлечения химических компонентов в пищевую цепь «от поля до прилавка». Разработан алгоритм по выявлению (прогнозированию) разумно ожидаемых рисков в зависимости от составного компонента продукта, позволяющий выявлять ненормируемые риски. Проведена оценка динамики изменения опасных факторов, в зависимости от вида технологической операции, с помощью которой показано, что технологические этапы посол, тепловая обработка, копчение, являются ключевыми по влиянию на сочетанность реализации химического и биологического риска. Проведена количественная оценка типовых технологических процессов производства мясной продукции с помощью FMEA, в результате которой рассчитано приоритетное число рисков для каждой типовой технологии, выделены критические этапы, относительно попадания/образования опасного химического компонента в продукте, наиболее критичным из которых определен этап копчения.

4. Проведена оценка химических рисков, источником которых служит производственная среда, в результате чего доказана высокая вероятность реализации химического риска, ассоциированного со смазочными материалами, а также его сочетанность с микробиологическим риском, поскольку выявлена возможность развития *L. monocytogenes* в эмульсии смазочных материалов. На основании проведенных исследований разработан риск-ориентированный алгоритм выбора смазочных материалов.

5. Экспериментально определено фоновое содержание химических опасных компонентов: свинца, ртути, кадмия, мышьяка и ПАУ в различных группах мясной продукции. Рассчитана фоновая и нормативная годовая экспозиция данных химических веществ на организм человека, в зависимости от различной массы тела и объема потребления мясной продукции. В результате проведенных исследований, обоснована необходимость расширения номенклатуры ПАУ для обеспечения адекватного нормирования мясной продукции по этому показателю безопасности.

6. Предложена формула оценки ранга риска, для использования которой разработаны оценочные шкалы оценки вероятности реализации, тяжести воздействия и фактора риска. Разработана градационная шкала для ранжирования риска. С использованием разработанных методических подходов проведена оценка и составлены профили рисков на примере ПАУ, свинца, кадмия, ртути и мышьяка.

7. Описана структурная модель управления риском, в рамках которой введена классификация управляющих воздействий и предложена формула оценки эффективности их применения. На основании разработанной модели, определены управляющие воздействия в рамках технологического процесса, показанные на примере ПАУ, свинца, ртути, кадмия и мышьяка.

8. Формализованы подходы к коммуникации риска, в рамках которой выделена значимая роль системы прослеживаемости и экстренного оповещения в процессе коммуникации риска. Определены основные подходы к внедрению системы прослеживаемости в Российской Федерации, а также принципы построения системы быстрого оповещения.

9. Разработанная методология, апробированная на примере производства изделия колбасного вареного колбаса «Докторская» и колбасы сырокопченой «Брауншвейгская», показала, что для колбасы «Докторская» помимо нормируемых веществ необходимо рассматривать в качестве рисков ветеринарные препараты, диоксины, ПХБ, бензол, меламин и его аналоги, микотоксины, натрий, (3-хлоро-1,2-пропандиол и ПАУ – для продукции, производимой с подкапчиванием), для «Брауншвейгской» - ветеринарные препараты, бензол, микотоксины, натрий, 3-хлоро-1,2-пропандиол, ПАУ, биогенные амины. Для каждого химического элемента определены основные точки входа в производственную цепь, оценён наиболее критический этап технологического процесса, рассчитан ранг риска, разработаны управляющие воздействия и необходимые коммуникационные пути.

10. Разработаны подходы к экономической оценке затрат на проведение анализа и управления риском, в результате чего предложены формулы оценки затрат при реализации риска для предприятий мясной промышленности, а также формула расчета риска экономических потерь, связанных с вопросами безопасности продукта.

## Список работ, опубликованных по материалам диссертации:

### Книги

1. Лисицын, А.Б. Качество и безопасность продукции: создание и развитие систем управления / А.Б. Лисицын, И.М. Чернуха, Г.Ю. Макаренкова, Г.А. Берлова, О.А. Кузнецова; под общей редакцией академика РАСХН А.Б. Лисицына. - Москва, 2010. - 311 с.

### Статьи в журналах, рекомендованных ВАК

2. Кузнецова, О.А. Применение анализа рисков для оценки безопасности продукции животного происхождения / О. А. Кузнецова // Все о мясе. –2016. – № 3. – С. 4-7.

3. Куликовский, А.В. Масс-селективная идентификация гормональных препаратов в мясном сырье. Анализ  $\beta$  – агонистов / А.В. Куликовский, О. А. Кузнецова, А.Н. Иванкин // Все о мясе. – 2016. – №3. – С. 8-13.

4. Kuznetsova, O.A. Development of integrated model of risk analysis in meat industry / O. A. Kuznetsova // «Foods and Raw materials». – 2016. – Т. 4. № 1. – С. 135-140.

5. Кузнецова, О. А. Разработка и внедрение системы ХАССП в соответствии с требованиями ТС ТР 021/2011 и ГОСТ Р 51705.1. / О. А. Кузнецова, З. А. Юрчак, К. О. Мельник // Пищевая промышленность. – 2016. – № 1. – С. 34-36.

6. Chernukha, I. Hazard analysis and risk assessment in meat production practice in Russian Federation/ Irina Chernukha, Oхana Kuznetsova, Viktoria Sysoy // Procedia Food Science 5. - 2015. - P. 42, DOI: 10.1016/j.profoo.2015.09.011

7. Кузнецова, О. А. Контроль производства безопасных мясных продуктов с позиции анализа рисков/ О.А. Кузнецова, И.М. Чернуха // Мясная индустрия. 2016. – № 1. – С. 36-39.

8. Кузнецова, О. А. Разработка систем обеспечения качества и безопасности мясной продукции / Кузнецова О.А., Юрчак З.А., Мельник К.О. // Все о мясе. –2015. – № 6. – С. 12-13.

9. Юрчак, З.А., Предотвращение и минимизация перекрестной контаминации продукции пищевыми аллергенами / Юрчак З.А., Кузнецова О.А., Старчикова Д. // Все о мясе. – 2015. – № 5. – С. 19-21.

10. Кузнецова, О. А. Подходы к анализу химических рисков на предприятиях мясной промышленности / Кузнецова О.А., Юрчак З.А., Устьянов Д.А. // Все о мясе. – 2015. – № 5. – С. 22-23.

11. Куликовский, А. В. Методы аналитического контроля в практике пищевых лабораторий / Куликовский А.В., Чернуха И.М., Кузнецова О.А., Иванкин А.Н. // Все о мясе. – 2015. – № 6. – С. 24-27.

12. Кузнецова, О.А Основные заблуждения при внедрении системы ХАССП / Кузнецова О.А. // Все о мясе. – 2015. – № 5. – С. 4-5.

13. Кузнецова, О.А. Разработка системы обеспечения качества и безопасности: принципы / Кузнецова О.А., Юрчак З.А., Мельник К.О. // Мясная индустрия. – 2015. –№ 12. –С. 30-32.

14. Кузнецова, О. А. Внешняя прослеживаемость как основа обеспечения безопасности пищевой продукции / Кузнецова О. А, Юрчак З. А. // Все о мясе. – 2015. – №4. – С.4–6.

15. Кузнецова, О.А. Системы управления качеством и обеспечения безопасности, основанные на принципах ХАССП / Кузнецова О.А., Юрчак З.А., Гируцкая А.Е. // Все о мясе. – 2014. № 1. – С. 11-13.
16. Кузнецова, О.А. ХАССП-МЯСО: универсальные принципы находят новое применение / Кузнецова О.А. // Все о мясе. – 2013. – № 5. – С. 38.
17. Гутник, Б.Е. ВТО – глобальный проект, который выбрала Россия / Гутник Б.Е., Кузнецова О.А. // Все о мясе. – 2011. – № 6. – С. 18-20.
18. Лисицын, А. Б. Развитие мясной отрасли в свете доктрины продовольственной безопасности / А.Б. Лисицын, О.А. Кузнецова // Пищевая промышленность. – 2010. № 12. С. 38-39.
19. Чернуха, И.М. Оценка опасных факторов при внедрении системы управления безопасностью пищевой продукции, основанной на принципах ХАССП / И.М. Чернуха, О.А. Кузнецова // Все о мясе. – 2010. № 1. С. 38-40.
20. Кузнецова, О.А. Международный стандарт по оценке поставщиков пищевой продукции / О.А. Кузнецова // Молочная промышленность. 2009. № 9. С. 13-14.
21. Чернуха, И.М. Значение контроля и анализа возникающих несоответствий / И.М. Чернуха, О.А. Кузнецова // Все о мясе. – 2008. № 4. С. 12-15.
22. Чернуха, И.М. Единый международный стандарт для производителей пищевых продуктов / И.М. Чернуха, Г.Ю. Макаренкова, О.А. Кузнецова // Все о мясе. – 2006. № 3. С. 30-31.
23. Жаринов, А.И. Сравнительная оценка токсикологической безопасности пищевых красителей / А.И. Жаринов, И.В. Ведерникова, О.А. Кузнецова, А.А. Фаль // Мясная индустрия. – 2004. № 9. С. 38.

#### **Материалы симпозиумов, конгрессов, конференций**

24. Кузнецова, О.А. Система прослеживаемости как инструмент мониторинга показателей качества и безопасности пищевой продукции при производстве и обороте / О. А. Кузнецова., З.А. Денисова // Сборник статей 3 конференции молодых ученых и специалистов «Обеспечение качества и безопасности продукции агропромышленного комплекса в современных социально-экономических условиях», – Москва, 2009. С. 137.
25. Кузнецова, О.А. Внедрение системы прослеживаемости в пищевой цепочке / О.А. Кузнецова, М.В. Кочнева // Сборник статей V Международной научно-практической конференции преподавателей, молодых ученых, аспирантов и студентов, Москва, – 2013. С. 215-217.

#### **Публикации в других научных изданиях**

26. Кузнецова, О. А. Внедрение системы ХАССП – основа эффективной работы предприятия / Кузнецова О.А., Юрчак З.А., Мельник К.О., Старчикова Д. // Мясные технологии. – 2016. – № 1. – С. 24-27.
27. Келина, И.С. Система добровольной сертификации ХАССП-МЯСО: особенности и преимущества / Келина И.С., Кузнецова О.А., Юрчак З.А. // Мясные технологии. – 2015. – № 12 (156). – С. 44-47.
28. Кузнецова, О. А. Важнейшие аспекты подготовки предприятий к требованиям технических регламентов ТС / О. А. Кузнецова // Рынок мяса и мясных продуктов. - 2014. - №3. – С.23-26
- 29.

30. Кузнецова, О. Применение системы прослеживаемости в пищевой промышленности / О. Кузнецова, З. Денисова // Бизнес пищевых ингредиентов. - 2010. - №1 (16), С.15-16.
31. Чернуха, И.М., Эффективное функционирование надлежащих практик, как путь снижения количества критических контрольных точек при разработке системы управления безопасностью пищевых продуктов / И.М Чернуха, О.А Кузнецова // Пищевая технология и сервис. – 2008. №5. С. 35-37.
32. Кузнецова, О. А. Продукты должны стать «прозрачными» /О. А. Кузнецова // Мясные технологии. – 2008. №7. С. 46-48.
33. Кузнецова, О. А. Предпосылки к внедрению системы ХАССП на предприятиях, производящих пищевые ингредиенты / О.А Кузнецова., З.А. Денисова // Мясная сфера. - 2008. № 10. С. 62.
34. Чернуха, И.М. Единый международный стандарт для производителей пищевых продуктов – IFS / И.М. Чернуха, Г.Ю. Макаренкова, О.А. Кузнецова // Управление качеством. – 2007. № 1. С. 89.
35. Кузнецова, О. А. Эффективное выявление критических контрольных точек в рамках реализации принципов ХАССП / О. А. Кузнецова // Мясная сфера. – 2007. №12(50). - С. 12-14.

#### **Пособия с грифом Министерства образования и науки**

36. Определение качества полуфабрикатов мясных и мясосодержащих: учебно-методическое пособие / Бухтеева М. Ю., Артамонова М. П., Шалимова Т. В., Насонова В. В., Пчелкина В. А., Кузнецова О. А. – М.: ВНИИМП, 2016. – 35 с.
37. Изготовление и оценка качества колбасных изделий: учебно-методическое пособие / Артамонова М. П., Бухтеева М. Ю., Шалимова В. В., Насонова В. В., Пчелкина В. А., Кузнецова О. А. – М.: ВНИИМП, 2016. – 55 с.

**Благодарности.** Особая благодарность тем, кто помогал автору на пути профессионального становления и в работе над диссертацией: Лисицыну А. Б., Чернухе И.М., Гутнику Б. Е., всем сотрудникам ФГБНУ «ВНИИМП им. В. М. Горбатова», а также Ширяеву Д. С. и Антонову А. Е.