

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Саратовский государственный аграрный  
университет имени Н. И. Вавилова»**

*На правах рукописи*

**Сарычева Анастасия Сергеевна**

**БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОЛУЧЕНИЯ  
АЛЬТЕРНАТИВНОГО КОРМОВОГО БЕЛКА ИЗ ЛИЧИНОК  
*MUSCA DOMESTICA***

03.01.06 – биотехнология (в том числе бионанотехнологии)

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:  
доктор биологических наук,  
доцент Ларионова О.С.

Саратов - 2019

## Оглавление

Введение	5
1	Обзор литературы..... 12
1.1.	Источники белка в рационах сельскохозяйственных животных..... 12
1.1.1.	Традиционные источники кормового белка..... 14
1.1.2.	Новые направления в производстве кормового белка..... 18
1.2.	Значение микроэлементов в кормлении животных..... 28
1.3.	Преимущества использования альтернативного кормового белка в кормлении животных..... 30
2	Собственные исследования..... 35
2.1.	Объект исследований..... 35
2.2.	Методы исследований..... 39
2.2.1.	Определение оптимальных условий выращивания имаго <i>Musca domestica</i> в лабораторных условиях..... 39
2.2.2.	Обогащение субстрата для культивирования личинок <i>Musca domestica</i> ..... 40
2.2.3.	Выращивание личинок <i>Musca domestica</i> в лабораторных условиях..... 42
2.2.4.	Определение выживаемости яиц и массы личинок..... 42
2.2.5.	Определение сырого протеина и аминокислотного состава биомассы личинок..... 42
2.2.6.	Определение содержания микроэлементов в биомассе личинок..... 43
2.2.7.	Обработка биомассы личинок..... 44
2.2.8.	Микробиологические исследования кормового белка..... 45

2.2.9.	Определение физиологических и продуктивных показателей цыплят – бройлеров.....	46
2.2.10.	Получение хитозана из пупариев <i>Musca domestica</i> .....	49
2.3.	Результаты исследований и их обсуждение.....	52
2.3.1.	Параметры культивирования <i>Musca domestica</i> , обеспечивающие эффективную биотрансформацию органических отходов в кормовую биомассу.....	52
2.3.2.	Изучение динамики массы личинок.....	52
2.3.3.	Изучение химического состава биомассы личинок <i>Musca domestica</i> .....	55
2.3.3.1.	Содержание сырого протеина биомассы личинок <i>Musca domestica</i> .....	55
2.3.3.2.	Динамика аминокислотного состава.....	56
2.3.3.3.	Содержание микроэлементов.....	60
2.3.4.	Способы обработки биомассы личинок <i>Musca domestica</i> .....	61
2.3.5.	Бактериальная обсемененность биомассы личинок после различных видов обработки.....	63
2.3.6.	Изучение влияния альтернативного кормового белка на некоторые физиологические показатели цыплят – бройлеров...	65
2.3.6.1.	Общий белок крови цыплят – бройлеров.....	65
2.3.6.2.	Изучение некоторых показателей микробиоценоза кишечника цыплят.....	66
2.3.6.3.	Анализ продуктивных показателей цыплят.....	68
2.3.7.	Утилизация отходов при производстве альтернативного кормового белка и изучение полученного продукта (хитозана)	70
2.3.7.1.	Получение хитозана из пупариев <i>Musca domestica</i> .....	70
2.3.7.2.	Органолептические показатели хитозана.....	74

2.3.7.3.	Исследование свойств хитозана из пупариев <i>Musca domestica</i> УФ-спектрофотометрией.....	75
2.3.7.4.	Изучение адсорбционной емкости хитозана, полученного из альтернативного источника сырья по отношению к ионам меди.....	77
2.4.	Экономическое обоснование.....	81
	Заключение.....	85
	Выводы.....	88
	Практические предложения.....	90
	Список литературы.....	91
	Приложения.....	108

## Введение

**Актуальность темы.** В связи увеличением населения планеты, и, как следствие, интенсификацией сельского хозяйства возникает потребность в поиске альтернативных источников белка, используемых для кормления животных. Насекомые в этом отношении имеют огромный потенциал, в том числе для решения вопроса глобальной продовольственной безопасности (Боярский Л.Г., 2001). Разработка нетрадиционных способов получения кормового белка с использованием личинок насекомых, утилизирующих органические отходы животноводства, представляется весьма перспективным направлением решения данной проблемы. Исследования показывают, что с этой целью наиболее приемлемы синантропные виды мух (Колтыпин Ю.А., 1983; Mustapha A.K. 2000; Adeniji A. 2007; Adesulu E.A., Charlton A.J. et al., 2015). Следует отметить, что полноценное кормление животных зависит от сбалансированности рациона по основным компонентам, а именно аминокислотному и микроэлементному составу (Кочиш И.И., 2007). Например, селен является составным компонентом более 30 жизненно важных биологически активных соединений, присутствующих в организме животных, входит в активные центры ферментов. В организме животных кобальт также активирует ряд ферментов, что в свою очередь, способствует улучшению использования белка, кальция и фосфора, усиливает рост молодняка и повышает естественную резистентность организма к различным заболеваниям. Микроэлементы селен, и кобальт оказывают значительное влияние на физиологические и продуктивные показатели сельскохозяйственных животных. При этом большое значение имеет оптимальное обеспечение животных данными микроэлементами. В этой связи, использование селен и кобальтсодержащих препаратов органического синтеза для обогащения субстрата с целью выращивания биомассы личинок *Musca domestica* позволит получить альтернативный

кормовой белок, обладающий меньшей токсичностью и высокой биодоступностью. Кроме того, побочный продукт производства кормового белка - пупарии личинок могут быть использованы в качестве сырья для производства хитозана. Данный факт свидетельствует о возможности безотходного производства кормового белка. Результаты многочисленных исследований свидетельствуют о том, что биомасса личинок *Musca domestica* обладает большим потенциалом для применения в качестве кормового белка в животноводстве, вместе с тем вопросы увеличения содержания сырого протеина и улучшения аминокислотного состава в биомассе личинок остаются открытыми и требуют дополнительного исследования (Makkara H.P.S.et al., 2014; Pieterse E. et al., 2014; Khan S. et al., 2018). Кроме того, изучение влияния такого белка на физиологические и продуктивные показатели цыплят – бройлеров представляют научный и практический интерес.

**Степень разработанности темы исследования.** Имеющиеся в открытой печати литературные данные подтверждают целесообразность использования насекомых для получения кормового белка, в частности имеются сведения о влиянии белка из личинок *Musca domestica* на организм животных. Подобные исследования отражены в работах Ю.А. Колтыпина (1983), Ж.М. Исимбекова (2005), J.O. Atteh и D.D. Adedoyin (1993), А.О. Т.М. Awoniyi (2004), E.S. Erundu (2004), B.A. Aletor (2005), A. Adeniji (2007), Aniebo (2010), A.J. Charlton (2015). В отдельных работах изучалось обогащение субстрата для культивирования личинок неорганическими формами микроэлементов. Вместе с тем, более поздними исследованиями P. Schlegel (2007), W. Wang (2017), доказано, что органические формы микроэлементов обладают меньшей токсичностью и более высокой биологической доступностью. В этой связи выбор темы работы был обусловлен актуальностью данных исследований и недостаточностью сведений по получению альтернативного кормового белка

с повышенным содержанием сырого протеина и улучшенным аминокислотным составом.

**Цель** работы – разработка способа получения альтернативного кормового белка с повышенным содержанием сырого протеина и улучшенным аминокислотным составом.

В соответствии с указанной целью были поставлены следующие задачи:

1. Подобрать оптимальные концентрации селена и кобальта для обогащения субстрата.
2. Разработать оптимальный способ обработки биомассы личинок.
3. Проанализировать динамику содержания сырого протеина, аминокислотного состава биомассы личинок *Musca domestica*, выращенных на обогащенном субстрате.
4. Разработать способы утилизации побочного продукта (хитина) при получении кормового белка.
5. Изучить влияние альтернативного кормового белка на физиологические и продуктивные показатели цыплят – бройлеров кросса «Кобб 500».
6. Рассчитать экономическую эффективность от использования альтернативного кормового белка.

**Научная новизна.** Впервые установлено, что концентрация селена и кобальта 15 мг/кг в субстрате является оптимальной для получения альтернативного кормового белка с повышенным содержанием белка и улучшенным аминокислотным составом. Выявлено влияние микроэлементов в составе субстрата на химический состав биомассы личинок *Musca domestica*. Впервые была изучена динамика аминокислотного состава биомассы личинок, при использовании предложенного нами субстрата. При этом было выявлено, что максимальное содержание многих изучаемых

аминокислот по сравнению с контролем было достигнуто уже через 48 ч культивирования личинок на субстрате с добавлением Se 15 мг/ кг + Co 15 мг/кг. Максимальное количество лизина, фенилаланина, лейцина+изолейцина, тирозина было достигнуто через 48 часов, а гистидина, валина, треонина, серина через 72 часа культивирования. Помимо этого, установлено, что максимальная концентрация сырого протеина составила 61,72% после 72 часов культивирования. Было показано, что использование в кормлении цыплят – бройлеров кросса «Кобб 500» альтернативного кормового белка из личинок *M. domestica* способствует улучшению физиологических и продуктивных показателей цыплят.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Проведённые исследования вносят существенный вклад в биотехнологические аспекты получения кормового белка улучшенного состава из биомассы личинок *Musca domestica*. По материалам диссертационной работы получены два патента на изобретение: «Способ получения хитозана» (№ 2016110254, от 06.04.2017, бюл. 2) и «Способ получения биомассы личинок *Musca domestica* для получения кормовой муки» (№2017137041, от 29.10.2018, бюл. 3). Апробировано введение, обогащенного кормового белка в рацион цыплят и изучено его влияние на некоторые их физиологические и продуктивные показатели. Результаты исследований внедрены в рамках реализации гранта Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (У.М.Н.И.К.). Способ получения кормовой муки из биомассы личинок *M. domestica* и способ получения хитозана внедрены в ООО «Органика», о чем свидетельствует акт о внедрении № 01-05/2018 от 18.05.2018. Результаты настоящих исследований используются в учебном процессе при чтении лекций и проведении лабораторных занятий со студентами факультета ветеринарной медицины, пищевых и биотехнологий ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова».



**Методология и методы исследований.** Методология данного диссертационного исследования заключалась в поиске способа получения обогащенного кормового белка из альтернативных источников сырья. Для достижения цели диссертационной работы, обоснования ее теоретической и практической значимости нами был использован комплекс сертифицированных методов, включающих физико-химические, биотехнологические, зоотехнические, биохимические, морфологические, микробиологические, статистические.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Оптимальной концентрацией для обогащения субстрата при культивировании биомассы личинок *Musca domestica* для получения кормового белка является Se+Co 15 мг/кг.

2. Эффективный способ обработки биомассы личинок *M. domestica* достигается при использовании инфракрасной сушки при температуре 50 °С в течение 6 часов с максимальной сохранностью сырого протеина.

3. Кормовой белок, полученный на субстрате, обогащенном Se+Co 15 мг/кг, содержал в 3,72% больше сырого протеина по отношению к контролю и обладал улучшенным аминокислотным составом.

4. Получен хитозан со степенью деацетилирования 88-95%, содержанием протеинов менее 0,005% и влажностью менее 5%.

5. Кормовой белок, полученный из личинок *M. domestica* и введенный в рацион бройлеров кросса «Кобб 500», оказывает положительное влияние на физиологические и продуктивные показатели цыплят.

6. Использование альтернативного кормового белка в кормлении бройлеров приводит к снижению себестоимости на 46%, росту маржинального дохода на 149 %, увеличению уровня рентабельности на 110 %.

**Работа выполнена** на кафедре микробиологии, биотехнологии и химии ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет

имени Н.И. Вавилова».

**Степень достоверности и апробация результатов.** Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на: Международной научно-практической конференции «Биотехнология: реальность и перспективы» (Саратов, 2014); III Ежегодной научно-практической конференции "Биотехнология: наука и практика" (Ялта, 2015); Молодежном научно-инновационном конкурсе «УМНИК» (Саратов, 2015); Конкурсе научно-инновационных работ молодых ученых и студентов СГАУ, Грант Ректора (Саратов, 2016); II этапе Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений Минсельхоза России в ПФО (Киров, 2016); III этапе Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений Минсельхоза России (Оренбург, 2016); 19-ой Российской агропромышленной выставке «Золотая осень» в номинации «Инновационные разработки в области животноводства», получена бронзовая медаль за разработку «Принципиально новая кормовая добавка с улучшенным аминокислотным составом и обогащенная микроэлементами» (Москва, 2017).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 12 работ, в том числе 1 статья в журнале, индексируемом в международных базах данных Scopus и Springer, 2 патента.

**Личный вклад соискателя.** Основные этапы диссертационной работы выполнены автором самостоятельно. Автору принадлежат организация и осуществление биотехнологических, физико-химических, микробиологических, зоотехнических и гематологических исследований, непосредственное участие в обсуждении полученных результатов и их интерпретации, формулировке выводов, подготовке публикаций.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, обзора литературы, описания объекта и методов исследования, результатов

исследований и их обсуждения, выводов, списка использованных литературных источников, содержащего 159 наименований, в том числе 79 иностранных. Работа изложена на 113 страницах, иллюстрирована 18 таблицами и 12 рисунками.

**Благодарность.** Автор выражает благодарность зав. УНИЛ по определению качества пищевой и сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ д.т.н., Банниковой А.В., начальнику отделения физико-химических исследований лаборатории ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Саратовской области» Волочай Г.Г..

## 1. Обзор литературы

### 1.1. Источники белка в рационах сельскохозяйственных животных

Продовольственная и сельскохозяйственная организация (ФАО) прогнозирует огромный спрос на белок животного происхождения. Предполагается, что доля, которая будет приходиться на мясо птицы, составит 40% от всего мирового потребления мяса (Rosegrant M. W., 2001; Speedy A. W., 2004). Таким образом, увеличение производства мяса, вероятно, усугубит уже существующую проблему повышения цен на корма для животных.

Основным источником белка в кормлении сельскохозяйственных животных является соя и рыбная мука. Однако производство сои требует значительного количества водных и земельных ресурсов, а добыча рыбы негативно влияет на морскую биоту (Tacon A.G., 2009; Van Huis A. et al., 2013).

Растущий дефицит ресурсов для производства этих все более востребованных ингредиентов за последние 5 лет удвоил их цены, тогда как стоимость корма уже чрезмерно высока и составляет 60-70% от всех издержек производства. Следовательно, поиск альтернативных источников белка является необходимым решением данной проблемы (Van Huis A. et al., 2013; Onsongo V. O. et al., 2017).

Следует отметить, что сбалансированное кормление животных зависит от полноценности рациона, а именно сбалансированности по аминокислотному составу и микроэлементам. Использование в комбикормах зерновых, побочных продуктов их переработки, подсолнечного шрота с низким содержанием лизина не дает возможности обеспечить норму по этой незаменимой аминокислоте без использования синтетического лизина. Комбикорма для сельскохозяйственных животных и птицы, вырабатываемые с использованием только отечественных компонентов, даже при обеспечении

нормы по сырому протеину, в большинстве случаев содержат лизина не более 0,45%. Однако нижнее пороговое значение минимальной нормы в комбикормах должно составлять 0,48%, а верхнее - 1,15%. Так если для переваривания, усвоения и потребления доступного лизина у свиней и птицы наряду с треонином и цистеином находится на низком уровне (72-75%), то вопрос обеспечения потребности в нем животных и, в первую очередь свиней, еще более обостряется (Аверкиева О.М., 2005, Харламов К.В., 2006, Лемешева Н., 2007). В настоящее время перечень препаратов лизина существенно расширился. Кристаллический лизин выпускается в виде L-лизина монохлоргидрата, в котором содержится от 70 до 80% чистого лизина. Следует отметить, что между аминокислотами существуют строгие соотношения. Передозировка одной приводит к нарушению баланса между всеми аминокислотами и к ухудшению их использования. Лизин имеет преимущество перед всеми аминокислотами, он в наименьшей степени обладает токсичностью при передозировке. Даже в количестве 2,4% лизина в комбикорме его отрицательная роль на рост цыплят незначительная. Но при передозировке лизина отрицательным фактором будет, в первую очередь, нарушение требуемого соотношения между лизином и другими аминокислотами. Избыток лизина, и других аминокислот, также как и недостаток приводит к нарушению белкового обмена, снижению анаболических процессов, возрастанию неэффективных реакций катаболизма. В результате снижается продуктивность и скорость роста молодняка животных, а эндогенные потери азота с мочой возрастают (Калашников А.П., 2003; Рядчиков В.Г., 2006; Афанасьев В.А., 2007; Дюкарев, В.В., 2009).

Необходимо учитывать, что для обеспечения высокого уровня продуктивности птицы необходимы качественные комбикорма, которые будут сбалансированы по всем лимитирующим питательным веществам. В питании высокопродуктивной мясной птицы большая роль отводится

животным кормам, которые богаты протеином, минеральными веществами, витаминами (Андрианова Е.Н., 2012).

В настоящее время в мире существует дефицит кормового белка, и поиск альтернативных способов его получения для сельскохозяйственных животных остается весьма актуальной задачей.

### **1.1.1. Традиционные источники кормового белка**

Традиционным источником кормового белка в кормлении сельскохозяйственных животных являются протеин растительного происхождения, рыбная мука и дрожжи.

В условиях интенсификации сельского хозяйства количество производимого кормового белка повышают за счет увеличения производительности растениеводства, а именно возделывания зернобобовых, масличных и злаковых культур. Наибольшее количество белка обеспечивают посеvy зернобобовых культур: сои, нута, чечевицы, гороха, люпина.

Соевый шрот по биологической ценности является лучшим белковым компонентом комбикормов благодаря высокому содержанию протеина и аминокислот и является высокобелковым компонентом в рационах для цыплят - бройлеров (Егорова Т.А., 2005). Отличается хорошей сбалансированностью аминокислотного состава. Однако сырые соевые бобы содержат ингибиторы трипсина, лектины и другие антипитательные вещества, которые снижают доступность аминокислот, витаминов и минеральных веществ. Поэтому при переработке сои шроты и жмыхи необходимо тестировать, т.е. подвергать гидротермической обработке до активности уреазы в шроте 0,1 – 0,2 ед. рН, переваримости протеина 85 – 90 %. В перегретом шроте активность уреазы снижается ниже 0,1 ед. рН, а переваримость протеина падает до 70 % и менее. Специалисты по кормлению считают, что использование соевого шрота с активностью уреазы свыше 0,2 ед. рН, в рационах птицы приводят к угнетению их роста, уменьшению

потребления корма и увеличению затрат корма на прирост живой массы (Афанасьев В.А., 2007).

Шрот и жмых подсолнечный являются самыми доступными компонентами, производимыми в нашей стране. Имеют высокое содержание сырого протеина, по количеству метионина превосходят другие кормовые добавки растительного происхождения, но содержат сравнительно мало лизина и треонина (Афанасьев В.А., 2007).

Хлопковый шрот и жмых содержат высокое количество сырого протеина и удовлетворительное соотношение аминокислот. Однако часть аминокислот (до 65% лизина) является недоступным для животных.

Наряду с этим шрот содержит большое количество фитина, фосфор полностью недоступен для свиней. Но основным отрицательным фактором является наличие в нем госсипола – ядовитого вещества. По требованиям нормативных документов в хлопковом шроте его не должно содержаться более 0,1%. При большем содержании госсипола шрот не допускается в переработку на комбикорма. Госсипол относится к сосудистым и нервным ядам (Пестис В. К. и др., 2009; Фаритов Т.А., 2010).

Например, кукуруза бедна триптофаном и лизином, а бобовые – метионином, поэтому смесь, состоящая из кукурузы и соевых продуктов, добавленная в повседневный рацион скота обеспечивает поступление «качественного белка». Вместе с тем, следует отметить, что растительный белок все же уступает по аминокислотному составу белку животного происхождения.

Так, в странах Западной Европы наблюдается устойчивая тенденция к снижению доли зерновых в производстве комбикормов, так она уже уменьшилась до 12-15%, т.е. в 4-5 раз меньше, чем в отечественном кормопроизводстве. Во всех развитых странах традиционные белковые компоненты заменяются нетрадиционным сырьем, в том числе используются отходы сельского хозяйства, животноводства и растениеводства, вторичного

сырья перерабатывающей и пищевой промышленности. Тем самым комбикорма насыщаются белком. Комбикорма, содержащие полноценный белок в необходимом количестве, могут быть получены при использовании сырья из разных источников.

Следует отметить, что традиционно для обеспечения сельскохозяйственных животных белком, а соответственно необходимым количеством незаменимых аминокислот, при составлении основных рационов кормления используют рыбную муку и дрожжи. Рыбная мука в рационе животных и птицы может составлять от 2 до 10% (Сафронова Т.М., 2001; Кочиш И.И., 2007). Вместе с тем, высокая цена данного ингредиента, и как следствие, довольно частая фальсификация являются основными препятствиями к его эффективному использованию. Кроме того, в производстве зарегистрировано быстрое окисление муки из-за высокого содержания ненасыщенных жирных кислот, что снижает ее энергетическую ценность, приводит к накоплению соединений опасных для здоровья животных, снижению потребления кормов и продуктивности. При этом возникает риск негативного последствия для морской биоты при постоянной добыче рыбы (Tacon A.G., 2009; Van Huis A. et al., 2013).

Рыбная мука имеет наиболее высокую из кормовых средств переваримость белка, которая достигает 95 %. При вводе ее в комбикорм в количестве 5 – 7 % удовлетворяется потребность животных во всех аминокислотах. Она является источником витамина В<sub>12</sub> (содержит до 350 мкг/кг), но содержит мало витамина В<sub>1</sub>. В рыбной муке содержится, как правило, более 10 % сырого жира, что может послужить причиной окисления из-за высокого наличия ненасыщенных жирных кислот, поэтому в производстве рыбной муки необходимо вводить в нее антиоксиданты для стабилизации продукта (Косолапов В. М., 2008, Околелова Т.М., 2011).

Кроме того, при термической обработке рыбной муки возможен перегрев в процессе сушки, что может снижать переваримость корма,



приводить к потере аминокислот, при этом продукт приобретает темный цвет. При использовании для этих целей паровой сушки вышеуказанные недостатки нивелируются, однако энергетические затраты возрастают в разы, что способствует увеличению себестоимости продукта (Черняев Н.П., 1989; ГОСТ Р 51850 – 2001; Околелова Т.М., 2005; Головня Е., 2014).

В связи с этим для получения рыбной муки с высокими показателями питательности необходимо использовать качественное сырье и точно соблюдать технологию ее приготовления, что является экономически не выгодным, поэтому не редки случаи, когда производители повышают уровень протеина за счет ввода неорганических азотосодержащих соединений (карбамида, аммонийных солей и т.д.). Подобного рода замена в рационах птиц и свиней, приводит к симптомам аммиачного отравления. Фальсификация рыбной муки является серьезной проблемой, влияющей на снижение спроса на этот кормовой ингредиент в Кении (Kariuki M.V.J., 2011). Некоторые авторы провели опрос и обнаружили, что содержание белка в рыбной муке заметно снижается от первичного источника до розничных точек, что свидетельствует о фальсификации данного продукта по всей цепочке его передвижения (Nalwanga R. et al., 2009; Kariuki M.V.J., 2011).

Дрожжи кормовые являются хорошим источником сырого протеина (42 – 54 %) и лизина (2,8 – 3,6 %). Дрожжи превосходят остальные кормовые добавки по содержанию витаминов группы В и доступного фосфора (Касьянов Г.И., 1998; Афанасьев В.А., 2007; Ибатуллин И.И., 2013). Но недостатком технологии производства белка из дрожжей является попадание в корм питательной среды, на которой культивировали дрожжи, что при кормлении сельскохозяйственных животных и птицы приводит к отравлению аммонийным азотом (Вильнер А., 1984). Олигосахариды дрожжей - плохо перевариваемые субстанции и высокая их концентрация приводит к расстройствам пищеварения. Кроме того, исследования показали, что

несоблюдение норм скармливания дрожжей может привести к кандидомикозу (Агольцов В.А., 2006).

Кровяная мука содержит значительное количество сырого протеина – до 73-81%, причем белок представлен альбумином и глобулином. Отличается большим содержанием железа, аминокислот: треонина, гистидина и других, однако аминокислотный состав ее плохо сбалансирован (Боярский Л.Г., 2001).

### **1.1.2. Новые направления в производстве кормового белка**

В 2016 году на международной конференции в Риме, которая проводилась при поддержке Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО), обсуждалось, что к 2050 году население нашей планеты увеличится до 9 млрд. человек и потребности в производстве продовольствия возрастут на 70%. Тем самым производство кормов для животных по ресурсам (земля, вода и удобрения) будет конкурировать с продовольствием для человека, урбанизацией и природой. Примерно 70% земель в той или иной форме уже используются для производства мяса. С ростом народонаселения и его потребностей, возникает необходимость в увеличении объемов производства белка животного происхождения. Таким образом, актуальной задачей современности является разработка нетрадиционных методов получения кормового белка.

Перспективными источниками такого белка представляются фототрофные микроорганизмы, в особенности цианобактерии рода *Spirulina* и зеленые одноклеточные водоросли из родов *Chlorella* и *Scenedesmus*. Наряду с обычными аппаратами для их выращивания используют искусственные водоемы. Добавление к растительным кормам биомассы *Scenedesmus* позволяет резко повысить эффективность усвоения белков животными. Хлорелла (*Chlorella vulgaris*) содержит значительное количество протеина больше, чем пивные дрожжи и соевая мука. Содержание жира составляет от 8 до 18 %, золы от 5,5 до 10 % (в основном фосфор, сера и

магний). Кроме того, хлорелла богата йодом. Наряду с этим, хлорелла содержит углеводы, а именно целлюлозу, крахмал, ксилан, глюкофруктозан и аморфные вещества (Богданов Н., 2007). Введение хлореллы в рацион птицы позволяет увеличить убойную массу на 20 %, выход цыплят на 25 - 30 % с повышенной жизнеспособностью и довести сохранность молодняка до 98 % без применения лекарственных препаратов (Богданов Н., 2007; Голомянов А.И., 2009).

Одноклеточные сине-зеленые водоросли - спирулина (*Spirulina platensis*), представляет собой ценнейший источник белка, содержит комплекс заменимых и незаменимых аминокислот, а также полиненасыщенные жирные кислоты и биологически активные вещества. Лиофильно высушенные препараты из биомассы этих водорослей широко используются в питании человека и кормлении животных (Архипов А.В., 1999).

Новосибирская компания «Водорослевые технологии» создала новую технологию производства белка и биотоплива, основанную на выращивании протеинсодержащего сырья в аквариуме. Такой процесс позволяет вдвое снизить стоимость производства микроводорослей – дешевого возобновляемого сырья. Получаемое из микроводорослей топливо, по мнению многих мировых экспертов, может стать альтернативой нефтяному топливу. Еще одна сфера применения биоводорослей – производство белковой массы, которую используют в качестве корма в сельском хозяйстве. Однако белок, получаемый из микроводорослей, по питательной ценности не может сравниться с белком животного происхождения и представляется альтернативой соевому белку.

В настоящее время общим недостатком для всех растительных кормов является относительно низкая концентрация в сухом веществе протеина. Научный прогресс требует поиска «переходного белка».

Известно, что корма – самая затратная часть в животноводстве, от 50% до 80% всех расходов приходится на корма. До сих пор основной проблемой кормопроизводства остается полноценность и сбалансированность кормов по питательным веществам, макро- и микроэлементам, витаминам. Однако даже при таких затратах нет гарантии в том, что корм будет удовлетворять всем потребностям организма животного. Поэтому качество корма, его полноценность – это основная проблема современного животноводства. Нерентабельность и неконкурентоспособность не только отдельных отраслей, но и животноводства в целом, прежде всего, связана с ценовой политикой на корма.

Для решения этого вопроса интерес ученых и практиков обращается к нетрадиционным кормам и кормовым источникам белка, которые могли бы значительно улучшить качество корма и являлись бы доступными с экономической точки зрения. Во многих странах мира научные сообщества сегодня находятся в поиске новых технологий, которые должны быть экономически жизнеспособными, экологически дружелюбными и социально приемлемыми.

Одним из таких решений может быть использование вермикультуры в качестве источника кормового белка. Были проведены многочисленные исследования тканей различных видов дождевых червей и результаты показали, что общий состав тканей дождевых червей существенно не отличается от таковых для многих тканей позвоночных животных. Спектр незаменимых аминокислот в тканях дождевого червя является сравнимым с другими источниками, используемыми в настоящее время. Состав незаменимых аминокислот соответствует кормам для животных, птицы или рыбы, которые рекомендованы комиссиями ФАО и ВОЗ, особенно с точки зрения содержания лизина и комбинаций метионин + цистеин и фенилаланин + тирозин. Кроме того, ткани дождевого червя содержат длинноцепочечные жирные кислоты и соответствующее количество

минеральных веществ. Однако данное направление не получило в нашей стране должного распространения из-за полного отсутствия специализированных промышленных средств механизации, в связи с чем вермикультура по-прежнему остаётся дефицитным и дорогостоящим, зачастую не отвечающим по качеству требованиям международных и отечественных стандартов производством (Вестхайде В., 2008; Титов И.Н., 2012).

Быстрое развитие всех отраслей животноводства резко обострило проблемы поиска источников белкового питания и эффективной утилизации отходов производства. Технология производства белка из биомассы насекомых позволит обеспечить получение комбикормов с высокими зоотехническими и качественными показателями, тем самым увеличить питательность кормов, обеспечить более легкую усвояемость, биологическую активность, а также ферментную, витаминную и минеральную ценность. В ходе научно-производственных исследований доказано, что из 100% белка, жира, содержащихся в навозе, помете, в тело личинок переходит белка - 31%, жира - 47%, а мука из личинок в среднем содержит: белка 50-56%, жира 16-20%, безазотистых экстрактивных веществ 7-12%, золы 8-12%. Примерно такой же состав имеют лучшие фабричные корма, однако по содержанию аминокислот, фракций жира, макро- и микроэлементов мука из личинок более питательна.

Немаловажным является тот факт, что в организме животных питательные вещества расходуются следующим образом, 20% на образование продукции, 40% на энергетические нужды организма, 40% выделяется с продуктами обмена. Следует отметить, что в среднем 1 тонна навоза содержит 94 кг сырого протеина, 91 кг углеводов.

Несмотря на то, что мы уже умеем извлекать из навоза питательные вещества, тепловую энергию, надо признать, существующие

технологические схемы утилизации навоза еще очень далеки от того, чтобы использовать эти отходы на все сто процентов (Колтыпин Ю.А., 1983).

Таким образом, производство кормового белка с использованием комнатной мухи (*Musca domestica*) является перспективной, неэнергоемкой и дешевой технологией.

Анализ результатов исследований показал, что для улучшения питательной ценности и с терапевтической целью личинки целесообразно культивировать на субстратах обогащенных комбинациями различных микроэлементов и других веществ. Так, называемый эффект «живого лечебного корма», основан на способности личинок мух, извлекать из питательной среды некоторые вещества. Частным примером данного факта, можно считать новую лекарственную форму, изготовленную при помощи личинок *Musca domestica*. При заболевании карпа аэромонозом, криптобиозом для лечения применяют метиленовый синий, которым пропитывают зерно или зерноотходы. Чаще всего при внесении в воду этого корма, краска частично растворяется, частично разлагается, теряя свои лечебные свойства, однако живые личинки, окрашенные лечебным средством, предохраняют его от разложения (Колтыпин Ю.А., 1983).

В Московской сельскохозяйственной академии имени К. А. Тимирязева был изучен рост карпа, при замене в опытной группе рыбной муки на муку из личинок мух. При этом обе муки составляли по 30 % от рациона рыб. Было установлено, что прирост массы карпа в опытной группе увеличился на 22 % по отношению к контрольной с использованием рыбной муки. Трата кормовой единицы в контрольной группе составила 2,7, опытной — 2,4 на 1 кг привеса. В научно-исследовательском институте рыбного хозяйства муку из личинок *M. domestica* испытывали при выращивании сеголетков осетровых рыб (бестер) в сравнении с контрольным тестообразным кормом, в состав которого входили: фарш и мука из непищевой рыбы, мясо-костная мука, белково-минеральные добавки. Опытной группе скармливали только

личинок. За опытный период масса тела бестера при кормлении личинками оказалась на 15 % больше, чем в контроле. Трата кормовой единицы в контрольной группе составляла 3,4, в опытной — 1,6, что позволило сделать вывод о том, что личинки по своей питательности превосходят стандартную кормосмесь. Эффективность использования бестером питательных веществ при поедании личинок была в 3—5 раз выше, чем при поедании кормосмеси (Колтыпин Ю.А., 1983).

Положительные результаты были получены и в Новосибирском сельскохозяйственном институте при замене мукой из личинок традиционных рыбных кормов в полупроизводственных условиях. Отмечены лучшая поедаемость рыбой кормов с увеличением содержания в них муки из личинок, большой прирост массы и увеличение содержания аминокислот в теле подопытных сеголетков. При кормлении личинками никаких патологических изменений внутренних органов и состава крови у рыб не было. Таким образом, для рыб этот вид корма оказался идеальным, как в живом виде, так и в виде белковой муки (Колтыпин Ю.А., 1983).

Кроме того было установлено, что биомасса из личинок мух не вызывает отклонений от нормы морфологических и гематологических показателей, активности ферментов в крови, печени и основных показателей белкового, липидного, углеводного обмена в организме животных. Длительные исследования показали безвредность биомассы. Полная гарантия безвредности биомассы была получена при проверке ее на пяти поколениях крыс при продолжительности проведения опыта на каждом поколении в течение 6 месяцев (Колтыпин Ю.А., 1983).

В испытательной лаборатории микробиологии ФГБНУ Всероссийском научно-исследовательском институте животноводства им. академика Л. К. Эрнста испытывали корм с биомассой личинок при кормлении норок. В контрольной и опытной группах были отобраны звери аналогичные по массе, возрасту и родству. Учетный период длился 113 дней. Звери ни разу не

отказывались от фарша с мукой из личинок и поедали его полностью. У опытной группы среднесуточный и общий прирост массы был на 11% выше, чем у контрольной. Воспроизводительная способность животных в среднем была выше в 1,5 раза у животных, получавших фарш с мукой из личинок (Колтыпин Ю.А., 1983).

В Великобритании некоторыми авторами было изучено влияние корма из биомассы личинок *M. domestica*, выращенных на курином помете на цыплятах - бройлеров (Hall H.N. et al., 2018). Наряду с тем, что не было отмечено принципиальной разницы в переваримости аминокислот при добавлении в рацион 20, 40 и 60% рыбной муки и муки из личинок, значения лизина, метионина, триптофана и цистеина в муке из личинок *M. domestica* были численно выше аналогичных значений в рыбной муке. Вместе с тем было отмечено, отсутствие эрозии желудка и истечений из глаз у цыплят, которые в составе стартового комбикорма получали муку из личинок. Однако данные патологии были отмечены у цыплят, которые в дополнение к основному рациону получали рыбную муку.

Кроме того, учеными из государственного университета науки и технологии, Порт-Харкорт, Нигерия был изучен состав личинок *Musca domestica* (Aniebo A. O. et al., 2008). Было выявлено, что личинки содержат 47,1% протеина, 25,3% жира, 7,5% клетчатки и 6,25% золы в сухом веществе 92,7%. В результате изучения аминокислотного профиля было выяснено, что мука из личинок содержит 17 аминокислот, среди которых девять незаменимых. Количество лизина и метионина было равно 6,04% и 2,28% соответственно и превышало аналогичные показатели других традиционных источников белка, в том числе рыбной муки. Также было выявлено сбалансированное соотношение лейцина и изолейцина.

В университете Стелленбош Южная Африка была проведена научно-исследовательская работа по изучению рационов из муки личинок *Musca domestica* в смеси с кормом на качество мяса цыплят. Было исследовано три



рациона, в основе которых, была рыбная мука, соя и мука из личинок. Цыплята, которые получали добавки из рыбной муки и из личинок быстро набирали вес, но при кулинарной обработке была выявлена сравнительная разница в сочности и цвете мяса. У цыплят, при откорме которых, использовали муку из личинок мясо при тепловой обработке, было более сочным, чем у цыплят, при откорме которых использовали рыбную муку в качестве добавки в комбикорм (Pieterse E., 2015).

В сравнительном аспекте представляется интересным изучение другого представителя отряда двукрылых черной львинки *Hermetia illucens*, личинки, которой культивируют на зерне пшеницы, пищевых отходах и отходах скотобоен. Весь жизненный цикл черной львинки занимает порядка 45 суток и большую часть этого времени насекомое проводит в субстрате. До момента превращения в куколку, личинки *Hermetia illucens* должны накопить максимально возможные запасы питательных веществ в своем организме потому, что вторую половину своей жизни они практически не питаются и запасов ранее накопленной энергии должно хватить для обеспечения жизнедеятельности насекомого, включая спаривание и откладку яиц.

Проведенные исследования показывают, что взрослые живые личинки мух черной львинки содержат 65% влаги, 8,09% сырого жира, 42% сырого протеина, а в высушенном виде показатели жира и сырого протеина составляют, соответственно, 23% и 45%. Следует отметить, что в составе аминокислотного профиля личинок черной львинки находится линоленовая кислота, как одна из форм Омега-3 жирной кислоты. Личинки мух черная львинка содержат значительное количество лауриновой кислоты, которая угнетает и подавляет многие вирусы, включая вирус ВИЧ, вирус кори, а также отрицательно действует на многие патогенные простейшие, клостридии и другие микроорганизмы. Таким образом, при кормлении животных и птиц кормами с добавлением муки из высушенных личинок

черной львинки, их иммунная система становится более устойчивой к патогенам (Barry T., 2004).

Однако сдерживающим фактором в разведении насекомых данного вида является тот факт, что увеличение производства личинок мух ограничивается объемом получаемых яиц от имаго в инсектарии. Вместе с тем, крупные производства нуждаются в стабильном получении не менее одного миллиона яиц мух *Hermetia illucens* в сутки, но на практике достичь этого довольно сложно. Проблема заключается в том, что продуктивность взрослых насекомых черной львинки сильно зависит от интенсивности освещения прямыми солнечными лучами, а эффективные источники искусственного освещения, которые способны так же стимулировать спаривание мух, пока не найдены. Таким образом, общее количество, полученных от *Hermetia illucens*, яиц напрямую зависит от количества полученного ими солнечного света.

В настоящее время проводятся многочисленные исследования по использованию личинок мух в качестве корма для рыб, а так же в качестве замены рыбной муки в кормах для животных и птиц. Основной задачей исследователей является оптимизация процесса культивирования биомассы личинок, а также улучшение белкового и аминокислотного состава их биомассы. На сегодняшний день, наиболее исследовано влияние кормов с добавлением биомассы личинок мух при выращивании радужной форели, канального сома и синей тилапии. Первоначальные исследования показали, что в случае с радужной форелью личинки мух могут заменить 25% рыбной муки или 38% рыбьего жира в кормах без каких-либо побочных эффектов (Diener S., 2011; Van H.A., 2013). Таким образом, личинки мух являются идеальной заменой рыбной муки.

Исследования аминокислотного профиля личинок *Hermetia illucens* и *Musca domestica*, выведенных на пищевых отходах предприятий быстрого питания и от животноводческих ферм, еще продолжаются. В настоящее

время, интерес исследователей направлен на выращивание личинок на помете птиц или навозе, рыбных отходах. Результаты этих исследований могут стать основой при составлении кормовых рационов животных. Интересным направлением в этих работах будет проведение исследований в области переработки отходов овощных складов, предприятий общественного питания, а также испорченных продуктов питания с помощью личинок насекомых.

Именно поэтому использование белковой муки из биомассы личинок может стать прорывным направлением и позволит создать предпосылки для решения проблемы дефицита белка животного происхождения. А в процессе продвижения исследований в данном направлении будет формироваться конкурентоспособный сектор в сельском хозяйстве, который будет обладать технологической базой мирового уровня.

Следует отметить, что по количественному составу аминокислоты, полученные из белка насекомых, превосходят аминокислоты растительных добавок в составе кормов (Ravindran V., Blair R., 1993; Bukkens S.G.F., 2005). Кроме того, различные виды насекомых имеют более высокую долю содержания белка по сравнению с традиционными кормами (Anand H. et al., 2008).

Дальнейшие исследования и применение этого метода, наряду с получением ценного белкового корма, дает возможность обеспечить охрану окружающей среды, снизить эпидемиологическую и эпизоотологическую опасность на животноводческих объектах от загрязнения отходами и улучшить санитарно-гигиеническую обстановку.

Разработки ученых по выращиванию личинок *Musca domestica* на курином помете известны давно (Calvert et al., 1969; Calvert et al., 1970; Morgan et al., 1970; Miller et al., 1974; Teotia and Miller, 1974), однако вопросы получения биомассы личинок с повышенным содержанием белка и улучшенным аминокислотным составом оставались не достаточно

изученными. Исследование приобретает особую значимость и актуальность ввиду легализации использования кормов из насекомых в кормлении рыб. Кроме того, ожидается, что такое же решение будет принято и для моногастричных животных к 2020 году. Следовательно, биотехнологический метод его получения, используя личинки насекомых, является жизненно важным и своевременным решением этой проблемы.

## **1.2. Значение микроэлементов в кормлении животных**

Необходимо обратить внимание, что в районах с пониженным или повышенным содержанием микроэлементов в почве, воде и растительных кормах создаются условия для неполноценного минерального питания животных. Это способствует возникновению эндемических болезней у животных. Своевременная добавка микроэлементов в рационы нормализует обмен веществ в организме, способствует повышению полноценности питания и продуктивности.

Особый интерес вызывают корма, в которых содержится дозированное количество указанных элементов, что позволило бы точно рассчитать объем вносимой добавки в рацион сельскохозяйственных животных и птиц. Следует учитывать тот факт, что содержание минеральных веществ в корме находится в прямой зависимости от типа почвы, климата, вида растения и фазы вегетации, агрохимических и зоотехнических мероприятий и ряда других факторов. По этой причине часто регистрируется недостаток одних и избыток других элементов, что может приводить к возникновению заболеваний, снижению продуктивности, ухудшению качества продукции и усвояемости корма. Сбалансированность рациона, особенно по аминокислотному и микроэлементному составу, обуславливает повышение продуктивности и получение здорового потомства.

Многочисленные опыты как отечественных, так и зарубежных ученых подтвердили положительное влияние селена на воспроизводительную функцию животных и жизнеспособность потомства (Кузнецов С., 2003; Drew

D.J.W. 1994; Foster L.H., 1997). Данные микроэлементы принимают участие в регулировании основных физиологических процессов в животном организме — роста, развития, размножения, кроветворения, дыхания. Они входят в состав гормонов, ферментов, витаминов, принимают активное участие в обменных функциях животного организма.

Селен входит в состав белков в составе селеноцистеина и селенметионина. Выявлено, что млекопитающие имеют около 25 селенопротеинов, кроме того большее количество селенопротеинов было обнаружено в морских организмах, таких как рыбы и водоросли (Araie H., Shiraiwa Y., 2009; Pankratov A.N. et al., 2011).

Кобальт также может быть включен в активные сайты белков, кроме того может выступать в качестве кофермента, состоящего из пиррофосфатаз, пептидаз, аргиназ (Taylor A., Marks V., 1978; Nieboer E., Sanford W.E., 1985). Способствует улучшению микробиоценоза кишечника, поскольку угнетает деятельность ряда патогенных микроорганизмов в желудочно-кишечном тракте (Самохин В. Т., 2003). Следует отметить, что дефицит кобальта в рационе животных приводит к снижению эритропоза, нарушениям белкового обмена и дистрофии. Кроме того, у птиц, наблюдается гибель эмбрионов при инкубации яиц (Фисинин В.И., 2008). Дефицит селена может быть причиной возникновения беломышечной болезни жвачных, острого массивного некроза печени свиней, экссудативного диатеза и энцефаломалации птиц (Taylor A., Marks V., 1978; Oldfield J.O., 1999; Tian J.Z. et al., 2006).

При поступлении в организм избыточных количеств неорганического селена, не обеспеченного достаточным количеством цистеина, он может накапливаться в тканях в форме свободного гидроселениданиона, который крайне токсичен. Организм имеет ограниченные способности по его утилизации, поэтому опасность передозировки при приеме неорганического селена очень высока из-за его высокой токсичности.

Кобальт участвует в кроветворении, играет роль активатора ферментов в обмене веществ. Физиологический эффект кобальта обусловлен его присутствием в молекуле витамина В<sub>12</sub>. Поэтому включение солей кобальта в рацион сельскохозяйственных животных и птицы значительно способствует биосинтезу витамина В<sub>12</sub> кишечной микрофлорой, находящейся в тонком отделе кишечника. Как правило, потребность свиней и птицы в кобальте удовлетворяется за счет компонентов комбикормов не только для синтеза витамина В<sub>12</sub>, но и для других функций: стимулирования процесса распада углеводов в организме животных, активирования ферментов фосфоглюкомутазы и костной фосфотазы (последняя активирует отложение фосфора в костях) (Колтыпин, Ю.А. 1983; Шевелуха В.С., 2003). В организме животных кобальт является активатором ряда ферментов, способствующих улучшению использования белка, кальция и фосфора, тем самым оказывая положительное влияние на рост молодняка, и повышает естественную резистентность организма к различным заболеваниям.

Микроэлементы селен и кобальт оказывают значительное влияние на физиологию сельскохозяйственных животных, а также на их продуктивные показатели. В этой связи, использование селен и кобальтсодержащих препаратов органического синтеза для обогащения субстрата позволит получить альтернативный кормовой белок, обладающий меньшей токсичностью и высокой биодоступностью. Использование данного белка в кормлении животных будет способствовать нивелированию дефицита данных микроэлементов, профилактике различных заболеваний и повышению продуктивности животных.

### **1.3. Преимущества использования альтернативного кормового белка в кормлении животных**

В настоящее время мировая птицеводческая индустрия испытывает потребность в сокращении издержек производства, особенно кормопроизводства, а именно источников энергии и белка. Следствием этого

является значительный интерес к использованию альтернативного источника белка для кормления бройлеров. При этом учитывается не только возможность крупномасштабного производства данного белка, но и изучение его влияния на физиологические и продуктивные показатели птиц (Pieterse E. et al., 2014).

Разработка нетрадиционных методов получения кормового белка с использованием личинок насекомых, утилизирующих органические отходы животноводства, представляется весьма перспективным направлением решения данной проблемы (Hwangbo J. et al., 2009; Aniebo A.O et al., 2011; Khan S. et al., 2016).

Многочисленные исследования ученых показали, что биомасса личинок насекомых, в частности *M. domestica*, могут быть использованы в качестве альтернативного источника белка в кормлении животных. В данном контексте решение вопросов глобальной продовольственной безопасности приобретает особую значимость и актуальность (Belluco S., et al, 2013; Van Huis A., 2013; Charlton A.J. et al, 2015). Биомасса насекомых содержит от 40 до 70% сырого протеина и до 36% липидов, которые могут быть извлечены и использованы для различных целей (Makkar H.P.S. et al, 2014). Кроме того, большое значение имеет усвояемость белка, этот показатель для белка насекомых составляет 86–89%, что намного выше, чем у растительных протеинов. Отдельные аминокислоты, масло и хитозан могут быть получены из биомассы домашней мухи; и помимо этого альтернативный кормовой белок может быть использован в качестве корма для сельскохозяйственных животных (Makkar H.P.S. et al, 2014; Smith R., Pryor R.E., 2014). О возрастающем интересе к разведению и переработке насекомых в корма для животных свидетельствуют многочисленные публикации в научных журналах и сообщения в средствах массовой информации (Smith R., Pryor R.E., 2014). Установлено, что личинки домашних мух обладают способностью биотрансформации свежего навоза в компост в очень короткие

сроки. Важно отметить, что данный побочный продукт после биотрансформации субстрата личинками *M. domestica* может быть использован в качестве удобрения для увеличения зеленой массы растений, кроме того он обладает проецируемыми свойствами в отношении вредителей сельскохозяйственных культур. Основным преимуществом использования насекомых для производства альтернативного кормового белка является возможность их быстрого и успешного выращивания на разнообразных органических отходах. Технология биотрансформации навоза и помета птиц личинками домашней мухи позволяет получить доступный и легко усвояемый белок, способствует сохранению окружающей среды от загрязнения отходами животноводства, приводит к снижению эпидемиологической и эпизоотологической нагрузки в животноводстве (Foley J.A. et al., 2011).

Помимо этого, сообщалось, что насекомые способны уменьшать микробное загрязнение во время биоконверсии отходов, например, уменьшалось количество *Escherichia coli* в курином помете (Erickson M.C. et al., 2004; Liu Q. et al., 2008).

В настоящее время некоторые промышленные компании занимаются производством белковых кормов из биомассы насекомых для рыбы, птицы, свиней и мелких непродуктивных животных. Однако в литературе наиболее освещены вопросы составления рациона, питательной ценности насекомых, типа кормового субстрата для разведения насекомых и продуктивности животных, в кормлении которых использовали данные корма (Drew D.J.W. et al., 1994; Park S.O., Park B.S., 2015). Важно отметить, что если кормление животных основано на принципе идеального белка, когда все незаменимые аминокислоты по содержанию соответствуют нормам потребности, то затраты на получение единицы продукции снижаются на 30-40%. Аминокислотный профиль идеального белка обычно выражается относительно содержания лизина. Такой белок можно получить при



обогащении рациона недостающими аминокислотами (Рядчиков В.Г, 2010). Следовательно, разработка методов культивирования, направленных на улучшение аминокислотного профиля и особенно лизина в муке из личинок, является актуальной задачей в области кормления животных.

Значимость улучшения аминокислотного профиля корма согласуется с ранее опубликованными в литературе данными. Повышение пищевой ценности кормов путем улучшения профиля аминокислот широко исследовалось в научных и практических целях различными исследователями. Так, например, добавление незаменимых аминокислот необходимо для улучшения питательной ценности диеты, основанной на соевом шроте, кукурузном глютенном шроте, мясокостном шроте, не содержащей рыбной муки. Также было доказано, что добавление метионина и лизина в рацион без рыбной муки достаточно для улучшения роста и эффективности кормления радужной форели (Yamamoto T. et al., 2012).

Аминокислотный профиль личинок *M. domestica* был изучен разными исследователями (Calvert C.C., Martin R.D., 1969; Aniebo A.O., 2008; Hwangbo J. et al., 2009). Анализ литературных источников показал, что уровень некоторых незаменимых аминокислот, таких как цистеин, гистидин, фенилаланин, триптофан и тирозин, в муке из личинок выше, чем в рыбной муке и соевых бобах (Adesulu E.A., Mustapha A.K., 2000).

Более того, Ogunji J.O. et al. (2008) показали, что биологическая ценность муки из личинок была сходна с рыбной мукой, но особенно богата метионином и цистеином, кроме этого отмечалось, что личинки не оказывают токсического действия. Отмечалось, что дефицит вышеуказанных незаменимых аминокислот на птицеводческих фермах приводит к каннибализму и выклеиванию перьев у птиц. Кормление животных биомассой личинок поможет преодолеть эти проблемы, будет способствовать улучшению микробиоценоза кишечника, а также улучшению поведения и

стандартов содержания животных (Adeniji A., 2007; Fischer C.H. et al., 2014). Исследователи (Adeniji A., 2007; Fischer C.H. et al., 2014) предполагают, что разработка и внедрение интегрированной системы культивирования личинок *M. domestica* на курином помете приведет к успешному применению их в качестве биологически активной добавки для сельскохозяйственных животных.

Немаловажным фактором является и то, что при данной технологии пупарии личинок *M. domestica*, которые являются побочным продуктом, могут быть использованы в качестве сырья для производства хитозана.

Актуальность использования этого природного полимера связана с его биодоступностью и уникальными свойствами, такими как растворимость в кислых средах, способность снижать тяжесть отравлений тяжелыми металлами, ранозаживляющие и противовоспалительные свойства, антимикробная и противогрибковая активность (Абдуллин В.Ф., 2006). В этой связи он находит все большее применение в различных областях промышленности и медицины (Албулов А.И., 2002). Следовательно, при откорме животных с использованием белка насекомых исчезает необходимость применения кормовых антибиотиков, что в свою очередь будет способствовать улучшению микробиоценоза кишечника (Van Hall et al., 2011).

Наиболее распространенным сырьем для производства хитозана являются панцири ракообразных (краба, креветки, криля, гаммаруса и др.). Недостатком данных технологий является то, что процесс производства сопровождается значительными расходами щелочи, временными затратами и достаточно жестким температурным режимом в процессе деацетилирования сырья (от 90°C до 110°C в течение 1-3 часов), что снижает качество полученного продукта. Кроме того, добыча ракообразных в промышленных масштабах, необходимых для производства хитозана, имеет негативные

последствия для экологии (Быкова В.М., 2002; Левитин С.В., 2015; Патент РФ №2358553).

Кроме того, высокие концентрации щелочи в сочетании с повышенным температурным режимом приводит к быстрому износу оборудования и соответственно к увеличению себестоимости продукта.

Немаловажным является и тот факт, что хитин из насекомых по качеству в 20 - 50 раз превосходит хитин ракообразных (Кубенко Е.Г., 2014). А одомашненные и впоследствии разводимые в производственных условиях насекомые в силу своего быстрого воспроизводства могут обеспечить большую биомассу, содержащую хитин.

Отмечаются основные отличия хитина пупариев личинок мух и хитина ракообразных. Так, хитин пупариев личинок мух не содержит кальциевых солей. Это значительно упрощает и удешевляет стадию очистки исходной субстанции и возможности использования, более щадящих концентраций щелочей в процессе деацетилирования.

Хитозан нашел широкое применение в борьбе с фитопатогенами, наносящими существенный ущерб сельскому хозяйству. Л. Хадвигером впервые было выявлено, что предпосевная обработка растений хитозаном способствует повышению болезнеустойчивости, интенсивному развитию вегетативной части и корневой системы растений. Помимо этого, являясь биополимером, хитозан не оказывает отрицательного воздействия на окружающую среду. Кроме того было показано, что данный полимер ингибирует активность каталазы в иммунизированных тканях, что было продемонстрировано в экспериментах на клубнях картофеля (Васюкова Н.И., 2006; Van der Lubben, 2001; Okamoto Y.M., 2002; Janes K.A., 2003).

Помимо этого протективное действие хитозана обусловлено электростатическим взаимодействием положительно заряженных молекул биополимера с отрицательно заряженными компонентами мембран или молекулами ДНК болезнетворного патогена (Скрябин К.Г., 2002; Левитин

С.В., 2015). При деградации хитозана выделяется азот, который аккумулируется растениями, что способствует их росту. Для защиты растений от болезней учеными был разработан препарат биохитан на основе хитозана и бактерии *Bacillus mucilaginosus*, этому предшествовало изучение полезных свойств *B. mucilaginosus* (Вихорева Г.А., 2002; Новиков В.Ю., 2003; Okamoto, Y.M., 2001). Затем вышеуказанные бактерии были иммобилизованы на хитозане химическое строение и пространственная структура, которого позволила обеспечить высокую адсорбционную способность микробных клеток. Выявлено, что продукты метаболизма этой бактерии отрицательно влияют на возбудителей болезней растений, а применение культуральной жидкости *B. mucilaginosus* способствует повышению урожая злаковых, масличных, овощных и других культур. Препарат биохитан обладает высокой антифунгицидной активностью в отношении фитопатогенных грибов.

Таким образом, хитозан получаемый при производстве кормового белка и являющийся побочным продуктом, обладает широким спектром действия и может получить массовое применение в сельском хозяйстве.

Несмотря на наличие значительного количества публикаций, свидетельствующих о перспективах использования кормового белка из личинок *M. domestica* в литературе отсутствует информация о влиянии некоторых микроэлементов на синтез белка и изменения аминокислотного профиля биомассы их личинок в зависимости от времени выращивания.

В этой связи, целью настоящей работы явилась разработка способа получения альтернативного кормового белка с повышенным содержанием сырого протеина и улучшенным аминокислотным составом.

Таким образом, биотехнологический способ получения данного белка позволит обеспечить охрану окружающей среды от загрязнения животноводческими отходами ферм и птицеводческих хозяйств, улучшить санитарно-гигиеническую обстановку, снизить эпидемиологическую и

эпизоотологическую опасность на животноводческих объектах. Обеспечение животных полноценным белком будет способствовать решению проблемы получения высококачественных, экологически чистых продуктов питания.

## 2. Собственные исследования

Экспериментальная часть работы выполнена в лабораториях кафедр «Микробиология, биотехнология и химия» и «Кормление, зоогигиена и аквакультура», а также в испытательной лаборатории по определению качества пищевой и сельскохозяйственной продукции, и лаборатории ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Саратовской области».

### 2.1. Объект исследований

Из всех видов семейства *Muscidae* самым многочисленным является *Musca domestica*. Биологический объект для исследований был получен из природной популяции. Мух культивировали в лаборатории, в результате чего было получено двенадцать генераций, которых использовали в дальнейших исследованиях. Личинка комнатной мухи – полифаг, употребляет в пищу продукты животного происхождения. Развивается на различных органических отходах. Самки имаго моногамны. Как правило, они повторно не копулируют. При температуре воздуха ниже 16 °С копуляция у самок не наступает. При благоприятной температуре к 4 дню после вылета почти все самки оказываются оплодотворенными.

Самки *Musca domestica* через 5 – 6 дней после вылета откладывают яйца (в среднем за жизнь до 600 яиц) в субстрат на глубину 2 – 3 мм, их развитие продолжается 8 – 15 часов. Через 5 – 7 дней заканчивается развитие личинок, куколок через 7 – 10 дней. В лабораторных условиях с температурой 25 – 30 °С и влажностью воздуха 20-28% при выращивании мух их развитие до стадии куколки занимает - 7-8 дней, до вылета имаго - 8-10 дней. В условиях лаборатории диапауза не наступает. В естественной среде обитания мухи могут зимовать на стадии личинки, куколки и имаго и при установлении благоприятной температуры начинают жизненный цикл.

Следует отметить, что на выращивание личинок влияют многие факторы, в том числе температура и влажность, качество яиц мух, пропорция яиц и навоза (Fischer С.Н. et al., 2014).

## 2.2. Методы исследований

### 2.2.1. Определение оптимальных условий выращивания имаго *Musca domestica* в лабораторных условиях

Имаго *Musca domestica* содержали в садках и использовали в экспериментальной работе. Для проведения исследований в лаборатории кафедры был оборудован специальный инсектарий с приточно – вытяжной вентиляцией, в котором поддерживалась температура воздуха на уровне 28 – 30 °С и относительная влажность 60 – 70 %. Насекомых содержали в садках (Рисунок 2.1), в которых осуществляли кормление, поение и получение яйцекладок имаго. Для кормления имаго *M. domestica* использовали углеводные и белковые корма. Нами была проведена серия опытов по выведению популяции мух адаптированной к массовому культивированию в лабораторных условиях.

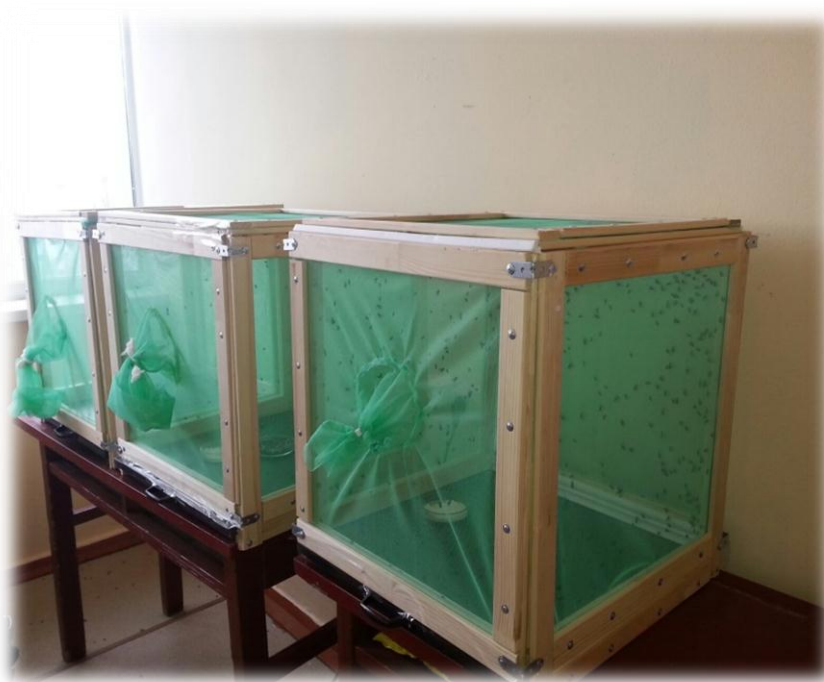


Рисунок 2.1 – Садки для разведения имаго *Musca domestica*

Отбор проводили по изучению таких показателей, как длительность жизни имаго в садках в условиях лаборатории (сутки); длительность продуктивного периода (сутки); яйценоскость (количество яиц (экз.), выплод личинок (%),

выживаемость яиц (%).

Всего в опытах с имаго было использовано свыше 8 тысяч лабораторных особей *Musca domestica*. Личинок выращивали при температуре 25 – 28 °С и нормальной вентиляцией в ящиках с субстратом объемом 4 литра в течение четырех суток. Переработанный субстрат с личинками на стадии предкуколки, помещали на энтомологический столик для сбора пупариев по методике А.М. Псарева, В.А. Кашеева (1987). Для получения имаго с лучшими продуктивными качествами отбирали пупарии с массой не менее 25 мг, помещали их в чашку Петри и помещали в садок. Поддерживали температуру 26–28 °С и относительную влажность 75–77 %. Садки вентилировались для поддержания свежести воздуха. В соответствии с имеющимися литературными данными для кормления имаго использовали сухое молоко, пшеничные и ржаные отруби, воду, дрожжи и сахар. Введение дрожжей в рацион имаго *Musca domestica* способствовало сокращению яйцекладок, в этой связи дрожжи были исключены из рациона.

Для получения яйцекладок использовали субстрат, состоящий из пшеничных отрубей, смоченных водой. С целью получения свежеотложенных одновозрастных яиц субстрат для яйцекладки ставили в 10.00 часов и вынимали в 16.00 часов. Самки мух откладывали яйца в субстрат на глубину 0,5 – 1 мм, затем яйца подсчитывали и вносили на поверхность субстрата для культивирования личинок. В качестве последнего использовали куриный помет.

### **2.2.2. Обогащение субстрата для культивирования личинок *Musca domestica***

Для обогащения субстрата селеном и кобальтом готовили рабочие растворы различной концентрации. Препараты вносили с расчетом на 1 кг сухого субстрата. Были изучены следующие комбинации микроэлементов: селен и кобальт по 5 мг/кг; 15 мг/кг; 20 мг/кг и отдельно селен с концентрациями 1; 5; 7; 15; 50 и 70 мг/кг.

Для обогащения субстрата, на котором выращивали личинок *Musca domestica*, использовали ДАФС – 25 и аспарагинат кобальта. Для приготовления



рабочего раствора диацетофенонилселенида в плоскодонную колбу на магнитной мешалке при комнатной температуре и постоянном перемешивании к 100 мл этанола 96° добавляли 1,2 г диацетофенонилселенида (ДАФС-25), содержащего 25% селена по массе (концентрация ДАФС-25 12 мг/мл, Se 3 мг/мл). Приготовление рабочего раствора аспарагината кобальта проводили следующим образом, в плоскодонную колбу на магнитной мешалке при комнатной температуре и постоянном перемешивании к 100 мл воды добавляли 1,14 г аспарагината кобальта (концентрация аспарагината кобальта 11,4 мг/мл, Co 3,48 мг/мл).

Для обогащения субстрата использовали следующие концентрации селена: 1; 5; 7; 15; 50; 70 мг/кг. Для их приготовления к 1 кг субстрата при постоянном перемешивании добавляли 0,33; 1,66; 2,33; 5; 16,66; 23,33 мл раствора ДАФС-25 с концентрацией 12 мг/мл, доведенных этанолом 96° до 25 мл соответственно. Далее полученный субстрат хранили перед использованием на протяжении 24 часов в темном месте при температуре 25 °С. Для обогащения субстрата селеном и кобальтом использовали следующие концентрации: Se+Co 5 мг/кг, Se+Co 15 мг/кг, Se+Co 20 мг/кг. Для этого к 1 кг субстрата при постоянном перемешивании добавляли 1,66; 5,00; 6,66 мл раствора ДАФС-25 с концентрацией 12 мг/мл, доведенных этанолом 96° до 25 мл. Далее в полученный субстрат при постоянном перемешивании добавляли 1,45; 4,31; 5,75 мл раствора аспарагината кобальта в концентрации 11,4 мг/мл, доведенных водой до объема 25 мл соответственно. Полученный субстрат хранили перед использованием на протяжении 24 часов в темном месте при температуре 25 °С.

Субстрат доводили до влажности 80 % и тщательно перемешивали, так же в процессе всего опыта не допускали его высыхания. Наиболее оптимальным уровнем температуры для развития личинок была определена температура в пределах 28 – 30 °С. При оптимальной температуре наиболее благоприятной для роста и развития личинок мух являлась влажность субстрата 75 – 77 %, позволяющая увеличить выплод личинок и сроки развития.

### **2.2.3. Выращивание личинок *Musca domestica* в лабораторных условиях**

В помещении, где развивались личинки, температура воздуха была в пределах  $30 \pm 5$  °С, относительная влажность воздуха 25 – 30 %. Во время работы поддерживалось освещение, в остальное время естественное освещение, т.к. на этом этапе в свете нет необходимости.

Личинок культивировали в пластиковых контейнерах длиной 30 см, высотой 15 см с деревянными поддонами. Емкости располагали на стеллажах.

Яйцекладки вносили в центр поверхности субстрата, во избежание пересыхания яиц, их присыпали субстратом. На поверхность субстрата помещали 0,4-0,6 г яиц из расчета на 1 кг. В течение 4 дней они развивались в помете. Каждый день измеряли температуру субстрата. При активном развитии личинок, температура субстрата достигала 45 °С, когда же созревшие личинки переставали питаться, температура субстрата опускалась до 30 °С. На 3-4 день личинки мигрировали в нижний поддон заполненный опилками. Биомассу личинок собирали вручную.

### **2.2.4. Определение выживаемости яиц и массы личинок**

Жизнеспособность яиц определяли следующим способом: в течение месяца из садков брали по 150 яиц и закладывали по 50 экземпляров в бюксы с фильтровальной бумагой. Бюксы закрывали и помещали в термостат при температуре 25°С. Через сутки подсчитывали количество выплывшихся личинок.

Для изучения динамики массы личинок каждые 24 часа определяли массу 30 экземпляров взвешиванием на аналитических весах ALC-210d4 ( $d = 0,0001$ , Acculab, USA).

### **2.2.5. Определение сырого протеина и аминокислотного состава биомассы личинок**

Исследования кормов проводили в лаборатории кафедры «Кормление, зоогигиена и аквакультура» а также в испытательной лаборатории по определению качества пищевой и сельскохозяйственной продукции. Определение общего азота и сырого протеина проводили методом Кьельдаля (ГОСТ 13496.4-

93). Определение протеиногенных аминокислот в биомассе личинок *Musca domestica* проводили с помощью системы «КАПЕЛЬ® 105М» согласно методике (Комарова Н.В., 2006; Майорова Н.А., 2009).

Методика предназначена для определения массовой доли аминокислот в исходном сырье для их производства в форме фенилизотиокарбамильных производных (далее – ФТК-производных). Для триптофана предусмотрено также прямое определение без получения ФТК-производного.

Методика измерений позволяет определять общее содержание аминокислот в пробах (суммарно свободные и связанные формы). Поскольку в процессе разложения проб аспарагин и глутамин количественно гидролизуются до аспарагиновой и глутаминовой кислот соответственно, то данные по содержанию аспарагиновой и глутаминовой кислот представляют собой суммарное содержание этих кислот и соответствующих амидов. Аналогично, данные по содержанию цистина представляют собой суммарное содержание цистина и цистеина, после их предварительного окисления до цистеиновой кислоты. В условиях проведения измерений лейцин и изолейцин не разделяются, поэтому предусмотрено их суммарное определение.

Метод основан на разложении проб кислотным или (только для триптофана) щелочным гидролизом с переводом аминокислот в свободные формы, получении ФТК-производных, дальнейшем их разделении и количественном определении методом капиллярного. Детектирование проводят в УФ-области спектра при длине волны 254 нм.

При изучении динамики аминокислотного состава биомассы личинок определения проводили через 48, 72 и 96 часов культивирования биомассы личинок.

#### **2.2.6. Определение содержания микроэлементов в биомассе личинок**

Содержание микроэлементов селена и кобальта в биомассе личинок *Musca domestica* определяли в лаборатории ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Саратовской области» с помощью спектрометра атомно-абсорбционного «КВАНТ-2» согласно ГОСТ 33445-2015 «Средства лекарственные для

ветеринарного применения, корма, кормовые добавки. Определение массовой доли кобальта методом «электротермической атомно-абсорбционной спектроскопии» и ГОСТ 31651-2012 «Средства лекарственные для животных, корма, кормовые добавки. Определение массовой доли селена методом атомно-абсорбционной спектроскопии». Данное оборудование предназначено для измерения массовой концентрации элементов различных типах вод, в пищевых продуктах и продовольственном сырье, биологических объектах, воздухе, почвах, в продукции химической, нефтехимической и металлургической промышленности.

### **2.2.7. Обработка биомассы личинок**

Полученную биомассу личинок, высушивали с помощью лиофильной сушки ScanVacCoolSafe (режим:  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 24 часа), инфракрасного сушильного шкафа «Мастер сушки СШ2-130» (режим:  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 6 часов) и сушильного шкафа СНОЛ-3,9 (режим:  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 12 часов). При лиофилизации биомассу личинок помещали во флаконы объемом 10 мл. Замораживание проводили при  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$  в течение 5 ч. После чего осуществляли вакуумное обезвоживание при температуре полки  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В инфракрасном сушильном шкафу биомассу личинок помещали в емкости высотой не более 3 мм, в сушильном шкафу в кюветы.

Из высушенной биомассы получали муку с помощью лабораторной мельницы ЛЗМ-1. Далее определяли в муке из биомассы личинок содержание сырого протеина, изучали аминокислотный и микроэлементный состав.

Влажность пробы определяли косвенным методом. Для этого из пробы после тщательного перемешивания выделяли навеску массой  $(3\pm 0,01)$  г и помещали ее в контейнер, заполнив его на две трети объема. Если температура образца была ниже  $(20\pm 5)\text{ }^{\circ}\text{C}$ , то контейнер с пробой оставляли в лаборатории до выравнивания с указанной температурой. Перед проведением измерений бюксы тщательно мыли и просушивали в сушильном шкафу при температуре  $(105\pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$  в течение 60 мин. Подготовленные бюксы хранили в эксикаторе.

Далее бюксы с открытыми крышками помещали в сушильный шкаф, подсушивание проводили при температуре  $(105\pm 2)$  °С. Перед подсушиванием образца сушильный шкаф разогревали до температуры  $(110\pm 2)$  °С. Продолжительность подсушивания навесок 60 минут. Далее сушильный шкаф, разогревали до  $(140\pm 2)$  °С и выдерживали образцы при данной температуре на протяжении 60 минут. По завершении высушивания бюксы с образцом извлекали из сушильного шкафа, закрывали крышками и переносили в эксикатор до полного охлаждения, примерно на 20 мин (но не более 2 ч). Охлажденные бюксы с образцами взвешивали с записью результата до третьего десятичного знака.

Достоверность различий полученных результатов определяли методом вариационной статистики с использованием критерия Стьюдента (Петухов, В.Л., 1996).

#### **2.2.8. Микробиологические исследования кормового белка**

Микробиологические исследования муки из личинок проводили согласно Правилам бактериологического исследования кормов, утвержденной ГУВ МСХА СССР 10.06.1975г. и методике индикации бактерий рода «Протеус» в кормах животного происхождения от 21.05.1981г.

Для исследования на сальмонеллы в качестве среды для предварительного обогащения использовали МПБ с содержанием 5% маннита, а также твердые дифференциально-диагностические среды: висмут-сульфит агар, среду Плоскирева и основные среды обогащения (селенитовый бульон, магниевая среда).

Для исследования на энтеропатогенные типы кишечной палочки применяли среду Кесслера и плотные дифференциально-диагностические среды: Эндо и Левина.

Для исследования на анаэробы использовали среду Китта-Тароцци, Вильсон-Блера и кровяной агар по Цейслеру.

Для идентификации бактерий рода *Proteus* применяли пептонную воду, мясо-пептонный агар, среду Плоскирева.

## 2.2.9. Определение физиологических и продуктивных показателей цыплят – бройлеров

Изучение влияния альтернативного кормового белка на физиологические и продуктивные показатели цыплят проводили на цыплятах - бройлерах кросса «Кобб 500». В течение подготовительного периода вся подопытная птица находилась в одинаковых условиях кормления и содержания (Aktan S., 2004; Cobb broiler..., 2010). Состав рациона: пшеница - 40,61%, кукуруза - 15,00%, соя полножирная - 24,62%, шрот соевый - 12,00 %, жмых подсолнечный - 3,00%, рыбная мука - 1,49%, монокальцийфосфат - 0,53%, известняковая мука - 0,75%, витаминно-минеральный премикс - 2,00%. Для проведения эксперимента подопытных животных формировали в группы путем подбора здоровых, кондиционных цыплят, выровненных по живой массе и развитию в суточном возрасте. Условия содержания, плотность посадки, фронт кормления и поения, параметры микроклимата во всех группах были одинаковыми.

Таблица 2.1 – Состав комбикорма основной рацион (ОР) 1 группа  
(контрольная группа),%

Состав	Содержание, %
Пшеница	40,61
Кукуруза	15,00
Соя полножирная	24,62
Шрот соевый	12,00
Жмых подсолнечный	3,00
Рыбная мука	1,49
Монокальцийфосфат	0,53
Известняковая мука	0,75
Премикс 2 % ПК5 агростимул	2,00

Подготовительный этап длился в течение 10 дней, в течение которых вели наблюдения за птицей. Затем было сформировано три группы цыплят - бройлеров

кросса «Кобб 500» по 50 голов в каждой. Технология содержания птицы напольная на глубокой древесностружечной подстилке.

Первую (контрольную) группу кормили вышеуказанным рационом (Таблица 2.1), вторую группу (I опытная) кормили рационом, указанным в таблице 2.2 плюс 10% обогащенной муки из биомассы личинок, третью группу (II опытная) - рацион, указанный в таблице 2.3 с добавлением 10% рыбной муки.

Таблица 2.2 – Состав комбикорма 2 группа (I опытная группа),%

Состав	Содержание, %
Пшеница	40,61
Кукуруза	15,00
Соя полножирная	24,62
Шрот соевый	3,49
Жмых подсолнечный	3,00
Мука из личинок	10,00
Монокальцийфосфат	0,53
Известняковая мука	0,75
Премикс 2 % ПК5 агростимул	2,00

Таблица 2.3 – Состав комбикорма 3 группа (II опытная группа),%

Состав	Содержание, %
Пшеница	40,61
Кукуруза	15,00
Соя полножирная	24,62
Шрот соевый	3,49
Жмых подсолнечный	3,00
Рыбная мука	10,00
Монокальцийфосфат	0,53
Известняковая мука	0,75
Премикс 2 % ПК5 агростимул	2,00

Все параметры микроклимата были одинаковыми для всех групп цыплят и соответствовали зооветеринарным требованиям. Во время эксперимента антибиотики не использовались. Исследование проводилось в течение 24 дней с кормлением и поением *ad libitum* на протяжении всего экспериментального периода. Динамику прироста массы тела цыплят - бройлеров (г) изучали на 14, 19 и 24 день с использованием разных рационов, разработанных в соответствии с нормами кормления и с добавлением дополнительных ингредиентов, вводимых в рацион опытных групп цыплят. Для контроля роста подопытных цыплят на 14, 19 и 24 день проводили их взвешивание. Взвешивание цыплят проводили с помощью лабораторных весов OHAUS Pioneer PA2102C (погрешность измерения +/- 0,01 г). Аспирацию крови с целью биохимических исследований осуществляли на 5 день и в конце эксперимента в вакуумные пробирки для *in vitro* диагностики «Improvacuter» (Guangzhou Improve Medical Instruments Co. Ltd, China) в качестве активатора сгустка использовали тромбин по 0,5 – 1 мл. Для гематологических исследований по 0,1-0,2 мл – в микропробирки с антикоагулянтом К2 ЭДТА для капиллярной крови 200 мкл «ЮНИВЕТ» в модификации «ЮНИВЕТ-Пм» по ТУ 9398-033-59879815-2012. Взятие крови производили из подкрыльцовой вены, по ходу которой предварительно удаляли перо и дезинфицировали кожу 70° раствором этилового спирта. Сыворотку получали путем центрифугирования проб в течение 10 мин при 3000 об/мин.

Микробиоценоз кишечника цыплят изучали согласно методическим рекомендациям «Выделение и идентификация бактерий желудочно-кишечного тракта животных» от 11.02.2004 №13-5-02/2043. Определение массовой доли влаги мяса осуществляли при высушивании в сушильном шкафу при температуре  $(103 \pm 2) ^\circ\text{C}$  и при температуре  $(150 \pm 2) ^\circ\text{C}$  согласно ГОСТ 9793-2016. Массовую долю жира определяли с использованием экстракционного аппарата Сокслета и ускоренного метода с использованием фильтрующей делительной воронки согласно ГОСТ 23042-2015. Массовую долю белка определяли, используя метод Кьельдаля и фотометрический метод согласно ГОСТ 25011-2017. Массовую долю общей золы определяли согласно ГОСТ 31727-2012.



### 2.2.10. Получение хитозана из pupариев *Musca domestica*

Для получения хитозана из хитина pupариев *Musca domestica* использовали разработанную нами технологию (Пат. РФ 2615636).

Pupарии мух промывали водой до полной очистки от питательного субстрата, далее сушили при температуре 15-20 °С. Предварительно очищенные pupарии измельчали на шаровой мельнице до размеров частиц 0,2-0,3 мм. Далее к образцу добавляли щелочь, из расчета на 5 г образца на 100 мл 1,5% раствора гидроксида натрия, и перемешивали магнитной мешалкой на протяжении 1,5-2 часов (IKA RCT BASIC, Германия), затем фильтровали. К полученному сухому остатку добавляли неорганическую кислоту, из расчета на 5 г образца на 4% HCl в объеме 100 мл и перемешивали магнитной мешалкой на протяжении 1,5-2 часов, затем фильтровали и промывали из расчета на 5 г образца 500 мл дистиллированной воды. К полученному сухому остатку добавляли щелочь, из расчета на 5 г образца 100 мл 5% NaOH, и перемешивали магнитной мешалкой на протяжении 1,5-2 часов, далее фильтровали и промывали из расчета на 5 г образца на 500 мл дистиллированной воды. Полученный хитозан сушили в термошкафу при температуре 60 °С. Выход хитозана составлял 70-80 %. Полученный хитозан являлся порошком белого цвета со степенью деацетилирования 88-95%, содержанием протеинов менее 0,005% и влажностью менее 5%.

Исследования физико-химических свойств хитозана проводили на базе учебно-научно-испытательной лаборатории по определению качества пищевой и сельскохозяйственной продукции.

Содержание протеинов и жиров, полученного хитозана, определяли по ГОСТ 32905-2014 и ГОСТ 13496.4-93. Содержание основного вещества в абсолютно сухом образце согласно ГОСТ 31640-2012. Содержание золы определяли по ГОСТ 26226-95.

Изучение свойств полученного хитозана проводили при помощи спектрофотометрического анализа на спектрофотометре SHIMADZU UV- 1280.

Изучение адсорбционной способности исследуемых сорбентов по отношению к ионам меди (II) проводили с помощью спектрофотометрического

определения концентрации ионов меди и кинетических кривых адсорбции. Адсорбцию из растворов выполняли при постоянном перемешивании и постоянной температуре. Статический метод изучения адсорбции из растворов сводится к определению концентрации исходного раствора, встряхиванию навески адсорбента с раствором в течение времени, и определению концентрации вещества, оставшегося не адсорбированным.

Общая схема эксперимента представлена на рисунке 2.2.

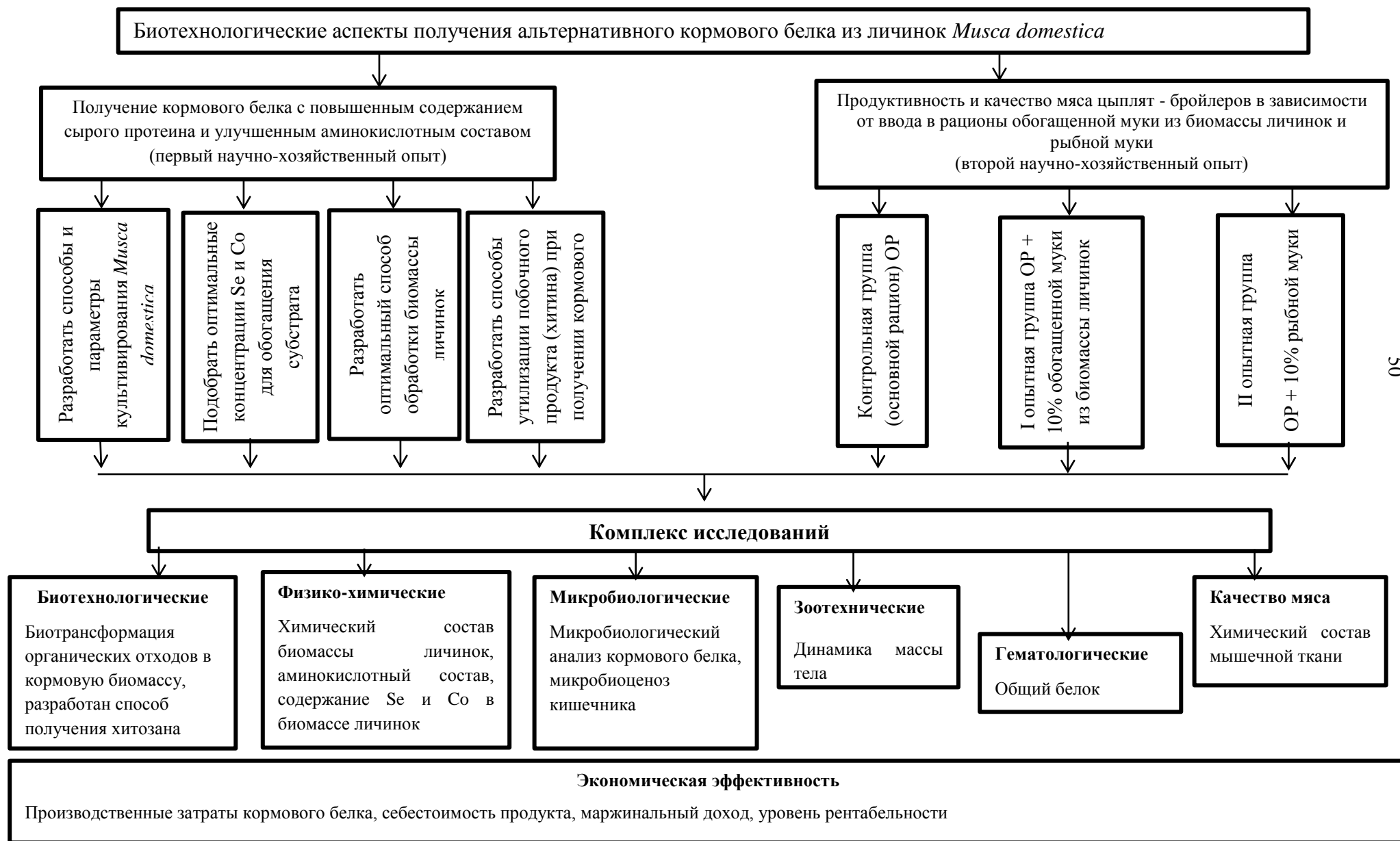


Рисунок 2.2 – Общая схема исследований

## **2.3. Результаты исследований и их обсуждение**

### **2.3.1. Параметры культивирования *Musca domestica*, обеспечивающие эффективную биотрансформацию органических отходов в кормовую биомассу**

Нами был определен жизненный цикл *M. domestica* равный в среднем 28-35 суток, период активной яйцекладки имаго составлял 20 дней. Также нами изучено влияние влажности и температуры субстрата на некоторые физиологические показатели имаго *M. domestica*. В результате проведенных экспериментов была установлена оптимальная температура для выращивания личинок в пределах 28 – 30 °С, относительной влажности 65–75 % и влажность субстрата 76%. Соблюдение данных условий микроклимата способствовало увеличению выплода личинок до 92 % и сокращению сроков развития личинок до стадии предкуколки до 4 дней, что на 1-2 дня раньше, чем в природной популяции. При таких условиях до 90 % личинок завершали свое развитие, и переходили в состояние предкуколок. При этом суточное количество отложенных яиц было 25–27 экз., а общая яйценоскость составила 490 – 612 яиц.

В результате исследований, было определено, что выживаемость яиц составила 96%. Аналогичные данные были получены Ю.А. Колтыпиным (1983); Н. Сіскова (2012); N. Kone (2016). Согласно этим исследованиям при изучении повышения жизнеспособности *M. domestica* на свином навозе было выявлено, что выживаемость личинок составила 94-97%.

По данным других зарубежных авторов, оптимальной для выращивания личинок является температура выше 25 °С. В природной популяции весь цикл развития *M. domestica* длится 10 дней. Однако в лабораторных условиях может быть сокращен до 6 дней (Hardouix, 2003). Результаты наших исследований показывают, что срок развития личинок до стадии предкуколки составил 4 дня.

### **2.3.2. Изучение динамики массы личинок**

В первые сутки эксперимента, когда происходил выход личинок из яиц, их масса на субстратах, обогащенных селеном и кобальтом, была на 38,1; 19,8; 11,5; 25,7% меньше, за исключением варианта с содержанием селена в концентрации 5

мг/кг, где она была на 18,6 % больше, чем в контроле. На наш взгляд, это обусловлено адаптацией организмов к наличию в питательной среде микроэлементов, обладающих высокой биологической активностью. Однако в течение последующих двух суток рост личинок был более интенсивным. Через 48 часов при культивировании личинок на нативном субстрате отмечали их максимальную биомассу. Наибольшая биомасса личинок *M. domestica* отмечена при культивировании в течение 72 ч (Таблица 2.4).

При этом на нативном субстрате их биомасса увеличивалась на 42,3 %, по сравнению с первым контрольным взвешиванием (24 ч). На субстрате с Se (5 мг/кг) увеличение биомассы составило 34,0 %; с Se (5 мг/кг) + Co (5 мг/кг) – 42 %; с Se (15 мг/кг) – 129,4%; с Se (15 мг/кг) + Co (15 мг/кг) – 77,2 %; с Se (20 мг/кг) + Co (20 мг/кг) – 103,2 %. Анализируя массу личинок через 72 ч, следует отметить, что на субстрате с селеном и кобальтом в концентрации 5 мг/кг и селеном в концентрации 15 мг/кг она практически не отличалась от величины аналогичного показателя в контроле. А на субстрате с селеном в концентрации 5 мг/кг; селеном и кобальтом в концентрации 15 мг/кг и 20 мг/кг была выше, чем в контроле, на 11,7; 10,2; 6,1 %. Через 96 часов культивирования масса личинок снижалась. По всей видимости, это было связано с физиологическим циклом развития личинок, переходом в стадию предкуколки. Данный факт имеет очень важное технологическое значение и его необходимо учитывать при коммерческом выращивании биомассы личинок для получения кормовой муки.

Таким образом, на данном этапе исследования было выявлено, что для получения максимальной биомассы оптимальными концентрациями являются Se (5 мг/кг), Se (15 мг/кг) + Co (15 мг/кг) после 72 часов культивирования.

Исследования по улучшению питательности субстрата и увеличению выхода биомассы личинок проводились в Новосибирском государственном аграрном университете коллективом ученых (Гудилин И.И., 1999; Сороколетов О.Н., 2006).

Таблица 2.4 – Динамика биомассы личинок (30 экз.) *Musca domestica*, г

Субстрат	Время эксперимента, ч			
	24	48	72	96
Нативный % P	0,2120 ± 0,0001 100,0	0,2846 ± 0,0104 134,3 < 0,001	0,3017 ± 0,0236 142,3 < 0,01	0,3049 ± 0,0176 143,8 < 0,001
Se (5 мг/кг) % P P	0,2515 ± 0,0088 100,0 P <sub>1,2</sub> ' < 0,001	0,2606 ± 0,0080 103,62 < 0,05 P <sub>2,2</sub> ' < 0,001	0,3369 ± 0,0258 133,96 < 0,01 P <sub>3,2</sub> ' < 0,001	0,3215 ± 0,0101 127,83 < 0,001 P <sub>4,2</sub> ' < 0,001
Se (15 мг/кг) % P P	0,1700 ± 0,0079 100,00% P P <sub>1,4</sub> ' < 0,001	0,1737 ± 0,0090 102,18% P <sub>4,2</sub> ' < 0,05 P <sub>2,4</sub> ' < 0,001	0,3120 ± 0,0078 183,53% P <sub>4,3</sub> ' < 0,001 P <sub>3,4</sub> ' < 0,001	0,2892 ± 0,0209 170,12% P <sub>4,4</sub> ' < 0,001 P <sub>4,4</sub> ' < 0,001
Se (5 мг/кг) + Co (5 мг/кг) % P P	0,1312 ± 0,0076 100,0 P P <sub>1,3</sub> ' < 0,001	0,1969 ± 0,0114 150,08 < 0,001 P <sub>2,3</sub> ' < 0,001	0,3010 ± 0,0050 229,42 < 0,001 P <sub>3,3</sub> ' < 0,001	0,2857 ± 0,0045 217,76 < 0,001 P <sub>4,3</sub> ' < 0,001
Se (15 мг/кг) + Co (15 мг/кг) % P P	0,1876 ± 0,0258 100,0 P P <sub>1,5</sub> ' < 0,001	0,2600 ± 0,0116 138,6 < 0,05 P <sub>2,5</sub> ' < 0,001	0,3325 ± 0,0082 177,2 < 0,001 P <sub>3,5</sub> ' < 0,001	0,2691 ± 0,0085 143,4 < 0,01 P <sub>4,6</sub> ' < 0,001
Se (20 мг/кг) + Co (20 мг/кг) % P P	0,1575 ± 0,0258 100,0 P P <sub>1,6</sub> ' < 0,001	0,2354 ± 0,0116 135,6 < 0,05 P <sub>2,6</sub> ' < 0,001	0,3200 ± 0,0082 157,2 < 0,001 P <sub>3,6</sub> ' < 0,001	0,2546 ± 0,0085 134,4 < 0,01 P <sub>4,6</sub> ' < 0,001

Примечание: P – критерий достоверности.

Была разработана и экспериментально проверена установка для получения личинок комнатной мухи, в которой высота перерабатываемого слоя субстрата достигала 2 м. Увеличение выхода биомассы личинок достигалось путем внесения в субстрат отродившихся личинок. Это способствовало увеличению выхода биомассы личинок на 14,3%, однако из-за возросшей конкуренции между личинками за доступ к питанию, средняя масса одной личинки снизилась на 21,5%.

### 2.3.3. Изучение химического состава биомассы личинок *Musca domestica*

#### 2.3.3.1. Содержание сырого протеина биомассы личинок *Musca domestica*

Для обогащения субстрата селеном и кобальтом нами были апробированы следующие концентрации данных микроэлементов: Se (5 мг/кг) + Co (5 мг/кг), Se (15 мг/кг) + Co (15 мг/кг), Se (20 мг/кг) + Co (20 мг/кг), Se (5 мг/кг) и Se (15 мг/кг). Содержание сырого протеина в биомассе личинок, выращенных на обогащенных субстратах, изучали через 72 часа после их культивирования. Данный показатель представлен в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Содержание сырого протеина в биомассе личинок *Musca domestica*, %

Биомасса личинок, выращенная на различных субстратах	Содержание сырого протеина, %
Контроль	58,00±0,04
Se 5 мг/ кг+Co5 мг/ кг	59,42±0,01
Se 15 мг/ кг +Co15 мг/ кг	61,72±0,06
Se 20 мг/ кг +Co20 мг/ кг	47,92±0,05
Se 5 мг/ кг	55,05±0,03
Se 15 мг/ кг	50,99±0,02

Следует отметить, что на субстратах с добавлением селена в концентрации 5 и 15 мг/кг в биомассе личинок, выращенных на таких субстратах, регистрировали 50,99 и 55,05 % сырого протеина, что было 2,95 и 7,01% меньше относительно контроля. Комплексное обогащение куриного помета селеном и кобальтом в концентрациях 5 и 15 мг/кг субстрата способствовало увеличению содержания сырого протеина в личинках на 1,42 и 3,72 % соответственно, по сравнению с контролем. Однако культивирование личинок на субстрате,

обогащенном Se (20 мг/кг) + Co (20 мг/кг) приводило к снижению содержания изучаемого показателя в их биомассе на 10,08 % относительно контроля.

Комплексное обогащение субстрата микроэлементами селеном и кобальтом в концентрации 15 мг/кг способствовало статически достоверному увеличению содержания сырого протеина 61,72 %, что было на 3,72% больше по сравнению с контролем. Таким образом, нами была установлена оптимальная концентрация селена и кобальта 15 мг на 1 кг для обогащения субстрата, способствующая увеличению содержания сырого протеина в биомассе личинок.

Полученные нами результаты коррелируют с данными ряда других авторов, по результатам исследований которых содержание сырого протеина в биомассе личинок *M. domestica* варьирует от 40 до 60% (Fasakin E.A. et al., 2003; Aniebo A.O. et al., 2008; Hwangbo J. et al., 2009; Adewolu M.A. et al., 2010; Aniebo A.O. and Owen O.J. 2010; Adesina M.A. et al., 2011; Pretorius Q., 2011).

#### **2.3.3.2. Динамика аминокислотного состава**

В современных условиях увеличение рентабельности производства, внедрение безотходных технологий и экологическая безопасность приобретают первостепенное значение.

В этой связи для повышения эффективности животноводства чрезвычайно важно учитывать сбалансированность рационов сельскохозяйственных животных по аминокислотному составу. Поскольку уровень конверсии кормового белка в белок мяса сельскохозяйственных животных зависит от рациона. Наиболее эффективно белок используется, когда соотношение отдельных незаменимых аминокислот к доступному лизину идеально или физиологически обусловлено.

Аминокислотный состав определяли в биомассе личинок *M. domestica*, культивированных на обогащенных субстратах со следующими концентрациями селена и кобальта: Se 1 мг/ кг, Se 5 мг/ кг, Se 15 мг/ кг, Se 5 мг/ кг + Co 5 мг/ кг и Se 15 мг/ кг + Co 15 мг/ кг. Данный показатель был изучен нами в динамике зависимости от используемой концентрации селена и кобальта в субстрате.

При изучении динамики аминокислотного состава биомассы личинок было выявлено, что концентрация аминокислот зависит от концентрации селена и



кобальта в субстрате и времени выхода личинок из субстрата. Было показано, что при добавлении к субстрату аспарагината кобальта и диацетофенонилселенида (Se 15 мг/ кг + Co 15 мг/ кг) наибольшее количество аминокислот достигало максимальных значений в биомассе личинок по сравнению с другими вариантами опыта (Таблица 2.6). При оценке аминокислотного профиля личинок, выращенных на субстрате с добавлением Se 15 мг/ кг + Co 15 мг/ кг, максимальное количество лизина, фенилаланина, лейцина+изолейцина, тирозина было достигнуто через 48 часов, а гистидина, валина, треонина, серина через 72 часа культивирования. Показатель метионина через 48 и 72 часа оставался на одном и том же уровне. Через 96 часов количество аминокислот в биомассе личинок снижалось, за исключением аргинина, пролина и глицина.

Таким образом, при выращивании биомассы личинок *M. domestica* на субстрате, обогащенном селеном и кобальтом в количестве 15 мг/кг, большее количество аминокислот достигают максимальной концентрации. Поскольку максимальную массу личинок и содержание сырого протеина регистрировали также через 72 часа культивирования, то в дальнейших исследованиях для получения биомассы личинок использовали именно это время.

Таблица 2.6 – Аминокислотный состав биомассы личинок *M. domestica*, культивируемых на субстрате с добавлением селена, %

Аминокислоты	Время культивирования, ч											
	Контроль <sup>1</sup>			Se 1 мг/кг <sup>2</sup>			Se 5 мг/кг <sup>3</sup>			Se 15 мг/кг <sup>4</sup>		
	48	72	96	48	72	96	48	72	96	48	72	96
Незаменимые аминокислоты												
Лизин	6,08±0,07	5,42±0,07	6,13±0,08	7,27±0,1	6,22±0,07	6,59±0,08	6,32±0,08	6,46±0,08	6,29±0,08	6,31±0,08	4,17±0,04	6,27±0,09
Фенилаланин	4,63±0,09	4,63±0,08	5,04±0,09	4,34±0,09	4,91±0,08	5,04±0,1	4,7±0,08	4,7±0,06	4,5±0,06	5,02±0,06	4,66±0,05	4,34±0,06
Гистидин	1,81±0,02	1,92±0,02	2,2±0,01	2,14±0,01	1,87±0,02	2,01±0,02	1,77±0,01	2,01±0,02	2,32±0,02	2,08±0,01	2,37±0,03	2,51±0,03
Лейцин+ Изолейцин	4,38±0,09	3,23±0,06	4,28±0,07	4,22±0,07	3,76±0,08	4,42±0,08	4,1±0,07	4,48±0,07	5,08±0,07	4,89±0,06	4,8±0,06	4,38±0,08
Метионин	0,27±0,02	0,31±0,01	0,55±0,02	0,88±0,03	0,85±0,02	0,85±0,03	0,83±0,02	0,97±0,01	0,9±0,02	1,22±0,04	0,58±0,02	0,37±0,02
Валин	3,66±0,06	3,54±0,06	3,6±0,07	3,28±0,07	3,82±0,07	4,08±0,07	3,64±0,07	4,09±0,07	4,29±0,05	4,24±0,04	4,01±0,07	3,86±0,04
Треонин	4,55±0,09	4,24±0,07	4,21±0,07	4,48±0,08	4,62±0,09	5,34±0,1	4,83±0,08	4,9±0,09	4,47±0,06	4,81±0,06	4,34±0,05	4,65±0,07
Аргинин	10,41±0,14	13,78±0,2	9,88±0,14	11,38±0,15	9,54±0,13	7,76±0,1	8,78±0,12	7,74±0,13	7,26±0,1	6,23±0,07	9,19±0,12	7,28±0,1
Заменимые аминокислоты												
Тирозин	4,3±0,04	4,15±0,07	4,36±0,08	4,22±0,07	4,5±0,09	4,3±0,08	5,07±0,09	4,58±0,09	4,41±0,06	4,87±0,06	4,88±0,05	4,9±0,08
Пролин	3,46±0,07	3,14±0,06	3,49±0,06	3,13±0,07	3,36±0,06	2,98±0,06	3,79±0,07	3,51±0,04	3,91±0,05	4,08±0,04	4,28±0,04	4,32±0,06
Серин	2,89±0,05	2,7±0,05	3,31±0,07	1,91±0,05	3,83±0,07	3,39±0,06	3,72±0,08	3,72±0,07	3,61±0,04	3,55±0,03	3,19±0,04	3,45±0,04
Аланин	5,89±0,07	5,81±0,08	5,53±0,07	4,83±0,06	5,12±0,06	5,41±0,06	4,89±0,06	5,13±0,06	5,19±0,07	5,04±0,07	5,52±0,06	5,65±0,08
Глицин	2,71±0,02	2,18±0,02	2,44±0,03	2,85±0,02	2,63±0,03	2,81±0,02	2,59±0,03	2,75±0,05	2,84±0,03	2,56±0,02	3,05±0,03	3,42±0,04

Примечание - <sup>1</sup>Контроль – нативный субстрат; <sup>2</sup>Se 1 мг/кг: субстрат с концентрацией Se 1 мг/кг;

<sup>3</sup>Se 5 мг/кг: субстрат с концентрацией Se 5 мг/кг; <sup>4</sup>Se 15 мг/кг: субстрат с концентрацией Se 15 мг/кг.

Таблица 2.7 – Аминокислотный состав биомассы личинок *M. domestica*, культивируемых на с субстрате с добавлением селена и кобальта (%)

Аминокислоты	Время культивирования, ч								
	Контроль <sup>1</sup>			Se+Co 5 мг/кг <sup>2</sup>			Se+Co 15 мг/кг <sup>3</sup>		
Незаменимые аминокислоты	48	72	96	48	72	96	48	72	96
Лизин	6,08±0,08	5,42±0,09	6,13±0,08	5,89±0,08	5,93±0,1	5,75±0,1	6,51±0,09	6,48±0,09	5,73±0,08
Фенилаланин	4,63±0,05	4,63±0,06	5,04±0,07	4,25±0,05	4,81±0,05	4,33±0,04	5,30±0,07	5,04±0,06	4,71±0,06
Гистидин	1,81±0,05	1,92±0,04	2,20±0,04	1,97±0,05	1,91±0,04	1,89±0,05	2,10±0,04	2,44±0,03	1,88±0,04
Лейцин+Изолейцин	4,38±0,06	3,23±0,04	4,28±0,04	4,26±0,04	4,95±0,06	5,08±0,07	5,63±0,06	5,46±0,07	3,90±0,05
Метионин	0,27±0,02	0,31±0,01	0,55±0,02	0,54±0,02	0,72±0,03	0,54±0,02	0,61±0,02	0,61±0,01	0,44±0,02
Валин	3,66±0,03	3,54±0,04	3,60±0,04	3,59±0,03	3,78±0,05	3,91±0,04	4,18±0,05	4,64±0,08	3,58±0,04
Треонин	4,55±0,08	4,24±0,07	4,21±0,08	3,97±0,08	3,20±0,06	3,50±0,06	4,46±0,09	5,01±0,09	3,23±0,06
Аргинин	10,41±0,18	13,78±0,22	9,88±0,16	12,15±0,19	10,84±0,18	10,14±0,17	8,33±0,13	7,03±0,13	13,64±0,21
Заменимые аминокислоты									
Тирозин	4,30±0,07	4,15±0,07	4,36±0,09	3,84±0,08	4,62±0,08	4,10±0,07	4,99±0,09	4,83±0,08	4,01±0,07
Пролин	3,46±0,03	3,14±0,06	3,49±0,06	2,92±0,05	3,42±0,07	5,10±0,1	3,55±0,06	3,91±0,08	4,44±0,08
Серин	2,89±0,06	2,70±0,05	3,31±0,06	3,31±0,07	3,12±0,06	2,80±0,06	2,61±0,05	3,40±0,04	2,37±0,05
Аланин	5,89±0,1	5,81±0,1	5,53±0,1	5,41±0,1	5,12±0,09	5,04±0,09	4,68±0,09	4,06±0,07	4,52±0,08
Глицин	2,71±0,02	2,18±0,04	2,44±0,05	2,91±0,05	2,57±0,06	2,87±0,06	2,05±0,04	2,05±0,05	2,52±0,05

Примечание - <sup>1</sup>Контроль – нативный субстрат; <sup>2</sup> Se+Co 5 мг/кг: субстрат с концентрацией Se и Co 5 мг/кг;

<sup>3</sup> Se+Co 15 мг/кг: субстрат с концентрацией Se и Co 15 мг/кг.

Анализируя полученные нами данные и сравнивая их с результатами других исследователей можно отметить, что по содержанию валина, лизина, фенилаланина, аргинина, пролина мука из биомассы личинок, выращенная на обогащенном субстрате (Se+Co 15мг/кг) превосходит личинки *M. domestica*, культивированные на субстратах без добавления селена и кобальта (Calvert, C.C. et al., 1969, Aniebo, A.O. et al., 2008, Hwangbo, J. et al., 2009). Согласно данным полученным Ogunji et al., 2006 личинки *M. domestica* по количеству лизина (4,4%), аргинина (4,6%) глицина (0,9%), валина (1,3%), тирозина (2,5%) значительно уступают биомассе личинок, полученных нами на обогащенном субстрате (Se+Co 15мг/кг) через 72 часа культивирования.

Таким образом, полученные нами данные позволяют сделать вывод, о том, что, предложенная нами методика позволяет получать биомассу личинок с улучшенным аминокислотным составом.

### **2.3.3.3. Содержание микроэлементов**

В настоящее время селен, признан незаменимым микроэлементом в питании млекопитающих и различных классов живых организмов, включая археи, водоросли, бактерии и многие эукариоты (Shamberger R.J., 1981; Foster L.H., Sumar S., 1997; Araie H., Shiraiwa Y., 2009; Stock T., Rother M., 2009; Pankratov A.N. et al., 2011; Scalickova S. et al., 2017). Селен является мощным каталитическим элементом, который формирует активные центры эукариотических белков. Кобальт также может быть включен в активные сайты белков, кроме того может выступать в качестве кофермента, состоящего из пирофосфатаз, пептидаз, аргиназ (Taylor A., Marks V., 1978; Nieboer E., Sanford W.E., 1985). Исходя из анализа данных литературы, нами была предпринята попытка разработать обогащенный селеном и кобальтом субстрат для культивирования личинок *M. domestica*. С целью получения на таком субстрате кормового белка с повышенным содержанием сырого протеина и улучшенным аминокислотным составом.

Биомассу личинок культивировали на субстратах с содержанием селена и кобальта 1; 5; 15 и 20 мг/кг. Содержание селена и кобальта в личинках изучали через 72 часа после культивирования. Как видно из таблицы 2.8 содержание

кобальта в кормовом белке, полученном на субстрате, обогащенном Со в концентрации 15 мг/кг, было 0,64 мг/кг, что практически соответствовало контролю. Возможно, это связано особенностями метаболизма кобальта в организме насекомых. Однако, содержание Se в данном образце было больше, чем в образцах 2 и 3 в 10 и 3,3 раза соответственно. В биомассе личинок, полученных на субстратах с содержанием кобальта 1; 5 и 20 мг/кг концентрация данного микроэлемента была незначительно ниже контроля. Несмотря на то, что образец 5 превосходил образец 4 по содержанию селена в 1,8 раза, количество сырого протеина в нем было на 13,8 % меньше, чем в образце 4, о чем свидетельствовали наши предыдущие испытания. Следовательно, концентрация селена и кобальта 15мг/кг в субстрате является оптимальной для получения альтернативного кормового белка.

Таблица 2.8 – Содержание селена и кобальта в кормовом белке, мг/кг

Образец	Кол-во внесенного Со, мг/кг	Содержание Со в личинках мг/кг	Кол-во внесенного Se, мг/кг	Содержание Se в личинках мг/кг
1 контроль	0	0,63±0,06	–	–
2	1	0,62±0,06	1	0,005±0,001
3	5	0,58±0,03	5	0,015±0,002
4	15	0,64±0,05	15	0,050±0,005
5	20	0,61±0,05	20	0,090±0,009

#### 2.3.4. Способы обработки биомассы личинок *Musca domestica*

С целью получения кормовой муки из биомассы личинок нами проводилось их обработка с помощью различных видов сушки (лиофильная сушка, инфракрасная сушка, высушивание в сушильном шкафу) с последующим изучением содержания сырого протеина в полученных образцах (Таблица 2.9).

Таблица 2.9 – Влияние способа обработки на содержание сырого протеина в муке из биомассы личинок *Musca domestica*, %

Проба муки	Исходное содержание сырого протеина в биомассе личинок, %	Способ сушки		
		Лиофильная сушка	Инфракрасная сушка	Сушильный шкаф
Контроль, %	58,00 ± 2,74 100,0	53,62 ± 2,41 92,4	46,72 ± 2,12 80,6	46,55 ± 1,92 80,3
Опыт Se (15 мг/кг) +Co (15 мг/кг)%	61,72 ± 2,81 100,0	59,28 ± 2,53 96,0	53,42 ± 2,27 86,6	46,57 ± 2,08 75,5

Как следует из таблицы 2.9, наиболее эффективной оказалась лиофильная сушка муки из личинок *Musca domestica*. При этом содержание сырого протеина в контроле и опыте уменьшилось соответственно лишь на 7,6 и 1,5 % по сравнению с исходным показателем. На наш взгляд, следует обратить внимание на изменение содержания сырого протеина в муке из личинок *M. domestica* при различных способах сушки. Как видно из таблицы 2.9, содержание сырого протеина в муке из личинок, выращенных на нативном субстрате, при лиофильной, инфракрасной сушке и сушке в сушильном шкафу снижалась соответственно на 7,6; 19,4 и 19,7 % по сравнению с исходным значением. Для муки из личинок, выращенных на обогащенном микроэлементами селеном и кобальтом субстрате, эти значения составили 4,0; 13,4 и 24,5. Иными словами, наиболее оптимальным способом обработки является инфракрасная сушка, поскольку наряду с возможностью максимальной сохранности сырого протеина также является и наиболее рентабельным способом. Подобные результаты по выбору оптимального способа обработки были получены и другими учеными при обработке семян и сухой формы микробного препарата (Патент РФ № 2433364; Патент РФ № 2346032).

### 2.3.5. Бактериальная обсемененность биомассы личинок после различных видов обработки

Для изучения бактериальной обсемененности нами было проведено микробиологическое исследование на наличие патогенной микрофлоры в муке из личинок *M. domestica* после сушки в сушильном шкафу, лиофильной и инфракрасной сушке. Для этого определяли общее микробное число, отсутствие токсинообразующих анаэробов; патогенных микроорганизмов, в том числе сальмонелл; протей; энтеропатогенных типов кишечной палочки в кормовой муке после применения различного вида сушек. Результаты эксперимента представлены в таблице 2.10.

Таблица 2.10 – Микробиологические показатели муки из личинок после различных видов обработки

Наименование показателя	Ед. изм.	Результат испытаний	Норматив
Мука из личинок <i>M. domestica</i> после лиофильной сушки			
Общее микробное число	г	обнаружено не более 500 тыс. микробных тел	допускается не более 500 тыс. микробных тел
Анаэробы	г	не обнаружено в 0,1	не допускается в 0,1
Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы	г	не обнаружено в 50,0	не допускается в 50,0
Протей	г	не обнаружено в 0,1	не допускается в 0,1
Энтеропатогенные типы кишечной палочки		не обнаружено в 0,1	не допускается в 0,1

Продолжение таблицы 2.10

Наименование показателя	Ед.изм.	Результат испытаний	Норматив
Мука из личинок <i>M. domestica</i> после обработки в инфракрасном шкафу			
Общее микробное число	г	обнаружено не более 500 тыс. микробных тел	допускается не более 500 тыс. микробных тел
Анаэробы	г	не обнаружено в 0,1	не допускается в 0,1
Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы	г	не обнаружено в 50,0	не допускается в 50,0
Протей	г	не обнаружено в 0,1	не допускается в 0,1
Энтеропатогенные типы кишечной палочки	г	не обнаружено в 0,1	не допускается в 0,1
Мука из личинок <i>M. domestica</i> после обработки в сушильном шкафу			
Общее микробное число	г	обнаружено не более 500 тыс. микробных тел	допускается не более 500 тыс. микробных тел
Анаэробы	г	не обнаружено в 0,1	не допускается в 0,1
Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы	г	не обнаружено в 50,0	не допускается в 50,0
Протей	г	не обнаружено в 0,1	не допускается в 0,1
Энтеропатогенные типы кишечной палочки	г	не обнаружено в 0,1	не допускается в 0,1



Таким образом, по результатам проведения микробиологического исследования вышеуказанных групп микроорганизмов в образцах муки из биомассы личинок после различных видов обработки выделено не было.

Помимо этого, некоторые авторы отмечают, что личинки могут снижать количество некоторых микроорганизмов, например *Escherichia coli* O157: H7 и *Salmonella enterica* (Erickson et al., 2004), возможно это обусловлено наличием антимикробных пептидов в их организме. Так, при внесении *Salmonella enteritidis* в куриный помет в количестве  $10^7$  КОЕ/г при культивировании на нем личинок через 3 дня отмечали снижение количества данных микроорганизмов до  $2,5 \lg$  КОЕ/г, а через 6 дней  $1,9 \lg$  КОЕ/г (Erickson M.C. et al., 2004).

### **2.3.6. Изучение влияния альтернативного кормового белка на некоторые физиологические показатели цыплят-бройлеров**

#### **2.3.6.1. Общий белок крови цыплят - бройлеров**

Для изучения влияния кормового белка с повышенным содержанием сырого протеина и улучшенным аминокислотным составом нами были проведены испытания на цыплятах - бройлерах кросса «Кобб 500». Основным показателем, характеризующим интенсивность обменных процессов в организме птицы, является общий белок крови.

При изучении содержания общего белка крови было выявлено, что данный показатель был выше у цыплят 2 группы, чем в контроле на 10,64% и на 25,52% по отношению к 3 группе птиц, что свидетельствовало о более интенсивно протекающих обменных процессах и нарастающих процессах ассимиляции на заключительном периоде выращивания птицы (Рисунок 2.3).

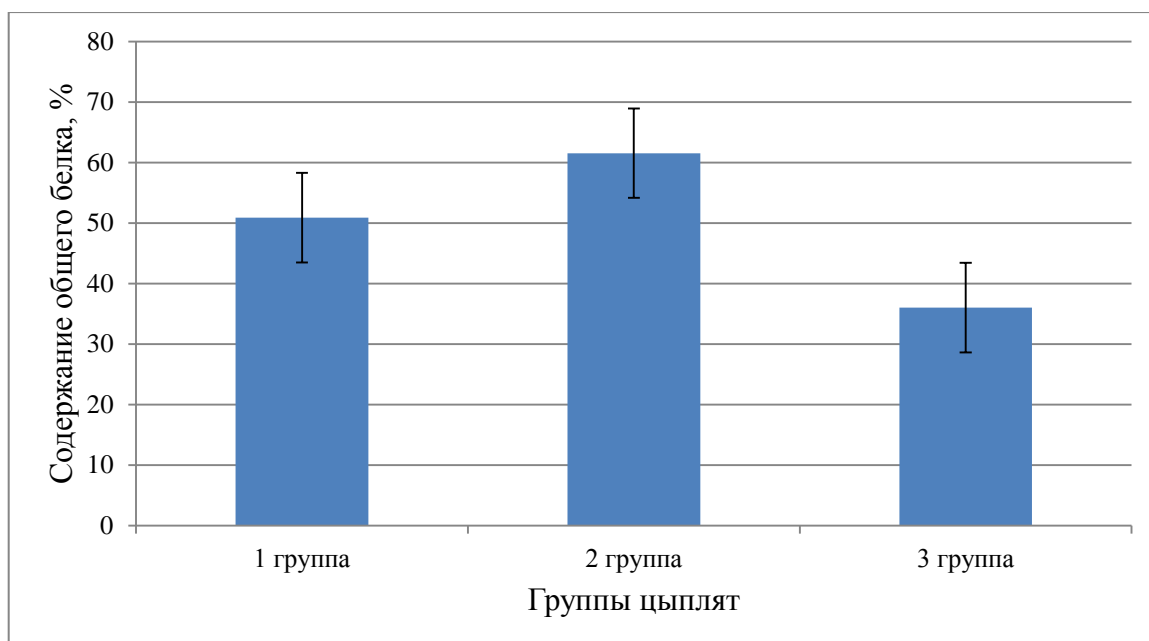


Рисунок 2.3 – Содержание общего белка в крови цыплят - бройлеров кросса «Кобб 500»

Вместе с тем, следует отметить, что данный показатель находился в пределах физиологически нормальных значений (Карапетян А.К., 2013).

#### 2.3.6.2. Изучение некоторых показателей микробиоценоза кишечника цыплят

При изучении микробиоценоза кишечника цыплят было выявлено (Рисунок 2.4), снижение стафилококков во второй группе на  $96,93 \cdot 10^3$  КОЕ/г по сравнению с третьей группой и на  $47,65 \cdot 10^3$  КОЕ/г по сравнению с контролем. Стафилококки являются условно-патогенными микроорганизмами, которые занимают значительное место в патологиях сельскохозяйственной птицы, снижение их концентрации на фоне кормления цыплят комбикормом с добавлением биомассы личинок свидетельствует о позитивном влиянии альтернативного кормового белка на организм цыплят. Данный факт может быть обусловлен добавлением в рацион селена и кобальта в составе кормового белка, которые способствуют улучшению микробиоценоза кишечника, поскольку угнетают деятельность ряда патогенных микроорганизмов в желудочно-кишечном тракте (Мишанин Ю.Ф. и др., 2006). При этом ассоциативная микрофлора кишечника поддерживает микробиологический гидролиз пищевых

компонентов, необходимых организму хозяина, что оказывает положительное влияние на здоровье и продуктивность птицы. Кроме того, биомасса личинок содержит антимикробные пептиды, ненасыщенные жирные кислоты, которые также обладают ингибирующим действием на патогенную флору (Пантелеев П.В. и др., 2015; Meneguetti B.T. et al., 2017).

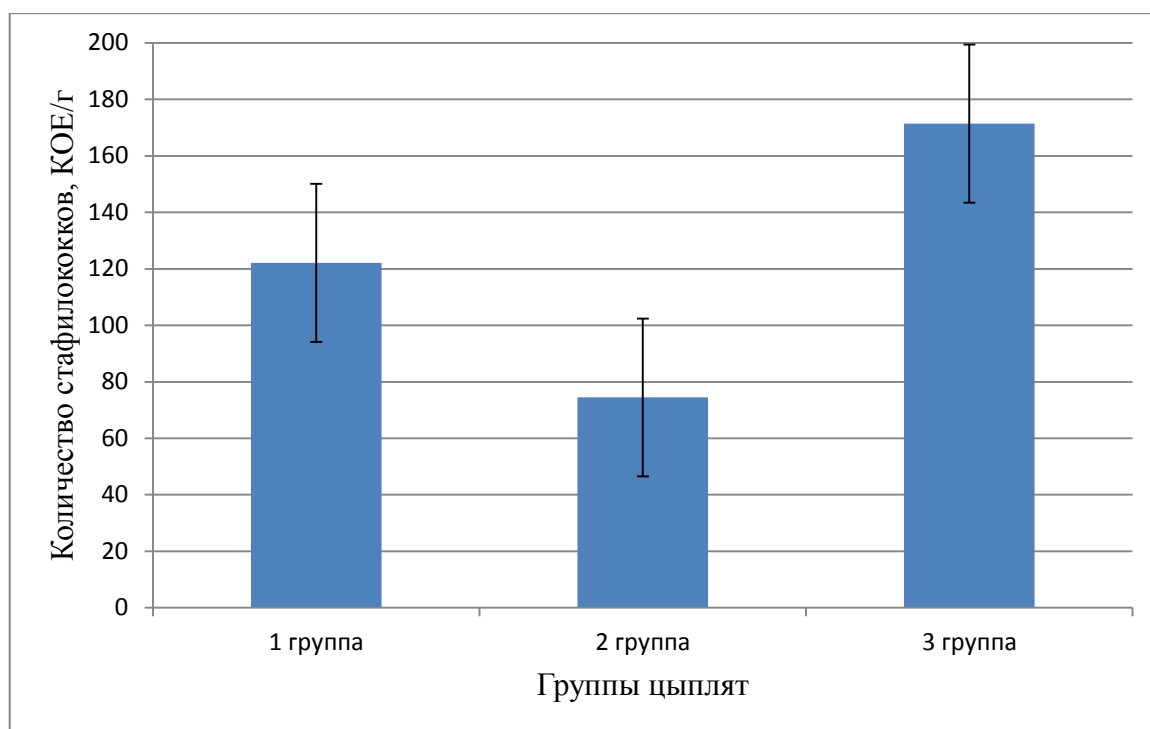


Рисунок 2.4 – Количество стафилококков в кишечнике цыплят

На рисунке 2.5 представлены результаты по исследованию содержания лактобактерий в кишечнике цыплят. Во 2 группе наблюдалось увеличение лактобактерий на протяжении всего опыта. Так, лактобактерий во 2 группе было больше на  $191,85 \cdot 10^7$  КОЕ/г, чем в контроле и на  $301,7 \cdot 10^7$  КОЕ/г, чем в 3 группе. Следовательно, по результатам микробиологического исследования можно сказать, что использование в кормлении цыплят - бройлеров альтернативного кормового белка из личинок *Musca domestica* оказывает заметное выраженное влияние на колонизацию кишечника лактобактериями. Это могло быть связано с наличием биологически активных веществ в биомассе личинок, оказывающих позитивное влияние на нормофлору кишечника (Wang G. et al., 2015).

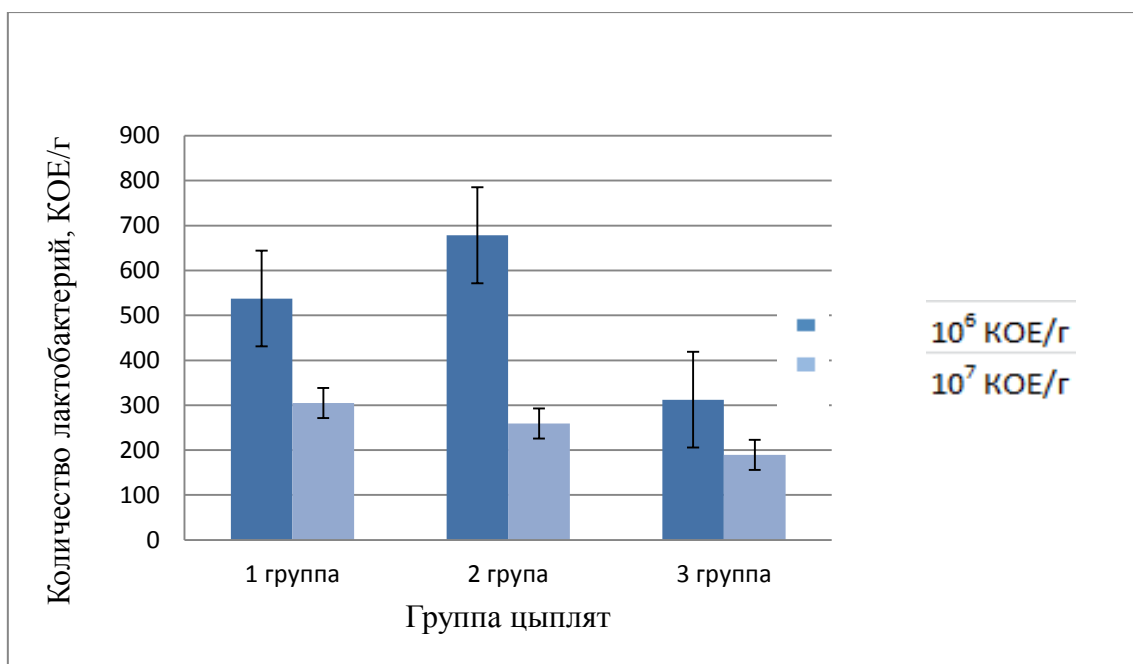


Рисунок 2.5 – Содержание лактобактерий в кишечнике цыплят

### 2.3.6.3. Анализ продуктивных показателей цыплят

Анализ продуктивных показателей включал в себя прирост массы тела и химический анализ мяса птицы трех групп.

На рисунке 2.6 представлены результаты начального, промежуточного и конечного взвешивания цыплят - бройлеров.

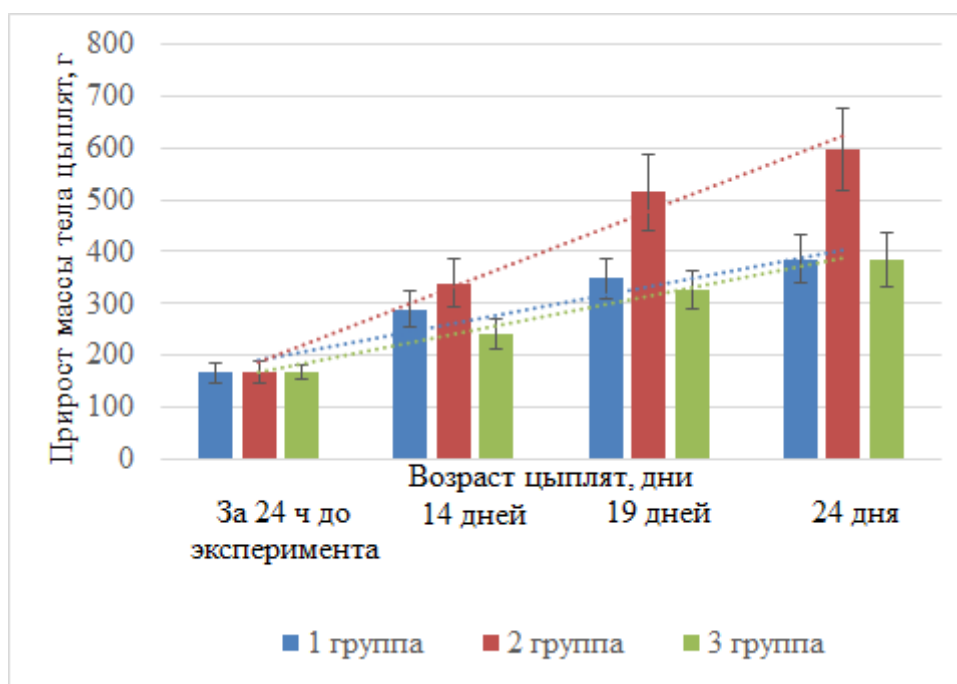


Рисунок 2.6 –Динамика прироста массы тела цыплят

Во второй группе отмечено значительное повышение прироста массы тела цыплят через 19 дней эксперимента. Так, на 19 день средний прирост массы тела птиц во второй группе увеличился на 171,5 г, что было на 49,6 г больше, чем в 1 группе, и на 81,9 г – в 3 группе по сравнению с начальным взвешиванием. Взвешивание цыплят - бройлеров в конце эксперимента показало, что прирост массы тела цыплят на 24 день был больше во 2 группе в 1,54 и 1,55 раза по сравнению с контролем и 3 группой соответственно.

Кроме того, нами был изучен химический состав мяса птицы. Так наибольшее содержание белка (Таблица 2.11) было зарегистрировано во второй группе 20,92%, что на 4,66%; 4,06% было больше контроля и третьей группы соответственно. Массовая доля жира была во 2 и 3 группе меньше на 2,57% и 0,68%, чем в контроле соответственно. Содержание золы во 2 образце было больше в 2,16 и 2,01 раза, чем в контроле и 3 группе соответственно.

Таблица 2.11 – Химический состав мяса птицы

Наименование показателей, ед. изм.	1 группа	2 группа	3 группа
Массовая доля влаги, %	69 ± 1,2	70,1 ± 2,5	70,7 ± 1,3
Массовая доля жира, %	10,53 ± 0,43	7,96 ± 0,26	9,85 ± 0,37
Массовая доля белка, %	16,26 ± 0,59	20,92 ± 0,63	16,86 ± 0,42
Массовая доля золы, %	0,92 ± 0,04	1,99 ± 0,02	0,99 ± 0,03

Таким образом, согласно результатам химического анализа, мясо цыплят 2 группы, получавшей в составе комбикорма муку из биомассы личинок в количестве 10% по уровню протеина значительно отличалось от других групп,

что свидетельствовало о достаточно высоком уровне энергетического обмена у животных данной группы.

### **2.3.7. Утилизация отходов при производстве альтернативного кормового белка и изучение полученного продукта (хитозана)**

#### **2.3.7.1. Получение хитозана из пупариев *Musca domestica***

В настоящее время все большую актуальность приобретают безотходные или малоотходные технологии, что позволяет повысить рентабельность производства и снизить нагрузку на окружающую среду. Производство кормовой муки из биомассы личинок с последующей переработкой отходов (хитинсодержащего сырья) в хитозан является именно такой технологией. Существующие на данный момент способы получения хитозана сводятся к обработке хитина высокими концентрациями кислот и щелочей при высокой температуре, что отрицательно влияет на качество готового продукта. Кроме того, эти технологии не экономичны.

Нами был разработан способ получения хитозана из пупариев *Musca domestica* и подана заявка на патент. В марте 2017 года был получен патент на изобретение № 2615636 «Способ получения хитозана». Технология получения хитозана состоит из следующих последовательных стадий (Рисунок 2.7):

1 стадия. Пупарии мух промывали водой до полной очистки от питательного субстрата, далее сушили при температуре 15-20 °С.

2 стадия. Полученные пупарии измельчали на шаровой мельнице до размеров частиц 0,2-0,3 мм.

3 стадия. К 5 г измельченных пупариев добавляли 100 мл 1-1,5% раствора гидроксида натрия, и перемешивали, магнитной мешалкой, на протяжении 1,5-2 часов, затем фильтровали.

4 стадия. К полученному сухому остатку добавляли 3,5-5% HCl, в объеме 100 мл и перемешивали магнитной мешалкой, на протяжении 1,5-2 часов, затем фильтровали и промывали 500 мл дистиллированной воды.

5 стадия. К полученному сухому остатку добавляли 100 мл 4,5-5% NaOH и перемешивали, магнитной мешалкой на протяжении 1,5-2 часов, далее фильтровали и промывали 500 мл дистиллированной воды.

6 стадия. Полученный хитозан сушили в термошкафу при температуре 60°C. Выход хитозана составил 70-80 %.

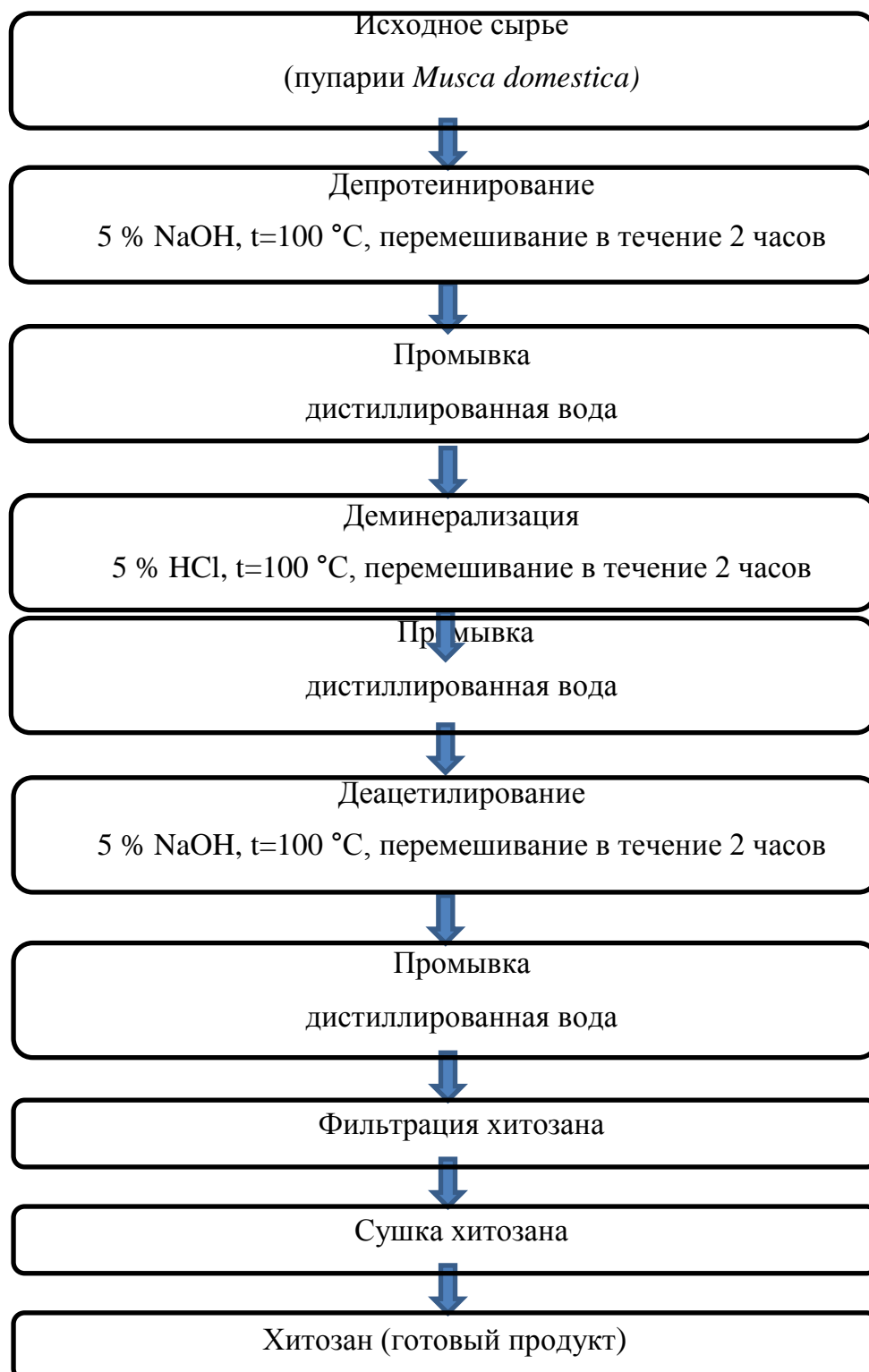


Рисунок 2.7 – Схема получения хитозана из пупариев *Musca domestica*

Для подтверждения актуальности использования пупариев *Musca domestica* в качестве сырья для получения хитозана нами были изучены показатели процентного выхода хитозана из ракообразных и пупариев *Musca domestica*. Хитозан характеризуется, согласно ТУ 2321-005-63732773-2012, такими параметрами: внешний вид, цвет, массовая доля воды, остаток после прокаливании нерастворимых веществ и степень деацетилирования, которые приведены в таблице 2.12.

Таблица 2.12 – Основные физико-химические характеристики готового продукта

Показатель	Значение по ТУ	Образец 1	Образец 2	Образец 3
1	2	3	4	5
Внешний вид	крупа белого цвета	крупа белого цвета	крупа белого цвета	крупа белого цвета
Степень деацетилирования, %	85	89	88	95
Содержание протеинов и жиров, не более, %	0,01	0,005	0,005	0,005
Содержание основного вещества в абсолютно сухом образце, не менее, %	99,9	99,9	99,9	99,9
Зольность, не более, %	0,1	0,1	0,1	0,1
Влажность, не более, %	12	5	5	5



Полученный хитозан является порошком белого цвета со степенью деацетилирования 88-95%, содержанием протеинов менее 0,005% и влажностью менее 5%. Разработанный нами способ получения природного полисахарида хитозана из пупариев *Musca domestica* отличается от традиционного более низкой себестоимостью.

Из таблицы видно, что хитозан, произведенный по предложенному нами способу соответствует характеристикам ТУ. В таблице 2.12 показана сравнительная характеристика хитозана, полученного из пупариев *M. domestica*.

Проведённые исследования показали, что содержание протеинов и жиров в образцах 1, 2, 3 соответственно равны 0,005 %. Содержание основного вещества в абсолютно сухом образце в коммерческом хитозане и в 3 образцах были равны 99,9 %. Содержание золы в коммерческом хитозане и в 3 образцах было 0,1 %.

Таблица 2.13 - Сравнение аналогового способа производства хитозана с заявленным способом

Наименование показателя	Способ 1 по патенту RU №2067588	Способ 2 по патенту RU №2067588	Заявленный способ
Масса измельченного пупариев, г	3	3	5
Масса сухого хитозана, г	2,67 (89%)	2,63 (87%)	4,03 (81%)
Степень деацетилирования, %	70	85	95

Приведенные примеры в таблице 2.13 свидетельствуют о том, что использование способа получения хитозана из пупариев *M. domestica* при сохранении аналогичного количества конечного продукта позволяет повысить его качество с одновременным уменьшением расхода времени и реактивов на

производство единицы продукции. Разработанный нами способ свидетельствует об усовершенствовании и расширении технологии получения хитозана.

В результате анализа сравнительных данных можно заключить, что перспективным сырьем для получения хитозана является пупарии *Musca domestica*, так как приведенные в таблице показатели свидетельствуют о том, что по основным пунктам химического выхода хитозана пупарии *M. domestica* не уступают другим хитинсодержащим источникам и имеют большую экономическую эффективность.

По сравнению с другими источниками получения хитозана, они отличаются быстрым восстановлением израсходованных ресурсов и дешевой стоимостью сырья, являющегося отходом при производстве кормового белка.

### 2.3.7.2. Органолептические показатели хитозана

В таблице 2.14 представлены органолептические показатели хитозана, полученного из пупариев *Musca domestica* по разработанной технологии.

Таблица 2.14 – Органолептические показатели хитозана

Наименование	Характеристика и значение показателя	
	Хитозан, полученный из пупариев <i>Musca domestica</i>	Хитозан, полученный из ракообразных (промышленный)
Вид	крупа белого цвета	мелковолокнистые частицы
Цвет	белый	белый
Запах	без запаха	без запаха

Внешний вид полученного хитозана из пупариев *Musca domestica* представлен на рисунке 2.8.



Рисунок 2.8 – Хитозан из пупариев *Musca domestica*

Как можно заключить из данного раздела, органолептические показатели пупариев *Musca domestica* практически идентичны биополимеру, полученному традиционным способом из ракообразных (Таблица 2.13).

#### **2.3.7.3. Исследование свойств хитозана из пупариев *Musca domestica***

##### **УФ-спектрофотометрией**

Для разработки спектрофотометрического способа определения хитозана нами был записан спектр и установлено, что оптимальной длиной волны является 252 нм при длине кюветы 10 мм (Рисунок 2.9).

Для определения концентрации и чистоты получаемого вещества нами был построен градуировочный график хитозана при длине волны 252 нм и концентраций 3; 1,5; и 0,75 мг/мл (Таблица 2.15).

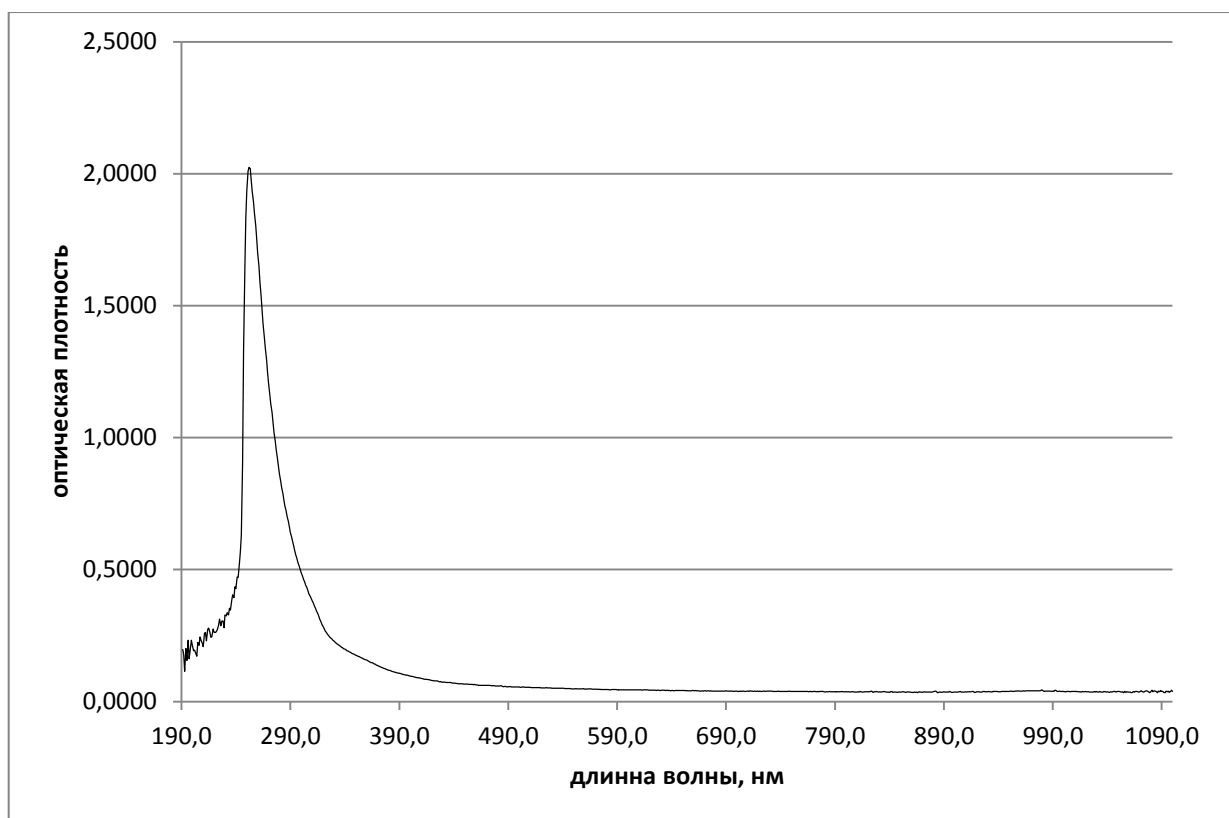


Рисунок 2.9 – УФ спектр хитозана

Таблица 2.15 – Данные спектрофотометрического анализа

Наименование	Оптическая плотность	Концентрация, мг/мл
1	2	3
Градуировочный раствор №1	0,185	3
Градуировочный раствор №2	0,058	1,5
Градуировочный раствор №3	0,006	0,75
Опыт №1 образец №1	0,055	1,40
Опыт №2 образец №2	0,061	1,48

В результате проведенных исследований построен градуировочный график (Рисунок 2.10) и рассчитана концентрация хитозана в сравнении со стандартным образцом.

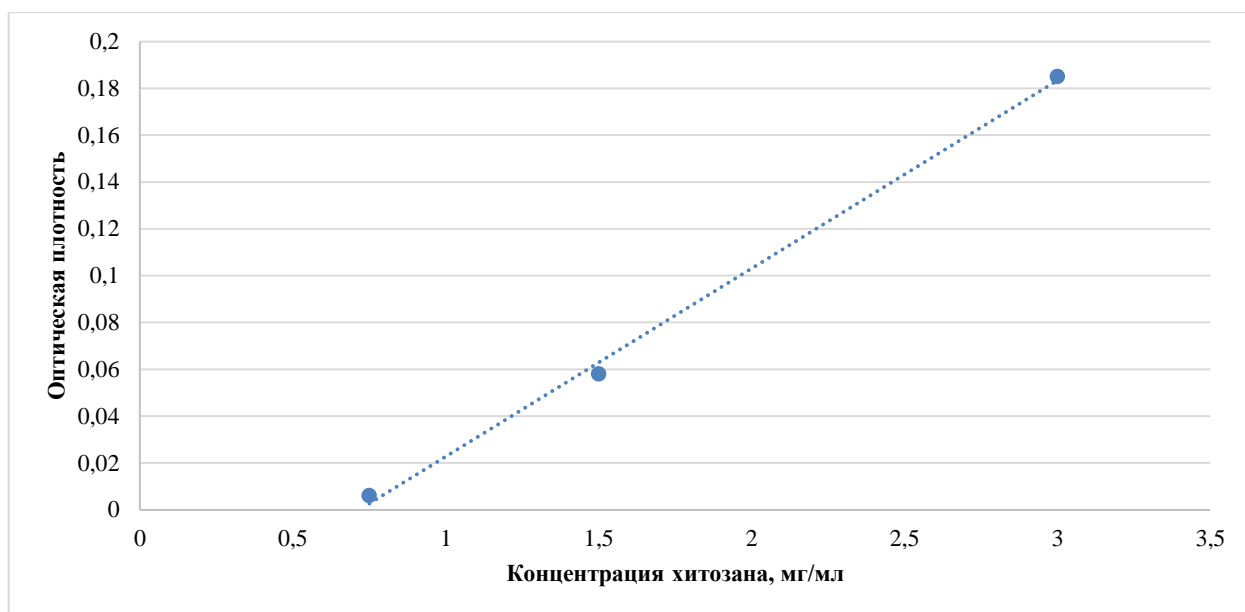


Рисунок 2.10 – Градуировочный график хитозана

В результате проведенных исследований выявлено, что для установления чистоты вещества возможно применение спектрофотометрического метода детектирования хитозана предложена и апробирована методика определения концентрации хитозана при 252 нм и длине оптического пути 10 мм.

Таким образом, установлено, что хитозан, полученный разработанным нами методом, соответствует по физико-химическим характеристикам стандартным образцам хитозана.

Синтезированный нами хитозан, обладает высокой химической чистотой при низкой себестоимости исходного сырья, которое является вторичным продуктом при производстве белка из биомассы личинок *M. domestica*.

#### **2.3.7.4. Изучение адсорбционной емкости хитозана, полученного из альтернативного источника сырья по отношению к ионам меди**

Молекула хитозана имеет избыточный положительный заряд, этим отчасти объясняется способность хитозана связывать и прочно удерживать ионы различных металлов. Наличие большого количества водородных связей обуславливает возможность данного полимера связывать большое количество органических водорастворимых веществ. Вышеуказанные свойства могут быть использованы в таких областях, как сельское хозяйство, текстильная, пищевая и косметическая промышленность.

Нами установлена зависимость адсорбции ионов меди исследуемыми адсорбентами во времени в смеси адсорбент-раствор соли металла.

После экспозиции раствора хитозана с ионами меди в течение 1 часа адсорбционную емкость, полученного нами хитозана, изучали в сравнении с коммерческим хитозаном, хитином, активированным углем и препаратом полисорб. Активированный уголь — пористое вещество, которое получают из различных углеродосодержащих материалов органического происхождения: древесного угля, каменноугольного кокса, нефтяного кокса, скорлупы кокосовых орехов и других материалов. Содержит огромное количество пор и поэтому имеет очень большую удельную поверхность на единицу массы, вследствие чего обладает высокой адсорбционной способностью. Препарат «Полисорб» — неорганический неселективный полифункциональный сорбент на основе высокодисперсного кремнезема с размерами частиц до 0,09 мкм и с химической формулой  $\text{SiO}_2$  (оксид кремния).

В ходе эксперимента было выявлено, что наибольшей адсорбционной емкостью обладал полученный нами хитозан образец 1, которая была выше показателя коммерческого хитозана на 17,9%, образца 2 на 45,2%, активированного угля на 46,0%, полисорба на 63,8% (Рисунок 2.11).

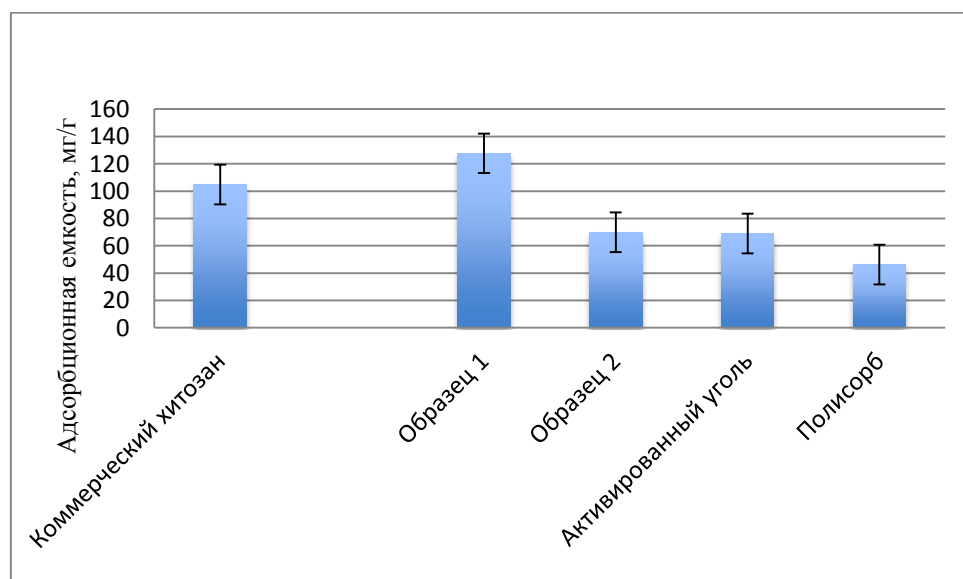


Рисунок 2.11 - Адсорбционная емкость изучаемых сорбентов

При изучении адсорбционной емкости вышеуказанных сорбентов в

динамике были получены следующие результаты (Рисунок 2.12).

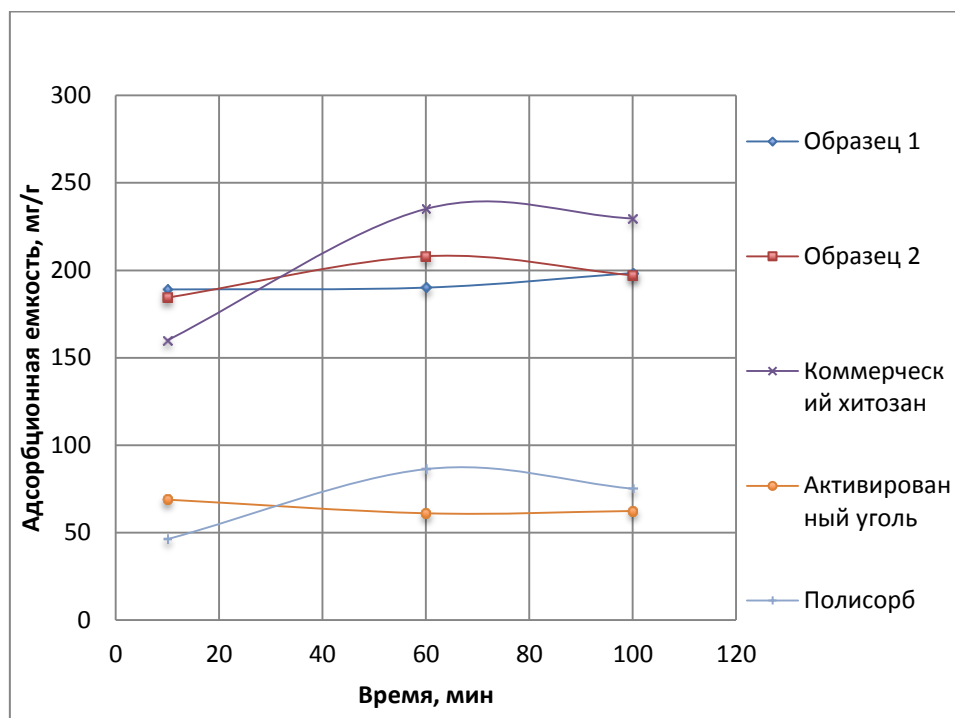


Рисунок 2.12 - Динамика адсорбционной емкости

Динамику адсорбционной емкости изучали через 20, 40, 60, 80, 100 и 120 минут. При изучении данного показателя для препарата полисорб было выявлено, через 10 мин он составлял 46 мг/г, затем незначительно повышался через 60 мин экспозиции на 30 % процентов, что составило 60 мг/г, по сравнению с началом эксперимента, далее с течением времени оставался примерно на одинаковом уровне. Аналогичные значения адсорбционной емкости были зарегистрированы для активированного угля с менее выраженной динамикой. Вместе с тем следует отметить, что аналогичный показатель образца коммерческого хитозана через 10 мин исследования находился на уровне 190 мг/г, через 60 мин эксперимента повышался до 197 мг/г и далее сохранялся приблизительно на этом же уровне. Однако, адсорбционная емкость испытуемых образцов хитозана 1 и 2 через 10 мин была выше коммерческого хитозана 235 мг/г и 208 мг/г, и с течением времени оставалась относительно стабильной.

Анализируя полученные нами данные можно заключить, что наименьшей адсорбционной емкостью обладали активированный уголь и полисорб, данный показатель изменялся во времени незначительно. Вместе с тем, образцы хитозана

обладали большей адсорбционной емкостью по сравнению с наиболее распространенными коммерческими адсорбентами, и изменения адсорбции во времени были незначительными.

Аналогичные данные по изучению адсорбционной активности активированного угля, полисорба, коммерческих образцов хитозана были получены рядом авторов В.Г. Николаевым (2005); Е.П. Герниковым (2013); Е.И. Рябининым (2016).

Полученные данные свидетельствуют о том, что предложенный нами способ получения хитозана позволяет увеличить выход готового продукта, расширить сырьевую и технологическую базы получения хитина и хитозана за счет использования, как тел синантропных мух, так и форм их постадийного развития, а именно пупариев, получить единый технологический цикл.



## 2.4. Экономическое обоснование

На основании проведенных экспериментальных опытов по скармливанию альтернативного кормового белка с улучшенным аминокислотным составом из личинок *Musca domestica* цыплятам - бройлерам кросса «Кобб 500» и получению от них мясной продукции провели подсчеты экономической эффективности. В таблице 3.1 представлены затраты денежных средств на производство кормового белка из личинок *Musca domestica* при объеме производства 1000 кг.

Таблица 3.1 – Затраты денежных средств на производство кормового белка из личинок *Musca domestica*

Виды работ	Объем работ	Затраты, руб.*
Содержание имаго (взрослые мухи) в садках (кормление, поение)	Количество корма в кг Количество воды в л	10,5 кг отруби (6,5 руб. за 1 кг) = 68,25 руб. 2,1 кг сух молока (50 руб. за 1 кг)=105 руб. 3,15 л воды = 5,36 руб.
Оплата труда работникам, занятым на производстве (Сбор яиц с субстрата, внесение яиц на субстрат, сбор личинок при помощи выгоночного бункера)	Заработная плата персонала	60 тыс. руб.
Обогащение субстрата селеном и кобальтом	Внесение диацетофенонилселенида и аспарагината кобальта в субстрат	325 руб.
Итого, руб.		60503,61

Затраты на оплату труда по повременной системе оплаты труда составят 20 тыс.руб. \* 5 чел./30 дн.\*18 = 60 тыс. руб.

На рынке кормовых добавок содержание сырого протеина в рыбной муке колеблется 55-64 %, а стоимость 1 кг от 53 до 83 руб. На основании расчетов мы можем видеть, что при производстве кормового белка из личинок *Musca domestica* его стоимость имеет среднее значение 60,5 руб./кг (Таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Сравнительная оценка источников белка животного происхождения в кормлении животных

Кормовой белок	Содержание сырого протеина, %	Цена, руб. за 1000 кг
Рыбная мука	55	53000
Рыбная мука	64	83000
Мука из личинок <i>M. domestica</i>	61,7	60504

Сравнительная экономическая эффективность использования рыбной муки и кормового белка *Musca domestica* была рассчитана на период кормления - 18 дней (Таблица 3.3).

При сопоставлении показателей экономической эффективности использования в качестве кормовой добавки рыбной муки и кормового белка *Musca domestica* мы можем видеть, что использование кормового белка *Musca domestica* более эффективно и целесообразно.

Несмотря на то, что процент содержания сырого протеина в рыбной муке выше, поедаемость в группе с кормовым белком *Musca domestica* выше, таким образом и расход сырого протеина на 33 % выше, чем в группе с использованием рыбной муки. Это обеспечивает прирост живой массы, который в 2,2 раза превосходит показатели в группе с использованием рыбной муки.

Производственные затраты при использовании кормового белка сильно не различаются, при том, что себестоимость кормового белка *Musca domestica* ниже, чем стоимость рыбной муки.

Таблица 3.3 – Сравнительная экономическая эффективность использования  
рыбной муки и кормового белка *Musca domestica*

Показатели	Рыбная мука	<i>Musca domestica</i>	Отклонение	
			Абсолют- ное, (+/-)	Относи- тельное, %
Поголовье, гол.	50	50	-	100,00
Валовый прирост живой массы, г	9695	21420	11725	220,94
Расход кормового белка - всего, г.	6689,55	9424,8	2735,25	140,89
Расход сырого протеина - всего, г.	4362,75	5783,4	1420,65	132,56
Затраты труда, чел.-ч.	720	720	-	100,00
Производственные затраты кормового белка, руб.	555,23	570,20	14,97	102,70
Среднесуточный прирост живой массы, г	10,78	23,80	13,02	220,78
Прирост живой массы, г. в расчете на:				
1 г. сыр. прот.	2,22	3,70	1,48	166,67
1 чел.-ч.	13,47	29,75	16,28	220,86
1 руб. производственных затрат кормового белка	17,46	37,57	20,11	215,18
Расход кормового белка на 1 г прироста живой массы, г. сырого протеина	0,45	0,27	-0,18	60,00

Продолжение таблицы 3.3.

Показатели	Рыбная мука	<i>Musca domestica</i>	Отклонение	
			Абсолютное, (+/-)	Относительное, %
Расход кормового белка на 1 г прироста живой массы, г.	0,69	0,44	-0,25	63,77
Производственные затраты на кормление - всего, руб.	1036,88	1248,79	211,91	120,44
Себестоимость 1 кг прироста ж.м., руб.	106,95	58,30	-48,65	54,51
Цена реализации 1 кг, руб.	140,78	140,78	-	100,00
Маржинальный доход от 1 кг, руб.	33,83	82,48	48,65	243,81
Маржинальный доход всего, руб.	327,98	1766,72	1438,74	538,67
Уровень рентабельности, %	31,6	141,5	109,9	-

Среднесуточный прирост живой массы в 2,2 раза выше при кормлении кормовой мукой из биомассы личинок *Musca domestica* и составлял 23,8 г. Увеличение показателя прироста массы тела наблюдается и в расчете на 1 г сырого протеина (на 67 %), и на 1 чел.-ч. (на 121%), и на 1 руб. производственных затрат (на 115 %).

При этом расход сырого протеина на 1 г прироста массы тела при использовании кормового белка *Musca domestica* ниже на 40 % по сравнению с рыбной мукой.

Сокращение удельных затрат и увеличение прироста массы тела ведет к снижению себестоимости на 46%, и следовательно, к росту маржинального дохода на 149 %, а уровня рентабельности на 110 %.

## Заключение

Обеспеченность сельскохозяйственной птицы белком определяется количеством в рационе сырого протеина. Рацион птицы балансируется по сырому протеину, так как переваримость и содержание аминокислот проще учитывать в сыром, а не в переваримом протеине. В последние годы наблюдается тенденция роста цен на источники животного белка, которая послужила основанием для исследований по разработке альтернативных более дешевых источников белка для кормления сельскохозяйственных животных. Исследования показали, что использование муки из биомассы насекомых позволит снизить стоимость кормов для животных, особенно если для получения такого белка использовать биологические отходы (Veldkamp T. G., 2012; Van Huis et al., 2013; Khan S.S., 2016; Khan et al., 2016).

Научно - производственный опыты свидетельствуют об эффективности использования нетрадиционных белковых кормов при откорме молодняка свиней; возможности замены мукой из личинок мух части молочных кормов у телят, в рационе цыплят- бройлеров и молодняка серебристо- черных лисиц. Доказано, что добавка муки из личинок мух к рациону молодняка способствует получению максимального среднесуточного прироста массы тела (Голомянов А.И., 2009). Кроме того, немаловажную роль в данной проблеме играет ограниченность ресурсов для производства традиционных источников белка для животноводства. Помимо этого многие исследователи отмечают, что повышение пищевой ценности кормов за счет улучшения аминокислотного профиля в данном контексте приобретает особую значимость и актуальность.

Таким образом, поиск альтернативных источников кормового белка с повышенным содержанием сырого протеина и улучшенным аминокислотным составом является актуальной задачей. Исследователи предполагают, что разработка и использование комплексной технологии выращивания личинок *M. domestica* на курином помете будет способствовать решению проблемы дефицита кормового белка (Adeniji A., 2007; Fischer C.H., 2014). Аминокислотный состав муки из личинок схож с рыбной мукой, но особенно богат метионином и

цистеином. На птицеводческих фермах дефицит этих незаменимых аминокислот приводит к выклеиванию перьев и каннибализму у кур-несушек. По мнению ученых, кормление животных биомассой личинок могло бы способствовать решению этих проблем. Кроме того, зарегистрирован положительный эффект в улучшении микробиоценоза кишечника, а также стандартов содержания животных, вследствие употребления в корм муки из личинок (Adeniji A., 2007; Fischer С.Н., 2014). Установлено, что личинки *M. domestica* обладают способностью биотрансформации птичьего помета и навоза в очень короткие сроки. Однако на выращивание личинок влияют многие факторы, в том числе температура и влажность, качество яиц-мух, соотношение количества яиц и субстрата (Fischer С.Н., 2014). Дальнейшие работы по культивированию мух данного вида в лабораторных условиях показали их высокую плодовитость и выживаемость в данных условиях.

Нами экспериментально были определены оптимальные параметры микроклимата в инсектарии для содержания *M. domestica*. Наибольшая активность, высокая выживаемость и плодовитость самок мух в садках проявляется при плотности посадки их не более 600 1 м<sup>3</sup>. При этом обязательным является поддержание в инсектарии оптимальных для имаго температурно – влажностных параметров: температуры воздуха – (28 – 30) °С и относительной влажности – (65 – 75) %. В этих условиях отмечена наибольшая плодовитость: суточное количество отложенных яиц – (25 – 27), а общая яйценоскость – (490 – 612) яиц. Яйцепродуктивность напрямую связана с действием температурно – влажностного режима и состава корма.

Одним из существенных факторов, влияющих на рост и развитие личинок, является температурный режим. Как показали исследования понижение влажности субстрата до (75 – 77) % более благоприятно сказывается на росте и развитии личинок и выживаемость их составляет в среднем 89,3 %, а срок достижения стадии предкуколки – 3,2 суток. Дальнейшее повышение влажности субстрата до 84 % и выше задерживает темп развития личинок вследствие нарушения терморегуляции в субстрате. Исследования показали, что также имеется

возможность увеличения выхода получаемой биомассы личинок путем обогащения субстрата микроэлементами. Проведенные нами исследования показали, что использование субстрата с концентрацией микроэлементов Se + Co 15 мг / кг для культивирования личинок *M. domestica* способствует увеличению содержания сырого протеина, улучшению аминокислотного состава их биомассы. Кроме того, положительно влияет на динамику массы личинок. Следовательно, полученные нами результаты подтверждают возможность производства муки из личинок *M. domestica* для восполнения дефицита кормового белка в животноводстве. Содержание в сухой личиночной биомассе (45 – 55) % протеина делает ее эффективным заменителем дорогостоящих кормов животного происхождения, таких как рыбная мука. Экспериментально было определено, что несмотря на то, что процент содержания сырого протеина в рыбной муке был выше, поедаемость его у цыплят в группе, которая с основным рационом получала кормовой белок *Musca domestica* выше, таким образом и расход сырого протеина на 33 % выше, чем в группе с использованием рыбной муки. Это обеспечило прирост массы тела, который в 2,2 раза превосходил показатели в группе с использованием рыбной муки. Среднесуточный прирост массы тела в 2,2 раза выше при кормлении кормовой мукой из биомассы личинок *Musca domestica* и составлял 23,8 г. При этом расход сырого протеина на 1 г прироста массы тела при использовании кормового белка *Musca domestica* ниже на 40 % по сравнению с рыбной мукой.

Таким образом, настоящее исследование может явиться основой для использования кормовой муки из биомассы личинок *M. domestica* в животноводстве, как перспективного источника кормового белка для сельскохозяйственных животных.

## Выводы

1. Установлено, что оптимальной концентрацией для обогащения субстрата для культивирования биомассы личинок *Musca domestica* является Se+Co 15мг/кг, что способствовало получению кормового белка с повышенным содержанием сырого протеина и улучшенным аминокислотным составом.

2. Предложен эффективный способ обработки биомассы личинок *M. domestica* при помощи инфракрасной сушки при температуре 50 °С в течение 6 часов, при этом содержание сырого протеина в биомассе личинок после обработки составило 53,4 %.

3. Выявлено, что культивирование личинок на субстрате с вышеуказанной концентрацией селена и кобальта способствовало увеличению содержания сырого протеина в их биомассе на 3,72% по отношению к контролю, и составило 61,72%. При оценке аминокислотного профиля личинок, выращенных на субстрате с добавлением Se 15 мг/ кг + Co 15 мг/ кг, максимальное количество лизина, фенилаланина, лейцина+изолейцина, тирозина было достигнуто через 48 часов, а гистидина, валина, треонина, серина через 72 часа культивирования.

4. Разработан способ получения хитозана из пупариев *M. domestica* со степенью деацетилирования 88-95%, содержанием протеинов менее 0,005% и влажностью менее 5%. Выход хитозана составил 70-80 %.

5. Установлено, что использование в кормлении цыплят - бройлеров кросса «Кобб 500» альтернативного кормового белка из личинок *M. domestica* в количестве 10% к основному рациону способствует улучшению физиологических и продуктивных показателей цыплят. Так, отмечали увеличение общего белка крови у цыплят 2 группы на 10,64% и на 25,52% по отношению к контролю и 3 группе соответственно; снижение количества стафилококков и увеличение лактобактерий в кишечнике птиц, что свидетельствовало об улучшении микробиоценоза кишечника. Наряду с этим, регистрировали прирост массы тела цыплят 2 группы. На 24 сутки данный показатель был больше в 1,54 и 1,55 раза по сравнению с контролем и 3 группой соответственно. Кроме того, химический анализ мяса показал увеличение количества белка и золы в мясе цыплят второй



группы.

6. Доказана экономическая эффективность от использования альтернативного кормового белка в кормлении бройлеров, в том числе отмечено снижение себестоимости на 46%, рост маржинального дохода на 149 % и увеличение уровня рентабельности на 110 %.

### **Практические предложения**

1. Для получения альтернативного кормового белка рекомендуется выращивать биомассу личинок *M. domestica* на субстрате, обогащенном микроэлементами селеном и кобальтом в количестве 15 мг/кг.

2. Для обработки личинок использовать инфракрасную сушку (режим: 50 °С). Длительность обработки 6 часов.

3. При кормлении цыплят - бройлеров кросса «Кобб 500» в добавление к основному рациону использовать 10% кормового белка из биомассы личинок *M. domestica*.

### **Перспективы дальнейшей разработки темы**

Настоящее исследование может явиться основой для использования кормовой муки из биомассы личинок *M. domestica* в животноводстве, как перспективного источника кормового белка для сельскохозяйственных животных.

### Список литературы

1. Абдрафиков, С.Н. Производство рыбопродуктов: учебное пособие / С.Н. Абдрафиков, В.В. Селунский // Производство рыбопродуктов. – Челябинск: ЧГАУ, 2002. – 278 с.
2. Аверкиева, О.М. Использование аминокислот в кормлении свиней / О.М. Аверкиева // Главный зоотехник. – 2005. – № 5. – С. 34–37.
3. Агольцов, В.А. Кандидоз, аспергиллез и мукороз животных: диагностика и меры борьбы / дис. доктора ветеринарных наук: 16.00.03 / Агольцов Валерий Александрович. – Саратов: СГАУ, 2006. – 429 с.
4. Андрианова, Е.Н. Использование МЕГАПРО Н 60 в комбикормах для бройлеров / Е.Н. Андрианова, Л.М. Присяжная, Д.А. Ободов [и др.] // Птицеводство. – 2012. – №4. – С. 19-20.
5. Абдуллин, В.Ф. Свойства хитозана из разного сырья / В.Ф. Абдуллин, С.Е. Артеменко, Г.П. Овчинникова // Современные перспективы в исследовании хитина и хитозана: материалы восьмой Международной конференции. – Казань, 2006. – С. 7 – 10.
6. Абдуллин, В.Ф. Технология и свойства хитозана из панциря речного рака / В.Ф. Абдуллин, С.Е. Артеменко, Г.Е. Овчинникова // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2006. – № 4. – С. 37 – 43.
7. Албулов, А.И. Хитин и хитозан. Получение, свойства и применение / А.И. Албулов, А.Ж. Самуйленко, М.А. Фролова. – М.:Наука, 2002. – 360 с.
8. Архипов, А.В. Эффективность использования биомассы сине-зеленых водорослей в рационах птиц и пушных зверей / А.В. Архипов // Современные вопросы интенсификации кормления, содержания животных и улучшения качества продуктов животноводства: материалы конференции посвященной 80-летию Московской государственной академии ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина. – М., 1999. – С. 84–86.
9. Афанасьев, В.А. Руководство по технологии комбикормовой продукции с

- основами кормления животных: в 2-х т. / В.А. Афанасьев, А.И. Орлов, Л.Я.Бойко [и др.]. – Воронеж: ВНИИКП, 2007. – Т. 2. – 389 с.
10. Баранов, В. В. Технология рыбы и рыбных продуктов : учеб. для вузов / В. В. Баранов; под ред. А. М. Ершова. – СПб.: Гиорд, 2006. – 941 с.
  11. Богданов, Н. Хлорелла – нетрадиционная кормовая добавка / Н. Богданов // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2007. – № 4. – С. 12 – 13.
  12. Боярский, Л.Г. Технология кормов и полноценное кормление сельскохозяйственных животных / Л.Г. Боярский // Серия: Ветеринария и животноводство. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2001. – 416 с.
  13. Быкова, В.М. Сырьевые источники и способы получения хитина и хитозана: Хитин, его строение и свойства / В.М. Быкова, С.В. Немцев // Хитин и хитозан. Получение, свойства и применение. – М.: Наука, 2002. – С.7–23
  14. Васюкова, Н.И. Механизм действия хитозана при индуцировании устойчивости картофеля / Н.И. Васюкова, Я.С. Панина, Г.И. Челенко, Н.Г. Герасимова, С.М. Придворова, О.Л. Озерецковская // Современные перспективы исследования хитина и хитозана: материалы восьмой международной конференции. – М.:ВНИРО, 2006. – С. 321–323.
  15. Вестхайде В. Зоология беспозвоночных: от простейших до моллюсков и артропод / В. Вестхайде, Р. Ригера. – М.: Т-во научных изданий КМК, 2008. – 23с.
  16. Вильнер, А. Кормовые отравления / А. Вильнер. – М.: Колос, 1984. – 408 с.
  17. Вихорева, Г.А. Плёнки и волокна на основе хитина и его производных / Г.А. Вихорева, Л.С. Гальбрайт // Хитин и хитозан. Получение, свойства и применение. – М.:Наука, 2002. – С. 254 – 279.
  18. Герникова, Е.П. Определение адсорбционной активности энтеросорбентов / Е.П. Герникова, А.И. Лутцева, Т.Н. Боковикова [и др.] // Ведомости НЦЭСМП. – 2013. – № 4. – С. 47-50.
  19. Головня, Е. Метод выявления фальсификации рыбной муки. // Комбикорма.

2014. - № 3. - С. 70–72.
20. Голомянов, А.И. Альтернативные источники белка / Казначеевские чтения: Сборник докладов участников международной научно–практической конференции «Декларация прав культуры Д.С. Лихачева и проблемы современного мегаполиса» / Под общей редакцией академика В.П. Казначеева. – Новосибирск: ЗСО МСА, 2009. – №3. – С. 217.
  21. ГОСТ Р 51850 – 2001. Продукция комбикормовая. Правила приемки. Упаковка, транспортирование и хранение. – Введ. 2001–12–25. М: Госстандарт России, 2005. – 4 с.
  22. ГОСТ 31727-2012. Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли общей золы. – Введ. 2013–07–01. М: Госстандарт России, 2013. –8 с.
  23. ГОСТ 23042-2015. Мясо и мясные продукты. Методы определения жира. – Введ. 2017–01–01. М: Госстандарт России, 2016. –9 с.
  24. ГОСТ 9793-2016. Мясо и мясные продукты. Методы определения влаги. – Введ. 2018–01–01. М: Госстандарт России, 2017. –6 с.
  25. ГОСТ 25011-2017. Мясо и мясные продукты. Методы определения белка. – Введ. 2018–0–01. М: Госстандарт России, 2018. –14 с.
  26. ГОСТ 13496.4-93. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина. – Введ. 1995–01–01. М: Госстандарт России, 2011. –15 с.
  27. ГОСТ 33445-2015. Средства лекарственные для ветеринарного применения, корма, кормовые добавки. Определение массовой доли кобальта методом электротермической атомно-абсорбционной спектрометрии. – Введ. 2017–01–01. М: Госстандарт России, 2017. –6 с.
  28. ГОСТ 31651-2012. Средства лекарственные для животных, корма, кормовые добавки. Определение массовой доли селена методом атомно-абсорбционной спектрометрии. – Введ. 2014–01–01. М: Госстандарт России, 2014. –8 с.
  29. Гудилин, И.И. Конструктивно упрощённые устройства/ И.И. Гудилин,

- А.Ф. Кондратов // Биотехнология переработки органических отходов и экология. – Новосибирск: Кн. изд-во, 1999. – С.98 – 100.
30. Гудилин, И.И. Способ получения личинок синантропных мух / И.И. Гудилин // Биотехнология переработки органических отходов и экология. – Новосибирск: Кн. изд-во, 1999. – С.123 – 124.
31. Дюкарев, В.В. Кормовые добавки в рационах животных: Теория и практика / В.В. Дюкарев, А.Г. Ключковский, И.В. Дюкар. – М.: Агропромиздат, 2009. – С. 279.
32. Егорова, Т.А. Основы биотехнологии / Т.А. Егорова, С.М. Клунова, Е.А. Живухина. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 210 с.
33. Ибатуллин, И. И. Обоснование параметров аминокислотного питания кур-несушек промышленного стада / И. И. Ибатуллин, Н. Я. Кривенок, И. И. Ильчук // Ученые записки КГАВМ им. Н.Э. Баумана. – 2013. – №3. – С. 129 – 136.
34. Калашникова, А. П. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справочное пособие. – 3-е изд., перераб. и доп. / А. П. Калашникова [и др.]; под ред. А. П. Калашникова, В. И. Фисинина, В. В. Щеглова, Н. И. Клейменова. – М.: Россельхозакадемия, 2003. – 350 с.
35. Карапетян, А.К. Использование премиксов при выращивании цыплят-бройлеров /А.К. Карапетян //Актуальные проблемы науки в АПК: мат. 64-й Международной научно-практической конференции. – Кострома: КГСХА, 2013. – С. 191-194.
36. Касьянов, Г. И. Современные технологии переработки вторичных ресурсов / Г. И. Касьянов // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 1998. – №2 – 3 с.
37. Комарова, Н.В. Практическое руководство по использованию систем капиллярного электрофореза «КАПЕЛЬ»/ Н.В. Комарова, Я.С. Каменцев. – Спб.: ООО «Веда», 2006. – 212 с.
38. Кириллов, М.П. Кормовые ресурсы животноводства. Классификация, состав и питательность кормов / М.П. Кириллов. – М.: Минсельхоз России,

2009. – 404 с.
39. Колтыпин, Ю.А. По стопам Геракла / Ю.А. Колтыпин, И.В. Стеркин. – М.: Колос, 1983. – 191 с.
  40. Косолапов, В.М. Повышение качества кормов – неперемное условие успешного развития животноводства / В. М. Косолапов, В. А. Бондарев, В. П. Клименко // Аграрная наука. – 2008. – № 1. – С. 27–29.
  41. Кочиш, И.И. Птицеводство / И.И. Кочиш, М.Г. Петраш, С.Б. Смирнов // под ред. И.И. Кочиша. – М.: Колос, 2007. – 414 с.
  42. Кузнецов, С. Микроэлементы в кормлении животных / С. Кузнецов, А. Кузнецов// Животноводство России. – 2003. – № 3. – С. 16 – 18.
  43. Кубенко, Е.Г. Разработка технологии получения хитозана из гаммаруса азовского и его использование при производстве растительно–рыбных пищевых продуктов: дис. канд. тех. наук: 05.18.01 / Кубенко Егор Георгиевич. – Краснодар: КубГТУ, 2014. – 143 с.
  44. Лакин, Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
  45. Левитин, С.В. Разработка методов получения и исследование структуры и свойств наночастиц хитозана: дис. канд. техн. наук: 05.17.06 / Левитин Сергей Вадимович. – Москва: МГУТД, 2015. – 150 с.
  46. Лемешева, Н. Аминокислотное питание птицы / Н. Лемешева // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2007. – № 4. – С. 57–60.
  47. Майорова, Н.А. Корма, комбикорма и сырье для их производства. Методика измерений массовой доли аминокислот методом капиллярного электрофореза с системы капиллярного электрофореза Капель. Методика М-04-38-2009 / Н.А. Майорова. – Спб.: Люмекс, 2009. – 35с.
  48. Мишанин, Ю.Ф. Содержание селена в мясопродуктах кур при различном его уровне в кормовом рационе / Ю.Ф. Мишанин., А.В. Кочерга., М.Ю. Мишанин // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2006. – №5. – С. 82.
  49. Морозов, Н.М. Создание прочной кормовой базы и технических

- средств нового поколения – залог успешного развития животноводства / Н.М. Морозов, В.К. Скоркин, А.В. Скоркин // Вестник ВНИИМЖ. – 2016. – № 4 – 24 с.
50. Николаев, В.Г. Современные энтеросорбенты и механизмы их действия / В.Г. Николаев, С.В. Михаловский, Н.М. Гурина [и др.] // Эфферентная терапия. – 2005. – № 4. – С. 3–17.
51. Новиков, В.Ю. Химический гидролиз хитина и хитозана / В.Ю. Новиков // Современные перспективы в исследовании хитина и хитозана: материалы седьмой международной конференции. – Спб.: ВНИРО. – 2003. – С. 38 – 43.
52. Околелова, Т.М. Качество муки и рыбы и морских млекопитающих / Околелова Т.М. // Птицеводство. – 2005. – №11. – С. 26 – 28.
53. Околелова, Т.М. Качественная кормовая рыбная мука нужна птицеводству / Т.М. Околелова, Р.Ш. Мансуров, В.Н. Бевзюк // Птицеводство. – 2011. – №12. – С. 6–7.
54. Пантелеев, П.В. Строение и биологические функции  $\beta$ -спилечных антимикробных пептидов/ П. В. Пантелеев, И. А. Болосов, С. В. Баландин [и др.] // Acta Naturae, 2015. – Т. 7, № 1 (24). – С. 39-50.
55. Патент № 2433364 Российская Федерация, F26B3/30. Способ инфракрасной сушки семян / С.Ф. Демидов, Б.А. Вороненко, В.В. Пеленко; патентообладатель: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий. – 20101131605/06; заявл. 28.07.2010; опубл. 10.11.2011, Бюл. 31. – 6 с.
56. Патент № 2346032 Российская Федерация, C12N1/00. Способ получения сухой формы микробного препарата / М.П. Неустроев, Н.П. Тарабукина, С.И. Парникова; патентообладатель: Государственное научное учреждение Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Сибирского отделения РАСХН, ООО НПЦ "Норд-Бакт". – 2007111837/13; заявл. 30.03.2007; опубл. 10.02.2009, Бюл.4. – 8 с.



57. Патент №2358553 Российская Федерация, А23L1/33. Способ получения хитозана из хитина / А.И. Сливкин, В.Л. Лапенко, П.И. Кулинцов [и др.]; заявитель и патентообладатель. – №2007131895/13; заявл. 22.08.2007; опубл. 20.06.2009, Бюл.5. – 11 с.
58. Патент №2082300 Российская Федерация, А23К1/16. Способ приготовления белково–витаминно–минеральной кормовой смеси: / Р.И. Древки, Б.И. Древки, Л.К. Эрнст [и др.]; патентообладатель: товарищество с ограниченной ответственностью "Сульфат". – 96120002; заявл. 16.10.1996; опубл. 27.06.97.
59. Патент №2051681 Российская Федерация, А61К33/04. Средство для лечения и профилактики болезней, вызываемых недостаточностью селена в организме сельскохозяйственных животных и птиц: / Б.И. Древки, В.А. Антипов, О.И. Жуков [и др.]; заявитель и патентообладатель. – 93045743; заявл. 24.09.1993; опубл. 1996, Бюл. 1. – 10 с.
60. Патент № 2265169 Российская Федерация, F26В 3/30. Сушка инфракрасная / С.К. Волончук; патентообладатель: Государственное научное учреждение Сибирский научно-исследовательский и проектно-технологический институт переработки сельскохозяйственной продукции.– 2003136840/06; заявл. 19.12.2003; опубл. 27.11.2005, Бюл. 33. – 12 с.
61. Пестис, В. К. Кормление сельскохозяйственных животных: учебное пособие для студентов вузов по специальностям "Ветеринарная медицина", "Зоотехния" /В. К. Пестис, Н.А. Шарейко, Н.А. Яцко [и др.]; под ред. В. К. Пестиса. – ИВЦ Минфина РБ, 2009. – 539 с.
62. Петухов, В.Л Ветеринарная генетика: учеб. для студентов вузов по спец. «Ветеринария», изд. 2–е, перераб. и доп. / В.Л. Петухов, А.И. Жигачев, Г.А. Назарова. – М.: Колос, 1996. – 383 с.
63. Рябина, Е.И. Изучение адсорбционной активности энтеросорбентов различной природы по отношению к катионам свинца / Е. И. Рябина, Е. Е. Зотова, Н. И. Пономарева // Вестник ВГУ, серия: Химия, Биология,

- Фармация. – 2016. – № 1. – С. 21 – 24.
64. Рядчиков, В.Г. Идеальный белок в рационах свиней и птиц. /В. Г. Рядчиков, С. Л. Полежаев, М. О. Омаров // Животноводство России. – 2010. – №2. – С. 49–52.
65. Рядчиков, В.Г. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Методология, ошибки, перспективы / В. Г. Рядчиков // Научный журнал КубГАУ. – 2006. – №19. – С. 1–22.
66. Рядчиков, В.Г. Пищевое поведение животных при разных формах баланса незаменимых аминокислот / В.Г. Рядчиков, И.В. Тарабрин, Н.П. Радуль [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2005. – № 2. – 7 с.
67. Самохин, В.Т. Профилактика нарушения обмена микроэлементов у животных: изд. 2–е / В. Т. Самохин. – Воронеж: ВГУ, 2003. – 136 с.
68. Сафронова, Т.М. Технология продуктов из гидробионтов / Т.М. Сафронова, В.И. Шендерюк. – М.: Колос, 2001. – 496 с
69. Скрябин, К.Г. Хитин и хитозан. Получение, свойства и применение / К.Г. Скрябин, Г.А. Вихорева, В.П. Варламова. –М.: Наука, 2002. – 368 с.
70. Сороколетов О.Н. Технологические и экологические аспекты переработки отходов птицеводства и свиноводства личинками *Musca domestica* / дис. кан. сельскохозяйственных наук: 06.02.04;03.00.16 / Сороколетов Олег Николаевич – Новосибирск: НГАУ, 2006. – 150 с.
71. Спектрометр атомно-абсорбционный «КВАНТ-2». Руководство по эксплуатации ГКНЖ 30.00.000-01. – М.: ООО Кортэк, 2011. – 97 с.
72. Титов, И.Н. Вермикультура – возобновляемый источник животного белка из органических отходов / И.Н. Титов, В.М. Усоев // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2012. – № 2 (18). – С. 74–80.
73. ТУ 9398-033-59879815-2012 /ООО «Эйлитон» // М., 2012. – 5 с.
74. Харламов, К.В. Кормовой лизин в комбикормах для цыплят–бройлеров / К.В. Харламов // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2006. – № 10. – С. 69–71.

75. Фаритов Т.А. Корма и кормовые добавки для животных: учеб. пособие / Т.А. Фаритов. – СПб.: Лань, 2010. – 304 с.
76. Фисинин, В.И. Природные минералы в кормлении животных и птицы / В.И. Фисинин, П. Ф. Сурай // Животноводство России. – 2008. – № 9. – С. 62-63.
77. Фисинин, В.И. Руководство по оптимизации рецептов комбикормов для сельскохозяйственной птицы / В.И. Фисинин, И.А. Егоров, Т.Н. Ленкова [и др.]. – Сергиев Посад: ВНИТИП, 2014. – 145 с.
78. Черняев, Н.П. Производство комбикормов / Н.П. Черняев. – М.: Агропромиздат, 1989. – 224 с.
79. Шевелуха, В.С. Сельскохозяйственная биотехнология / В.С. Шевелуха, С.В. Калашникова, С.В. Дегтярев [и др.] // М.: Высшая школа, 2003. – 427 с.
80. Adeniji, A. Effect of replacing groundnut cake with maggot meal in the diet of broilers. – Int J Poultry Sci. – 2007. – Vol. 6. – P. 822–825.
81. Adesina, M.A. Performance of broilers' finishers fed graded levels of cassava peel-maggot meal-based diet mixtures / M.A. Adesina, O.O. Adejinmi, A.J. Omole [et al.] // J. Agric. Forest. Soc. Sci. – 2011. – Vol. 9. – P. 226-231.
82. Adesulu, E.A. Use of housefly maggots as a fishmeal replaces in tilapia culture: A recent vogue in Nigeria / E.A. Adesulu, A.K. Mustapha // Proceedings of the Fifth International Symposium on Tilapia Aquaculture; Rio de Janeiro. – 2000. – Vol. 2. – P. 138–143.
83. Adewolu, M.A. Evaluation of an animal protein mixture as a replasment for fishmeal in practical diets for fingerlings of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) / Adewolu, M.A. Ikenweiwe, N.B., Mulero [et al.] // J. Aquacult. – Bamidgeh. – 2010. – Vol. 62. – P. 237-244.
84. Achionye–Nzeh, C.G. Growth response of *Clarias anguillaris* fingerlings fed larvae of *Musca domestica* and soyabean diet in the laboratory / C.G. Achionye–Nzeh, O.S. Ngwudo // Biosci. Res. Commun. – 2003. – Vol. 15. – P. 221–223.
85. Aktan, S. An alternative litter material in broiler production/ S. Aktan, O.

- Sagdic// South.Afr.J.Anim.Sci.–2004. – Vol. 34(2). – P.75-79.
86. Aniebo, A.O. Effect of housefly larvae (*Musca domestica*) meal on the carcass and sensory qualities of the mud catfish / A.O. Aniebo, C.A. Odukwe, C. Ebenebe [et al.] // Advances in Food and Energy Section. – 2011. – Vol. 1. – P. 24–28.
  87. Aniebo, A.O. Effects of age and method of drying on the proximate composition of housefly larvae (*Musca domestica Linnaeus*) meal (HFLM) / A.O. Aniebo, O.J. Owen // Pak. J. Nutr. – 2010. – Vol. 9. – P. 485–487.
  88. Aniebo, A.O. Proximate composition of housefly larvae (*Musca domestica*) meal generated from mixture of cattle blood and wheat bran / A.O. Aniebo., E.S. Erundu., O.J. Owen // Livest Res Rural. – 2008. – Vol. 20. – P. 20 – 22.
  89. AOAC. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists International, 18th edn ed. AOAC International, Gaithersburg, USA. – 2005.
  90. Araie, H. Selenium utilization strategy by microalgae / H. Araie, Y. Shiraiwa // Molecules. – 2009. – Vol. 14. – P. 4880–4891.
  91. Atteh, J. O. Effects of replacing dietary fish meal with maggots on performance and nutrient re-tention of laying hens / J. O. Atteh, J. O. Adedoyin // Nigeria Journal of Animal Production. – 1993. – Vol. 20. – P. 50–55.
  92. Ayoola, A.A. Replacement of fishmeal with alternative protein Source in aquaculture diets/ A.A. Ayoola // Thesis Degree of Master of Science Faculty of North Carolina State University, North Carolina, USA. – 2010.
  93. Awoniyi, T. A. M. A study of some erythrocyte indices and bacteriological analysis of broiler chickens raised on maggot–meal based diets / T. A.M. Awoniyi, I. A. Adebayo, V. A. Aletor // International Journal of Poultry Science. – 2004. – Vol. 2. – P. 386–390.
  94. Barker, D. Nutrient composition of selected whole invertebrates / D. Barker, P. Marianne, D. Fitzpatrick [etal.] // Zoo Biol. – 1998. – Vol. 17. – P. 123–134.
  95. Barry, T. Evaluation of the economic, social, and biological feasibility of bioconverting food wastes with the black soldier fly (*hermetia illucens*) /

- T. Barry // Phd dissertation, university of texas. – 2004. – 176 p.
96. Belluco, S. Edible insects in a food safety and nutritional perspective: a critical review / S. Belluco, M. Losasso, C.C. Alonzi [et al.] // *Compr Rev Food Sci. Food Saf.* – 2003. – Vol. 12. – P. 296–313.
  97. Bernard, J.B. Feeding captive insectivorous animals: nutritional aspects of insects as food. Nutrition advisory group handbook / J.B. Bernard, M.E. Allen, D.E. Ullrey // Scientific Advisory Group to the American Zoo and Aquarium Association. 1997. – 7p.
  98. Bukkens, S.G.F. The nutritional value of edible insects / S.G.F. Bukkens // *Ecol. Food Nutr.* – 1997. – Vol. 36. – P. 287–319.
  99. Calvert, C.C. Housefly pupae as food for poultry / C.C. Calvert, R.D. Martin, N.O. Morgan // *J. of Economic Entomology.* – 1969. – Vol. 62. – P. 938–939.
  100. Calvert, C.C. Dual roles for houseflies in poultry manure disposal / C.C. Calvert, R.D. Martin, N.O. Morgan // *Poult. Sci.* – 1969b. – Vol. 48. – 1793 p.
  101. Calvert, C.C. House fly larvae: biodegradation of hen excreta to useful products / C.C. Calvert, N.O. Morgan, R.D. Martin // *Poult. Sci.* – 1970. – Vol. 49. – P. 588–589.
  102. Charlton, A.J. Exploring the chemical safety of fly larvae as a source of protein for animal feed / A.J. Charlton, M. Dickinson, M.E. Wakefield [et al.] // *J Insects Food Feed.* – 2015. – Vol. 1(1). – P.7–16.
  103. Cobb broiler management guide. Cobb 500//The Cobb breeding company LTD, United Hanningfield, 2010. – 26 p.
  104. Diener, S. Black soldier fly larvae for organic waste treatment – prospects and constraints / S. Diener, C. Zurbrügg, F. Roa Gutiérrez [etal.] // 2nd int. Conf. On solid waste management in the developing countries. – 2011. – P.52–59.
  105. Drew, D.J.W. Metabolic and toxicological studies on cobalt / D.J.W. Drew, J.J. Drew, J.A. Kotze [et al.] // *Sci Total Environ.* – 1994. – Vol. 150. – P.233–244.
  106. Erickson, M. C. Reduction of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* serovar *Enteritidis* in chicken manure by larvae of the black soldier fly /

- M. C. Erickson, M. Islam, C. Sheppard [et al.] // J. Food Prot. – 2004. – Vol. 67. – P.685–690.
107. Fasakin, E.A. Evaluation of full-fat and defatted maggotmeals in the feeding of clariid catfish *Clarias gariepinus* fingerlings / E.A. Fasakin, A.M. Balogun, O.O. Ajayi // Aquac. Res. – 2003. – Vol. 34. – P.733–738.
  108. Finke, M.D. Use of a four-parameter logistic model to evaluate the quality of the protein from three insect species when fed to rats / M.D. Finke, G.R. DeFoliart, N.J. Benevenga // J. Nutr. – 1989. – Vol. 119. – P.864–871.
  109. Fischer, C.H. Efficiency and scalability in producing feed from manure using the common housefly / C.H. Fischer, L.H.L. Heckmann, S. Nordentoft [et al.] // Proceedings of the conference of insects to feed the world, Wageningen, The Netherlands. – 2014. – 76 p.
  110. Foley, J.A. Solutions for a cultivated planet / J.A. Foley, N. Ramankutty, K.A. Brauman [et al.] // Nature. – 2011. – Vol. 478. – P.337–342.
  111. Foster, L.H. Selenium in health and disease: a review / L.H. Foster, S. Sumar // Crit Rev Food Sci Nutr. – 1997. – Vol. 37. – P.211–228.
  112. Godfray, H.C.J. Food security: the challenge of feeding 9 billion people / H.C.J. Godfray, J.R. Beddington, I.R. Crute [et al.] // Science. – 2010. – Vol. 327. – P.812–818.
  113. 2020 Global food outlook: trends, alternatives, and choices. Intl. Food Policy / M. W. Rosegrant, M. S. Paisner, S. Meijer [et al.] // Res. Inst. – 2001. – Vol.11. – P. 1–24.
  114. Hardouin, J. Zootechnie d'insectes – Elevage et utilization au bénéfice de l'homme et decertains animaux / J. Hardouin, G. Mahoux // Bureau pour l'Echange et la Distribution de l'Information sur le Mini- élevage (BEDIM). – 2003. – 164 p.
  115. Hall, H.N. Amino acid digestibility of larval meal (*Musca domestica*) for broiler chickens / H.N. Hall, O'Neill H.V. Masey [et al.] // Poultry Science. – 2018. – Vol. 1. – 97(4). – P. 1290–1297.

116. Hwangbo, J. Utilization of house fly–maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens / J. Hwangbo, E.C.A. HongJang, H. K. Kang [et al.] // *Journal of Environmental Biology*. – 2009. – Vol. 30. – P. 609–614.
117. Iaconisi, V. Dietary inclusion of *Tenebrio molitor* larvae meal: effects on growth performance and final quality traits of blackspot sea bream (*Pagellus bogaraveo*) / V. Iaconisi, S. Marono, G. Parisi [et al.] // *Aquaculture*. – 2017. – Vol. 476. – P. 49–58.
118. Janes, K.A. Depolymerized chitosan nanoparticles for protein delivery: preparation and characterization / K.A. Janes, M.J. Alonso // *J. Appl. Pol. Sci.* – 2003. – Vol. 88 (12). – P. 2769 – 2776.
119. Kariuki, M. B.J. Analysis of market performance: a case of ‘OMENA’ fish in selected outlets in Kenya / M. B.J. Kariuki // *M.Sc (Agric. and Appl. Econ)*. – 2011. – 44 p.
120. Kerese, I. Experimental procedures of amino acid analysis. Methods of protein analysis / I. Kerese // New York, NY: Ellis Horwood. – 1984. – P. 336–339.
121. Khan, S. Evaluating the nutritive profile of three insect meals and their effects to replace soya bean in broiler diet / S. Khan, R. U. Khan, W. Alam [et al.] // *Anim Physiol Anim Nutr.* – 2018. – Vol. 102. – P. 662–668.
122. Khan, S. Evaluating the suitability of maggot meal as a partial substitute of soya bean on the productive traits, digestibility indices and organoleptic properties of broiler meat / S. Khan, R. U. Khan, A. Sultan [et al.] // *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. – 2016. – Vol. 100. – P.649–656.
123. Khan, S. Worm meal: a potential source of alternative protein in poultry feed / S. Khan, S. Naz, A. Sultan [et al.] // *Worlds Poult. Sci. J.* – 2016. – Vol. 72. – P.93–102.
124. Koné, N. Production of house fly larvae for animal feed through natural oviposition/ N. Koné, M. Sylla, S. Nacambo [et al.] // *Journal of Insects as Food and Feed*. – 2016. – Vol. 3. – P. 1-11.
125. Liu, Q. Black soldier fly (*Diptera: Stratiomyidae*) larvae reduce *Escherichia coli*

- in dairy manure. *Environ / Q. Liu, J. K. Tomberlin, J. A. Brady [etal.] // Entomol.* – 2008. – Vol.37. – P.1525–1530.
126. Makkar, H.P.S. Current status on use of insects as animal feed / H.P.S. Makkar, G. Tran, P. Ankers // *Proceedings of the conference of insects to feed the world, Wageningen, The Netherlands, 14–17 May, 2014.* – 61 p.
  127. Makkara, H.P.S. State of the art on use of insects as animal feed / H.P.S. Makkara, G. Tranb, V. Heuzeb // *Animal Feed Science and Technology.* – 2014. – Vol. 197. – P.1–33.
  128. Meneguetti, B.T. Antimicrobial peptides from fruits and their potential use as biotechnological tools-a review and outlook / B.T. Meneguetti, L.D. Machado, K.G.N. Oshiro [etal.] // *Front. Microbiol.* – 2017. – Vol. 7. – P. 1-13.
  129. Nalwanga, R. Monitoring the nutritional value of feed components for aquaculture along the supply chain an East African case study / R. Nalwanga, D. M. Liti, H. Waidbacher [et al.] // *Livestock Res. Rural Dev.* – 2009. – Vol. 21. – 9 p.
  130. Nieboer, E. Essential, toxic and therapeutic functions of metals (including determinant of reactivity) / E. Nieboer, W.E. Sanford // *Rev Biochem Toxicol.* – 1985. – Vol. 7. – P. 205–245.
  131. Ogunji, J.O. Alternative protein sources in diets for farmed tilapia / J.O. Ogunji // CAB International Publishing (Oxford, UK). *Nutrition Abstracts and Reviews. Ser. B Livest. Feeds Feed.* – 2004. – Vol. 74. – P. 23–32.
  132. Ogunji, J.O. Effect of housefly maggot meal (magmeal) diets on the performance, concentration of plasma glucose, cortisol and blood characteristics of *Oreochromis niloticus* fingerlings / J.O. Ogunji, W. Kloas, M. Wirth [et al.] // *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* – 2008. – Vol. 92. – P. 511–518.
  133. Ogunji, J.O. House fly maggot meal (magmeal): An emerging substitute of fishmeal in tilapia diets / J.O. Ogunji., W. Kloas., M. Wirth [et al.] // *Conference of international agricultural research for development.* – Deutscher Trapentag, Bonn, Germany. – 2006.
  134. Okamoto, Y.M. Effects of chitin/chitosan and their oligomers/monomers on



- migrations of fibroblasts and vascular endothelium / Y.M. Okamoto, K. Watanabe, M. Miyatake [et al.] // *Biomaterials*. – 2002. – Vol. 23. – P. 1975–1979.
135. Okamoto, Y.M. Physical changes of chitin and chitosan in canine gastrointestinal tract / Y.M. Okamoto, K. Nose, J. Miyatake [etal.] // *Carbohydr. Polym.* – 2001. – Vol. 44. – P. 211–215.
136. Oldfield, J.O. Selenium / J.O. Oldfield // *World Atlas*, Belgium. – 1999. – 268 p.
137. Onsongo, V. O. Insects for income generation through animal feed: effect of dietary replacement of soybean and fish meal with black soldier fly meal on broiler growth and economic performance / V. O. Onsongo, I. M. Osuga. C. K. Gachuri [et al.] // *Journal of economic entomology*. – 2017. – Vol. 111 (4). – P. 1966–1973.
138. Pankratov, A.N. Compounds of the 1,5-di(4-R-phenyl)-3-selenopentanediones-1,5 series interaction with the Basidiomycete *Lentinula edodes* lectins: computations and experiment / A.N. Pankratov, O.M. Tsvileva, B.I. Drevko // *J Biomol Struct Dyn.* – 2011. – Vol. 28(6). – P. 969–974.
139. Park, S.O. Bifidogenic effect of grain larvae extract on serum lipid, glucose and intestinal microflora in rats / S.O. Park, B.S. Park // *J Biosci.* – 2015. – Vol. 40(3). – 513 p.
140. Pieterse, E. The carcass quality, meat quality and sensory characteristics of broilers raised on diets containing either *Musca domestica* larvae meal, fish meal or soya bean meal as the main protein source / E. Pieterse, Q. Pretorius, L.C. Hoffman [etal.] // *Animal Production Science*. – 2014. – Vol. 54. – P. 622–628.
141. Pretorius, Q. The evaluation of larvae of *Musca domestica* (common house fly) as protein source for broiler production. Thesis dissertation / Q. Pretorius // University of Stellenbosch, South Africa. – 2011. – Vol. 30. – P. 20–23.
142. Ravindran, V. Feed resources for poultry production in Asia and the Pacific. Animal protein sources / V. Ravindran, R. Blair // *Journal World's Poultry Science*. – 1993. – Vol. 49. – P. 219-235.

143. Scalickova, S. Selenium nanoparticles as a nutritional supplement / S. Scalickova, V. Milosavljevic, K. Cihalova [et al.] // *Nutrition*. – 2017. – Vol. 33. – P. 83–90.
144. Scott, M.L. *Nutrition of the Chicken* / M.L. Scott, M.C. Nesheim, R.J. Young. - Ithaca, N.Y.: M.L. Scott, 1982. – 300 p.
145. Shamberger, R.J. Selenium in the environment / R.J. Shamberger // *Sci Total Environ*. – 1981. – Vol. 17. – P. 59–74.
146. Smith, R. PROteINSECT—do European citizens accept the use of insects for animal feed and human food? / R. Smith, R.E. Pryor // *Proceedings of the conference of insects to feed the world, Wageningen, The Netherlands, 2014*. – P. 31.
147. Speedy, A. W. Overview of world feed protein needs and supply / A. W. Speedy. – ([http:// www.fao.org/docrep/007/y5019e/y5019e05.htm](http://www.fao.org/docrep/007/y5019e/y5019e05.htm)).
148. Stock, T. Selenoproteins in Archaea and Grampositive bacteria / T. Stock, M. Rother // *Biochem Biophys Acta Gen Subj*. – 2009. – Vol. 1790. – P. 1520–1532.
149. Tacon, A.G.J. Feed ingredients for warm water fish: fish meal and other processed feedstuffs / A.G.J. Tacon // *FAO Fish. Circ*. – 1993. – 856 p.
150. Tacon, A. G. Fishing for feed or fishing for food: increasing global competition for small pelagic forage fish / A. G. Tacon, M. Metian // *Ambio*. – 2009. – Vol. 38. – P. 294–302.
151. Taylor, A. Cobalt: a review / A. Taylor, V. Marks // *J Hum Nutr*. – 1978. – Vol. 32. – P. 45–177.
152. *The State of World Fisheries and Aquaculture* // FAO Fisheries dep. – Rome: FAO. – 2010. – Vol. 15. – 197 p.
153. Tian, J.Z. Effects of dietary selenium supplementation on growth performance, selenium retention in tissues and nutrient digestibility in growing–finishing pigs / J.Z. Tian, M.S. Yun, W.S. Ju [etal.] // *Asian Australas J Anim Sci*. – 2006. – Vol. 19(1). – P. 55–60.
154. Van der Lubben, I.M. Chitosan microparticles for oral vaccination:preparation, characterization and preliminary in vivo uptake studies in murine Peyer’s patches

- / I.M. Van der Lubben // *Biomaterials*. – 2001. – Vol. 22. – P. 687 – 694.
155. Van Huis, A. Edible insects. Future prospects for food and feed security food and agriculture organization of the united nations / A. Van Huis, J. Van Itterbeeck, H. Van Klunder [et al.] // *FAO Forestry paper*. – 2013. – Vol. 171. – 187 p.
156. Van Huis, A. Potential of insects as food and feed in assuring food security / A. Van Huis // *Annu Rev Entomol*. – 2013. – Vol. 58. – P. 563–583.
157. Veldkamp, T. Insects as a sustainable feed ingredient in pig / T. Veldkamp, G. van Duinkerken, A. Van Huis. – ([http://venik.nl/site/wp-content/uploads/2012/10/rapport\\_insecten-als-grondstof-voor-diervoeders.pdf](http://venik.nl/site/wp-content/uploads/2012/10/rapport_insecten-als-grondstof-voor-diervoeders.pdf)).
158. Wang, G. Antimicrobial peptides in 2014 / G. Wang, B. Mishra, K. Lau [etal.] // *Pharmaceuticals (Basel)*. – 2015. – Vol. 8. – P. 123-150.
159. Yamamoto, T. Optimization of the supplemental essential amino acids to a fish meal-free diet based on fermented soybean meal for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* / T. Yamamoto, H. Matsunari, T. Sugita [et al.] // *Fish Sci*. – 2012. – Vol. 78. – P. 359–366.

# Приложения







МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ЗОЛОТАЯ  
ОСЕНЬ**  **GOLDEN  
AUTUMN**

РОССИЙСКАЯ  
АГРОПРОМЫШЛЕННАЯ  
ВЫСТАВКА

RUSSIAN  
AGRICULTURAL  
EXHIBITION

# ДИПЛОМ

награждается бронзовой медалью

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Вавилова», г.  
Саратов

*За разработку новой кормовой добавки с улучшенным аминокислотным  
составом и обогащенной микроэлементами*

МИНИСТР СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

А.Н. ТКАЧЕВ

Москва, ВДНХ, 4-7 октября 2017



ООО «ОРГАНИКА»

Почтовый адрес: 410002, г. Саратов,  
ул. Чернышевского, 199 А

ИНН 6432019458 ОГРН 1166451061523

e-mail: [organika64@gmail.com](mailto:organika64@gmail.com)

Исх. № 01-05/2018 от 18 мая 2018 года

ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ

Акт о внедрении результатов

диссертационной работы аспиранта кафедры «Микробиология, биотехнология и химия» факультета ветеринарной медицины, пищевых и биотехнологий ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ Садовской Анастасии Сергеевны (научный руководитель – Ларионова О.С., д.б.н., доцент, заведующий кафедрой микробиологии, биотехнологии и химии

Способ получения кормовой муки из биомассы личинок *M. domestica*, а также способ получения хитозана (Пат. РФ № 2615636), разработанные Садовской А.С., представляет интерес к внедрению в производство.

Предложенные технологии могут быть использованы ООО «Органика» в реализации новых перспективных проектов.

Генеральный директор



Гайдадин Г.Е.





ФОНД СОДЕЙСТВИЯ РАЗВИТИЮ  
малых форм предприятий в научно-технической сфере

# ДИПЛОМ

победителя программы «УМНИК»

Ковтунова Анастасия Сергеевна  
ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ» им. Н.И. Васильева  
УНТИ Ветеринарный госпиталь

Председатель Наблюдательного совета

Генеральный директор



И.М. Бортник

С.Г. Поляков