

ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет»  
ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства  
и переработки мясомолочной продукции»

*На правах рукописи*

**Романенко Евгения Александровна**

**ПРОДУКТИВНЫЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИНДЮШАТ  
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ ИЗ ЛИЧИНОК МУХ  
ПОПУЛЯЦИИ LUCILIA CAESAR**

06.02.10 – частная зоотехния, технология производства продуктов  
животноводства;

06.02.08 – кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных  
животных и технология кормов

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Научные руководители:                    доктор биологических наук  
**Федорова Виктория Владимировна;**  
  
   доктор сельскохозяйственных наук  
**Бараников Владимир Анатольевич**

п. Персиановский – 2020

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	3
1.1 Развитие индейководства в России .....	9
1.2 Перспективы использования альтернативного белка в рационах сельскохозяйственных животных и птиц .....	13
<b>2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ</b> .....	37
<b>3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ</b> .....	41
3.1 Исследование белково-липидного концентрата (БЛК) из личинок мух популяции <i>Lucilia Caesar</i> при выращивании индюшат-бройлеров.....	41
3.1.1 Кормление и содержание индеек.....	42
3.1.2 Переваримость, баланс и использование питательных веществ индейками .	49
3.1.3 Морфо-биохимические показатели крови.....	53
3.1.4 Динамика живой массы .....	57
3.1.5 Мясная продуктивность индюшат.....	61
3.1.6 Химический состав и сенсорные показатели мяса .....	65
3.1.7 Экономическая эффективность .....	81
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	84
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	95
<b>СПИСОК ИЛЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРИАЛА</b> .....	121
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ</b> .....	122

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы.** Интенсивное развитие птицеводства, по-прежнему является важной задачей – целью которой, создать экономическую базу для продовольственной безопасности страны. В этой связи развитию индейководства уделяется огромное внимание. Несмотря на стремительный темп прироста за последнее десятилетие, производство мяса индейки находится на достаточно низком уровне. В 2018 году произведено 269 тыс. тонн, что составляет 6,35% от общего объема производства мяса птицы в Российской Федерации и 3,6% от мирового производства мяса индейки. По данным Минсельхоза и Росптицесоюза, в 2020 году объем производства мяса индейки увеличится до 400-417 тыс. тонн. Федеральной научно-технической программой развития сельского хозяйства до 2025 года предусмотрено довести уровень производства мяса индейки до 600 тыс. тонн за счет строительства новых репродукторов, обеспечивающих инкубационными яйцами и стабильным родительским поголовьем производителей мяса индейки. Довести уровень потребления индюшатины до 4,0 кг на человека в год (Бурлакова Е., 2019).

Потребность в ценных источниках белка для постоянно растущего населения мира и одновременно уменьшающихся площадей, пригодных для сельскохозяйственного производства, представляет собой серьезную глобальную проблему. Растущее интенсивное производство птицы требует увеличения количества белка для удовлетворения потребностей птицы в аминокислотах для поддержания роста и продуктивности. В настоящее время доступными источниками белка для домашней птицы являются экстракционные соевые бобы, семена рапса, бобовые, кукурузный глютен, рыбная мука. Поэтому срочно необходимы альтернативные источники белка сопоставимой ценности, чтобы в будущем производство птицы стало устойчивой формой производства. В связи с

этим потенциал белка насекомых в рационах птицы привлекает особое внимание (Henchion M., Hayes, M., Mullen, A. et al., 2017).

Использование муки из личинок мух в кормлении сельскохозяйственных животных – это новое направление, которое получает все большее распространение среди ведущих мировых производителей. Технология получения муки из личинок мух решает несколько критических задач развития сельского хозяйства: производство дешевого и качественного животного белка; замена импортных составляющих в кормах для животных; вовлечение биологических отходов во вторичную обработку; снижение нагрузки на экологию (Дедаева В., Аргунов М. и др., 2018).

Липецкое ООО «Новые Биотехнологии», производящее кормовой белок из личинок мух популяции *Lucilia Caesar* по проекту, аккредитованному в инновационном центре Сколково, запустило свое производство после глобальной реконструкции.

Испытания по использованию муки из личинок мух в качестве добавки в корм проводились многими учеными на разных видах сельскохозяйственных животных (бычках крупного рогатого скота, свиньях, цыплятах-бройлерах, рыбах и домашних животных), однако белково-липидный концентрат (БЛК) на основе личинок мух в рационах индеек проводится впервые.

**Степень разработанности темы исследований.** Мировой опыт в технологии использования биомассы насекомых в сельском хозяйстве находится на этапе запуска и испытывает период бурного роста. В России – на этапе формирования идей. Однако фундаментальные исследования в этом направлении начинали проводить, именно в СССР, в середине прошлого века такие ученые, как Гудилин И.И., Эрнст Л.К., Коромыслов Г.Ф.

За последние несколько лет насекомые были определены в качестве важного источника устойчивого кормового сырья для животных во многих странах мира. Во-первых, насекомые отвечают диетическим потребностям животных в отношении питательного состава, аминокислотного профиля и, как часть естественного рациона нескольких видов животных. Массовое производство

насекомых также является многообещающим с экологической точки зрения из-за низкого уровня выбросов парниковых газов, небольшой площади, необходимой для производства 1 кг белка, сокращения использования площади, вследствие, снижения конкуренции между кормами и продуктами питания, а также способность превращать органические побочные потоки в ценные белковые продукты. В частности, использование насекомых в биоконверсии отходов представляет собой новый подход и замечательный пример устойчивой циркулярной экономики (Oonincx D.G., de Boer I.J., 2012; van Huis A., Oonincx D.G.A.V., 2017; Meneguz M., Schiavone A. et al., 2018; Makkar H.P.S., 2018).

Изучением использования в питании сельскохозяйственных животных, птицы и рыб кормов из насекомых в том числе личинок мух черных солдат (*Hermetia illucens*), личинок и куколок мухи домашней (*Musca domestica*), личинок червя (*Tenebrio molitor*) и семействах насекомых, принадлежащих к прямокрылым и жесткокрылым, в том числе саранчи (*Locusta migratoria*), полосатого крикета (*Gryllodes sigillatus*) и мучного хрущака (*Tribolium confusum*) занимались (Коновалова Т.В., 1984; Бедин Д.П., 1986; Жемчужина А.А., 1986; Кожебаев Б.Ж., 2003; Сороколетов О.Н., 2006; Алексеева З.Н., 2009; Lalander C., Diener S. et al., 2013; Makkar H.P.S., Tran G. et al., 2014; Sánchez-Muros M.-J., Barroso F.G., Manzano-Agugliaro F., 2014; Ушакова Н.А., Некрасова Н.А. и др., 2015; Diener S., Zurbrügg C. et al., 2015; Čičkova H., Newton G.L. et al., 2015; Fernanda O., Klaus D. et al., 2015; Дедяева В.В., Истомина А.И., 2016; Хатунцев А.И., Старухин В.П. и др., 2016; Бастратов А.И., Донцов А.Е. и др., 2016; Józefiak D., Józefiak A. et al., 2016; Антонов А.М., Lutovinovas E., Иванов Г.А. и др., 2017; Han R., Shin J.T. et al., 2017; Raheem D., Carrascosa C. et al., 2018; Belghit I., Liland N.S. et al., 2018; Dabbou S., Gai F. et al., 2018; Теймуразов М.Б., Светоч Э.А. и др., 2018; Дедяева В., Аргунов Н., Варенцова А. и др., 2018; Некрасов Р.В., Чабаев М.Г. и др., 2019; Крылова Л.С., Бородина М.А., 2019; Ушакова Н.А., Пономарев С.В. и др., 2020; Kolesnyk N., Simon M. et al., 2020).

**Цель и задачи исследований.** Целью данной работы, выполненной в рамках тематического плана ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный

университет» (№ гос. регистрации 0120.060421) и государственного задания ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (№ гос. регистрации 0120.7713080668.06.8.001.4), явилось изучение эффективности использования в питании индюшат кросса ВIG-6 инновационного корма из личинок мух популяции *Lucilia Caesar* (белково-липидный концентрат – БЛК).

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- определить влияние белково-липидного концентрата (БЛК) в рационах индюшат на особенности формирования мясной продуктивности и качественные показатели мяса при выращивании их отдельно по полу (индейки, индюки);

- изучить переваримость питательных веществ корма, баланс и использование азота организмом индеек и индюков под воздействием инновационного корма;

- выявить влияние корма из личинок мух на морфологический и биохимический составы крови индюшат;

- установить степень влияния белково-липидного концентрата (БЛК) на химический состав и органолептическую оценку белого и красного мяса индеек и индюков;

- определить экономическую целесообразность применения корма из личинок мух популяции *Lucilia Caesar* при производстве индюшатины.

**Научная новизна исследований.** Впервые в условиях Российской Федерации проведены комплексные исследования по научному обоснованию и экспериментальному подтверждению высокой эффективности инновационного корма из личинок мух популяции *Lucilia Caesar* при выращивании индюшат кросса ВIG-6. Выявлено его положительное влияние на биоконверсию питательных веществ корма, баланс и использование азота организмом индюшат, продуктивность и качество мяса. Установлены физиологические закономерности влияния изучаемого корма на интенсивность обменных процессов в организме индеек и индюков. Предложены оптимальные нормы ввода в рационы индюшат белково-липидного концентрата (БЛК).

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Полученные в результате исследований сведения способствуют углублению и расширению современных знаний о влиянии корма из насекомых, как источника высокоусвояемого кормового белка, жира с уникальными свойствами на продуктивность и биологическую ценность индюшатины. Выполненная работа является важным звеном в решении задач по сокращению дефицита белка в питании населения планеты за счет высвобождения и структуры рациона животных и птиц, сои и рыбы, которые можно использовать в питании человека.

Теоретически обоснована возможность стимулирования роста индюшат с помощью муки из личинок мух популяции *Lucilia Caesar*. Доказано, что применение изучаемого корма позволило увеличить переваримость протеина и жира индейками на 2,3 и 3,1%, 1,9 и 2,7%, индюками – 3,4 и 47%, 2,9 и 3,6%, благодаря чему живая масса в опытных группах возросла у индеек на 8,67 и 12,2%, у индюков – на 6,17 и 8,58%, а уровень рентабельности выращивания индеек повысился на 1,49 и 2,21%, индюков – 2,88 и 4,04%.

**Методология и методы диссертационного исследования.** Методологической основой для постановки целей и задач исследований послужили научные разработки отечественных и зарубежных ученых, направленные на изыскания альтернативных источников животного белка, в частности, из насекомых, поиск способов и технологий получения муки из разных видов насекомых для увеличения производства индюшатины.

При проведении комплексных исследований применяли общепринятые методы исследований, в том числе зоотехнические, физиологические, гематологические и биохимические с использованием современных приборов и оборудования. Цифровой материал, полученный в ходе исследований, обработан с использованием пакета программ «Microsoft office» и определением порога достоверности разницы.

**Положения диссертации, выносимые на защиту:**

– выявлена высокая эффективность муки из личинок мух популяции *Lucilia Caesar* в составе корма для индюшат на их мясную продуктивность и качественные

показатели мяса;

– использование изучаемого корма в питании индюшат способствует повышению биоконверсии кормов и усвоению азота организмом птицы;

– установлено влияние белково-липидного концентрата (БЛК) на обменные процессы (морфологический и биохимический составы крови) индеек и индюков;

– применение изучаемого корма в рационах индюшат положительно влияет на химический состав и сенсорные качества белого и красного мяса индеек и индюков;

– экономическая целесообразность использования изучаемого корма при выращивании индюшат на мясо.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Достоверность результатов проведенных исследований подтверждается применением общепринятых методик, включением в опыты достоверного количества животных и апробацией полученных результатов. Цифровой материал экспериментальных исследований обработан методом вариационной статистики.

Основные материалы диссертационной работы доложены и положительно оценены на международно-практических конференциях: Москва (2018, 2019), Словения (2020), Анапа (2020).

Разработки соискателя экспонировались в научно-исследовательском центре «Иннова» на XXV Международной научно-практической конференции: Инновационное развитие современной науки Анапа (2020), где удостоены золотой медали и диплома.

**Реализация результатов исследований.** Результаты исследований внедрены в ЗАО «Краснобор» Тульской области.

**Публикация результатов исследований.** По материалам диссертации опубликовано 8 научных работ, в т.ч. 3 статьи – в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК РФ.



## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### 1.1 Развитие индейководства в России

Интенсивное развитие птицеводства, по-прежнему является важной задачей – цель которой, создать экономическую базу для продовольственной безопасности страны. В этой связи развитию индейководства уделяется огромное внимание. Несмотря на стремительный темп прироста за последнее десятилетие, производство мяса индейки находится на достаточно низком уровне. В 2018 году произведено 269 тыс. тонн, что составляет 6,35% от общего объема производства мяса птицы в Российской Федерации и 3,6% от мирового производства мяса индейки. По данным Минсельхоза и Росптицесоюза, в 2020 году объем производства мяса индейки увеличится до 400-417 тыс. тонн. Федеральной научно-технической программой развития сельского хозяйства до 2025 года предусмотрено довести уровень производства мяса индейки до 600 тыс. тонн за счет строительства новых репродукторов, обеспечивающих инкубационными яйцами и стабильным родительским поголовьем производителей мяса индейки. Довести уровень потребления индюшатины до 4,0 кг на человека в год (Бурлакова Е., 2019). Индейководство – важный источник увеличения производства высококачественного птичьего мяса. Многолетний опыт работы показывает, что промышленное разведение индеек является эффективной отраслью (Ройтер Я.С., Фисинин В.И., и др. 2011; Погодаев В.А., Канивец В.А. и др. 2013). Среди мясных видов сельскохозяйственной птицы индейка занимает особое место. По своим биологическим и хозяйственным признакам – одна из наиболее перспективных видов мясной птицы (Погодаев В.А. и др. 2012).

Биологическое разнообразие сельскохозяйственной птицы в виде пород, популяций, линий, является необходимым фактором совершенствования существующих и создания новых селекционных форм (Ройтер Я.С., Фисинин В.И.,

Егорова А.В. и др. 2016; Шахтамиров И.Я., Погодаев В.А., Шинкаренко Л.А. и др. 2019).

Для решения задач государственного масштаба и конкурентоспособности производства мяса индеек отечественных производителей необходимо обеспечить сбалансированное кормление, с учетом высвобождения из структуры рациона дорогостоящих ингредиентов, таких как рыбная, мясокостная и соевая мука (Lalander C., Diener S. et.al. 2013; Ушакова Н.А., Некрасова Н.А. и др. 2015; Ларионова О.С., Ковтунова А.С. и др. 2016; Józefiak D., Józefiak A. et.al. 2016).

По мнению Крюкова В.И. (2019) в российском птицеводстве, индейководство является очень перспективным направлением. В условиях интенсивных технологий выращивания сельскохозяйственных птиц, важным фактором достижения высокой продуктивности является стабильность генома птиц, обеспечивающая эффективную работу эпигенетических процессов. Для достижения стабильности генома необходимо выяснить величину этого параметра у сельскохозяйственных птиц разных видов. Кроме того, для каждого вида целесообразно выявить изменение стабильности генома при воздействии неблагоприятных факторов окружающей среды, а также при патологических состояниях птиц, вызванных различными заболеваниями.

По прогнозам «БизнесСтат», до 2022 года выпуск мяса индейки в России будет расти на 11-18% в год. В 2022 году он достигнет 471 тысячи тонн в убойном весе, что превысит значение 2017 года в 2 раза. Специалисты считают, что рынок будет расти, как за счет наращивания производства на действующих предприятиях, так и за счет появления новых компаний. Что касается ООО «Тамбовская индейка», то предприятие построило и запустило в производство две площадки дорашивания и четыре площадки откорма птицы в Первомайском районе Тамбовской области. Проектная мощность предприятия – 50 тысяч тонн в год, в перспективе планируется расширить объемы производства до 100 тысяч тонн (Самсонова О.Е., Бабушкин В.А., Телякова Ю.А., 2018).

ООО «Тамбовская индейка» – совместный проект испанской компании Grupo Fuertes и группы «Черкизово». По данным результатов анализа ООО «БизнесСтат»

производство мяса индейки в России с 2013 по 2017 годы выросло более чем на 68% (с 138 до 233 тысяч тонн). Основной причиной является появление на рынке нового крупного предприятия «Тамбовская индейка», а также наращивание производственных мощностей компанией ООО «Евродон».

В 2019 году компания «Дамате» планирует произвести более 130 тыс. т мяса индейки в убойном весе, что на 50% больше показателя 2018 – года. Таким образом, компания подтвердит статус крупнейшего производителя индейки в стране с долей около 40%.

Индейководческое предприятие ЗАО «Краснобор», основано в 2000 году в Тульской области на 3-х производственных площадках. Общий объем производства охлажденного мяса индейки составляет 35-40 тыс. тонн в год.

Федеральное государственное унитарное предприятие племенной птицеводческий завод «Северо-Кавказская зональная опытная станция по птицеводству» РАСХН является единственным в России селекционно-генетическим центром по разведению индеек кросса «Универсал». Он утверждён в 2004 году и занесён в государственный племенной регистр с присвоением уникального регистрационного кода. Данный кросс не случайно назван «Универсал». Птица имеет белое оперение, отличается широкой грудью, высокой скоростью роста, адаптирована к условиям российских регионов, устойчива к заболеваниям. Оптимальный срок откорма молодняка при напольном выращивании 20 недель для самок и 26 – для самцов. Тушка имеет массу от 4,6 до 8,9 кг и характеризуется превосходными мясными качествами. При клеточном выращивании на мясо срок откорма снижается до 20 недель, достигая вышеуказанных показателей (Канивец В., Петрухин О., Шинкаренко Л., Терлецкий В., 2011).

Выращивание индеек – экономически выгодная отрасль животноводства, получившая свое распространение из-за высокой прибыльности при небольшом количестве затрат. Преимуществами этого вида бизнеса являются небольшой срок получения продукта и высокий потребительский спрос на диетическое мясо. Мясо индейки содержит большое количество железа и протеина, отличается низким

количеством содержания жировой ткани. Оно рекомендуется в пищу как людям, занимающимся тяжелым физическим трудом, так и кормящим мамам.

Индейки – птицы семейства индейковых, отряда куриных, по своим биологическим признакам сходны с курами. Разводятся исключительно как крупная мясная птица и в этом отношении обладают превосходными качествами. Индейки хорошо разводятся в регионах с умеренным климатом, но плохо переносят большую жару и сильный холод. Они совершенно не переносят сырых мест, предпочитают свободные выгулы, заросшие пустыри, светлые лесные поляны, мелколесье. Домашних пород индеек выведено немного, и различаются они между собой главным образом по окраске оперения. При разведении индеек основное внимание уделяется их мясным качествам, и в первую очередь величине тела. Узконаправленное хозяйственное использование индеек приводит к тому, что различия между отдельными породами недостаточно отличаются от своих диких сородичей большими размерами и массой (Крисанов А.А., 2000).

Минсельхоз рассматривает индейководство как одно из перспективных направлений, обеспечивающих прирост объемов производства мяса птицы и расширение его ассортимента. Индейка как самая крупная из домашних птиц идеально подходит для глубокой переработки мяса (до 60 видов основных изделий, не считая разнообразия по видам упаковки и массе).

Индейка – самая крупная после страусов сельскохозяйственная птица, выращиваемая в России в промышленном масштабе. Ее поголовье с каждым годом увеличивается, и соответственно растут объемы производства индюшиного мяса. Так, в 2009 г. было получено порядка 31 тыс. т мяса индейки в пересчете на убойную массу, а в 2012 г. его произвели в четыре раза больше, тенденция к росту объемов развивается и дальше (Дубровская В.И., Гоноцкий В.А., 2013).

Промышленное разведение индеек в России получает все большее развитие: в разных регионах страны появляются комплексы различной мощности, использующие современные технологии и высокопродуктивные кроссы. Благодаря этой тенденции объем отечественного производства индюшатины за последние

четыре года увеличился более чем в 2 раза (Рогов И.А., Антипова Л.В., Дунченко Н.И., 2007).

Индейководство – как отрасль птицеводства имеет неисчерпаемые резервы по увеличению ценного диетического продукта, качество которого во многом зависит как от наследуемых факторов, так и условий содержания и кормления (Фисинин В.И., 2002; Бобылева Г.А., 2005).

В настоящее время в Российской Федерации потребляют 0,72 кг в год индюшатины на душу населения с учетом поставок по импорту, в то время, как в Израиле – 15 кг, в Великобритании – 7 кг, в США – 9 кг. В последние годы растет интерес к этой отрасли, повышается потребительский спрос на мясо индейки (Гущин В.В., Махонина В.Н. и др., 2011; Погодаев В.А., Канивец В.А. и др., 2013).

## **1.2 Перспективы использования альтернативного белка в рационах сельскохозяйственных животных и птиц**

Потребность в ценных источниках белка для постоянно растущего населения мира и одновременно уменьшающихся площадей, пригодных для сельскохозяйственного производства, представляет собой серьезную глобальную проблему. В этом контексте ожидается, что глобальный спрос на мясо птицы и яйца значительно увеличится в будущем, что связано с тем фактом, что эти продукты имеют очень высокую питательную ценность, они относительно дешевы и никакие религиозные проблемы не связаны с их потреблением. Растущее интенсивное производство птицы требует увеличения количества белка для удовлетворения потребностей птицы в аминокислотах для поддержания, развития оперения, роста и производства яиц. В настоящее время доступными источниками белка для домашней птицы являются экстракционные соевые бобы, семена рапса, бобовые и кукурузный глютен. При этом следует отметить, что аминокислотный состав растительных белков хуже, чем у белков животного происхождения, особенно в отношении содержания в них незаменимой серосодержащей аминокислоты метионина, поэтому рыбная мука все еще широко используется в рационах птицы.

Поэтому срочно необходимы альтернативные источники белка сопоставимой ценности, чтобы в будущем производство птицы стало устойчивой формой производства. В связи с этим потенциал белка насекомых в рационах птицы привлекает особое внимание (Józefiak D., Engberg R. M., 2015; Henschion M., Hayes, M., Mullen, A. et al., 2017).

В последнее время во всем мире наблюдается повышенный интерес к насекомым, как к источнику высокоусвояемого кормового белка, жира с уникальными свойствами, антиоксидантов, иммуномодуляторов, сырья для получения новых лекарственных препаратов (Kroeckel S., Harjes A, et al, 2012; Stamer A., Wesseless S. et al, 2014; Józefiak D., Józefiak A., Kierończyk B. et al, 2016). В личинке мух содержится около 40% аминокислот, которые оказывают благоприятное действие на рост и развитие сельскохозяйственных животных и птиц и подтверждают возможность использования сухих личинок в виде кормовой добавки (Ушакова Н.А., Некрасова Н.А., Некрасов Р.В., 2015; Антонов А.М., Lutovinovas E., Иванов Г.А., Пастухова Н.О., 2017).

Дефицит белка в мире является общеизвестной проблемой и замена белка животного происхождения в рационах сельскохозяйственной птицы, в том числе индеек, мукой из личинок мух популяции *Lucilia Caesar*, является инновационной (Diener S., Zurbrügg C., Tockner K., 2015; Fernanda O., Klaus D., Richard L., Joseph R.O., 2015; Дедяева В.В., Истомин А.И., Аргунов М.Н., 2016).

Технология производства корма из насекомых решает несколько критических задач развития сельского хозяйства: производство дешевого и качественного животного белка; замена импортных составляющих в кормах для животных; вовлечение биологических отходов во вторичную обработку; снижение нагрузки на экологию (Дедяева В., Аргунов М., Варенцова А., Жуков И., Истомин А., 2018).

Использование муки из личинок мух в кормлении сельскохозяйственных животных – это новое направление, которое получает все большее распространение среди ведущих мировых производителей.

В ЮАР британская компания «Агрипротеин» в апреле 2015 года завершила строительство крупного (и пока единственного) завода по производству кормовой

муки, жира и удобрений путем переработки личинками мух органических сельскохозяйственных и пищевых отходов. В настоящее время этой продукции не хватает (раскуплена на много лет вперед производителями кормов, животноводческими, птицеводческими и рыбоводческими хозяйствами), поэтому компания начинает строить второй завод в Чили, и рассматривает предложение по строительству аналогичного завода в Европе (стоимость кормовой муки из насекомых до 2000 \$ за тонну).

К основным конкурентным преимуществам стран и компаний лидеров в этой области можно отнести возможности получения финансирования на проект по производству продуктов из биомассы насекомых не только из частных источников, но также в качестве грантов от различных организаций, которые занимаются проблемами продовольственной безопасности и поддерживают идею использования белка из насекомых как альтернативу традиционным источникам белка. В частности, в компанию «Агрипротеин» инвестировал \$11 млн. Билл Гейтс.

Конкурентные преимущества российских компаний практически отсутствуют. Мировой опыт в технологии использования биомассы насекомых в сельском хозяйстве находится на этапе запуска и испытывает период бурного роста. В России – пока на этапе формирования идей. РФ по-прежнему отстает от развитых стран в эффективности кормопроизводства, которое в значительной степени ведется без использования муки из насекомых. При этом фундаментальные исследования начали проводиться именно в СССР в середине прошлого века (ИГСХИ – Гудилин И.И., ВИЖ – Эрнст Л.К., ВИЭВ – Коромыслов Г.Ф.) (Коновалова Т.В., 1984).

В мире наблюдается постепенный переход стран к экономике замкнутого цикла с развитой системой вторичной переработки продуктов, например, переработка органических отходов сельского хозяйства с получением животного белка для кормления животных и птицы. Так называемый тренд перехода на высокобелковые корма с низкой себестоимостью для сельскохозяйственных животных (Хатунцев А.И., Старухин В.П., Саакасян В.А., Аргунов М.Н., 2016).

Насекомые на всех этапах жизни являются богатыми источниками животного белка. До настоящего времени основные исследовательские работы были сосредоточены на личинках мухи черных солдат (*Hermetia illucens*), личинках и куколках мухи домашней (*Musca domestica*), личинках червя (*Tenebrio molitor*) и семействах насекомых, принадлежащих к прямокрылым, в том числе локост, кузнечиков, сверчков и катилидов. Однако насекомые отряда Blattodea, такие как американский, немецкий и азиатский таракан, также являются интересными объектами для исследований и использования в кормлении сельскохозяйственных животных и птиц (Makkar H.P.S., Tran G. et al., 2014; Sánchez-Muros M.-J., Barroso F.G., Manzano-Agugliaro F., 2014).

Такие насекомые, как средиземноморский полевой крикет, *Gryllus bimaculatus* и пустынная саранча, *Schistocerca gregaria*, становятся потенциальными источниками корма для скота.

По данным van Broekhoven S. et al. (2015), насекомые являются богатым источником белка, незаменимых аминокислот и жира. Содержание белка в муке из насекомых значительно варьирует от 40% до 60%, даже одних и тех же видов насекомых. Важно отметить, что мука из насекомых по сравнению с рыбной мукой содержит более низкую концентрацию метионина, что необходимо учитывать при составлении рационов на основе белков насекомых. Концентрация кальция обычно ниже, чем у рыбной муки, однако личинки мухи черных солдат обеспечивают значительно больше кальция, чем другие насекомые.

По мнению Pretorius (2011), личинки комнатной мухи могут быть добавлены в рацион цыплят-бройлеров до уровня 25% без какого-либо отрицательного влияния на прирост живой массы, потребление и конверсию корма взамен других источников белка, например, муки из соевых бобов, рыбной муки и арахисового жмыха. При этом наблюдалась высокая усвояемость аминокислот в общем тракте (95 и 91%). Из-за различий в содержании жира и «клетчатки» / хитина в личинке значения метаболизируемой энергии (ME) значительно различаются и колеблются от 14,2 до 17,9 МДж/кг DM.



Кормление личинками мух черных солдат в качестве замены соевой муки в рационах цыплят-бройлеров привело к увеличению живой массы, снижению потребления корма по сравнению с контролем, что указывает на улучшение конверсии корма (Makkar H.P.S., Tran G. et al., 2014).

Способность личинок домашней мухи и черного солдата питаться органическими отходами, включая навоз с высоким содержанием влаги (60-80%) и превращать его в ценный белок насекомых является перспективным и привлекательным для решения экологических проблем (Newton et al., 2005; Šiškova, et al., 2015; Zhu et al., 2015). Личинки мух черного солдата могут снизить накопление птичьего помета на 50% и более в дальнейшем (Newton et al., 2005). Кроме того, кормление личинками снижает выделение доступного фосфора в навоз на 61-70%, а азота на 30-50% (Makkar H.P.S., Tran G. et al., 2014).

Принимая во внимание жизненный цикл и скорость роста насекомых, наиболее эффективными являются личинки. Например, можно произвести более 180 кг живой массы мух личинок черных солдат за 42 дня с 1 м<sup>2</sup>, тогда как на одной и той же площади можно произвести только 30 кг взрослых сверчков.

Мнение о включении насекомых в корм для животных часто вызывает сомнение. Однако в недавнем исследовании, проведенном в Бельгии, были собраны перекрестные данные между фермерами, заинтересованными сторонами в сельскохозяйственном секторе и гражданами (Verbeke et al., 2015). Результаты этого исследования указывают на широкое признание использования корма из насекомых, как источника белка в кормлении животных и птиц. Полученные выгоды: повышение устойчивости производства животноводческой продукции, снижение зависимости от импортируемых источников белка и снижение воздействия на окружающую среду, перевешивают предполагаемые риски, такие как микробиологическое загрязнение, химические остатки в пищевой цепи и снижение восприятия потребителями продуктов животного происхождения.

В настоящее время существуют значительные пробелы в знаниях в области производства насекомых, особенно в Европе, где насекомые не считаются традиционным продуктом питания (Veldkamp et al., 2012; Van Huis et al., 2013). Тем

не менее, большинство сведений свидетельствуют об успешном использовании белков насекомых в кормах для животных и птиц.

Дефицит белка, возникший в связи с растущим населением планеты, влияет на важные показатели сельскохозяйственных животных: яйценоскость, удои, прирост мышечной массы. Бюджет многих сельскохозяйственных предприятий не позволяет использовать дорогостоящие корма (рыбная мука, кровяная мука, различные жмыхи и шроты) (Титов И.Н., Усоев В.М., 2012). Несбалансированность рациона в связи с низким содержанием белка в кормах ведет к финансовым потерям. Для решения этой проблемы необходимо искать пути получения альтернативного белка (Ковтунова А.С., Крамарь Н.Н., Ларионова О.С., 2016; Крылова Л.С., Ларионова О.С., Миргородская О.А. и др., 2016). Применение технологии получения белка из биомассы личинок имеет ряд преимуществ: экономичность, высокая эффективность, простота организации производства альтернативного белка, регуляция численности мух на территории хозяйств и ферм, получение легкоусвояемого полноценного белка. Данная технология основана на переработке отходов сельского хозяйства личинками *Musca domestica*, это в свою очередь будет способствовать снижению нагрузки на окружающую среду (Ковтунова А.С., Древяко Я.Б., Мендубаев Д.В. и др., 2015; Ларионова О.С., Ковтунова А.С., Джаналиева М.С., 2016; Khan S, Khan R.U. et.al., 2016; Khan S, Khan R.U. et.al., 2018).

Высокая продуктивность сельскохозяйственных животных и птицы возможна только при условии обеспечения их полноценным питанием, искусственной защиты от болезней, создания благоприятной среды обитания (Beamish R.E., Dhalla N.S., 1985; Calogero A.E., 1995; Vjörntorp P., 2001).

Единственным фактором, сдерживающим развитие отраслей животноводства, является недостаток высококачественных кормов, а их неполноценность выступает одной из главных причин низкой продуктивности животных и их сохранности (Шундулаев Г., 2003).

Дефицит белковых кормов животного происхождения в России проблема не новая. Еще Коновалова Т.В. (1984), Бедин Д.П. (1986) сообщали, что недостаток

белка животного происхождения усиливает зависимость сельхозпроизводителей от зарубежных поставок соответствующих кормов, ограничивает развитие отечественного животноводства. Растет зависимость от нестабильных цен и качества источников растительного белка, а также рыбных белковых продуктов в корме. Одно из решений проблемы обеспеченности животным белком — поиск альтернативного источника, производство которого может быть налажено в нашей стране и которое поможет удовлетворить высокий спрос на данный вид корма (Серветник Г.Е, 1982; Жемчужина А.А., 1986; Кожебаев Б.Ж., 2003).

Поиск альтернативных и устойчивых белков является вопросом первостепенной важности, который нуждается в жизнеспособных решениях в краткосрочной перспективе, что делает насекомых все более привлекательным вариантом кормления.

Кузнечики, сверчки, тараканы, термиты, вши, вонючие насекомые, цикады, тли, чешуйчатые насекомые, псициды, жуки, гусеницы, мухи, блохи, пчелы, осы и муравьи использовались в качестве дополнительных источников пищи для домашней птицы. Сообщается, что термиты использовались в качестве корма для кур и цесарок в Того и Буркина-Фасо (Kenis M., Koné N. et al., 2014).

Хитин, полисахарид, обнаруженный в экзоскелете насекомых, может оказывать положительное влияние на функционирование иммунной системы. Благодаря кормлению насекомыми цыплят использование антибиотиков в птицеводстве, которое может привести к заражению человека устойчивыми к лекарствам штаммами бактерий может быть уменьшено.

Webster C.D., Rawles S.D., Koch J.F. et al. (2015) ссылались на использование солдатских мух (*Hermetia illucens*), выращенных на навозе и куколках домашних мух (*Musca domestica*), в качестве замены соевого шрота в рационах домашней птицы. Аналогичным образом, исследования показали, как куколки шелкопряда — побочные продукты производства шелка — могут полностью заменить рыбную муку в рационах несушек (то есть при производстве яиц) и дополнить рационы кур (50 процентов). Кузнечики и мормонские сверчки (*Anabrus simplex*) также могут полностью заменить рыбную и соевую муку. В Южной Киву, Демократической

Республике Конго, исследовали возможность замены чрезвычайно дорогой мясной муки – 20-процентного кормового ингредиента в птицеводстве – мукой, полученной из тараканов (*Blatta orientalis*) и термитов (*Kaloterme flavicollis*). Их исследование показало, что мука из насекомых может заменить ингредиент мясной муки при включении в корм. Tang Q., Dai Y. и Liu X. (2010) провели аналогичные эксперименты с мучными червями (*Tenebrio molitor*), выращивая их на отходах с низким содержанием питательных веществ и скармливая их цыплятам-бройлерам. Пищевые черви смогли превратить продукты с низким содержанием питательных веществ в рацион с высоким содержанием белка, что сделало *T. molitor* перспективным источником альтернативного белка, в частности, в качестве замены соевого шрота в корме для домашней птицы. Аналогичные результаты были получены в исследованиях с *Anabrus simplex*, *Acheta domesticus*, *Bombyx mori*, *Alphitobius diaperinus*, *Tribolium castaneum* и термитами. В Индии птицеводство является одной из наиболее быстро растущих агропромышленных отраслей, но использование дорогой кукурузы в качестве кормового ингредиента приводит к низкой рентабельности фермеров. Кормление домашней птицы отходами шелководства, которое до сих пор использовалось только для производства и компостирования биогаза, показало лучшие показатели конверсии, чем те, которые были получены при использовании обычного исходного сырья (Ayieko M.A., Kinyuru J.N. et al., 2012).

Мухи черного солдата (*Hermetia illucens*) (Diptera: Stratiomyidae) представляют собой ценный корм для крупного рогатого скота, свиней, птицы и рыбы (Liu Q., Tomberlin J.K. et al., 2008).

Личинки модифицируют микрофлору навоза, потенциально уменьшая количество вредных бактерий. Например, личиночная активность значительно снижала *Escherichia coli* 0157: H7 и *Salmonella enterica* у куриного помета. Anand H., Ganguly A. и Halder, P. (2008) предположили, что личинки содержат природные антибиотики, аналогичные личинкам обыкновенной зеленой мухи-бутылочки (*Lucilia sericata*), которые используются в терапии, как лекарственные препараты

для очистки ран, метод, который все чаще применяется в связи с распространенностью устойчивых бактериальных инфекций.

Следует серьезно рассмотреть возможность использования личинок черных солдат в стадии окукливания в качестве корма для животных, не в последнюю очередь из-за их уменьшения воздействия на окружающую среду. Высушенные личинки в стадии окукливания черных солдат содержат 42% белка и 35% жира (в пересчете на сухое вещество). Живые личинки в стадии окукливания состоят из 44% сухого вещества и могут легко храниться в течение длительного времени. Как компонент полноценного рациона, было обнаружено, что они поддерживают хороший рост у цыплят, свиней, радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*), канальный сом (*Ictalurus punctatus*) и голубая тилапия (*Oreochromis aureus*). В случае радужной форели личинки могут заменить 25 процентов потребления рыбной муки и 38 процентов потребления рыбьего жира. Вместо того, чтобы кормить насекомых рыбами, их можно выращивать на рыбе. Среди органических отходов рыбные субпродукты (внутренности и т.д.) могут скармливаться личинкам. По сравнению с личинками, питающимися навозом, содержание липидов увеличилось на 30%, а жирных кислот омега-3 увеличилось на 3% (Dutta A., Dutta S., et al., 2012; JunMing C., Jing Y. et al., 2012; Wasko A., Bulak P. et al., 2016).

Живыми опарышами кормят цыплят в Того и Камеруне. В Южной Корее исследовали влияние личинок на качественные показатели мяса и показатели роста цыплят-бройлеров и обнаружили, что кормовые рационы, содержащие 10-15% личинок, могут улучшить качество тушек и увеличить рост цыплят-бройлеров. В Нигерии Sogbesan A.O. и Ugwumba A.A. (2008) оценили замену рыбной муки на личиночную муку и обнаружили, что рационы, в которых 25% рыбной муки были заменены личинкой мухи, были наиболее эффективными с точки зрения прироста живой массы и коэффициента эффективности использования белка. Через девять недель живая и потрошенная масса цыплят, а также масса грудных и бедренных мышц существенно не отличались от аналогичных показателей цыплят, выращенных на рыбной муке, поэтому был сделан вывод о том, что мука из

личинки является недорогой частичной заменой рыбной муки в кормлении цыплят-бройлеров.

В большинстве стран развитию животноводства препятствуют дефицит и затраты на рыбную муку в качестве кормового ингредиента. Хотя шелководство производит огромное количество куколок, исследований, касающихся использования муки из гусениц тутового шелкопряда в качестве кормового ингредиента очень мало. В Нигерии Womeni H.M., Linder M. et al., (2009) проанализировали возможность замены рыбной муки (на 25, 50, 75 и 100 процентов) гусеничной мукой шелкопряда (*Anaphe panda*) в рационах цыплят-бройлеров для изучения роста, морфологии тушек и экономикой производства, и обнаружили, что включение гусеничной муки тутового шелкопряда не повлияло отрицательно на продуктивность цыплят. Не было никаких существенных различий в потреблении и биоконверсии корма, увеличении живой массы. Мука из гусениц шелкопряда оказалась менее дорогой, чем обычная рыбная мука, что делает ее хорошо подходящей с экономической точки зрения в качестве заменителя.

Хлебные черви (такие как *Tenebrio molitor*) выращиваются в промышленном масштабе на низкокалорийных отходах и используются в кормлении цыплят-бройлеров. Использование муки из личинок в количестве 5 и 10% в базовом рационе с содержанием белка 19% взамен сорго-соевой муки, не повлияло на потребление и биоконверсию корма, увеличение живой масс. Хлебные черви являются многообещающим альтернативным источником белка, в частности традиционной соевой муке (Sogbesan A., Ugwumba A., 2008).

В Индии были проведены исследования по использованию кузнечиков в качестве корма для сельскохозяйственных животных. Это связано с тем, что на обычные корма приходится 60 процентов общей стоимости выращивания сельскохозяйственных животных, а также потому, что существует дефицит кормов, таких как кукуруза и соя, в результате конкуренции за эти ресурсы между людьми и домашними животными. Кроме того, сбор пищевых акриидов на пахотных и пастбищных угодьях может позволить сократить использование вредных

пестицидов для их контроля. Четыре вида акридидов были изучены на предмет содержания питательных веществ: *Oxya fuscovittata*, *Acrida exaltata*, *Hieroglyphus banian* и *Spathosternum prasiniferum prasiniferum* (Myers H.M., Tomberlin J.K. et al., 2014). Исследование показало, что акридиды имеют более высокое содержание белка по сравнению с обычной соей и рыбной мукой, доступными в местном масштабе.

Таким образом, среди отобранных акридидов два богатых питательными веществами рода *Oxya* (*O. fuscovittata* и *O. hyla hyla*) обладают способностью производить значительную биомассу благодаря своим повышенным показателям плодовитости. Предполагается, что *Oxya* может заменить по крайней мере 50 процентов рыбной муки, чтобы кормить рыб и птиц. Эти результаты подтверждают идею создания акридидных ферм, в которых *O. fuscovittata* и *O. hyla hyla* выращиваются в массовом порядке с использованием трав сорго *halperense* и растений *Brachiaria mutica* в качестве пищи. Переход к акридидным тканям будет относительно простым, обеспечивая разработчикам постоянный источник корма для домашнего скота. Более того, если акридиды будут популяризироваться в качестве альтернативных источников пищи и кормов, это может значительно снизить степень чрезмерного потребления рыбной муки и, следовательно, снизить соотношение спроса и предложения рыбной муки, что поможет снизить рыночные цены (Awoniyi T.A.M., Adetuyi F.C., Akinyosoye F.A. 2004; St-Hilaire S., Sheppard C. et al., 2007; Aniebo A.O., Erondu E.S., Owen O.J., 2009).

Применение муки из личинок мух в качестве добавок в корм крупного рогатого скота, свиньям, птице, рыбам и домашним животным позволит увеличивать привесы, обеспечить наиболее высокий иммунный ответ и получать косвенную выгоду благодаря сокращению расходов на лекарства, а также снижению смертности животных.

В Лебедянском районе Липецкой области ГК «Зоопротеин» реализует уникальный проект по производству муки из личинок мух и органического удобрения для почвы. В основе технологии лежит переработка естественного падежа птицефабрик личинками синантропных мух – это протеиновый корм для

сельскохозяйственных, декоративных, домашних животных с усвояемостью 98%, которая содержит протеин, жир, макро- и микроэлементы, витамины, аминокислоты, ферменты и множество биологически активных веществ, оказывающих положительное влияние на организм животного.

Таким образом проект позволит решить несколько важных задач:

- переработка органических отходов с минимизацией ущерба окружающей среде;
- получение возобновляемого источника высококачественного животного белка;
- получение органического удобрения;
- получение сырья для лекарственных средств. Введение в рацион животным, рыбам и птицам:
  - повышает иммунитет и сопротивляемость вирусам и бактериям;
  - способствует более полному усвоению белков;
  - увеличивает всасывающую поверхность ЖКТ;
  - способствует снижению затрат комбикормов;
  - повышает перевариваемость питательных веществ, содержащихся в кормах.

Мука может быть использована в качестве добавок в корм птице, свиньям, КРС, пушным зверям, рыбе (Сороколетов, О.Н., 2006).

По мнению Некрасова Р.В., Чабаева М.Г. и др. (2019), выращивание личинок мухи черная львинка (*Hermetia illucens* L.) – экономичный способ превращения органических остатков в ценный источник биомолекул (белков, липидов и хитина), скармливания молодняку свиней личинок черной львинки в составе сбалансированных полнорационных комбикормов (7,0%) положительно влияет на физиологические процессы в организме животных, на их продуктивность, затраты кормов. Среднесуточный прирост живой массы у опытных свиней повысился на 6,1% по сравнению с контролем.

Исследованиями Крыловой Л.С., Бородиной М.А (2019) доказано, что добавление селена и кобальта в концентрации 15 мг/кг в субстрат при культивировании личинок *Musca domestica* способствует увеличению содержания протеина на 3,72% по отношению к контролю.



Использование в кормлении мускусных утят муки личинок синатропных мух в качестве добавки в расчете 2,5 г/100 г АВК обусловило более высокую живую массу молодняка на 183 г, а также снижение затрат кормов на 1кг прироста живой массы с 5,99 в контрольной группе до 4,37 кг – в опытной (Алексеева З.Н., 2009).

Питательные качества личинок очень высоки, они содержат большое количество белка и жира. До сих пор остаются открытыми и спорными вопросы влияния хитина, жира, биологически активных веществ личинок *Hermetia illucens* на продуктивность животных и качество мяса как одного из основных источников питания человека.

Большое внимание уделяется возможности использования личинок мухи черная львинка *Hermetia illucens* в рационах рыб (Bondari K., Sheppard D.C., 1987; St-Hilaire S., Sheppard C. et al., 2007; Sealey W.M., Gaylord T.G. et al., 2011).

Предлагается новое направление использования биомассы личинок *Hermetia illucens*, в настоящее время не имеющее аналогов. Разработан комплексный пробиотический препарат кормового назначения, в котором биологическая эффективность пробиотических бактерий рода *Bacillus* усилена пребиотиками (хитином кутикулы насекомых), антиоксидантами (меланином, содержащимся в биомассе личинок), антибактериальными пептидами гемолимфы и другими биологически активными веществами личинок *Hermetia illucens*. Комплексный пробиотический препарат содержит не менее 107 КОЕ/г бактерий рода *Bacillus* в виде биопленки на поверхности фитоносителя (ферментированного свекловичного жома) и обработанный гомогенат биомассы личинок. Биологическая эффективность препарата позволяет получать дополнительную товарную продукцию за счет синергического эффекта пробиотика и микродозы ценных биологических веществ насекомого (Бастраков А.И., Ушакова Н.А., Павлов Д.С., 2015).

Введение 7% белково-жировой биомассы личинок вместо рыбной муки в рационе поросят на доращивании повысило на 6,1% среднесуточные приросты за счет питательности корма, его энергетической ценности и биологически активных веществ, содержащихся в личинках, а использование 0,5 кг/т комплексного

пробиотического препарата с личинками в составе комбикорма для поросят позволило получить 10,3% дополнительного прироста животных за счет стимуляции обмена веществ, лучшей переваримости сухого и органического вещества, протеина, жира, лучшего использования кальция, фосфора, снижения уровня холестерина в крови. Иммунологические показатели крови (% лизиса, содержание лизоцима, лизоцимная активность сыворотки крови) у опытных поросят выше, чем у контрольных. Это указывает, что животные, получающие с кормом комплексный пробиотический препарат с личинками, более устойчивы к заболеваниям. Скармливание комплексного пробиотического препарата привело также к снижению затрат корма на 1 кг прироста живой массы и соответствующему полученным приростам положительному балансу и использованию азота.

К настоящему времени хорошо документировано около 2000 видов съедобных насекомых (Jongema Y., 2015). Хотя питательная ценность насекомых варьируется в зависимости от вида, как свежего, так и обработанного, они, как правило, сопоставимы с говядиной и рыбой во многих аспектах питания. Содержание белка колеблется от 350 до 700 г/кг СД, а качество белка съедобных насекомых считается выдающимся, на что указывают богатые аминокислотные профили и характеристики перевариваемости. В них содержится достаточное количество всех незаменимых аминокислот, особенно лизина, треонина и метионина, которые ограничены в рационах на основе злаков и бобовых (Thompson S.N., 1973; Finke M.D., DeFoliart G.R., Benevenga N.J., 1989; Bernard J.B., Allen M.E., Ullrey D.E., 1997; Barker D., Fitzpatrick M.P., Dierenfeld E.S., 1998; Wang D., Bai Y.Y. et al., 2004; Ayieko M., Oriaro V., Nyambuga I.A., 2010; Fontaneto D., Tommaseo-Ponzetta M. et al., 2011; Kinyuru J.N., Konyole S.O. et al., 2013; Rumpold B.A., Schlüter O.K., 2013; Makkar H.P., Tran G. et al., 2014). Они богаты энергией, а также другими питательными веществами, такими как жир, в составе которого высокий уровень ненасыщенных жирных кислот, минеральные вещества и витамины (Bukkens, 1997; Ramos-Elorduy, J., Moreno, J.M.P. et al., 1997). Эффективность преобразования кормов у насекомых также считается более высокой по сравнению с животными и птицей (Nakagaki B.J., Defoliart G.R., 1991; Van Huis, A., 2013; Oonincx D.G., Van

Broekhoven S. et al., 2015). Кроме того, некоторые насекомые могут питаться субстратами более низкого качества, такими как компост или навоз (El Boushy, 1991; Sheppard D.C., Newton G.L. et al., 1994).

Однако очень важно знать, что большинство из этих характеристик, таких как питательный состав насекомых и их эффективность превращения корма, сильно зависят от состава рациона, потребляемого насекомыми (Simpson S.J., Raubenheimer D., 2001; Oonincx D.G., Van der Poel A.F., 2011). Только благодаря эффективным производственным системам, включая оптимизированные корма, насекомые с высоким потенциалом могут стать новым и инновационным источником пищи и корма. Существующие системы для крупномасштабного производства насекомых, таких как сверчки и саранча, в основном зависят от свежих кормовых материалов, включая саженцы пшеницы, свежую траву или другие растительные остатки (Ochieng-Odero J.P., Ndugo S.M. et al., 1994).

По мнению Straub P., Tanga C.M. et al. (2019) сверчки и саранча могут быть получены на рационах, состоящих из пригодных для хранения кормовых материалов, обычно используемых в животноводстве. Как сверчки, так и саранча используют корм в равной или большей степени при преобразовании корма в съедобную массу тела, чем другие съедобные насекомые. На подходящих рационах насекомые использовали белок одинаково или более эффективно, чем другие съедобные насекомые, и при некоторых дополнительных обработках кормов снижается дефицит питательных веществ, что делает тестируемые рационы пригодными в качестве модельных рационов для получения белка высокого качества. Ожидается, что результаты этого исследования приведут к дальнейшим усилиям по изучению огромного потенциала производства насекомых как нового и устойчивого источника белка для пищи человека и корма для животных.

Во всем мире ведутся исследования по поиску новых недорогих кормовых компонентов с высоким содержанием белка, в том числе незаменимых аминокислот (URL: [https://kombi-korma.ru/sites/default/files/2/10\\_17/10\\_2017\\_059-062.pdf](https://kombi-korma.ru/sites/default/files/2/10_17/10_2017_059-062.pdf), 2017). Одним из наиболее перспективных видов кормового сырья по экономическим критериям и содержанию протеина являются личинки

синантропных мух (Van Huis A., 2020), в частности личинки мухи черная львинка (*Hermetia illucens* L.) (Wang Y. S., Shelomi M., 2017).

Личинок черной львинки выращивают на субстрате из растительного сырья или пищевых отходов, причем его биоконверсия достигает 77%, что обуславливает низкую стоимость готовой продукции (Ушакова Н. А., Бастраков А. И. и др., 2018). Достоинством личинок, как компонента кормов, является высокое содержание в них протеина – 35-48%, при этом на долю переваримого протеина приходится 85-95% (Некрасов Р. В., Чабает М. Г. и др., 2019). Содержание жира в личинках также высокое и составляет 20-45% (Ушакова Н. А., Бродский Е. С. и др., 2016).

Личинки черной львинки имеют высокую влажность – 60-65 %, поэтому для использования в составе кормов их необходимо предварительно высушивать (Nekrasov R., Zelenchenkova A. et al., 2018).

Похомовым В.И., Брагинец С.В. и др. (2020) предложен способ введения личинок насекомых в состав кормов, заключающийся в совместном экструдировании их биомассы с зерновыми компонентами корма (пшеница). Экструдирование растительного и животного сырья по причине большой энергоемкости этого процесса является дорогостоящей операцией. Но если технологическая схема производства комбикорма предусматривает экструдирование всех или части его компонентов, то добавление к ним биомассы личинок в количестве 10-15% не приведет к ощутимому увеличению себестоимости готового корма, а себестоимость подготовки самой биомассы будет невелика.

В связи с возрастающим дефицитом высококачественной рыбной муки и ее стоимости пристальное внимание исследователей уделяется возможности введения в корма рыб личинок насекомых в качестве альтернативной замены рыбной муки. В частности, показана принципиальная возможность замены рыбной муки на муку личинок мухи *Hermetia illucens* (Кияшко В.В., Гуркина О.А. и др., 2017). Однако личинки содержат много жира – до 45% от сухой массы в зависимости от типа кормового субстрата, на котором выращивались личинки. В их составе доминируют насыщенные жирные кислоты (Ushakova N.A., Brodsky E.S. et al.,

2016). Избыточное содержание жира вызывает дисбаланс компонентов корма и технологические сложности получения гранул комбикорма необходимого качества. Поэтому перспективно обезжиривание биомассы личинок, но полученный концентрат протеина может включать повышенное количество хитина наружного покрова личинок (Бастраков А.И., Донцов А.Е. и др., 2016).

Исследованиями Ушаковой Н.А., Пономарева С.В., Федоровых Ю.В и др. (2020) установлено, что расчетные показатели перевариваемости протеина концентрата личинок черной львинки составили 91% у форели, 95% у осетра и 97% у тилапии. Также хорошо использовались остаточные жиры концентрата. В ходе экспериментов было установлено, что липиды экспериментального корма обладали высокой доступностью и были усвоены на 90% у тилапии, на 92% у осетра и на 94% у форели. Коэффициент переваримости легкогидролизуемых углеводов концентрата личинок у тилапии и русского осетра составил 68, у форели – 52%. Выявлено, что у тилапии перевариваемость хитина 25, у осетра – 32, у форели – 35%.

Эффективное использование рыбами с желудочно-кишечным пищеварением концентрата личинок черной львинки *N. illucens* и его компонента протеина является научным обоснованием возможности замены рыбной муки на высокобелковые муку или обезжиренный протеин из личинок, несмотря на относительно высокое содержание в них хитина. Впервые показано, что хитин может использоваться рыбами как дополнительный питательный элемент корма, который не препятствует пищеварению и не снижает кормовой ценности насекомого. Жир личинок также практически полностью переваривается, в большей степени у холодноводной форели, что вызвано необходимостью обеспечения энергетических потребностей рыбы. Форель отличается высоким показателем перевариваемости хитина черной львинки (35%), что может определяться длительным прохождением пищи по ЖКТ, позволяющим пищеварительным ферментам более полно расщеплять этот полисахарид.

Анализ концепции современной ветеринарии показывает, что особое внимание следует уделять терапевтическому и профилактическому применению

кормовых добавок, максимально близких к природным и экологически безопасным, которые позволят провести физиологическую коррекцию патологии сельскохозяйственных животных и одновременно обеспечат отсутствие в продуктах животноводства вредных для здоровья человека лекарственных метаболитов. К таковым относится заменитель кормового белка животного происхождения — белково-липидный концентрат (БЛК) из личинок комнатной мухи (Коновалова Т.В., 1984; Бедин Д.П., 1986). БЛК содержит до 49% полноценных белков, по аминокислотному составу идентичных мясорыбным, до 30% жира и по питательности не уступает традиционным кормам животного происхождения (Жемчужина А.А., 1986; Калашников А.П., 2003; Кожебаев Б.Ж., 2003).

Интересным аспектом насекомых, рассматриваемых для кормления птицы, является содержание в них антимикробных пептидов, которые в изобилии присутствуют у нескольких видов. Использование относительно небольшого уровня включения (до 0,2%) сухой полножирной муки из *Tenebrio molitor*, *Hermetia illucens* и *Shelfordella lateralis* способствовало улучшению прироста массы тела бройлеров, что можно объяснить антимикробным воздействием на бактериальные популяции в подвздошной кишке. Можно предположить, что включение в рацион питания *Shelfordella lateralis*, богатого антимикробными пептидами (дефенсином), может оказать благотворное влияние на здоровье и благополучие птицы (Józefiak D., Engberg R. M., 2015).

Изучение бактериальной обсемененности мух, выращенных на органических отходах птицеводства, показало выраженное антибактериальное действие личинок на взятые в эксперимент тест-штаммы 3-4 группы патогенности: авирулентный штамм *E. Coli* 157 П, 1 серотипа O157:H7; *S. Enteridis* 2 ref' (рафампицин устойчивый штамм); *L. Monocytogenes* NCTC 7973; *C. Perfringers*, ATCC 10543; *S. Aureus* ATCC 1707 MRSA (метициллин устойчивый); *E. Faecium* ATCC BAA-2316 VanA (ванкомицин устойчивый); *P. Aeruginosa* 1230-2/16. Личинки мух *L. Caesar*, выращенные на инфицированном фарше в дозе приблизительно  $1 \times 10^7$  КОЕ/г, на четвертый день развития не содержали бактерий указанных тест-штаммов

(Теймуразов М.Г., Светоч Э.А. и др., 2018; Дедяева В, Аргунов Н., Варенцова А. и др. 2018).

В последнее время насекомым уделяется повышенное внимание как важному источнику устойчивого сырья для кормления животных, особенно рыб, птицы и свиней. В частности, наиболее перспективные виды представлены мухой черного солдата (*Hermetia illucens*, HI), желтым мучным червем (*Tenebrio molitor*, TM) и обыкновенной домашней мухой (*Musca domestica*, MD). Несмотря на то, что ожидается быстрое развитие, насекомые по-прежнему недостаточно используются в кормах для животных в основном из-за технических, финансовых и нормативных барьеров.

Основной глобальный сдвиг в сторону рационов, характеризующийся повышенным потреблением продуктов животного происхождения и растущим спросом на кормовые ингредиенты, вероятно, продолжится в ближайшем будущем, и ожидается, что поиск альтернативных устойчивых источников животного белка станет серьезной проблемой на рынке кормов (Lock E.R., Arsiwalla T. et al., 2016; Belghit I., Liland N.S. et al., 2018; Dabbou S., Gai F. et al., 2018). За последние несколько лет насекомые были определены в качестве важного будущего источника устойчивого сырья для кормов для животных во многих странах мира. Во-первых, насекомые отвечают диетическим потребностям животных в отношении питательного состава, аминокислотного профиля и, как часть естественного рациона нескольких видов животных, в приеме корма (Makkar H.P.S., 2018). Массовое производство насекомых также является многообещающим с экологической точки зрения из-за низкого уровня выбросов парниковых газов (van Huis A., Oonincx D.G.A.B., 2017), небольшой площади, необходимой для производства 1 кг белка (Oonincx D.G., de Boer I.J., 2012), сокращения использования площади, вследствие снижения конкуренции между кормами и продуктами питания, а также способность превращать органические побочные потоки в ценные белковые продукты. В частности, использование насекомых в биоконверсии отходов представляет собой новый подход и замечательный пример устойчивой циркулярной экономики (Meneguz M., Schiavone A. et al., 2018).

Несколько насекомых были протестированы в качестве корма для животных, причем наиболее многообещающими видами являются муха черного солдата (*Hermetia illucens*, HI) (Schiavone, A., De Marco, M. et al., 2017; Schiavone A., Dabbou S. et al., 2018), желтый червь (*Tenebrio molitor*, TM) (Iaconisi V., Marono S. et al., 2017; Secci G., Moniello G. et al., 2018) и домашняя муха (*Musca domestica*, MD) (Hussein M., Pillai V.V. et al., 2017; Allegratti G., Talaminu E. et al., 2018). Их высокий потенциал в качестве альтернативных кормовых ингредиентов связан с возможностью контролировать процесс их жизненного цикла и, следовательно, с массовым выращиванием их (Sánchez-Muros M.J., Barroso F.G. et al., 2014), а также с соображениями конкурентоспособных торговых цен среди видов, предлагаемых в качестве кормов для животных. Предыдущие исследования выдвинули на первый план возможность включения в рацион рыб (Barroso F.G., de Haro C. et al., 2014), домашней птицы (Veldkamp T., van Duinkerken G. et al., 2012; Biasato I., Gasco L. et al., 2018; Pieterse E., Erasmus S.W. et al., 2019) и свиней-отъемышей (Spranghers T., Michiels J. et al., 2018; Biasato I., Renna M. et al., 2019) корм из личинок насекомых в качестве частичной или полной замены обычного белка и источника жира (соевые и рыбные шрота и масла). Положительные результаты были получены с точки зрения здоровья и продуктивности животных, здоровья кишечника и качества продукции. Использование насекомых в качестве новых кормовых добавок для улучшения здоровья кишечника также вызывает растущий интерес, поскольку они содержат биоактивные компоненты, такие как лауриновая кислота, антимикробные пептиды и хитин, которые обладают иммуностимулирующими свойствами (Gasco L., Finke M. et al., 2018). В рыночном сценарии бизнес насекомых быстро растет. С 2000 года несколько компаний были основаны в Соединенных Штатах Америки (США), Канаде, Китае, Южной Африке и Европе. Общий рост сектора выращивания насекомых особенно связан с ростом компаний, производящих HI. Действительно, мировое производство *Hermetia illucens* быстро росло, с 7000-8000 тонн сырой массы в 2014-2015 годах до 14000 тонн в 2016 году. Эта положительная рыночная тенденция может отражать выгоды, которые получают заинтересованные стороны от производства насекомых, что, в свою очередь,



потенциально может быть получено благодаря пониманию потребителями негативного воздействия производства пищевых продуктов животного происхождения на окружающую среду. Другие преимущества включают снижение затрат на удаление органических побочных потоков и повышение ценности продуктов животноводства с добавленной стоимостью в птицеводческой промышленности. Поскольку насекомые естественным образом потребляются многими животными, включая рыб, диких птиц и домашнюю птицу, находящиеся на свободном выгуле, то можно предположить, что эти животные эволюционно приспособлены к тому, чтобы поедать их в рамках своего обычного рациона (Sealey W.M., Gaylord T.G. et al., 2011; Biasato I., De Marco M. et al., 2016). Поэтому представляется разумным рассматривать белки насекомых как вероятный коммерческий источник кормов в ближайшие годы.

Система регулирования использования насекомых в качестве корма существенно различается в разных странах мира (Lahteenmaki-Uutelala A., Grmelova N. et al., 2017; Berg J., Wendin K. et al., 2017; Han R., Shin J.T. et al., 2017; Raheem D., Carrascosa C. et al., 2018) и не всегда связана с «традиционным» использованием насекомых в качестве пищи.

Насекомые (виды Acrididae) являются основным компонентом рационов домашней птицы, особенно в естественной среде обитания и имеют высокую питательную ценность (Moreki J.C., Tiroesele B. et al., 2012; Rumpold B.A., Schlüter O.K., 2013, Aman P., Frederich M. et al., 2016). В связи с этим Nginya E.S., Ondiek J.O. et al. (2019) изучили питательную ценность трех видов Acrididae (*Schistocerca gregaria*, *Acanthacris ruficornis*, *Ruspolia nitidula*) в сравнении с обычной рыбной мукой (*Rastrineobola argentea*) в рационах птицы. В муке из насекомых изучаемых видов уровень белка и золы несколько ниже, чем в рыбной муке, а обменная энергия и содержание жира выше. Отмечено уменьшение потребления корма уже при замене рыбной муки на корм из кузнечиков на 25%, однако это не влияло на прирост живой массы. Было установлено, что конверсия корма улучшалась с увеличением ввода муки из кузнечиков, заменяющей рыбную. Усвояемость белка увеличивалась с повышением в рационе муки из насекомых.

Не было различий между органолептическими признаками: мясо грудки и бедра не различалось по цвету, вкусу, сочности, нежности, послевкусию. При этом установлено, что масса грудки и бедер возрастала с увеличением уровня ввода муки из насекомых в рационах цыплят.

Потребление корма отрицательно коррелировало с уровнем включения муки насекомых в рационы, что можно объяснить более высоким содержанием жира в муке кузнечика (Jozefiak D., Engberg R.M., 2015). О сокращении потребления корма цыплятами-бройлерами при включении в рацион их питания муки из кузнечика, саранчи, шкуркой личинки в зависимости от дозировки сообщили Adeyemo G.O., Longe O.G. et al. (2007), Okah U и Onwujiariri E.B. (2012) и Brah N., Houndonougbo F.M. et al. (2018).

Тенденция к улучшению сенсорных характеристик мяса при увеличении концентрации в рационе муки из кузнечиков согласуется с данными Sun T., Long R.J. et al. (2013).

Чтобы разводить больше скота, нужно больше корма для них. Только в 2016 году животноводство было выработано более чем 1 миллиард метрических тонн корма. Приблизительно 44% всего корма для животных было произведено для домашней птицы, около 27% для свиней, 22% для крупного рогатого скота и 4% для животных в аквакультуре (URL: <https://go.alltech.com/alltech-feed-survey>).

На данный момент разрешено использовать семь видов пищевых насекомых: домашний крикет (*Acheta domesticus*), полосатый крикет (*Gryllodes sigillatus*), полевой крикет (*Gryllus assimilis*), желтый червь (*Tenebrio molitor*), малый мучной червь (*Alphitobius diaperinus*), черная солдатская муха (*Hermetia illucens*) и обыкновенная домашняя муха (*Musca domestica*).

Насекомые как пища и корм, особенно как новый и устойчивый источник высококачественного белка, все больше привлекают внимание ученых. Есть несколько причин, по которым насекомые очень интересны как возможные источники человеческой пищи или корма для животноводства.

Во многих странах Азии, Латинской Америки и Африки существует традиция использования насекомых в качестве источника пищи (Durst, P.B., Johnson D.V. et

al., 2010; van Huis A., van Itterbeeck J. et al., 2013; Bednářová, M., Borkovcová M. et al., 2014; Raubenheimer, D., Rothman J.M. et al., 2014). Подсчитано, что по крайней мере 2 млрд. человек используют насекомых в качестве пищи, причем съедобными считаются 1900 видов насекомых. Большинство насекомых растут и быстро размножаются, в том числе и на отходах. Количество белка, который может получить человек, сравнимо с количеством белка, содержащегося в говядине. При этом сверчки обходятся дешевле. Основное преимущество данной технологии – ее безопасность для окружающей среды и человека.

До настоящего времени в большинстве европейских стран насекомых обычно использовали для кормления домашних животных (таких как птицы, рептилии и амфибии), а не для потребления человеком или сельскохозяйственными животными. Тем не менее, эта тенденция, кажется, меняется в основном благодаря исследованиям в этой области (Sogari G., Menozzi, D. et al., 2017; Raheem D., Carrascosa C. et al., 2018; Pali-Schöll I., Binder, R. et al., 2018).

В глобальном контексте, когда поставки продовольствия не могут идти в ногу с непрерывным демографическим и городским развитием, учреждения и ученые строго ищут альтернативные источники белка для потребления человеком. Выращивание и обработка насекомых для потребления человеком и производство кормов для животных имеет ряд преимуществ для окружающей среды, здоровья, улучшения социального положения и средств к существованию различных групп населения (van Huis A., Van Itterbeeck J. et al., 2013).

В последнее время научная литература в основном сосредоточена на изучении приемлемости западными жителями насекомых в качестве пищи, подчеркивая роль, которую играют неофобия, отвращение, знакомство и различие между обработанными и необработанными насекомыми. Кроме того, множество исследований показали, что потребители более склонны к использованию обработанных и менее заметных насекомых (Verbeke W., 2015; La Barbera F., Verneau F. et al., 2018; Sogari G., Menozzi D. et al., 2019).

Таким образом, одним из способов увеличения признания энтомофагов может быть использование насекомых в качестве корма, а не в качестве «сырых» или

«обработанных». Тем не менее, несмотря на восприятие потребителей, схемы потребления и желание попробовать насекомых в качестве пищи хорошо документированы, хотя мало что известно о мнении потребителей и отношении к насекомым, используемым в качестве корма (Hartmann C., Shi J. et al., 2015; Verneau F., La Barbera F. et al., 2016; Menozzi D., Sogari G. et al., 2017).

По мнению Payne C.L.R., Dobermann D. et al. (2016), Khan S.H. (2018), Geipel J., Hadjichristidis C. et al. (2018). съедобные насекомые остаются недостаточно используемыми в кормовой промышленности, однако, с быстрым развитием интенсивного промышленного разведения насекомых, их потенциальное использование, как ожидается, увеличится.

На территории Липецкой области ООО «Новые Биотехнологии» реализует проект по переработке органических отходов сельского хозяйства с помощью личинок мух. У насекомых, особенно мух, есть потенциал, способный компенсировать дефицит кормового белка, поскольку личинки мух являются естественным компонентом рациона кур и рыбы. В результате применения технологии отходы конвертируются в высокобелковый корм и органическое удобрение.

Липецкое ООО «Новые Биотехнологии», производящее кормовой белок из личинок мух популяции *Lucilia Caesar* по проекту, аккредитованному в инновационном центре Сколково, запустило свое производство после глобальной реконструкции.

Испытания по использованию муки из личинок мух в качестве добавки в корм проводились многими учеными на разных видах сельскохозяйственных животных (бычках крупного рогатого скота, свиньях, цыплятах-бройлерах, рыбах и домашних животных), однако белково-липидный концентрат (БЛК) на основе личинок мух в рационах индеек проводится впервые.

## 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальные исследования проведены по методике ФНЦ «ВНИТИП» РАН в условиях ЗАО «Краснобор», Новомосковского района, Тульской области в период с 2018 по 2020 год. Объектом исследований служили индюшата кросса ВIG-6. В качестве испытуемой добавки в структуре рациона использовали муку из личинок мух *Lucilia Caesar* (белково-липидный концентрат, БЛК), питательная ценность которого, в сравнительном аспекте представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав и питательная ценность источников животного белка

Показатели	БЛК (Россия)	Рыбная мука (Марокко)	Мясокостная мука (Германия)
Массовая доля, %			
влаги	5,00	8,00	8,00
протеина	52,04	67,74	56,10
жира	30,50	8,50	10,30
зола	5,80	15,70	21,42
Обменная энергия, МДж/кг	15,20	12,30	11,50
Кормовые единицы, к.ед/кг	1,57	1,00	0,80
Переваримый протеин, %	95,00	92,00	70,00
Аргинин	5,302	3,62	4,62
Лизин	6,022	5,65	2,93
Тирозин	5,973	1,94	1,27
Финилаланин	4,899	2,36	1,78
Гистидин	2,964	1,98	1,27
Лейцин+изолейцин	9,252	6,81	4,94
Метионин	2,025	2,30	0,91
Валин	4,066	2,99	2,27
Пролин	3,848	2,59	4,15
Треонин	3,762	4,60	1,78
Серин	5,501	2,42	2,12
Аланин	3,583	3,92	3,76
Глицин	3,497	3,96	5,32
Триптофан	1,084	0,71	0,52

Согласно схеме (рисунок 1) нами были сформированы три группы индюшат по 20 голов в каждой (10 самок и 10 самцов), которые содержались отдельно. Контрольная группа получала общехозяйственный рацион (ОР). Опытные группы, получали белково-липидный концентрат (БЛК): I опытная – 5%, II опытная – 7,5% по массе комбикорма. Продолжительность откорма 17 недель. Опыт был проведен согласно технологическим нормам содержания и кормления индюшат кросса ВIG-6. В конце откорма, после 15-ти часовой голодной выдержки, провели контрольный убой птиц по 10 голов из каждой группы (5 индеек и 5 индюков). Голодная выдержка позволяет полностью опорожнить желудочно-кишечный тракт, что уменьшает вероятность загрязнения тушек птицы в процессе убоя и переработке.

Мясную продуктивность определяли согласно ГОСТа 31473-2012 «Мясо индеек (тушки и их части)». Взвешивание индюшат в процессе откорма проводили индивидуально через каждые 7 дней (еженедельно). Ежедневно вели учет сохранности поголовья и поедаемости кормов.

Балансовый опыт проводили в возрасте индюшат 8 недель по 3 головы индеек и индюков из каждой подопытной группы. Продолжительность опыта 16 дней, согласно методическим рекомендациям Овсянникова А.И.: предварительный период 7 дней, переходный – 2 дня и основной, учетный период – 7 дней. Химический состав корма и помета определяли по общепринятым методикам. Коэффициенты переваримости питательных веществ рассчитывали по разнице между потреблением с кормом за сутки и количеством, выделенным с пометом.

Дегустационную оценку белого мяса и бульона проводили после варки по 9-ти бальной шкале. Органолептическое исследование мяса проводили согласно с действующим государственным стандартом, где определяли внешний вид, запах, консистенцию мяса, качество бульона при варке мяса (ГОСТ Р 51944-2002 Мясо птицы. Методы определения органолептических показателей температуры и массы.).

Лабораторные исследования БЛК и химического состава мяса индеек были проведены в условиях ФГБУ Центральная научно-методическая ветеринарная лаборатория (Москва) и НИИ Прикладной ветеринарной медицины и биотехнологии (Витебск).



Рисунок 1 – Схема опыта

Кровь для изучения морфологического и биохимического составов отбирали из подкрыльцовой вены в пробирки, предназначенные для этих целей: стерильные, для получения сыворотки крови и с коагулянтом, для исследований морфологии крови. Содержание в крови гемоглобина, гематокрита, эритроцитов, лейкоцитов и СОЭ, определяли на автоматическом гематологическом анализаторе Dirui BF-6880 (Китай). Содержание в сыворотки крови общего белка и его фракций, мочевины, резервной щелочности, кальция и фосфора на аналитическом настольном биохимическом анализаторе Dirui CS T240 (Китай).

Полученные данные обработаны методом вариационной статистики с использованием компьютерных программ «Microsoft office», с вычислением коэффициентов вариации и определением критерия достоверности разницы по Стьюденту-Фишеру при трех уровнях вероятности. Пороги статистически достоверных различий: \*  $P < 0,05$ ; \*\*  $P < 0,01$ ; \*\*\*  $P < 0,001$ .



### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

#### 3.1 Исследование белково-липидного концентрата (БЛК) из личинок мух популяции *Lucilia Caesar* при выращивании индюшат-бройлеров

Одним из актуальных направлений изыскания перспективных сырьевых ингредиентов в кормлении сельскохозяйственных животных и птиц является использование личинок мух, как источника альтернативного белка. В России переработкой органических отходов с помощью личинок мух популяции *Lucilia Caesar* занимается ООО «Новые Биотехнологии» по проекту, аккредитованному в инновационном центре Сколково, которое после глобальной реконструкции запустило свое производство. Использование муки из личинок мух в кормлении сельскохозяйственной птицы, в том числе индеек – это новое направление, которое получает все большее распространение среди ведущих мировых производителей.

В мире наблюдается постепенный переход стран к экономике замкнутого цикла с развитой системой вторичной переработки продуктов, например, переработка органических отходов сельского хозяйства с получением животного белка для кормления животных и птицы. Так называемый тренд перехода на высокобелковые корма с низкой себестоимостью для сельскохозяйственных животных (Хатунцев А.И., Старухин В.П. и др., 2016). Переработка органических отходов сельского хозяйства с помощью личинок мух решает несколько критических задач развития сельского хозяйства: производство дешевого и качественного животного белка; вовлечение биологических отходов во вторичную обработку; снижение нагрузки на экологию (Дедаева В., Аргунов М., 2018).

Испытания по использованию муки из личинок мух в качестве добавки в корм проводились многими учеными на разных видах сельскохозяйственных

животных, однако белково-липидный концентрат (БЛК) на основе личинок мух в рационах индеек проводится впервые.

### **3.1.1 Кормление и содержание индеек**

Индейководство – как отрасль птицеводства имеет неисчерпаемые резервы по увеличению ценного диетического продукта, качество которого во многом зависит как от наследуемых факторов, так и условий содержания и кормления.

Современная индустриальная технология индейководства предусматривает получение мяса от индюшат-бройлеров преимущественно тяжелого типа специализированных пород и кроссов (Айметов Р.В., 2017).

Разводить индейку в нашей стране перестали в 1970-е годы и до конца прошлого столетия этот рынок заполняла только замороженная импортная птица. Индейководческое предприятие ЗАО «Краснобор», где проводился научно-исследовательский опыт, основано в 2000 году в Тульской области на 3-х производственных площадках. Имеет свой инкубаторий, оснащенный самым современным оборудованием производства компании Petersime (Бельгия), мощность которого составляет 12 млн яиц в год. Общий объем производства охлажденного мяса индейки составляет 35-40 тыс. тонн в год. Компанией была внедрена система обеспечения безопасности Hazard Analysis and Critical Control Points (ХАССП), также сертифицирована по международному стандарту FSSC 22 000. Компания прошла аттестацию Международного центра стандартизации и сертификации «ХАЛЯЛЬ». Вот уже несколько лет подряд компания «Краснобор» включена в список компаний-экспортеров, поддерживаемых государством через Российский Экспортный Центр.

Индюк ВIG-6 – одна из самых востребованных пород этой категории домашней птицы, которая отличается высокими воспроизводительными качествами и значительной мясной скороспелостью. Кросс относится к тяжеловесным и был выведен компанией British United Turkeys Limited (Англия).

В нашем опыте использовали инкубационные яйца кросса BIG-6 закупленное у компании Moorgut Kartzfehn (Германия).

Выращивание индюков осуществлялось по европейской технологии, напольно, с использованием оборудования «Big Dutchman» (Германия), отдельно по полу.

Разведение индеек, в отличие от других видов сельскохозяйственной птицы, имеет специфические отличия, обусловленные в первую очередь биологическими особенностями. Скорость относительного прироста живой массы имеет максимальные значения в 2-4 недельном возрасте затем волнообразно снижается. Другой биологической особенностью индеек является резко выраженный половой диморфизм. Кроме внешних различий, обмен веществ также имеет свои особенности. Концентрация гормона роста в плазме крови более высокая у самок в первые две недели жизни, затем до окончания роста она ниже, чем у самцов. Имеются достоверные различия по содержанию гемоглобина крови, потреблению кислорода, эритроцитарному весовому коэффициенту, напряженности окислительно-восстановительных процессов. Это обстоятельство необходимо учитывать в технологии содержания птицы, то есть необходимо раздельное выращивание самок и самцов. Молодняк растет более длительно, чем другие виды птицы, поэтому обладает способностью к так называемому компенсаторному росту. У индеек выше, чем у кур, потребность в протеине и энергии, особенно в раннем возрасте, а также в марганце, цинке, витаминах А, D<sub>3</sub>, ниацине и холине. Тем не менее в отличие от кур индейки лучше переваривают питательные вещества корма и клетчатку, поэтому в зрелом возрасте наличие в рационах большого количества кормов, богатых клетчаткой, весьма оправдано (Шевченко А., 2010; Решетникова О.В, Осипова Т.С. и др., 2018).

На предприятии, где мы проводили опыт, в процессе откорма большое внимание уделяется содержанию аминокислот и витаминов в рационах индюшат.

По мнению Рядчикова Г.В. (2012) необходимо понимать значимость правильно сбалансированных по белку и аминокислотному составу комбикормов для птицы. Плохое качество или излишнее количество белка в рационах может

вызвать увеличение теплопродукции, которая состоит в малоэффективном его применении как строительный элемент белков яйца и тела. Полноценный белок имеет состав и усвояемость незаменимых и заменимых аминокислот в высокой степени, который соответствуют физиологическим потребностям индеек. Белок куриного яйца и тела цыплят являются полноценным белком, относящийся к идеальному. Рациональное использование белка базируется на современных нормах потребности животных и сельскохозяйственных птиц в незаменимых аминокислотах, на анализе содержания и переваримости аминокислот в кормах, а также в наличии белковых запасов.

Под влиянием пищеварительных ферментов белки в кишечнике птиц расщепляются до простых аминокислот, которые всасываются из тонкого отдела кишечника в кровеносную систему. Кровь разносит его ко всем тканям и органам, из которых образуются белки мяса, яиц и органов. Следовательно, животным белок необходим не сам по себе, а как источник незаменимых аминокислот. Потребность организма в белках – это потребность в заменимых и незаменимых аминокислотах.

Белок яиц и мяса птицы создается только из белка корма, с чем связана его основная роль в нормировании питания птицы. Трансформация протеина кормов в белки готовой продукции индюшат в среднем равна 15-20%. Вследствие этого целесообразно нормировать протеин в рационах и увеличить его потребление и использование птицей, имеющий существенное значение в уменьшении затрат на производство единицы продукции (Алексеев Ф.Ф., Асриян М.А., Фисинин В.И. и др., 1991).

В связи с этим, мы в своих опытах изучили возможность замены рыбной муки и частично шрота соевого белково-липидным концентратом из личинок мух популяции *Lucilia Caesar* в рационах индюшат на откорме, рецепты которых представлены в таблицах 2, 3, 4, 5.

Таблица 2 – Состав и питательность рационов для индюшат контрольной группы

Наименование		ПК-11-1	ПК-11-2	ПК-12-1
Пшеница СП 12%		22,36	22,41	29,05
Кукуруза СП 7,5%		20,0	25,0	25,0
Соя полножирная СП 34%		2,95	4,00	8,00
Шрот соевый СП 46% не ГМО		41,57	34,88	21,68
Шрот подсолнечный СП 34%, СК 19%		–	0,3	1,6
Мука рыбная СП 46%		5,00	5,00	5,00
Масло подсолнечное		1,53	1,36	1,61
Dl-метионин 99%		0,40	0,32	0,28
L-треонин 98,5%		0,13	0,09	0,10
L-лизин сульфат 70%		0,56	0,41	0,44
Соль экстра		0,20	0,20	0,20
Монокальцийфосфат		2,34	1,70	1,16
Известняковая крупка		1,73	1,14	0,71
Сульфат натрия безводный		0,16	0,12	0,10
Стафак 110		0,02	0,02	0,02
Аватек 150 G		0,05	0,05	0,05
ПП7-3 молодняк индеек, цесарок,		1,0	1,0	1,0
Итого		100	100	100
<b>Питательность</b>				
ОЭ птицы +ф	ККал/100г	284	290	300
Сырой протеин	%	27,50	26,00	23,51
Сырой жир	%	3,41	3,84	5,00
Сырая клетчатка	%	3,50	3,50	3,84
Линолевая кислот	%	1,89	1,96	2,51
Лизин	%	1,84	1,65	1,46
Лизин SID	%	1,67	1,48	1,30
Метионин	%	0,78	0,69	0,61
Метионин SID	%	0,74	0,65	0,58
Метионин+цистин	%	1,21	1,10	1,00
М+Ц SID	%	1,09	0,97	0,87
Треонин	%	1,13	1,03	0,93
Треонин SID	%	0,97	0,87	0,78
Триптофан	%	0,34	0,32	0,28
Триптофан SID	%	0,30	0,28	0,24
Аргинин	%	1,83	1,72	1,52
Аргинин SID	%	1,67	1,56	1,36
Изолейцин	%	1,16	1,08	0,95
Изолейцин SID	%	1,02	0,95	0,83
Валин	%	1,25	1,18	1,05
Валин SID	%	1,09	1,02	0,91
Са	%	1,40	1,29	1,19
Р	%	0,91	0,86	0,82
Р усвояемый+ф	%	0,71	0,65	0,59
Na	%	0,16	0,16	0,16
Cl	%	0,19	0,20	0,21

Таблица 3 – Состав и питательность рационов для индюшат I опытной группы

Наименование	ПК-11-1	ПК-11-2	ПК-12-1	
Пшеница СП 12%	22,36	22,41	29,05	
Кукуруза СП 7,5%	21,63	27,45	29,68	
Соя полножирная СП 34%	2,95	4,00	8,00	
Шрот соевый СП 46% не ГМО	41,50	35,81	22,64	
Шрот подсолнечный СП 34%, СК 19%	–	0,3	1,6	
Белково-липидный концентрат (БЛК) из личинок мух, СП 52%, СЖ 30,5%	5,00	5,00	5,00	
Dl-метионин 99%	0,40	0,32	0,28	
L-треонин 98,5%	0,13	0,09	0,10	
L-лизин сульфат 70%	0,53	0,39	0,41	
Соль экстра	0,20	0,20	0,20	
Монокальцийфосфат	2,34	1,70	1,16	
Известняковая крупка	1,73	1,14	0,71	
Сульфат натрия безводный	0,16	0,12	0,10	
Стафак 110	0,02	0,02	0,02	
Аватек 150 G	0,05	0,05	0,05	
ПП7-3 молодняк индеек, цесарок,	1,0	1,0	1,0	
Итого	100	100	100	
Питательность				
ОЭ птицы +ф	ККал/100г	284	290	300
Сырой протеин	%	27,53	26,05	23,54
Сырой жир	%	3,48	3,89	5,06
Сырая клетчатка	%	3,50	3,50	3,84
Линолевая кислота	%	1,91	1,98	2,53
Лизин	%	1,89	1,68	1,49
Лизин SID	%	1,69	1,51	1,34
Метионин	%	0,77	0,68	0,60
Метионин SID	%	0,73	0,64	0,57
Метионин+цистин	%	1,20	1,09	1,01
М+Ц SID	%	1,09	0,97	0,87
Треонин	%	1,08	1,96	0,85
Треонин SID	%	0,97	0,87	0,78
Триптофан	%	0,34	0,32	0,28
Триптофан SID	%	0,30	0,28	0,24
Аргинин	%	1,83	1,72	1,52
Аргинин SID	%	1,67	1,56	1,36
Изолейцин	%	1,16	1,08	0,95
Изолейцин SID	%	1,02	0,95	0,83
Валин	%	1,25	1,18	1,05
Валин SID	%	1,09	1,02	0,91
Са	%	1,40	1,29	1,19
Р	%	0,91	0,86	0,82
Р усвояемый+ф	%	0,71	0,65	0,59
Na	%	0,16	0,16	0,16
Cl	%	0,19	0,20	0,21

Таблица 4 – Состав и питательность рационов для индюшат II опытной группы

Наименование	ПК-11-1	ПК-11-2	ПК-12-1	
Пшеница СП 12%	22,36	22,41	30,05	
Кукуруза СП 7,5%	21,58	28,47	29,72	
Соя полножирная СП 34%	2,95	4,00	8,00	
Шрот соевый СП 46% не ГМО	39,02	32,32	19,12	
Шрот подсолнечный СП 34%, СК 19%	–	0,3	1,6	
Белково-липидный концентрат (БЛК) из личинок мух, СП 52%, СЖ 30,5%	7,50	7,50	7,50	
Dl-метионин 99%	1,53	1,36	1,61	
L-треонин 98,5%	0,40	0,32	0,28	
L-лизин сульфат 70%	0,13	0,09	0,10	
Соль экстра	0,51	0,36	0,39	
Монокальцийфосфат	0,20	0,20	0,20	
Известняковая крупка	2,34	1,70	1,16	
Сульфат натрия безводный	1,73	1,14	0,71	
Стафак 110	0,16	0,12	0,10	
Аватек 150 G	0,02	0,02	0,02	
ПП7-3 молодняк индеек, цесарок,	0,05	0,05	0,05	
Итого	1,0	1,0	1,0	
Пшеница СП 12%	100	100	100	
<b>Питательность</b>				
ОЭ птицы +ф	ККал/100г	284	290	300
Сырой протеин	%	27,54	26,05	23,50
Сырой жир	%	3,47	3,86	5,03
Сырая клетчатка	%	3,50	3,50	3,84
Линолевая кислота	%	1,90	1,97	2,52
Лизин	%	1,88	1,67	1,48
Лизин SID	%	1,68	1,50	1,32
Метионин	%	0,77	0,69	0,61
Метионин SID	%	0,73	0,65	0,58
Метионин+цистин	%	1,20	1,10	1,00
M+Ц SID	%	1,09	0,97	0,87
Треонин	%	1,13	1,03	0,93
Треонин SID	%	0,97	0,87	0,78
Триптофан	%	0,34	0,32	0,28
Триптофан SID	%	0,30	0,28	0,24
Аргинин	%	1,83	1,72	1,52
Аргинин SID	%	1,67	1,56	1,36
Изолейцин	%	1,16	1,08	0,95
Изолейцин SID	%	1,02	0,95	0,83
Валин	%	1,25	1,18	1,05
Валин SID	%	1,09	1,02	0,91
Ca	%	1,40	1,29	1,19
P	%	0,91	0,86	0,82
P усвояемый+ф	%	0,71	0,65	0,59
Na	%	0,16	0,16	0,16
Cl	%	0,19	0,20	0,21

Состав премиксов для всех подопытных групп был одинаковый.

Таблица –5

Наименование	Ед. изм.	ПК-11-1	ПК-11-2	ПК-12-1
Витамин А	Тыс. МЕ/кг	12,00	12,00	12,00
Витамин D3	Тыс. МЕ/кг	5,00	5,00	5,00
Витамин Е	мг/кг	100,00	100,00	100,00
Витамин К3	мг/кг	4,00	4,00	4,00
Витамин В1	мг/кг	4,00	4,00	4,00
Витамин В2	мг/кг	15,00	15,00	15,00
Витамин К-Т	мг/кг	28,00	28,00	28,00
Витамин В4	мг/кг	1 000,00	1 000,00	1 000,00
Витамин	мг/кг	99,99	99,99	99,99
Витамин В6	мг/кг	7,00	7,00	7,00
Витамин В12	мг/кг	0,04	0,04	0,04
Витамин Вс	мг/кг	4,00	4,00	4,00
Витамин Н	мг/кг	0,40	0,40	0,40
Fe	мг/кг	45,00	45,00	45,00
Cu	мг/кг	15,00	15,00	15,00
Zn	мг/кг	110,00	110,00	110,00
Mn	мг/кг	120,00	120,00	120,00
I	мг/кг	3,00	3,00	3,00
Se	мг/кг	0,40	0,40	0,40
Эконаза ХТ25	г/т	100	100	100
Квантум блю 10 G	г/т	50	50	50
Оксикап MS	г/т	20	20	20

За счет содержания высокоэффективного белка, незаменимых аминокислот, ненасыщенных жирных кислот, а также повышенного содержания минеральных веществ в белково-липидном концентрате (БЛК) по сравнению с рыбной мукой и шротом соевым, позволило нам в структуре рациона заменить рыбную муку и частично шрот соевый, вывести из рациона опытных групп растительное масло и снизить ввод синтетического кормового лизина. Состав премиксов во все возрастные периоды в разрезе групп был идентичным, согласно нормативных значений.



### **3.1.2 Переваримость, баланс и использование питательных веществ индейками**

В настоящее время в различных отраслях сельского хозяйства ведется поиск альтернативных источников кормового протеина и способов повышения переваримости и усвояемости используемых традиционных ингредиентов комбикормов. Высокобелковые компоненты необходимы для обеспечения потребности животных в протеине, а значит для полноценного развития организма и получения наиболее высокой продуктивности с наименьшими затратами на единицу продукции (Бастраков А.И., Ушакова Н.А. и др., 2015; Надточий Л.А., Истомин А.И. и др., 2017).

В настоящее время переваримость насекомых особенно актуальна в связи с использованием их в качестве белкового корма для рыб, рептилий, птиц и других животных (Müller A., Wolf D., Gutzeit H. O., 2017).

При изучении эффективности использования в кормлении животных новых кормов или кормовых добавок, особое внимание уделяется переваримости и использованию питательных веществ рационов, так как от данных процессов во многом зависит продуктивность животных и птиц.

Согласно результатам анализа питательной ценности белково-липидного концентрата, содержание в нем переваримого протеина составляет 95%, а уровень отдельных аминокислот значительно превышает содержание их в рыбной муке: аргинина – на 1,68; лизина – на 0,372; тиразина – на 4,033; фенилаланина – на 2,539; гистидина – на 0,984; лейцина+изолейцина – на 2,442; валина – на 1,076; пролина – на 1,258; серина – на 3,081 и триптофана – на 0,374%. Преимущество по содержанию переваримого протеина, аминокислотного состава белка муки из личинок мух, по нашему мнению, должно повлиять на переваримость питательных веществ корма и усвоение азота организмом индюшат.

В связи с тем, что подопытные индюшата выращивались отдельно по полу, мы изучили влияние муки из личинок мух популяции *Lucilia Caesar* на

переваримость и усвояемость питательных веществ корма, как индейками, так и индюками.

Переваримость питательных веществ рациона является одним из главных этапов в процессе обмена веществ, протекающего в организме. В процессе проведения физиологического опыта доказано, что высокая питательная ценность муки из личинок мух способствовала увеличению переваримости питательных веществ корма индюшатами опытных групп (таблица 6).

Таблица 6 – Переваримость питательных веществ корма, % (n=3)

Показатели	Контрольная	I опытная	II опытная
индейки			
Сырой протеин	79,6±0,49	81,9±0,57	82,7±0,37**
Сырой жир	65,2±0,39	67,1±0,28*	67,9±0,31**
Сырая клетчатка	12,7±0,32	13,5±0,21	13,9±0,24
БЭВ	84,1±0,41	86,8±0,54*	87,9±0,47**
индюки			
Сырой протеин	80,1±0,51	83,5±0,61*	84,8±0,73**
Сырой жир	65,7±0,43	68,6±0,52*	69,3±0,65**
Сырая клетчатка	12,9±0,47	14,7±0,49	14,9±0,58
БЭВ	84,8±0,53	87,9±0,58*	88,5±0,49**

Переваримость сырого протеина индейками I опытной группы увеличилась на 2,3 (P<0,05), во II опытной – на 3,1% (P<0,01), сырого жира – на 1,9 (P<0,05) и 2,7% (P<0,01), БЭВ – на 2,7 (P<0,05) и 3,8% (P<0,01) по отношению к контрольной группе. Наблюдалась также тенденция к увеличению коэффициента переваримости сырой клетчатки в опытных группах на 0,8 и 1,2% при недостоверной разнице. Установлено более значительное повышение коэффициента переваримости протеина у индюков I опытной группы на 3,4 (P<0,05), II опытной – на 4,7% (P<0,01) по сравнению с контролем. Переваримость

жира и БЭВ индюками опытных групп также достоверно превышала контроль на 2,9 (P<0,05), 3,6% (P<0,01) и 3,1 (P<0,05), 3,7% (P<0,01) соответственно. Зафиксировано увеличение переваримости клетчатки индюками опытных групп на 1,8 и 2,0% при недостоверной разнице.

Результаты биоконверсии питательных веществ корма свидетельствуют о том, что изучаемая кормовая добавка способствовала повышению переваримости протеина, жира, БЭВ и клетчатки организмом, как индеек, так и индюков при некотором преимуществе последних.

Анализируя полученные данные в разрезе групп следует отметить, что наиболее высокие показатели переваримости основных питательных веществ корма зафиксированы во II опытной группе, где индюшата в составе рациона получали муку из личинок мух популяции *Lucilia Caesar* в количестве 7,5%.

Уровень использования азота корма напрямую связан со скоростью роста, а, следовательно, и продуктивностью. Введение муки из личинок мух в основной рацион индюшат опытных групп улучшило баланс азота и повысило его использование (таблица 7).

Таблица 7 – Усвоение и баланс азота (n=3)

Показатели	Контрольная	I опытная	II опытная
индейки			
Принято с кормом, г	7,43±0,071	7,52±0,063	7,54±0,077
Выделено с пометом, г	2,51±0,043	2,43±0,059	2,39±0,051
Переварено азота, г	4,92±0,031	5,09±0,037*	5,15±0,028**
Удержано азота в теле, г	2,96±0,032	3,11±0,041*	3,18±0,029**
Использовано от принятого, %	39,84±0,39	41,36±0,23*	42,12±0,27**
Использовано от переваренного, %	60,16±0,17	61,10±0,13**	61,75±0,19**

Продолжение таблицы 7

Показатели	Контрольная	I опытная	II опытная
индюки			
Принято с кормом, г	7,87±0,069	8,09±0,078	8,14±0,093
Выделено с пометом, г	2,81±0,044	2,85±0,053	2,79±0,041
Переварено азота, г	5,06±0,033	5,24±0,031*	5,35±0,043**
Удержано азота в теле, г	3,15±0,037	3,43±0,054*	3,54±0,061**
Использовано от принятого, %	39,96±0,35	42,37±0,59*	43,53±0,67*
Использовано от переваренного, %	62,25±0,28	65,46±0,47**	66,17±0,56**

Потребление азота индейками контрольной и опытных групп различалось незначительно. При этом отложение его в теле индеек опытных групп превысило контроль на 5,07 (P<0,05) и 7,43% (P<0,01). Установлено, что использование азота от принятого индейками опытных групп, под воздействием муки личинок мух увеличилось на 1,52 (P<0,05) и 2,28% (P<0,01), а от переваренного – на 0,94 (P<0,01) и 1,59% (P<0,01) соответственно.

Индюки опытных групп переваривали азота больше, чем сверстники из контрольной группы на 0,18 (P<0,05) и 0,29 г (P<0,01), соответственно удержание его в теле также превышало контрольные значения на 0,28 (P<0,05) и 0,39 г (P<0,01). Коэффициент использования азота от принятого в опытных группах возрос относительно контроля на 2,41 (P<0,05) и 3,57% (P<0,01), а от переваренного – на 3,2 (P<0,01) и 3,91 (P<0,01) соответственно. На основании чего можно сделать вывод, что использование азота индюками выше, чем индейками.

В целом мука из личинок мух популяции *Lucilia Caesar* положительно повлияла на переваримость питательных веществ корма и усвоение азота организмом, как индеек, так и индюков.

### 3.1.3 Морфо-биохимические показатели крови

Морфо-биохимический состав крови имеет диагностическое значение и является косвенным показателем физиологического состояния животных и их продуктивности. Установлено, что несмотря на стабильный состав, кровь животных и птиц под воздействием кормовых факторов наиболее сильно реагирует изменением тех или иных показателей, в большинстве случаев в пределах физиологической нормы (Ткаченко М.Г., 2012; Гасилина В.А., 2012; Бараников В.А., Кайдалов А.Ф. и др., 2013; Федюк В.В., Семенченко С.В. и др., 2015; Крюков В.И., 2019).

Увеличение переваримости питательных веществ корма и наиболее полное использование азота позитивно отразилось на морфологических показателях крови, как индеек, так и индюков опытных групп (таблица 8). Как известно, морфологический состав крови позволяет оценить состояние обменных процессов в организме индюшат.

Таблица 8 – Морфологические показатели крови (n=5)

Показатели	Контрольная	I опытная	II опытная
индейки			
Гемоглобин, г/л	156,10±2,46	163,72±1,37*	168,34±3,13*
Гематокрит, %	37,40±0,29	38,70±0,36*	39,20±0,41**
СОЭ, мм/г	2,73±0,09	2,25±0,08*	2,17±0,07**
Эритроциты, 10 <sup>12</sup> /л	3,32±0,046	3,54±0,052*	3,57±0,057**
Лейкоциты, 10 <sup>9</sup> /л	34,40±0,96	33,80±0,61	33,20±0,74
индюки			
Гемоглобин, г/л	143,18±2,93	157,36±3,09*	162,17±3,26**
Гематокрит, %	36,74±0,21	37,64±0,32*	38,14±0,28**
СОЭ, мм/г	2,59±0,08	2,17±0,09*	2,05±0,08**
Эритроциты, 10 <sup>12</sup> /л	3,42±0,049	3,64±0,055*	3,69±0,052**
Лейкоциты, 10 <sup>9</sup> /л	32,8±0,87	32,4±0,69	33,2±0,73

Нашими исследованиями доказано, что содержание эритроцитов в крови индеек I опытной группы возросло на 6,63 ( $P < 0,05$ ), II опытной – на 7,53% ( $P < 0,01$ ), концентрация гемоглобина и гематокрита увеличилась в I опытной группе на 4,88 ( $P < 0,05$ ) и 7,84% ( $P < 0,05$ ), во II опытной – на 1,3 ( $P < 0,05$ ) и 1,8% ( $P < 0,01$ ).

Показатель СОЭ оказался ниже у индеек опытных групп на 21,33 ( $P < 0,05$ ) и 25,80 ( $P < 0,01$ ), что, по всей вероятности, белково-липидный концентрат из личинок мух популяции *Lucilia Caesar*, обладая антибактериальными свойствами способствовал снижению в плазме крови белков острой фазы. Уровень лейкоцитов в крови индеек всех групп находился примерно на одном уровне.

В крови индюков опытных групп концентрация гемоглобина увеличилась по отношению к контролю на 9,90 ( $P < 0,05$ ) и 13,26% ( $P < 0,01$ ), что характеризует более высокую дыхательную функцию крови. Содержание эритроцитов в крови индюков опытных групп превосходило контрольные показатели на 6,43 ( $P < 0,05$ ) и 7,89% ( $P < 0,01$ ) соответственно. Показатель СОЭ был достоверно ниже в опытных группах на 19,36 ( $P < 0,05$ ) и 26,34% ( $P < 0,01$ ).

Анализ некоторых показателей морфологического состава крови, как индеек, так и индюков позволяет сделать вывод о том, что корм из личинок мух популяции *Lucilia Caesar* способствует активизации обменных процессов в организме птиц. При этом у индюков интенсивность обменных процессов более высокая, чем у индеек, что подтверждается высоким уровнем роста и развития.

Для более полной оценки влияния белково-липидного концентрата (БЛК) на обменные процессы в организме индеек мы изучили некоторые показатели биохимического состава сыворотки крови подопытной птицы. Все изучаемые показатели находились в пределах физиологической нормы (таблица 9).

Уровень общего белка в сыворотке крови индеек опытных групп оказался выше контроля на 10,17 ( $P < 0,01$ ) и 15,59% ( $P < 0,001$ ), альбуминовой фракции – на 13,49 ( $P < 0,01$ ) и 20,70% ( $P < 0,001$ ). Мочевина, как конечный продукт распада протеинов, содержащая в своем составе остаточный азот, характеризует уровень белкового обмена в целом. В наших исследованиях концентрация мочевины в сыворотке крови индеек опытных групп достоверно превышала контроль на 21,30

( $P < 0,05$ ) и 25,00% ( $P < 0,01$ ) соответственно. Увеличение в сыворотке крови общего белка, его фракций и мочевины свидетельствует об активизации анаболических процессов в организме, что позитивно отразилось на мясной продуктивности.

Таблица 9 – Биохимические показатели крови (n=5)

Показатели	Контрольная	I опытная	II опытная
индейки			
Общий белок, г/л	45,15±0,68	49,74±0,59**	52,19±0,83***
Альбумины, г/л	21,50±0,47	24,40±0,51**	25,95±0,75***
%	47,61±0,69	49,07±0,81	49,73±0,78
Глобулины, г/л	23,65±1,17	25,34±1,21	26,24±1,25
%	52,39±2,34	50,93±1,46	50,27±1,84
Мочевина, ммоль/л	0,96±0,05	1,25±0,06**	1,29±0,07**
Резервная щелочность, ммоль/л	50,2±0,73	48,7±0,81	48,1±0,94
Кальций, ммоль/л	2,81±0,081	3,32±0,069**	3,35±0,089**
Фосфор, ммоль/л	1,48±0,029	1,67±0,032**	1,70±0,037**
индюки			
Общий белок, г/л	48,98±0,71	53,64±0,69**	54,71±0,74***
Альбумины, г/л	23,50±0,42	26,46±0,57**	27,27±0,61***
%	47,89±0,67	49,32±0,73	49,84±0,81
Глобулины, г/л	25,48±1,09	27,18±0,98	27,44±0,93
%	52,11±1,13	50,68±1,23	50,16±1,17
Мочевина, ммоль/л	1,08±0,06	1,31±0,07*	1,35±0,09*
Резервная щелочность, ммоль/л	50,8±0,97	47,6±0,74*	46,4±0,82**
Кальций, ммоль/л	2,06±0,079	2,41±0,066**	2,53±0,095**
Фосфор, ммоль/л	1,94±0,049	2,18±0,058**	2,26±0,077**

Дегрессия щелочного резерва крови у индеек опытных групп на 3,08 и 4,37% свидетельствует о снижении напряженности физиологических процессов в организме.

Наряду с повышением интенсивности белкового обмена, наблюдается активизация минерального. Минеральные вещества в целом связывают воедино превращение и использование питательных веществ в организме. Уровень кальция в опытных группах превысил контрольные показатели на 18,15 ( $P<0,01$ ) и 19,22% ( $P<0,01$ ), фосфора – на 12,84 ( $P<0,01$ ) и 14,86% ( $P<0,01$ ).

Рассматривая аналогичные показатели биохимического состава сыворотки крови подопытных индюков можно заключить, что полученные абсолютные значения не выходили за пределы физиологической нормы. При этом содержание общего белка в I опытной группе превышало контрольные значения на 4,66 (9,51%;  $P<0,01$ ), во II опытной – на 5,73 г/л (11,69%;  $P<0,001$ ), альбуминовой фракции – на 12,59 ( $P<0,01$ ) и 16,04% ( $P<0,001$ ) соответственно. Содержание мочевины также достоверно возросло в опытных группах на 21,27 ( $P<0,05$ ) и 25,00% ( $P<0,05$ ) относительно контроля.

Зафиксировано достоверное снижение резервной щелочности в I опытной группе на 6,72 ( $P<0,05$ ), во II опытной – на 9,48% ( $P<0,01$ ) по сравнению с контролем.

Интенсивность минерального обмена также повысилась: уровень кальция превысил контрольные показатели на 16,99 ( $P<0,01$ ) и 22,82% ( $P<0,01$ ), фосфора – на 12,37 ( $P<0,01$ ) и 16,49% ( $P<0,01$ ) соответственно.

Повышение содержания эритроцитов, гемоглобина, общего белка и альбуминовой фракции в крови, как индеек, так и индюков опытных групп можно рассматривать, как фактор более интенсивных окислительно-восстановительных процессов в организме, связанных с приростом живой массы под воздействием изучаемой добавки.

Использование муки из личинок мух популяции *Lucilia Caesar* в количестве 5,0 и 7,5% в составе рациона индюшат на откорме, за счет содержания в ней высокоэффективного белка, незаменимых аминокислот, ненасыщенных жирных



кислот, а также повышенного содержания минеральных веществ (железо, кальций, фосфор и др.) способствовали активизации обменных процессов в организме птицы, повышению мясной продуктивности и улучшению качественных показателей мяса.

### 3.1.4 Динамика живой массы

В последнее время во всем мире наблюдается повышенный интерес к насекомым, как к источнику высокоусвояемого кормового белка, жира с уникальными свойствами, антиоксидантов, иммуномодуляторов, сырья для получения новых лекарственных препаратов (Fernanda O., Klaus D. Et al., 2015; Józefiak D., Józefiak A. Et al., 2016). В личинке мух содержится около 40% аминокислот, которые оказывают благоприятное действие на рост и развитие сельскохозяйственных животных и птиц и подтверждают возможность использования сухих личинок в виде кормовой добавки (Ушакова Н.А., Некрасов Р.В., 2015; Diener S., Zurbrügg C., 2015; Хатунцев А.И., Старухин В.П. и др., 2016; Антонов А.М., Lutovinovas E. и др., 2017; Дедяева В., Аргунов М. и др., 2018).

Птица и животные способны превращать малоценные вещества животного и растительного происхождения в высокие, в биологическом отношении, продукты питания для человека (Бараников В.А., Кайдалов А.Ф., 2013; Ребезов Я.М., Горелик О.В., Курмакаева Т.В., 2018).

Одним из основных показателей, характеризующих эффективность использования кормовых добавок в рационах сельскохозяйственных животных и птиц является мониторинг живой массы в процессе выращивания. Нами установлено, что живая масса и самок, и самцов опытных групп, как в разрезе групп, так и в возрастном аспекте превышала контрольные показатели (таблица 10).

Уже после 4-х недельного скармливания белково-липидного концентрата из личинок мух популяции *Lucilia Caesar* наблюдалось достоверное превышение по живой массе самок опытных групп, относительно контрольной.

Таблица 10 – Изменение живой массы в процессе выращивания, г (n=10)

Возраст, недель	контрольная	I опытная	II опытная
индейки			
1	165±3,15	170±2,89	175±3,04
4	925±12,15	980±14,84*	1010±27,32**
8	3210±49,67	3690±51,32**	3762±50,98***
12	6321±141,13	7145±154,17***	7490±173,08***
17	9894±153,61	10752±166,12***	11105±181,54***
Затраты корма на 1 кг прироста, кг	2,21	2,15	2,04
индюки			
1	175 ±3,28	180±3,11	185±4,12
4	968±15,9	1040±19,27**	1090±37,81**
8	4150±61,19	4730±74,11***	4980±68,46***
12	9050±144,21	9964±157,39***	10350±169,13***
17	15877±201,73	16857±227,45***	17239±243,14***
Затраты корма на 1 кг прироста, кг	2,28	2,19	2,10

В I опытной группе разница составила 55 (5,95%;  $P < 0,05$ ), во II опытной – 85 г (9,19%;  $P < 0,01$ ), после 8-ми недель – 480 (14,95%;  $P < 0,001$ ) и 552 г (17,19%;  $P < 0,001$ ), после 12-ти недель – 824 (13,04%;  $P < 0,001$ ) и 1169 г (18,49%;  $P < 0,001$ ), а к концу откорма, через 17-ть недель – 858 (8,67%;  $P < 0,001$ ) и 1211 г (12,24%;  $P < 0,001$ ). Аналогичная динамика живой массы в процессе откорма наблюдалась и у самцов: в возрасте 4-х недель разница составила 72 (7,44%;  $P < 0,01$ ) и 122 г (12,60%;  $P < 0,01$ ), в возрасте 8-ми недель – 580 (13,98%;  $P < 0,001$ ) и 830 г (20,00%;  $P < 0,001$ ), в возрасте 12-ти недель – 914 (10,09%;  $P < 0,001$ ) и 1300 г (14,36%;

$P < 0,001$ ), в возрасте 17-ти недель – 980 (6,17%;  $P < 0,001$ ) и 1362 г (8,58%;  $P < 0,001$ ) соответственно.

Результаты среднесуточных приростов индюшат представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Динамика среднесуточных приростов, г (n=10)

Возраст, недель	контрольная	I опытная	II опытная
индейки			
1-4	27,14	28,93	29,82
5-8	81,61	96,79	98,29
9-12	111,11	123,39	133,14
13-17	127,61	128,82	129,11
1-17	86,87	94,48	97,59
индюки			
1-4	28,32	30,71	32,32
5-8	113,64	131,79	138,93
9-12	175,00	186,93	191,79
13-17	243,82	246,18	246,04
1-17	140,20	148,90	152,27

Среднесуточный прирост живой массы индеек опытных групп за период откорма составил 94,48 и 97,59 г, что выше контрольного показателя на 7,61 и 10,72 г, самцов – 148,90 и 152,27 г, что выше, чем в контроле на 8,70 и 12,07 г соответственно. Преимущество по приросту живой массы как индеек, так и индюков опытных групп позволило снизить затраты корма на 1кг прироста: у индеек – на 0,06 и 0,17 кг, у индюков – на 0,09 и 0,18 кг.

Расчет относительного прироста живой массы индюшат, представленный в таблице 12 показал, что за период откорма 1-17 недель напряженность роста индюшат была высокой и в разрезе подопытных групп находилась примерно на одном уровне: у индеек 193,63-193,79%, у индюков 195,64-195,77%.

Таблица 12 – Динамика относительного прироста индюшат, % (n=10)

Возраст, недель	контрольная	I опытная	II опытная
индейки			
1-4	139,45	140,87	140,93
5-8	110,52	116,06	115,34
9-12	65,28	63,78	66,26
13-17	44,09	40,31	38,88
1-17	193,63	193,77	193,79
индюки			
1-4	138,75	140,98	141,96
5-8	124,35	127,90	128,17
9-12	74,24	71,24	70,06
13-17	54,78	51,40	49,94
1-17	195,64	195,77	195,75

Рассматривая изучаемый показатель в определенные возрастные периоды, можно заключить, что наиболее высокая напряженность роста наблюдалась в первые 4 недели жизни, как индеек, так и индюков. При этом следует отметить, что в опытных группах относительная скорость роста была выше, чем в контроле: у индеек на 1,42 и 1,48%, у индюков – на 2,23 и 3,21% соответственно. В дальнейшем относительный прирост живой массы во всех группах снижался, однако разница в пользу опытных групп сохранялась и в возрастной период 5-8 недель в I опытной группе у индеек на 5,54%, у индюков – на 3,55%, во II опытной – на 4,42 и 3,82% соответственно.

В дальнейшем в возрасте 9-12 недель относительная скорость роста варьировала в разрезе групп и находилась у индеек на уровне от 63,78 до 66,26%, у индюков от 70,06 до 74,24%. Возрастной период 13-17 недель напряженность роста в опытных группах несколько ниже, чем в контрольной: у индеек на 3,78 и 5,21%, у индюков – на 3,38 и 4,84% соответственно. Необходимо отметить, что

среднесуточный прирост в данные возрастные периоды, как у индеек, так и у индюков превышал контрольные значения.

Исходя из полученных данных можно заключить, что индюшата II опытной группы, получавшие в структуре рациона 7,5% муки из личинок мух популяции *Lucilia Caesar* росли и развивались лучше сверстников из контрольной и I опытной групп.

### **3.1.5 Мясная продуктивность индюшат**

Проблема питания является одной из важнейших социальных проблем, в которой первостепенная роль отводится мясным продуктам. Мясо птицы считается постным и диетическим, это полезный и вкусный источник легкоусвояемых белков, витаминов и жирных кислот, и сегодня оно доступно всем (Богомолова Р.А., 2013; Самсонова О.Е., Бабушкин В.А., 2018; Загородняя А.Е., Столяров В.А., 2019).

В настоящее время разработано достаточное количество кормовых добавок и препаратов, которые позволяют компенсировать недостаток микроэлементов и витаминов, повысить общую и иммунологическую резистентность организма птицы, увеличить продуктивность и эффективно использовать корма. Некоторые кормовые добавки не являются достаточно эффективными, так как отрицательно сказываются на качестве продукции и могут вызывать негативные последствия у человека при употреблении продуктов птицеводства (Саражакова И.М., 2001; Преображенская С.М., 2009; Фисинин В.И., Егоров И.А., Андрианова Е.Н. и др., 2009; Егоров И.А., Егорова Т.В., Розанов Б.Л. и др., 2010; Фисинин В.И., Егоров И.А. и др., 2011; Федюк В.В., Семенченко С.В. и др., 2014).

Индейки превосходят птицу других видов по живой массе, выходу съедобных частей тушек (свыше 70%) и массе мышечной ткани (свыше 60%). Некоторыми из наиболее важных сенсорных качеств мяса являются: внешний вид, сочность, вкус, текстура и консистенция. Текстурные показатели мяса птицы во многом зависят от зоотехнических особенностей, таких как рацион, возраст и анатомические

характеристики, например, типа мышц животных (Рогов И.А., Забашта А.Г., 2002; Колокольников Н.В., Мезенцев И.И. и др., 2019).

Анализ убоя и потрошения тушек подопытных индюшат показал высокую эффективность изучаемой кормовой добавки на мясную продуктивность как индеек, так и индюков (таблица 13).

Таблица 13 – Мясная продуктивность подопытных индюшат (n=5)

Показатели	контрольная	I опытная	II опытная
индейки			
Предубойная масса, г	9720±76,47	10500±83,89**	10850±91,15***
Масса потрошенной тушки, г	7608±79,15	8571±92,15**	8901±107,29***
Убойный выход, %	78,27	81,63	82,04
Масса грудных мышц, г	2259±24,89	2667±29,49***	2815±34,28***
Выход грудных мышц, %	29,69	31,12	31,62
Масса бедренных мышц, г	950±17,95	1123±12,43***	1177±15,67***
Выход бедренных мышц, %	12,48	13,10	13,22
индюки			
Предубойная масса, г	15490±103,18	16430±108,65**	16810±123,16**
Масса потрошенной тушки, г	12254±117,65	13570±121,19**	13978±126,55***
Убойный выход, %	79,11	82,59	83,15
Масса грудных мышц, г	3572±27,31	4218±31,84***	4363±54,15***
Выход грудных мышц, %	29,15	31,08	31,21
Масса бедренных мышц, г	1441±15,12	1634±13,62***	1743±21,16***
Выход бедренных мышц, %	11,76	12,02	12,47

Масса потрошенной тушки самок опытных групп превышала аналогичный показатель сверстниц из контрольной группы – на 963 и 1293 г, или 12,68 (P<0,01) и 16,99% (P<0,001), самцов – на 1316 и 1724 г, или на 10,74 (P<0,01) и 14,07% (P<0,001) соответственно. В результате чего убойный выход потрошенной тушки в

опытных группах превысил контрольную группу: самок – на 3,36 и 3,77%, самцов – на 3,48 и 4,04%.

Разница по массе грудных мышц, как одного из показателей мясной продуктивности птицы, оказалась, независимо от половой принадлежности в пользу опытных групп. Так, у самок I опытной группы превышение по массе грудных мышц (красное мясо) составило – 408 г, во II опытной 556 г, или 18,06 (P<0,001) и 24,61% (P<0,001) соответственно. У самцов I опытной группы превышение по данному показателю составило – 646 г, во II опытной – 791 г, или 18,09 (P<0,001) и 22,14% (P<0,001) по сравнению с контрольной группой.

В процессе анатомической разделки мы изучили абсолютную и относительную массу некоторых внутренних органов, как в разрезе групп, так и половой принадлежности (таблица 14).

Таблица 14 – Масса внутренних органов подопытных индюшат (n=5)

Показатели	контрольная	I опытная	II опытная
индейки			
Предубойная масса, г	9720±76,47	10500±83,89**	10850±91,15***
Масса печени, г	119,6±2,43	133,4±1,96**	140,0±4,18**
%	1,23	1,27	1,29
Масса сердца, г	43,7±0,65	47,3±0,89**	49,9±0,43***
%	0,45	0,45	0,46
Масса мышечного желудка, г	159,4±3,68	176,4±2,17**	186,6±4,25***
%	1,64	1,68	1,72
индюки			
Предубойная масса, г	15490±103,18	16430±108,65**	16810±123,16**
Масса печени, г	173,5±2,07	185,7±1,89**	191,6±2,98***
%	1,12	1,13	1,14
Масса сердца, г	79,0±2,25	93,7±2,13***	110,9±5,69***
%	0,51	0,57	0,66
Масса мышечного желудка, г	277,3±3,11	297,4±3,53**	307,6±6,48**
%	1,79	1,81	1,83

Полученные результаты свидетельствуют о том, что масса печени, сердца и мышечного желудка индеек опытных групп достоверно возросла и не только абсолютная, но и относительная. Так, абсолютная масса печени индеек I группы увеличилась на 13,8 (11,53%;  $P < 0,01$ ), II опытной – на 20,4 г (17,06%;  $P < 0,01$ ), сердца – на 3,5 (8,02%;  $P < 0,01$ ) и 6,2 г (14,11%;  $P < 0,001$ ), мышечного желудка – на 17,0 (10,67%;  $P < 0,01$ ) и 27,2 г (17,06%;  $P < 0,001$ ) по сравнению с контролем.

Сравнивая аналогичные показатели у индюков, можно отметить, что относительная масса сердца в опытных группах возросла в сравнении с контролем на 0,06 и 0,15%. Абсолютная масса изучаемых внутренних органов индюков превышала контрольные значения: печени – на 12,2 (7,03%;  $P < 0,01$ ) и 18,1 г (10,43%;  $P < 0,001$ ), сердца – на 14,7 (18,61%;  $P < 0,001$ ) и 31,9 г (40,34%;  $P < 0,001$ ), мышечного желудка – на 20,1 (7,25%;  $P < 0,01$ ) и 30,3 г (10,93%;  $P < 0,01$ ) соответственно.

Обработанные печень, сердце, мышечный желудок относятся к субпродуктам и в зависимости от вида и возраста птицы их подразделяют на субпродукты сухопутной птицы – кур, цыплят (включая цыплят-бройлеров), индеек, индюшат, цесарок, цесарят и водоплавающей птицы – уток, утят, гусей, гусят (Муллакаева М.О., 2012). Сердце занимает достойное место при производстве консервов, готовых блюд, специального питания для беременных женщин и спортсменов. Сердце является источником таких биологически активных добавок как L-карнитин и препараты АТФ. L-карнитин важен для спортсменов в тех случаях, когда необходимо повысить общую и специальную выносливость, способствует накапливанию мышц, является жиросжигателем. Препараты АТФ, в частности, показаны в послеоперационных состояниях. Печень реализуется на прямую как сырье для вторых готовых блюд, паштетов. Препараты органического железа для биокоррекции при развитии анемии различных ихтиологий, т. е. когда занижен уровень гемоглобина.

Желудок так же как сердце и печень используется в пищевом направлении. Однако из него можно выделить кутикулу, а из нее ферментный препарат, который



применяется для выработки молочных продуктов в частности сыров различных ассортиментных групп.

На основании полученных данных и обобщения информации можно четко сказать, что субпродукты имеют значительный потенциал в расширении пищевых продуктов, а также, несомненно, полезны в производстве БАВ для различных целей (Антипова Л.В., Шигина А.И., 2017).

Исходя из полученных данных можно заключить, что белково-липидный концентрат (БЛК) из личинок мух популяции *Lucilia Caesar* оказал значительное влияние, не только на повышение живой массы индеек и индюков, но и способствовал улучшению мясных характеристик: убойному выходу, массе грудных мышц (белое мясо), бедренных мышц (красное мясо) и выходу субпродуктов.

### **3.1.6 Химический состав и сенсорные показатели мяса**

Мясо и мясопродукты в питании человека служат источником полноценного белка, жира, минеральных и витаминов, потребление которых является необходимым для нормального функционирования организма. Три четверти потребляемого мяса приходится на мясо птицы. Одним из востребованных сегодня направлений в бизнесе, связанным со сферой сельского хозяйства, может стать разведение домашней птицы, в связи с высоким спросом на рынке продуктов птицеводства. Следует отметить, что индюшиное мясо является одним из наиболее ценных белковых продуктов – источником полноценных белков животного происхождения с высоким уровнем незаменимых аминокислот (Тимошенко Н.В., Патиева А.М., 2008).

Индейка считается самым полезным мясом среди мяса птиц. По статистическим данным, каждый россиянин потребляет лишь 0,7 кг мяса индейки в год, в то время как в Америке эта цифра составляет около 8 кг. Мясо индеек считают мясом будущего, и прогнозируется, что через несколько лет россияне будут потреблять 2-3 кг индейки в год на человека. Мясо индейки служит

источником полноценных белков, жира, минеральных и экстрактивных веществ, витаминов, потребление которых является необходимым для нормального функционирования организма. Высокая пищевая и биологическая ценность белков мяса индейки обусловлена значительным содержанием и оптимальным соотношением незаменимых аминокислот, а коэффициент усвоения белков организмом человека превышает 90%.

Проведенными исследованиями Нувальцевой Е.П. (2018) было выявлено что мясо индейки является наиболее питательным, в отличие от мяса курицы, так как содержит больше белков и жиров.

Индейка – идеальное мясо, практически не содержащее холестерина, отлично переваривается и легко усваивается, не вызывает аллергических реакций. При этом оно очень питательно. Молодым мамочкам рекомендуется начинать знакомство ребенка с мясом именно с индейки. Грудничкам индюшатины можно включать в рацион уже с 9 месяцев (Алексеев Ф.Ф., Ворокова О.А., 2012).

Мясо индеек относится к категории диетического, оно хорошо переваривается и легко усваивается, а по качеству питательных веществ занимает ведущее место среди других видов птиц (Столяр Т.А., 1988). Однако новые кормовые и биологически активные добавки в рационе индеек на откорме способны повлиять на качественные показатели мяса.

По-прежнему растет интерес к использованию насекомых в кормлении сельскохозяйственной птицы. До последнего времени опубликованные исследования, в первую очередь оценивали питательную ценность насекомых, уделяя меньше внимания качеству мяса, получаемого от животных и птиц, питающихся насекомыми.

В наших исследованиях установлено, что использование в рационах индеек муки из личинок мух *Lucilia Caesar* способствовало значительному улучшению качественных показателей мяса. Результаты химического состава мяса представлены в таблице 15.

Белое мясо индеек опытных групп достоверно превышало контрольные показатели по содержанию сухого вещества на 0,75 ( $P < 0,05$ ) и 1,14% ( $P < 0,01$ ) в

основном за счет увеличения белка на 0,88 (P<0,05) и 1,30% (P<0,01). Концентрация золы возросла на 0,05 и 0,07%. При этом, несмотря на высокую концентрацию жира в кормовой добавке, содержание жира в мясе снизилось на 0,18 (P<0,05) и 0,23% (P<0,01), в том числе холестерина – на 5,07 (P<0,01) и 11,22% (P<0,001) соответственно.

Таблица 15 – Химический состав белого мяса (n=5)

Показатели	Контрольная	I опытная	II опытная
индейки			
Влага, %	72,36±2,18	71,61±1,97	71,22±2,43
Сухое вещество, %	27,64±0,15	28,39±0,22*	28,78±0,25**
Белок, %	21,85±0,22	22,73±0,27*	23,15±0,31**
Жир, %	3,20±0,04	3,02±0,05*	2,97±0,04**
Холестерин, мг/100г	228,0±1,87	217,0±2,15**	205,0±3,72***
Зола, %	1,18±0,048	1,23±0,029	1,25±0,031
индюки			
Влага, %	73,36±2,14	72,61±1,85	72,15±2,31
Сухое вещество, %	26,64±0,14	27,39±0,23*	27,85±0,29**
Белок, %	21,15±0,19	22,24±0,27*	22,81±0,33**
Жир, %	2,83±0,06	2,55±0,05**	2,42±0,08**
Холестерин, мг/100г	225,0±2,61	208,0±3,15**	194,0±4,39***
Зола, %	1,13±0,053	1,17±0,041	1,19±0,027

Белое мясо индюков подопытных групп также имело высокие качественные показатели. Однако в опытных группах содержание сухого вещества и белка оказалось выше, чем в контроле на 0,75 (P<0,05), 1,21% (P<0,01) и 1,09 (P<0,05), 1,66% (P<0,01) соответственно. Заметно снизилось содержание жира в белом мясе индюков на 0,28 (P<0,01) и 0,41% (P<0,01) по сравнению с контрольными показателями. При этом следует обратить внимание на то, что содержание жира в белом мясе индюков ниже, чем у индеек. Под влиянием изучаемой добавки в образцах белого мяса индюков опытных групп достоверно снизилось содержание

холестерина в I опытной группе на 8,17 ( $P<0,01$ ), во II опытной – на 15,98% ( $P<0,001$ ).

Содержание золы, как в мясе индеек, так и индюков находилось в пределах физиологической нормы при некотором увеличении ее в опытных группах за счет высокой концентрации минералов в белково-липидном концентрате (БЛК).

Химический состав красного мяса индеек и индюков отличается от белого более высоким содержанием жира при снижении уровня белка, как в опытных группах, так и в контрольной (таблица 16).

Таблица 16 – Химический состав красного мяса (n=5)

Показатели	Контрольная	I опытная	II опытная
индейки			
Влага, %	73,15±1,89	72,31±2,11	72,26±1,93
Сухое вещество, %	26,85±0,16	27,69±0,21*	27,94±0,17**
Белок, %	19,35±0,19	20,32±0,23*	20,65±0,27**
Жир, %	5,11±0,05	4,95±0,04*	4,92±0,06**
Холестерин, мг/100г	236,0±1,91	227,0±2,07*	219,0±2,94**
Зола, %	1,09±0,043	1,12±0,037	1,15±0,034
индюки			
Влага, %	73,97±1,95	72,95±1,84	72,71±1,97
Сухое вещество, %	26,03±0,24	27,05±0,17**	27,29±0,28**
Белок, %	18,84±0,20	20,02±0,28*	20,26±0,35**
Жир, %	4,77±0,06	4,44±0,07**	4,26±0,08**
Холестерин, мг/100г	238,0±3,73	218,0±4,08**	202,0±5,14***
Зола, %	1,12±0,045	1,14±0,032	1,17±0,051

Рассматривая химический состав красного мяса индеек в разрезе групп можно отметить, что содержание сухого вещества в опытных группах возросло по сравнению с контролем на 0,84 ( $P<0,05$ ) и 1,09% ( $P<0,01$ ), белка – на 0,97 ( $P<0,05$ )

и 1,30% ( $P<0,01$ ) соответственно. Содержание жира в красном мясе индеек подопытных групп оказалось выше, чем в белом мясе. При этом в образцах опытных групп наблюдалось снижение содержания жира относительно контрольных показателей на 0,16 ( $P<0,05$ ) и 0,29% ( $P<0,01$ ) соответственно, при одновременном снижении холестерина на 3,96 ( $P<0,05$ ) и 7,76% ( $P<0,01$ ).

В красном мясе индюков наблюдалась аналогичная тенденция. При относительно меньшем содержании белка по сравнению с белым мясом, разница в пользу опытных групп составила 1,18 ( $P<0,05$ ) и 1,42% ( $P<0,01$ ) соответственно. Содержание жира в опытных группах уменьшилось на 0,33 ( $P<0,01$ ) и 0,51% ( $P<0,01$ ) по отношению к контрольным образцам. Уровень холестерина в красном мясе индюков I опытной группы снизился на 9,17 ( $P<0,01$ ), II опытной – на 17,82% ( $P<0,001$ ) по сравнению с контрольной группой.

Исходя из этого следует отметить, что белково-липидный концентрат (БЛК) из личинок мух популяции *Lucilia Caesar* способствует улучшению качества мяса индеек и его биологическую ценность.

Как известно, биологическая ценность белков мяса определяется наличием в них аминокислот, содержание которых напрямую связано с их содержанием в кормах. Изучение аминокислотного состава кормовой добавки наглядно подтверждает, что содержание аминокислот, таких как аргинин, лизин, тирозин, фенилаланин, гистидин, лейцин+изолейцин, валин, пролин, серин и триптофан превышает аналогичные показатели в рыбной, мясокостной муке и шроте соевом.

Исследования аминокислотного состава белого мяса индеек и индюков свидетельствуют о том, что изучаемая кормовая добавка из личинок мух популяции *Lucilia Caesar* оказала существенное влияние на биологическую ценность мяса (таблица 17, 18).

Уровень незаменимых аминокислот в белом мясе индеек опытных групп оказался выше контроля на 6,98 ( $P<0,01$ ) и 7,63% ( $P<0,01$ ), заменимых – на 1,99 ( $P<0,05$ ) и 2,08% ( $P<0,05$ ). Рассматривая этот показатель в разрезе отдельных аминокислот можно заключить, что содержание аргинина в мясе опытных групп превышало контроль на 1,20 ( $P<0,01$ ) и 1,22% ( $P<0,01$ ), лизина – на 0,35 ( $P<0,05$ ) и

0,37% (P<0,05), тирозина – на 1,24 (P<0,01) и 1,28% (P<0,01), фенилаланина – на 0,67 (P<0,05) и 0,70% (P<0,05), гистидина – на 0,92 (P<0,01) и 1,12% (P<0,01), лейцина – на 1,72 (P<0,001) и 1,88% (P<0,001), валина – на 0,98 (P<0,01) и 1,06% (P<0,01), пролина – на 0,44 (P<0,05) и 0,53% (P<0,05) и серина – на 0,67 (P<0,05) и 0,73% (P<0,05) соответственно.

Таблица 17 – Уровень аминокислот в белом мясе индеек, % (n=5)

Показатели	Контрольная	I опытная	II опытная
Изолейцин (Ile)	3,69±0,10	3,74±0,12	3,81±0,09
Треонин (Thr)	3,59±0,17	3,65±0,21	3,68±0,23
Валин (Val)	3,62±0,15	4,60±0,17**	4,68±0,18**
Метионин (Met)	1,28±0,09	1,31±0,08	1,35±1,01
Гистидин (His)	4,79±0,16	5,71±0,14**	5,91±0,19**
Лейцин (Leu)	5,74±0,21	7,46±0,27***	7,62±0,31***
Лизин (Lys)	5,97±0,07	6,32±0,09*	6,34±0,11*
Фенилаланин (Phe)	3,12±0,13	3,79±0,18*	3,82±0,21*
Аргинин (Arg)	4,84±0,23	6,04±0,25*	6,06±0,24**
Сумма незаменимых аминокислот	36,64±1,05	42,62±0,99**	43,27±1,18**
Серин (Ser)	2,68±0,14	3,35±0,17*	3,41±0,20*
Глицин (Gly)	3,85±0,18	3,69±0,19	3,67±0,21
Аланин (Ala)	4,18±0,08	4,12±0,09	4,10±0,08
Глутаминовая кислота (Gln)	10,66±0,12	10,58±0,08	10,56±0,07
Пролин (Pro)	2,51±0,11	2,95±0,13*	3,04±0,15*
Аспарагиновая кислота (DAA)	6,62±0,13	6,59±0,11	6,57±0,09
Тирозин (Tyr)	2,50±0,27	3,74±0,24**	3,78±0,25**
Цистин (Cys)	0,78±0,07	0,75±0,09	0,73±0,08
Сумма заменимых аминокислот	33,78±0,43	35,77±0,49*	35,86±0,63*
Итого аминокислот	70,42±1,54	78,39±1,67**	79,13±1,73**
Отношение незаменимых к заменимым	1,08	1,19	1,20

Сумма незаменимых аминокислот в белом мясе индюков несколько ниже, чем у индеек, что связано с содержанием белка в образцах мяса индюков.

Таблица 18 – Уровень аминокислот в белом мясе индюков, % (n=5)

Показатели	Контрольная	I опытная	II опытная
Изолейцин (Ile)	3,61±0,11	3,63±0,09	3,65±0,09
Треонин (Thr)	3,67±0,09	3,71±0,13	3,76±0,12
Валин (Val)	3,70±0,13	4,57±0,16**	4,61±0,18**
Метионин (Met)	0,79±0,07	0,82±0,09	0,86±0,06
Гистидин (His)	5,26±0,12	6,09±0,15**	6,27±0,21**
Лейцин (Leu)	5,42±0,23	6,78±0,31**	6,99±0,28**
Лизин (Lys)	5,42±0,06	5,68±0,08*	5,72±0,09*
Фенилаланин (Phe)	3,04±0,12	3,51±0,09*	3,62±0,13*
Аргинин (Arg)	3,79±0,13	4,29±0,10*	4,35±0,14*
Сумма незаменимых аминокислот	34,70±0,83	39,08±0,79**	39,83±0,88**
Серин (Ser)	2,50±0,14	3,07±0,11*	3,15±0,15*
Глицин (Gly)	2,94±0,13	2,83±0,11	2,81±0,09
Аланин (Ala)	4,17±0,09	4,15±0,15	4,11±0,11
Глутаминовая кислота (Gln)	10,65±0,17	10,58±0,13	10,57±0,15
Пролин (Pro)	2,52±0,08	2,83±0,07*	2,91±0,09*
Аспарагиновая кислота (DAA)	6,57±0,15	6,53±0,23	6,49±0,19
Тирозин (Tyr)	2,29±0,15	3,18±0,17**	3,25±0,22**
Цистин (Cys)	0,57±0,05	0,54±0,07	0,52±0,06
Сумма заменимых аминокислот	32,21±0,28	33,71±0,39*	33,81±0,41*
Итого аминокислот	66,91±1,42	72,79±1,31**	73,64±1,37**
Отношение незаменимых к заменимым	1,08	1,16	1,18

Однако уровень незаменимых аминокислот в опытных образцах превышал контрольные значения на 4,38 (P<0,01) и 5,13% (P<0,01), а заменимых – на 1,50

( $P < 0,05$ ) и 1,60% ( $P < 0,05$ ) соответственно. Установлено достоверное превышение в опытных образцах белого мяса индюков в сравнении с контрольным следующих незаменимых аминокислот: валина на 0,87 ( $P < 0,01$ ) и 0,91% ( $P < 0,01$ ), гистидина на 0,83 ( $P < 0,01$ ) и 1,01% ( $P < 0,01$ ), лейцина на 1,36 ( $P < 0,01$ ) и 1,57% ( $P < 0,01$ ), лизина на 0,26 ( $P < 0,05$ ) и 0,30% ( $P < 0,05$ ), фенилаланина на 0,47 ( $P < 0,05$ ) и 0,58% ( $P < 0,05$ ) и аргинина на 0,50 ( $P < 0,05$ ) и 0,56% ( $P < 0,05$ ) соответственно.

Что касается заменимых аминокислот, то достоверная разница зафиксирована только по серину, пролину и тирозину. Превышение по серину в I опытной группе составило 0,57% ( $P < 0,05$ ), во II опытной – 0,65% ( $P < 0,05$ ), по пролину – на 0,31 ( $P < 0,05$ ) и 0,39% ( $P < 0,05$ ), по тирозину – на 0,89 ( $P < 0,01$ ) и 0,96% ( $P < 0,01$ ) соответственно. Содержание остальных заменимых аминокислот находилось на уровне контроля или имело тенденцию к повышению.

Аминокислотный состав красного мяса индеек опытных групп отличался высоким содержанием аминокислот, особенно незаменимых (таблица 19).

В I опытной группе сумма незаменимых аминокислот составила 40,73%, во II опытной – 41,91%, что выше контрольных значений на 4,21 ( $P < 0,01$ ) и 5,39% ( $P < 0,01$ ), а заменимых в I опытной группе оказалось 36,63%, во II опытной – 37,15%, что также выше чем в контрольной группе на 2,13 ( $P < 0,05$ ) и 2,65% ( $P < 0,05$ ). При этом достоверные значения, превышающие аналогичные показатели контрольной группы зафиксированы среди незаменимых аминокислот по валину на 0,61 ( $P < 0,01$ ) и 0,68% ( $P < 0,01$ ), гистидину – на 0,51 ( $P < 0,01$ ) и 0,69 ( $P < 0,01$ ), лизину – на 0,47 ( $P < 0,05$ ) и 0,57 ( $P < 0,05$ ), лейцину – на 0,78 ( $P < 0,01$ ) и 0,96% ( $P < 0,01$ ), фенилаланину – на 0,87 ( $P < 0,01$ ) и 1,08% ( $P < 0,01$ ) и аргинину – на 0,88 ( $P < 0,01$ ) и 1,20% ( $P < 0,01$ ) соответственно.

Среди заменимых аминокислот достоверные значения были только по серину в I опытной группе на 0,93% ( $P < 0,01$ ), во II опытной – на 1,12% ( $P < 0,01$ ) и тирозину в I опытной на 1,27% ( $P < 0,01$ ), II опытной – на 1,64% ( $P < 0,01$ ).



Таблица 19 – Уровень аминокислот в красном мясе индеек, % (n=5)

Показатели	Контрольная	I опытная	II опытная
Изолейцин (Ile)	3,85±0,16	4,11±0,13	4,15±0,15
Треонин (Thr)	4,15±0,10	4,02±0,12	4,09±0,09
Валин (Val)	3,64±0,13	4,25±0,12**	4,32±0,14**
Метионин (Met)	0,57±0,05	0,53±0,04	0,54±0,06
Гистидин (His)	3,18±0,10	3,69±0,11**	3,87±0,13**
Лейцин (Leu)	6,08±0,15	6,86±0,17**	7,04±0,21**
Лизин (Lys)	6,37±0,09	6,84±0,12*	6,94±0,15*
Фенилаланин (Phe)	3,31±0,17	4,18±0,19**	4,39±0,23**
Аргинин (Arg)	5,37±0,16	6,25±0,20**	6,57±0,27**
Сумма незаменимых аминокислот	36,52±0,87	40,73±0,73**	41,91±0,94**
Серин (Ser)	3,05±0,19	3,98±0,14**	4,17±0,22**
Глицин (Gly)	2,58±0,11	2,61±0,09	2,59±0,13
Аланин (Ala)	3,92±0,13	3,90±0,15	3,94±0,08
Глутаминовая кислота (Gln)	12,18±0,24	12,05±0,27	11,93±0,23
Пролин (Pro)	2,69±0,16	2,87±0,18	2,91±0,11
Аспарагиновая кислота (DAA)	6,94±0,12	6,81±0,26	6,85±0,16
Тирозин (Tyr)	2,55±0,21	3,82±0,19**	4,19±0,31**
Цистин (Cys)	0,59±0,04	0,59±0,06	0,57±0,05
Сумма заменимых аминокислот	34,50±0,45	36,63±0,52*	37,15±0,57**
Итого аминокислот	71,02±1,28	77,36±1,34**	79,06±1,74**
Отношение незаменимых к заменимым	1,06	1,11	1,13

Аминокислотный состав белка изучаемой добавки оказал положительное влияние на качество красного мяса индюков (таблица 20).

Таблица 20 – Уровень аминокислот в красном мясе индюков, % (n=5)

Показатели	Контрольная	I опытная	II опытная
Изолейцин (Ile)	3,49±0,13	3,82±0,11	3,96±0,14
Треонин (Thr)	3,81±0,10	3,69±0,17	3,62±0,15
Валин (Val)	3,23±0,12	3,96±0,14**	4,13±0,17**
Метионин (Met)	0,44±0,08	0,41±0,07	0,39±0,09
Гистидин (His)	2,72±0,13	3,53±0,15**	3,69±0,18**
Лейцин (Leu)	5,51±0,14	6,19±0,17*	6,33±0,19**
Лизин (Lys)	5,39±0,10	5,91±0,13*	6,04±0,16**
Фенилаланин (Phe)	2,99±0,16	4,02±0,15*	4,17±0,21**
Аргинин (Arg)	4,88±0,11	5,41±0,12*	5,79±0,15**
Сумма незаменимых аминокислот	32,46±0,68	36,94±0,75**	38,12±0,89***
Серин (Ser)	2,71±0,17	3,56±0,19	4,05±0,25**
Глицин (Gly)	2,69±0,13	2,70±0,09	2,67±0,10
Аланин (Ala)	3,79±0,08	3,80±0,11	3,81±0,09
Глутаминовая кислота (Gln)	10,89±0,24	10,82±0,31	10,87±0,39
Пролин (Pro)	2,53±0,12	2,74±0,15	2,81±0,14
Аспарагиновая кислота (DAA)	6,36±0,16	6,29±0,18	6,31±0,21
Тирозин (Tyr)	2,31±0,20	3,24±0,16**	3,85±0,22***
Цистин (Cys)	0,58±0,06	0,57±0,05	0,56±0,07
Сумма заменимых аминокислот	31,86±0,39	33,72±0,47*	34,93±0,64**
Итого аминокислот	64,22±1,18	70,66±1,27**	73,05±1,42**
Отношение незаменимых к заменимым	1,02	1,10	1,10

Как видно из полученных результатов исследований сумма незаменимых аминокислот в красном мясе индюков опытных групп достоверно превышала аналогичный показатель контрольной группы на 4,48 ( $P<0,01$ ) и 5,66% ( $P<0,001$ ), заменимых аминокислот – на 1,86 ( $P<0,05$ ) и 3,07% ( $P<0,01$ ) соответственно.

Высокий уровень содержания незаменимых аминокислот в красном мясе индюков опытных групп был получен за счет достоверного увеличения в I опытной группе валина, гистидина, лейцина, лизина, фенилаланина и аргинина на 0,79 ( $P<0,01$ ), 0,81 ( $P<0,01$ ), 0,68 ( $P<0,05$ ), 0,52 ( $P<0,05$ ), 1,03 ( $P<0,05$ ) и 0,53% ( $P<0,05$ ), во II опытной группе – на 0,90 ( $P<0,01$ ), 0,97 ( $P<0,01$ ), 0,82 ( $P<0,01$ ), 0,65 ( $P<0,01$ ), 1,18 ( $P<0,01$ ) и 0,91% ( $P<0,01$ ). Из числа заменимых аминокислот значительное повышение наблюдалось в отношении тирозина и серина: в I опытной группе – на 0,93 ( $P<0,01$ ) и 0,85% ( $P<0,01$ ), во II опытной – на 1,54 ( $P<0,001$ ) и 1,34% ( $P<0,01$ ).

Полученные данные можно объяснить сбалансированностью кормовой добавки из личинок мух по аминокислотам в особенности незаменимым, которая способствовала более значительной трансформации белков корма в мышечную ткань.

Высокая энергетическая ценность белково-липидного концентрата (БЛК) и наличие в нем моно- и полиненасыщенных жирных кислот обеспечило уровень интенсивности роста индюшат и увеличение их мясной продуктивности.

Известно, что моно- и полиненасыщенные жирные кислоты в составе жиров способствуют усвоению белкового азота.

По мнению Антиповой Л.В., Жеребцова Н.А. (1991), благодаря высокому содержанию в жире мяса птиц олеиновой кислоты и низкому уровню холестерина он усваивается организмом человека на 93%. Доля полиненасыщенных жирных кислот в мясе птицы, в особенности индеек, превышает говядину и баранину в 5-20 раз.

Липиды птицы характеризуются более высоким содержанием в них незаменимых жирных кислот (до 20% от массы жира), поэтому необходимы в питании человека. Биологическая ценность жира птицы, в том числе индейки,

наиболее высока в молодом возрасте, затем содержание незаменимых жирных кислот в мясе снижается (Хорин С.Н., Ильина Т.Я., 1980).

В связи с этим мы сочли необходимым изучить жирнокислотный состав мяса индеек и индюков. Полученные результаты исследований представлены в таблице 21.

Исходя из полученных данных можно заключить, что в белом мясе, как индеек, так и индюков насыщенных и полиненасыщенных жирных кислот содержится меньше, чем в красном, а мононенасыщенных больше, что указывает на высокую биологическую ценность белого мяса всех подопытных групп.

Под воздействием изучаемой добавки в опытных образцах белого мяса, как индеек, так и индюков, по сравнению с контролем снизилось содержание насыщенных жирных кислот: у индеек I опытной группы на 1,37%, II опытной – на 1,64%, у индюков – на 1,50 и 1,74% при недостоверной разнице. Уровень поли- и мононенасыщенных жирных кислот в опытных группах повысился относительно контроля: полиненасыщенных у индеек на 1,18 ( $P < 0,05$ ) и 1,44% ( $P < 0,05$ ), у индюков – на 1,28 ( $P < 0,05$ ) и 1,6% ( $P < 0,05$ ), мононенасыщенных – у индеек на 1,31 ( $P < 0,01$ ) и 2,04% ( $P < 0,01$ ), у индюков – на 1,09 ( $P < 0,05$ ) и 2,36% ( $P < 0,01$ ), по всей вероятности, за счет высокого содержания жира в белково-липидном концентрате (БЛК).

Сумма жирных кислот возросла в белом мясе индеек опытных групп по отношению к контролю на 1,12 ( $P < 0,05$ ) и 1,84% ( $P < 0,01$ ), у индюков – на 1,37 ( $P < 0,01$ ) и 2,58% ( $P < 0,01$ ) соответственно. Изменился и показатель отношения насыщенных жирных кислот к ненасыщенным в пользу опытных групп.

В красном мясе индеек опытных групп наблюдалось снижение насыщенных жирных кислот на 1,21 и 1,56%, а у индюков зафиксирована достоверная разница по содержанию насыщенных жирных кислот в образцах красного мяса на 1,52 ( $P < 0,05$ ) и 2,07% ( $P < 0,05$ ) по сравнению с контролем. Установлена достоверная разница и по уровню моно- и полиненасыщенных жирных кислот в мясе индеек и индюков между образцами из опытных групп и контрольной.

Таблица 21 – Жирнокислотный состав белого мяса, % (n=5)

Показатели	Контрольная	I опытная	II опытная
Белое мясо индеек			
Насыщенные	38,86±0,52	37,49±0,49	37,22±0,47
Мононенасыщенные	31,37±0,26	32,68±0,23**	33,41±0,42**
Полиненасыщенные	18,69±0,29	19,87±0,34*	20,13±0,39*
Сумма жирных кислот	88,92±0,18	90,04±0,29*	90,76±0,36**
Отношение насыщенных к ненасыщенным	0,78	0,71	0,70
Белое мясо индюков			
Насыщенные	40,61±0,54	39,11±0,46	38,87±0,58
Мононенасыщенные	31,98±0,32	33,57±0,42**	34,34±0,74**
Полиненасыщенные	18,15±0,23	19,43±0,34*	20,11±0,49**
Сумма жирных кислот	90,74±0,25	92,11±0,31**	93,32±0,53**
Отношение насыщенных к ненасыщенным	0,81	0,74	0,71
Красное мясо индеек			
Насыщенные	39,65±0,28	38,44±0,31	38,09±0,24
Мононенасыщенные	28,12±0,36	30,08±0,55*	30,73±0,61**
Полиненасыщенные	21,01±0,19	21,74±0,21*	22,13±0,36*
Сумма жирных кислот	88,78±0,41	90,26±0,49*	90,95±0,57*
Отношение насыщенных к ненасыщенным	0,81	0,74	0,72
Красное мясо индюков			
Насыщенные	41,23±0,21	39,71±0,48*	39,16±0,54*
Мононенасыщенные	28,64±0,61	31,77±0,52**	32,25±0,71**
Полиненасыщенные	19,42±0,23	20,67±0,45*	21,18±0,57*
Сумма жирных кислот	89,29±0,60	92,15±0,47**	92,59±0,49**
Отношение насыщенных к ненасыщенным	0,86	0,76	0,73

Так, содержание мононенасыщенных жирных кислот в красном мясе индеек I опытной группы превышало контрольные значения на 1,96 ( $P<0,05$ ), II опытной – на 2,61% ( $P<0,01$ ), индюков – на 3,13 ( $P<0,01$ ) и 3,61% ( $P<0,01$ ), полиненасыщенных – у индеек – на 0,73 ( $P<0,05$ ) и 1,12% ( $P<0,05$ ), индюков – на 1,25 ( $P<0,05$ ) и 1,76% ( $P<0,01$ ) соответственно.

Сумма жирных кислот в образцах красного мяса, как индеек, так и индюков, в опытных группах также увеличилась по отношению к контрольной в I опытной группе на 1,48 ( $P<0,05$ ), во II – на 2,17% ( $P<0,05$ ) и 2,86 ( $P<0,01$ ) и 3,30% ( $P<0,01$ ) соответственно.

Исходя из полученных данных можно сделать вывод, что скормливание индюшатам на откорме белково-липидного концентрата (БЛК) из личинок мух популяции *Lucilia Caesar* позитивно повлияло не только на улучшение аминокислотного состава белого и красного мяса, но и его жирнокислотный состав, что в целом улучшило биологическую ценность мяса.

Сенсорные показатели мяса (внешний вид, аромат, вкус, консистенцию, сочность) оценивали после варки по 9 бальной шкале, бульон – по внешнему виду, аромату, цвету, вкусу, наваристости согласно ГОСТ Р 51944-2002. Органолептическую оценку проводила комиссия из пяти человек, представителей кафедры биологии, морфологии и вирусологии ФГБОУ ВО ДонГАУ. Результаты дегустационной оценки белого мяса представлены в таблице 23.

Как показывают результаты дегустационной оценки, белково-липидный концентрат (БЛК) в рационах индюшат повлиял на сенсорные показатели бульона и белого мяса, как индеек, так и индюков. Общая оценка бульона мяса индеек в I опытной группе превышала контрольные значения на 0,79 балла, во II опытной – на 1,24 балла, индюков – на 0,55 и 0,91. Суммарная оценка сенсорных показателей белого мяса опытных групп, также оказалась выше, чем в контрольной группе у индеек на 0,68 и 0,83 балла, у индюков – на 0,51 и 0,83 соответственно.

Таблица 23 – Дегустационная оценка белого мяса, балл (n=5)

Показатели	Контрольная	I опытная	II опытная
Бульон белого мяса индеек			
Внешний вид	7,72	7,94	8,02
Аромат	7,35	7,51	7,74
Вкус	7,12	7,38	7,45
Наваристость	7,28	7,47	7,49
Общая оценка	29,46	30,24	30,70
Белое мясо индеек			
Внешний вид	7,72	7,89	7,98
Аромат	7,68	7,82	7,94
Вкус	7,89	7,99	8,14
Консистенция	7,04	7,15	7,19
Сочность	7,21	7,37	7,42
Общая оценка	37,54	38,22	38,37
Бульон белого мяса индюков			
Внешний вид	7,24	7,46	7,58
Аромат	7,16	7,21	7,26
Вкус	6,84	7,01	7,14
Наваристость	7,08	7,19	7,25
Общая оценка	28,32	28,87	29,23
Белое мясо индюков			
Внешний вид	7,96	8,00	8,06
Аромат	7,83	7,96	8,01
Вкус	7,54	7,67	7,75
Консистенция	6,71	6,85	6,92
Сочность	7,85	7,96	8,02
Общая оценка	37,93	38,44	3,76

Дегустационная оценка красного мяса индеек и индюков представлена в таблице 24.

Таблица 24 – Дегустационная оценка красного мяса, балл (n=5)

Показатели	Контрольная	I опытная	II опытная
Бульон красного мяса индеек			
Внешний вид	7,66	7,69	7,73
Аромат	8,02	8,11	8,15
Вкус	7,91	7,98	8,04
Наваристость	7,66	7,74	7,83
Общая оценка	31,25	31,52	31,75
Красное мясо индеек			
Внешний вид	7,53	7,63	7,68
Аромат	7,68	7,75	7,81
Вкус	7,19	7,30	7,34
Консистенция	7,48	7,56	7,66
Сочность	7,33	7,41	7,45
Общая оценка	37,21	37,65	37,94
Бульон красного мяса индюков			
Внешний вид	7,23	7,31	7,38
Аромат	7,50	7,57	7,61
Вкус	7,18	7,25	7,34
Наваристость	6,94	7,12	7,18
Общая оценка	28,85	29,25	29,51
Красное мясо индюков			
Внешний вид	7,65	7,72	7,78
Аромат	7,02	7,14	7,19
Вкус	7,35	7,43	7,51
Консистенция	7,42	7,49	7,56
Сочность	7,15	7,21	7,27
Общая оценка	36,59	36,99	37,31



Бульон красного мяса как индеек, так и индюков превосходит по таким показателям как аромат, вкус и наваристость бульон из белого мяса, а мясо наоборот имеет более низкий оценочный балл по сравнению с белым.

Рассматривая результаты оценки бульона красного мяса в разрезе изучаемых групп было установлено, что в опытных группах суммарная оценка сенсорных показателей оказалась выше, чем в контрольной группе: у индеек на 0,26 и 0,50 балла, у индюков – на 0,39 и 0,66. Общая оценка красного мяса индюшат опытных групп превышала аналогичный показатель контрольной группы: индеек на 0,44 и 0,73 балла, индюков – на 0,40 и 0,72.

Полученные результаты проведенных исследований наглядно подтверждают, что белково-липидный концентрат (БЛК) из личинок мух популяции *Lucilia Caesar* в питании индюшат оказал существенное влияние не только на мясную продуктивность, химический состав, биологическую ценность мяса, но и на сенсорные показатели.

### **3.1.7 Экономическая эффективность**

Ведущее значение в развитии любой отрасли животноводства, в том числе птицеводства, уделяется изучению и разработки способов повышения качества получаемой продукции, которое определяет не только ее биологическую и товарную ценность, но и существенным образом влияет на экономику отрасли.

Расчет экономической эффективности производства индюшатины при использовании муки из личинок мух популяции *Lucilia Caesar* проводили с учетом цен, сложившихся в 2020 году (таблица 25).

По результатам контрольного убоя в опытных группах было получено мяса больше, чем в контрольной: индеек – на 9,63 и 12,9 кг, индюков – на 13,46 и 17,24 кг. Производственные затраты в опытных группах возросли, в основном, за счет стоимости кормов. Несмотря на то, что из структуры рационов индюшат опытных групп были выведены растительное масло, рыбная мука и частично шрот соевый, за счет введения белково-липидного концентрата (БЛК), стоимость которого

составляет 130 руб/кг, цена на комбикорм в опытных группах все-таки возросла: индеек – на 1223,02 и 1614,95 руб., индюков – на 1374,65 и 1768,40 руб.

Таблица 25 – Экономическая эффективность

Показатели	Контрольная	I опытная	II опытная
индейки			
Предубойная масса 1 головы, г	9720	10500	10850
Убойный выход, %	78,27	81,63	82,04
Получено мяса всего, кг	76,08	85,71	89,01
Затраты корма на 1 кг прироста живой массы, кг	2,21	2,15	2,04
Производственные затраты всего, руб.	10809,16	12032,18	12424,11
Реализационная цена 1 кг мяса, руб.	175	175	175
Сумма выручки от реализации мяса, руб.	13314,00	14999,25	15576,25
Прибыль, руб.	2504,84	2967,07	3152,64
Уровень рентабельности, %	23,17	24,66	25,38
индюки			
Предубойная масса 1 головы, г	15490	16430	16810
Убойный выход, %	79,11	82,59	83,15
Получено мяса всего, кг	122,54	136,70	139,78
Затраты корма на 1 кг прироста живой массы, кг	2,28	2,19	2,10
Производственные затраты всего, руб.	16700,00	18074,65	8468,45
Реализационная цена 1 кг мяса, руб.	175	175	175
Сумма выручки от реализации мяса, руб.	21444,50	23747,50	24461,50
Прибыль, руб.	4744,50	5672,85	6093,05
Уровень рентабельности, %	28,41	31,29	32,45

В конечном итоге, в опытных группах была получена дополнительная прибыль от реализации мяса индеек – 462,23 и 647,80 руб., индюков – 929,35 и 1348,55 руб., а уровень рентабельности выращивания индеек повысился на 1,49 и 2,21%, индюков – 2,88 и 4,04%.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как показывает мировой и отечественный опыт одним из актуальных направлений изыскания перспективных сырьевых ингредиентов в кормлении сельскохозяйственных животных и птиц является использование личинок мух, как источника альтернативного белка. В России переработкой органических отходов с помощью личинок мух популяции *Lucilia Caesar* занимается ООО «Новые Биотехнологии» по проекту, аккредитованному в инновационном центре Сколково, которое после глобальной реконструкции запустило свое производство. Использование муки из личинок мух в кормлении сельскохозяйственной птицы, в том числе индеек – это новое направление, которое получает все большее распространение среди ведущих мировых производителей.

Переработка органических отходов сельского хозяйства с помощью личинок мух решает несколько критических задач развития сельского хозяйства: производство дешевого и качественного животного белка; вовлечение биологических отходов во вторичную обработку; снижение нагрузки на экологию (Дедаева В., Аргунов М., 2018).

В мире наблюдается постепенный переход стран к экономике замкнутого цикла с развитой системой вторичной переработки продуктов, например, переработка органических отходов сельского хозяйства с получением животного белка для кормления животных и птицы (Хатунцев А.И., Старухин В.П. и др., 2016).

Испытания по использованию муки из личинок мух в качестве добавки в корм проводились многими учеными на разных видах сельскохозяйственных животных, однако белково-липидный концентрат (БЛК) на основе личинок мух в рационах индеек проводился впервые.

Преимущество по содержанию переваримого протеина, аминокислотного состава белка муки из личинок мух популяции *Lucilia Caesar*, как и предполагалось,

повлияло на переваримость питательных веществ корма и усвоение азота организмом индюшат опытных групп. Переваримость сырого протеина индейками I опытной группы увеличилась на 2,3 (P<0,05), во II опытной – на 3,1% (P<0,01), сырого жира – на 1,9 (P<0,05) и 2,7% (P<0,01), БЭВ – на 2,7 (P<0,05) и 3,8% (P<0,01) по отношению к контрольной группе. Установлено более значительное повышение коэффициента переваримости протеина и жира у индюков: в I опытной группе на 3,4 (P<0,05) и 2,9 (P<0,05), во II опытной – на 4,7% (P<0,01) и 3,6% (P<0,01) по сравнению с контролем.

Результаты биоконверсии питательных веществ корма свидетельствуют о том, что наиболее высокие показатели переваримости основных питательных веществ корма зафиксированы во II опытной группе, где индюшата в составе рациона получали муку из личинок мух популяции *Lucilia Caesar* в количестве 7,5%.

Уровень использования азота корма напрямую связан со скоростью роста, а, следовательно, и продуктивностью. Введение муки из личинок мух в основной рацион индюшат опытных групп улучшило баланс азота и повысило его использование индейками на 1,52 (P<0,05) и 2,28% (P<0,01) от принятого, 0,94 (P<0,01) и 1,59% (P<0,01) от переваренного; индюками на 2,41 (P<0,05) и 3,57% (P<0,01) от принятого, 3,2 (P<0,01) и 3,91 (P<0,01) от переваренного. На основании чего можно сделать вывод, что использование азота индюками выше, чем индейками. В целом мука из личинок мух популяции *Lucilia Caesar* положительно повлияла на переваримость питательных веществ корма и усвоение азота организмом, как индеек, так и индюков.

Как известно, морфологический состав крови позволяет оценить состояние обменных процессов в организме индюшат.

Нашими исследованиями доказано, что содержание эритроцитов в крови индеек I опытной группы возросло на 6,63 (P<0,05), II опытной – на 7,53% (P<0,01), концентрация гемоглобина и гематокрита увеличилась в I опытной группе на 4,88 (P<0,05) и 7,84% (P<0,05), во II опытной – на 1,3 (P<0,05) и 1,8% (P<0,01).

Показатель СОЭ оказался ниже у индеек опытных групп на 21,33 (P<0,05) и 25,80 (P<0,01), что, по всей вероятности, белково-липидный концентрат из личинок

мух популяции *Lucilia Caesar*, обладая антибактериальными свойствами способствовал снижению в плазме крови белков острой фазы. Уровень лейкоцитов в крови индеек всех групп находился примерно на одном уровне.

В крови индюков опытных групп концентрация гемоглобина увеличилась по отношению к контролю на 9,90 ( $P<0,05$ ) и 13,26% ( $P<0,01$ ), что характеризует более высокую дыхательную функцию крови. Содержание эритроцитов в крови индюков опытных групп превосходило контрольные показатели на 6,43 ( $P<0,05$ ) и 7,89% ( $P<0,01$ ) соответственно. Показатель СОЭ был достоверно ниже в опытных группах на 19,36 ( $P<0,05$ ) и 26,34% ( $P<0,01$ ).

Уровень общего белка в сыворотке крови индеек опытных групп оказался выше контроля на 10,17 ( $P<0,01$ ) и 15,59% ( $P<0,001$ ), альбуминовой фракции – на 13,49 ( $P<0,01$ ) и 20,70% ( $P<0,001$ ), мочевины – на 21,30 ( $P<0,05$ ) и 25,00% ( $P<0,01$ ). Увеличение в сыворотке крови общего белка, его фракций и мочевины свидетельствует об активизации анаболических процессов в организме, что позитивно отразилось на мясной продуктивности.

Дегрессия щелочного резерва крови у индеек опытных групп на 3,08 и 4,37% свидетельствует о снижении напряженности физиологических процессов в организме.

Наряду с повышением интенсивности белкового обмена, наблюдалась активизация минерального. Минеральные вещества в целом связывают воедино превращение и использование питательных веществ в организме. Уровень кальция в опытных группах превысил контрольные показатели на 18,15 ( $P<0,01$ ) и 19,22% ( $P<0,01$ ), фосфора – на 12,84 ( $P<0,01$ ) и 14,86% ( $P<0,01$ ).

Рассматривая аналогичные показатели биохимического состава сыворотки крови подопытных индюков можно заключить, что содержание общего белка в I опытной группе превышало контрольные значения на 4,66 (9,51%;  $P<0,01$ ), во II опытной – на 5,73г/л (11,69%;  $P<0,001$ ), альбуминовой фракции – на 12,59 ( $P<0,01$ ) и 16,04% ( $P<0,001$ ), мочевины – на 21,27 ( $P<0,05$ ) и 25,00% ( $P<0,05$ ) относительно контроля. Зафиксировано достоверное снижение резервной щелочности в I

опытной группе на 6,72 ( $P<0,05$ ), во II опытной – на 9,48% ( $P<0,01$ ) по сравнению с контролем.

Интенсивность минерального обмена также повысилась: уровень кальция превысил контрольные показатели на 16,99 ( $P<0,01$ ) и 22,82% ( $P<0,01$ ), фосфора – на 12,37 ( $P<0,01$ ) и 16,49% ( $P<0,01$ ) соответственно.

Повышение содержания эритроцитов, гемоглобина, общего белка и альбуминовой фракции в крови, как индеек, так и индюков опытных групп можно рассматривать, как фактор более интенсивных окислительно-восстановительных процессов в организме, связанных с приростом живой массы под воздействием изучаемой добавки.

Одним из основных показателей, характеризующих эффективность использования кормовых добавок в рационах сельскохозяйственных животных и птиц является мониторинг живой массы в процессе выращивания. Нами установлено, что живая масса и самок, и самцов опытных групп, как в разрезе групп, так и в возрастном аспекте превышала контрольные показатели.

Уже после 4-х недельного скормливания белково-липидного концентрата из личинок мух популяции *Lucilia Caesar* наблюдалось достоверное превышение по живой массе индеек опытных групп, относительно контрольной, которая к концу откорма, через 17-ть недель достигла 858 (8,67%;  $P<0,001$ ) и 1211 г (12,24%;  $P<0,001$ ). Аналогичная динамика живой массы в процессе откорма наблюдалась и у индюков: в возрасте 4-х недель разница составила 72 (7,44%;  $P<0,01$ ) и 122 г (12,60%;  $P<0,01$ ), в возрасте 17-ти недель достигла 980 (6,17%;  $P<0,001$ ) и 1362 г (8,58%;  $P<0,001$ ) соответственно.

Расчет относительного прироста живой массы индюшат показал, что за период откорма 1-17 недель напряженность роста индюшат была высокой и в разрезе подопытных групп находилась примерно на одном уровне: у индеек 193,63-193,79%, у индюков 195,64-195,77%.

Однако, наиболее высокая напряженность роста наблюдалась в первые 4 недели жизни, как индеек, так и индюков. При этом следует отметить, что в опытных группах относительная скорость роста была выше, чем в контроле: у

индеек на 1,42 и 1,48%, у индюков – на 2,23 и 3,21% соответственно. В дальнейшем относительный прирост живой массы во всех группах снижается, однако разница в пользу опытных групп сохраняется и в возрастной период 5-8 недель в I опытной группе у индеек на 5,54%, у индюков – на 3,55%, во II опытной – на 4,42 и 3,82% соответственно. В возрасте 9-12 недель относительная скорость роста варьирует в разрезе групп и находится у индеек на уровне от 63,78 до 66,26%, у индюков от 70,06 до 74,24%. Возрастной период 13-17 недель напряженность роста в опытных группах несколько ниже, чем в контрольной: у индеек на 3,78 и 5,21%, у индюков – на 3,38 и 4,84% соответственно. Необходимо отметить, что среднесуточный прирост в данные возрастные периоды, как у индеек, так и у индюков превышал контрольные значения.

Исходя из полученных данных можно заключить, что индюшата II опытной группы, получавшие в структуре рациона 7,5% муки из личинок мух популяции *Lucilia Caesar* росли и развивались лучше сверстников из контрольной и I опытной групп.

Индейки превосходят птицу других видов по живой массе, выходу съедобных частей тушек (свыше 70%) и массе мышечной ткани (свыше 60%). Некоторыми из наиболее важных сенсорных качеств мяса являются: внешний вид, сочность, вкус, текстура и консистенция. Текстурные показатели мяса птицы во многом зависят от зоотехнических особенностей, таких как рацион, возраст и анатомические характеристики, например, типа мышц животных (Рогов И.А., Забашта А.Г., 2002; Колокольников Н.В., Мезенцев И.И. и др., 2019).

Анализ убоя и потрошения тушек подопытных индюшат показал высокую эффективность изучаемой кормовой добавки на мясную продуктивность как индеек, так и индюков. Масса потрошенной тушки индеек опытных групп превышала аналогичный показатель сверстниц из контрольной группы – на 963 и 1293 г, или 12,68 (P<0,01) и 16,99% (P<0,001), индюков – на 1316 и 1724 г, или на 10,74 (P<0,01) и 14,07% (P<0,001) соответственно. В результате чего убойный выход потрошенной тушки в опытных группах превысил контрольную группу: самок – на 3,36 и 3,77%, самцов – на 3,48 и 4,04%.



Разница по массе грудных мышц, как одного из показателей мясной продуктивности птицы, оказалась, независимо от половой принадлежности в пользу опытных групп. У индеек I опытной группы превышение по массе грудных мышц (красное мясо) составило – 408г, во II опытной 556г, или 18,06 (P<0,001) и 24,61% (P<0,001) соответственно. У индюков I опытной группы превышение по данному показателю составило – 646г, во II опытной – 791г, или 18,09 (P<0,001) и 22,14% (P<0,001) по сравнению с контрольной группой.

Изучение развития внутренних органов показало, что масса печени, сердца и мышечного желудка индеек опытных групп достоверно возросла и не только абсолютная, но и относительная. Абсолютная масса печени индеек I группы увеличилась на 13,8 (11,53%; P<0,01), II опытной – на 20,4 г (17,06%; P<0,01), сердца – на 3,5 (8,02%; P<0,01) и 6,2 г (14,11%; P<0,001), мышечного желудка – на 17,0 (10,67%; P<0,01) и 27,2 г (17,06%; P<0,001) по сравнению с контролем.

Сравнивая аналогичные показатели у индюков, можно отметить, что относительная масса сердца в опытных группах возросла в сравнении с контролем на 0,06 и 0,15%. Абсолютная масса изучаемых внутренних органов индюков превышала контрольные значения: печени – на 12,2 (7,03%; P<0,01) и 18,1 г (10,43%; P<0,001), сердца – на 14,7 (18,61%; P<0,001) и 31,9 г (40,34%; P<0,001), мышечного желудка – на 20,1 (7,25%; P<0,01) и 30,3 г (10,93%; P<0,01) соответственно.

Исходя из полученных данных можно заключить, что белково-липидный концентрат (БЛК) из личинок мух популяции *Lucilia Caesar* оказал значительное влияние, не только на повышение живой массы индеек и индюков, но и способствовал улучшению мясных характеристик: убойному выходу, массе грудных мышц (белое мясо), бедренных мышц (красное мясо) и выходу субпродуктов.

Индейка считается самым полезным мясом среди мяса птиц. По-прежнему растет интерес к использованию насекомых в кормлении сельскохозяйственной птицы. До последнего времени опубликованные исследования, в первую очередь

оценивали питательную ценность насекомых, уделяя меньше внимания качеству мяса, получаемого от животных и птиц, питающихся насекомыми.

В наших исследованиях установлено, что использование в рационах индеек муки из личинок мух *Lucilia Caesar* способствовало значительному улучшению качественных показателей мяса. Белое мясо индеек опытных групп достоверно превышало контрольные показатели по содержанию сухого вещества в основном за счет увеличения белка, при этом, несмотря на высокую концентрацию жира в кормовой добавке, содержание жира в мясе снизилось на 0,18 (P<0,05) и 0,23% (P<0,01), в том числе холестерин – на 5,07 (P<0,01) и 11,22% (P<0,001) соответственно.

Белое мясо индюков подопытных групп также имело высокие качественные показатели. Заметно снизилось содержание жира в белом мясе индюков на 0,28 (P<0,01) и 0,41% (P<0,01) по сравнению с контрольными показателями. При этом следует обратить внимание на то, что содержание жира в белом мясе индюков ниже, чем у индеек. Под влиянием изучаемой добавки в образцах белого мяса индюков опытных групп достоверно снизилось содержание холестерина в I опытной группе на 8,17 (P<0,01), во II опытной – на 15,98% (P<0,001).

Химический состав красного мяса индеек и индюков отличается от белого более высоким содержанием жира при снижении уровня белка, как в опытных группах, так и в контрольной.

Исходя из этого следует отметить, что белково-липидный концентрат (БЛК) из личинок мух популяции *Lucilia Caesar* способствует улучшению качества мяса индеек и его биологическую ценность.

Как известно, биологическая ценность белков мяса определяется наличием в них аминокислот, содержание которых напрямую связано с их содержанием в кормах. Изучение аминокислотного состава кормовой добавки наглядно подтверждает, что содержание аминокислот, таких как аргинин, лизин, тирозин, фенилаланин, гистидин, лейцин+изолейцин, валин, пролин, серин и триптофан превышает аналогичные показатели в рыбной, мясокостной муке и шроте соевом.

Исследования аминокислотного состава белого мяса индеек и индюков свидетельствуют о том, что изучаемая кормовая добавка из личинок мух популяции *Lucilia Caesar* оказала существенное влияние на биологическую ценность мяса.

Уровень незаменимых аминокислот в белом мясе индеек опытных групп оказался выше контроля на 6,98 ( $P < 0,01$ ) и 7,63% ( $P < 0,01$ ), заменимых – на 1,99 ( $P < 0,05$ ) и 2,08% ( $P < 0,05$ ).

Сумма незаменимых аминокислот в белом мясе индюков несколько ниже, чем у индеек, что связано с содержанием белка в образцах мяса индюков. Однако уровень незаменимых аминокислот в опытных образцах превышал контрольные значения на 4,38 ( $P < 0,01$ ) и 5,13% ( $P < 0,01$ ), а заменимых – на 1,50 ( $P < 0,05$ ) и 1,60% ( $P < 0,05$ ) соответственно.

Аминокислотный состав красного мяса индеек опытных групп отличался высоким содержанием аминокислот, особенно незаменимых. В I опытной группе сумма незаменимых аминокислот составила 40,73%, во II опытной – 41,91%, что выше контрольных значений на 4,21 ( $P < 0,01$ ) и 5,39% ( $P < 0,01$ ), а заменимых в I опытной группе оказалось 36,63%, во II опытной – 37,15%, что также выше чем в контрольной группе на 2,13 ( $P < 0,05$ ) и 2,65% ( $P < 0,05$ ).

Сумма незаменимых аминокислот в красном мясе индюков опытных групп достоверно превышала аналогичный показатель контрольной группы на 4,48 ( $P < 0,01$ ) и 5,66% ( $P < 0,001$ ), заменимых аминокислот – на 1,86 ( $P < 0,05$ ) и 3,07% ( $P < 0,01$ ) соответственно.

Полученные данные можно объяснить сбалансированностью кормовой добавки из личинок мух по аминокислотам в особенности незаменимых, которая способствовала более значительной трансформации белков корма в мышечную ткань.

Полученные данные позволили установить, что в белом мясе, как индеек, так и индюков насыщенных и полиненасыщенных жирных кислот содержится меньше, чем в красном, а мононенасыщенных больше, что указывает на высокую биологическую ценность белого мяса всех подопытных групп.

Под воздействием изучаемой добавки в опытных образцах белого мяса, как индеек, так и индюков, по сравнению с контролем снизилось содержание насыщенных жирных кислот: у индеек I опытной группы на 1,37%, II опытной – на 1,64%, у индюков – на 1,50 и 1,74% при недостоверной разнице. Уровень поли- и мононенасыщенных жирных кислот в опытных группах повысился относительно контроля: полиненасыщенных у индеек на 1,18 (P<0,05) и 1,44% (P<0,05), у индюков – на 1,28 (P<0,05) и 1,6% (P<0,05), мононенасыщенных – у индеек на 1,31 (P<0,01) и 2,04% (P<0,01), у индюков – на 1,09 (P<0,05) и 2,36% (P<0,01), по всей вероятности, за счет высокого содержания жира в белково-липидном концентрате (БЛК).

Сумма жирных кислот возросла в белом мясе индеек опытных групп по отношению к контролю на 1,12 (P<0,05) и 1,84% (P<0,01), у индюков – на 1,37 (P<0,01) и 2,58% (P<0,01) соответственно. Изменился и показатель отношения насыщенных жирных кислот к ненасыщенным в пользу опытных групп.

В красном мясе индеек опытных групп наблюдалось снижение насыщенных жирных кислот на 1,21 и 1,56%, а у индюков зафиксирована достоверная разница по содержанию насыщенных жирных кислот в образцах красного мяса на 1,52 (P<0,05) и 2,07% (P<0,05) по сравнению с контролем. Установлена достоверная разница и по уровню моно- и полиненасыщенных жирных кислот в мясе индеек и индюков между образцами из опытных групп и контрольной. Так, содержание мононенасыщенных жирных кислот в красном мясе индеек I опытной группы превышало контрольные значения на 1,96 (P<0,05), II опытной – на 2,61% (P<0,01), индюков – на 3,13 (P<0,01) и 3,61% (P<0,01), полиненасыщенных – у индеек – на 0,73 (P<0,05) и 1,12% (P<0,05), индюков – на 1,25 (P<0,05) и 1,76% (P<0,01) соответственно.

Сумма жирных кислот в образцах красного мяса, как индеек, так и индюков, в опытных группах также увеличилась по отношению к контрольной в I опытной группе на 1,48 (P<0,05), во II – на 2,17% (P<0,05) и 2,86 (P<0,01) и 3,30% (P<0,01) соответственно.

Исходя из полученных данных можно сделать вывод, что скормливание индюшатам на откорме белково-липидного концентрата (БЛК) из личинок мух популяции *Lucilia Caesar* позитивно повлияло не только на улучшение аминокислотного состава белого и красного мяса, но и его жирнокислотный состав, что в целом улучшило биологическую ценность мяса.

Сенсорные показатели мяса (внешний вид, аромат, вкус, консистенцию, сочность) оценивали после варки по 9 бальной шкале, бульон – по внешнему виду, аромату, цвету, вкусу, наваристости согласно ГОСТ Р 51944-2002.

Как показывают результаты дегустационной оценки, белково-липидный концентрат (БЛК) в рационах индюшат повлиял на сенсорные показатели бульона и белого мяса, как индеек, так и индюков. Общая оценка бульона мяса индеек в I опытной группе превышала контрольные значения на 0,79 балла, во II опытной – на 1,24 балла, индюков – на 0,55 и 0,91. Суммарная оценка сенсорных показателей белого мяса опытных групп, также оказалась выше, чем в контрольной группе у индеек на 0,68 и 0,83 балла, у индюков – на 0,51 и 0,83 соответственно.

Бульон красного мяса как индеек, так и индюков превосходит по таким показателям как аромат, вкус и наваристость бульон из белого мяса, а мясо наоборот имеет более низкий оценочный балл по сравнению с белым. Установлено, что в опытных группах суммарная оценка сенсорных показателей бульона оказалась выше, чем в контрольной группе: у индеек на 0,26 и 0,50 балла, у индюков – на 0,39 и 0,66. Общая оценка красного мяса индюшат опытных групп превышала аналогичный показатель контрольной группы: индеек на 0,44 и 0,73 балла, индюков – на 0,40 и 0,72.

Полученные результаты проведенных исследований наглядно подтверждают, что белково-липидный концентрат (БЛК) из личинок мух популяции *Lucilia Caesar* в питании индюшат оказал существенное влияние не только на мясную продуктивность, химический состав, биологическую ценность мяса, но и на сенсорные показатели.

## **ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ**

Использование в рационах индюшат белково-липидного концентрата (БЛК) из личинок мух популяции *Lucilia Caesar*, в количестве 5,0 и 7,5% в структуре рациона позволяет повысить живую массу индеек (при выращивании до 17-ти недель) на 8,67 и 12,24%, у индюков – на 6,17 и 8,58%, а уровень рентабельности увеличить: индеек – на 1,49 и 2,21%, индюков – на 2,88 и 4,04%.

### **Перспективы дальнейшей разработки темы**

В дальнейшем исследования по данной теме целесообразно вести в направлении расширения выбора насекомых, для производства альтернативного источника белка, влияние которого будет испытано на разных видах сельскохозяйственных животных и птицы, с целью увеличения их продуктивности, улучшения качественных показателей мяса и снижения затрат.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айметов, Р.В. Продуктивные качества индюшат при использовании в их рационах симбиотического препарата нового поколения: дисс. ... канд. с.-х. наук: 06.02.08 / Руслан Васильевич Айметов. – Казань, 2017. – 130 с.
2. Алексеев, Ф.Ф. Индейки тяжелого кросса на Егорьевской птицефабрике / Ф.Ф. Алексеев, О.А. Ворокова. – Сергиев Посад: ВНИТИП, 2012. – С. 292–294.
3. Алексеев, Ф.Ф. Промышленное птицеводство / Ф.Ф. Алексеев, М.А. Асриян, В.И. Фисинин [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1991. – 544 с.
4. Алексеева, З.Н. эффективность активированного корма с личинками синантропных мух / Алексеева З.Н. // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2009. – № 8 (200). – С. 105-107.
5. Антипова, Л.В. Биохимия мяса и мясных продуктов / Л.В. Антипова, Н.А. Жеребцов. – Воронеж: изд-во. ун-та, 1991. – 184с.
6. Антипова, Л.В. Методы исследования мяса и мясopодуKтов [Текст] / Л.В. Антипова, И.А. Глотова, И.А. Рогов. – М.: Колос. – 2001. – 376 с.
7. Антипова, Л.В. Рациональное использование субпродуктов при переработке индеек / Л.В. Антипова, А.И. Шигина // Вестник ВГУИТ / Proceedings of VSUET. – 2017. – Т. 79. – № 1. – С. 119-125.
8. Антонов, А.М. Адаптация и перспектива разведения мухи Черная львинка (*Hermetia illucens*) в циркумполярном регионе / А.М. Антонов, Е. Lutovinovas, Г.А. Иванов, Н.О. Пастухова // Принципы экологии. – 2017. – № 3. – С.4-19. DOI: 10.15393/j1.art.2017.6302.
9. Бараников, В.А. Продуктивность и обмен веществ индюшат кросса big-6 при использовании пробиотиков / В.А. Бараников, А.Ф. Кайдалов, В.Я. Кавардаков, Н.Н. Швецов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 8. – С. 61-63.
10. Баcтраков, А.И. Муха черная львинка *Hermetia illucens* в условиях искусственного разведения – возобновляемый источник меланин-хитозанового

комплекса / А.И. Бастраков, А.Е. Донцов, Н.А. Ушакова // Известия Уфимского научного центра РАН. – 2016. – № 4. – С. 77-79.

11. Бастраков, А.И. Получение биомассы личинок мухи черная львинка *Hermetia illucens* использование ее как кормовой добавки и в составе комплексного пробиотического препарата для животных / А.И. Бастраков, Н.А. Ушакова, Д.С. Павлов // Проектная культура и качество жизни. – 2015. – № 1. – С. 538-547.

12. Бедин, Д.П. Промышленное разведение комнатной мухи с целью переработки органических отходов животноводства / Д.П. Бедин // Сб. трудов: Утилизация свиного навоза личинками комнатной мухи на кормовые добавки и удобрения. – Новосибирск, 1986. – С. 11.

13. Бобылева, Г.А. Птицеводство России: этапы большого пути / Г.А. Бобылева // Птица и птицепродукты. – 2005. – № 2. – С.15-17.

14. Бурлакова, Е. Россия стала самым быстрорастущим рынком индейки. // URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2019/01/30/792881-rossiya-rinkom-indeiki> (дата обращения 30.10.19).

15. Гасилина, В.А. Ветеринарно-санитарная экспертиза мяса индеек промышленного и домашнего способов выращивания в условиях Красноярского края: дисс. ... канд. биолог. наук: 06.02.05 / Вера Александровна Гасилина. – Москва, 201. – 155 с.

16. ГОСТ 31473-2012 «Мясо индеек (тушки и их части). Общие технические условия». [Текст]. Введ. 2013-07-01. – М.: Стандартинформ, 2013. – 10 с.

17. Гущин, В.В. Индексы качества мяса потрошенных тушек индеек / В.В. Гущин, В.Н. Махонина, В.А. Канивец, Л.А. Шинкаренко // Мясная индустрия. – 2011. – № 3. – С. 12-15.

18. Дедяева, В. Новые подходы к утилизации биологических отходов / В. Дедяева, М. Аргунов, А. Варенцова, И. Жуков, А. Истомин // Комбикорма. – 2018. – № 11. – С. 74-75.

19. Дедяева, В.В. Перспективы использования муки из личинок мух в животноводстве / В.В. Дедяева, А.И. Истомин, М.Н. Аргунов, И.В. Жуков, В.А. Степанов // Материалы Международной научно-практической конференции,



посвященной 90-летию факультета ветеринарной медицины и технологии животноводства, проводимой на базе ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени Императора Петра I». 2016. – С. 87-90.

20. Дубровская, В.И. Продукты из мяса индейки / В.И. Дубровская, В.А. Гоноцкий // Птица и птицепродукты. – 2013. – № 3. – С. 30-32.

21. Егоров, И.А. Руководство по кормлению сельскохозяйственной птицы: рекомендации / И.А. Егоров, В.А. Манукян, Т.Н. Ленкова, Т.А. Егорова, Т.М. Околелова [и др.] под общей редакцией академика РАН В.И. Фисинина и академика РАН И.А. Егорова. – ФНЦ ВНИТИП РАН, 2019. – С. 215.

22. Егоров, И.А. Соевый шрот в комбикормах цыплят-бройлеров / И.А. Егоров, Т.В. Егорова, Б.Л. Розанов [и др.] // Птицеводство. – 2010. – № 11. – С. 11-12.

23. Жемчужина, А.А. Массовое культивирование комнатной мухи в качестве животного корма для энтомофагов / А.А. Жемчужина // Тезисы докладов. – 1986. – Ч. 3. – С. 147-149.

24. Жилин, Т.О. Продуктивность и естественная резистентность индеек кросса ВIG-6 при использовании биодобавок «Глималаск Лакт» и «Агроцид Супер Олиго»: дисс. ... канд. с.-х. наук: 06.02.10 / Тимофей Олегович Жилин. – п. Персиановский, 2016. – 174 с.

25. Загородняя, А.Е. Влияние минеральных добавок на весовые качества индеек / А.Е. Загородняя, В.А. Столяров // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана, 2019. – Т. 239. – № 3. – С. 125-128.

26. Информационно-Аналитическое Агентство «ИМИТ». Производство и рынок индейки в России растут, не смотря на трудности // URL: <http://emeat.ru/new.php?id=114353> (дата обращения 19.11.19).

27. Калашников, А.П. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справочное пособие / А.П. Калашников, В.И. Фисинин [и др.]. – М., 2003. – 456 с.

28. Канивец, В.А. Популяционно-генетические особенности индеек линии У1 и У2 кросса «Универсал» / В.А. Канивец, О.Н. Петрухин, Л.А. Шинкаренко, В.П. Терлецкий // Птицеводство. – 2011. – № 9. – С. 10-12.
29. Кияшко, В.В. Тиляпия как объект индустриальной аквакультуры / В.В. Кияшко, О.А. Гуркина, А.А. Клименко, Н.Ю. Голубева // Современные проблемы животноводства в условиях инновационного развития отрасли: Мат. Всеросс. науч.-практ. конф., 2017. – С. 84-87.
30. Ковтунова, А.С. Биотехнология получения и перспектива использования альтернативного кормового белка / А.С. Ковтунова, Я.Б. Древко, Д.В. Мендубаев, Е.В. Аникеев, О.С. Ларионова, Е.А. Фауст // Актуальная биотехнология. – 2015. – № 3 (14). – С. 102.
31. Ковтунова, А.С. Биоэкономика – перспективный вектор создания устойчивой кормовой базы для животноводства / А.С. Ковтунова, Н.Н. Крамарь, О.С. Ларионова // Международный молодежный социально-экономический научный форум: сб. материалов / Саратов. гос. аграр. ун-т. – Саратов, 2016. – С. 54-56.
32. Кожебаев, Б.Ж. Муха (Diptera Muscidae) как продукт кормового белка для птиц на востоке Казахстана: дисс. ... канд. с.-х. наук: 16.02.02 / Болатпек Жанахметович Кожебаев. – Семипалатинск, 2003. – 146 с.
33. Колокольников, Н.В. Использование комбикормов разной физической структуры в кормлении индюшат / Н.В. Колокольников, И.И. Мезенцев, М.И. Мезенцев, Е.А. Чаунина, Е.И. Амиранашвили // Вестник Омского ГАУ. – 2019. – № 1 (33). – С. 99-105.
34. Коновалова, Т.В. Биологическое обоснование культивирования отдельных видов синантропных мух с целью получения кормового белка: дисс... канд. биол. наук: 03.00.19; 03.00.09 / Тамара Васильевна Коновалова. – Москва, 1984. – 216 с.
35. Крисанов, А.А. Технология переработки и стандартизация продукции животноводства / А.А. Крисанов. – М.: Колос, 2000. – 258 с.

36. Крылова, Л.С. Биоэкономика и роль новых технологий в получении кормового белка / Л.С. Крылова, О.С. Ларионова, О.А. Миргородская, А.С. Ковтунова // Актуальные проблемы ветеринарной медицины, пищевых и биотехнологий: сб. ст. – Саратов, 2016. – С. 361-364.

37. Крылова, Л.С. Технология получения альтернативного кормового белка / Л.С. Крылова, М.А. Бородина, А.В. Жукова, А.Д. Синяшина // Вестник ПНИПУ. – 2019. – № 1. – С. 5-11.

38. Крюков, В.И. Частоты ядерных аномалий в эритроцитах периферической крови клинически здоровых индеек в возрасте от 6 до 17 недель / В.И. Крюков // Вестник аграрной науки. – 2019. – № 5 (80). – С. 84-93.

39. Ларионова, О.С. Влияние селена и кобальта на содержание сырого протеина и аминокислотный состав личинок *Musca domestica* / О.С. Ларионова, А.С. Ковтунова, М.С. Джаналиева // Актуальные проблемы ветеринарной медицины, пищевых и биотехнологий: сб. ст. – Саратов, 2016. – С. 119-123.

40. Ларионова, О.С. Влияние селена и кобальта на содержание сырого протеина и аминокислотный состав личинок *Musca domestica* / О.С. Ларионова, А.С. Ковтунова Л.С. Крылова, М.А. Бородина, А.В. Жукова, А.Д. Синяшина, М.С. Джаналиева // Актуальные проблемы ветеринарной медицины, пищевых и биотехнологий: сб. ст. – Саратов, 2016. – С. 119-123.

41. Лукашенко, В.С. Методика проведения анатомической разделки тушек, органолептической оценки качества мяса и яиц сельскохозяйственной птицы и морфологии яиц: методика / В.С. Лукашенко, М.А. Лысенко, Т.А. Столляр, А.Ш. Кавтарашвили [и др.] под общей редакцией доктора с.-х. наук., проф. В.С. Лукашенко. – Сергиев Посад, 2013. – 35 с.

42. Лукашенко, В.С. Методика проведения исследований по технологии производства яиц и мяса птицы: методика / В.С. Лукашенко, А.Ш. Кавтарашвили, И.П. Салеева, В.П. Лысенко [и др.] под общей редакцией доктора с.-х. наук., проф. В.С. Лукашенко и доктора с.-х. наук, профессора А.Ш. Кавтарашвили. – Сергиев Посад, 2015. – 103 с.

43. Мельник, А.Д. Альтернативный источник белка в пищевой промышленности / А.Д. Мельник, Д.В. Рудой, С.Р. Саакян, Д.А. Белько, Е.А. Дроздов, С.С. Гончаров, Т.Н. Маматов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2019. – № 152. – С. 68-76.
44. Муллакаева, М.О. Органолептические и физико-химические показатели качества мяса индеек при введении в рацион биологически активных веществ // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2012. – С. 228-231.
45. Надточий, Л.А. Оценка высокобелкового препарата "Зоопротеин" в качестве корма для кошек / Л.А. Надточий, А.И. Истомина, Р.М. Мельчаков, М.Б. Мурадова, А.С. Жаворонкова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. – № 9 (63). – Ч. 3. – С. 49-52.
46. Некрасов, Р.В. Питательные свойства личинок *Hermetia Illucens* L. – нового кормового продукта для молодняка свиней (*Sus Scrofa Domesticus* Erxleben) / Р.В. Некрасов, М.Г. Чабаев, А.А. Зеленченкова, А.И. Бастраков, Н.А. Ушакова // Сельскохозяйственная биология. – 2019. – Т. 54. – № 2. – С. 316-325. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2019.2.316rus>.
47. Нувальцева, Е.П. Сравнительный анализ показателей качества мяса кур и индеек / Е.П. Нувальцева // Вестник современных исследований. – 2018. – № 6.3 (21). – С. 30-302.
48. Пахомов, В.И. Результаты экспериментальных исследований экструдирования кормов, содержащих зерно пшеницы и биомассу личинок черной львинки / В.И. Пахомов, С.В. Брагинец, О.Н. Бахчевников, А.С. Алферов, А.И. Рухляда, А.С. Бабаджанян // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2020. – Т. 21. – № 1. – С. 28-42.
49. Погадаев, В.А. Количественные и качественные показатели продуктивности чистопородных и гибридных индеек / В.А. Погадаев, В.А. Канивец, Н.А. Шинкаренко // Зоотехния. – 2013. – № 2. – С. 27-28.

50. Погодаев, В.А. Эффективность выращивания индеек на мясо в клеточных батареях / В.А. Погодаев, В.А. Канивец // Зоотехния. – 2012. – № 4. – С. 31-32.
51. Погодаев, В.А. Эффективность выращивания чистопородных и гибридных индеек / В.А. Погодаев, В.А. Канивец, Л.А. Шинкаренко // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: Сб. науч. тр. – Горки, 2013. – Вып. 16. – Ч. 1. – С. 241-250.
52. Преображенская, С.М. Ветеринарно-санитарная характеристика мяса цыплят-бройлеров при использовании в рационах перекисных соединений: автореф. дисс. ... канд. вет. наук: 16.00.06 / Светлана Михайловна Преображенская. – Москва, 2009. – 18 с.
53. Протеины: новое в технологии производства и возможности использования. Комбикорма. – 2017. – № 10. – С. 59-62. URL: [https://kombikorma.ru/sites/default/files/2/10\\_17/10\\_2017\\_059-062.pdf](https://kombikorma.ru/sites/default/files/2/10_17/10_2017_059-062.pdf).
54. Ребезов, Я.М. Сравнительная оценка роста и развития индеек породы хайбрид разных кроссов / Я.М. Ребезов, О.В. Горелик, Т.В. Курмакаева // Инновации и продовольственная безопасность. – 2018. – № 3 (21). – С. 98-103.
55. Решетникова, О.В. Промышленная технология откорма индеек в условиях ленинградской области / О.В. Решетникова, Т.С. Осипова, Л.В. Кескюль // VI Лужские научные чтения. Современное научное знание: теория и практика: мат. Междунар. науч. конф. – 2018. – С. 27-30.
56. Рогов, И.А. Технология мяса и мясопродуктов [Текст] / И.А. Рогов, А.Г. Забашта. – М. Колос, 2002. – 364 с.
57. Рогов, И.А. Химия пищи / И.А. Рогов, Л.В. Антипова, Н.И. Дунченко. – М.: Колос, 2007. – 384 с.
58. Ройтер, Я.С. Племенная работа в птицеводстве: монография / Я.С. Ройтер, А.В. Егорова, Е.С. Устинова, А.П. Коноплева [и др.] под общей редакцией академика РАСХН В.И. Фисинина и профессора Я.С. Ройтера – Сергиев Посад, 2011. – 255 с.

59. Ройтер, Я.С. Селекционно-племенная работа в птицеводстве / Я.С. Ройтер, А.В. Егорова, А.П. Коноплева [и др.] под общей редакцией академика РАН В.И. Фисинина и профессора Я.С. Ройтера – Сергиев Посад, 2016. – С. 287.
60. Рядчиков, В.Г. Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных: учебно-практическое пособие / В.Г. Рядчиков. – Краснодар: КубГАУ. – 2012. – 328 с.
61. Самсонова, О.Е. Выращивание индейки на индейководческом предприятии ООО «Тамбовская индейка» / О.Е. Самсонова, В.А. Бабушкин, Ю.А. Телякова // Инновационные технологии в АПК: мат. Междунар. науч.-практ. конф. Общ. ред. В.А. Бабушкин. – 2018. – С. 109-111.
62. Самсонова, О.Е. Технология производства цельномышечных полуфабрикатов в условиях индейководческого предприятия / О.Е. Самсонова, В.А. Бабушкин, Ю.И. Телякова, Х.Б. Шерматов // Инновационные технологии в животноводстве. – Пензенский ГАУ (Пенза). – 2018. – С. 38-41.
63. Саражакова, И.М. Продуктивность и качество мяса цыплят-бройлеров при использовании природных экологически безопасных нетрадиционных добавок: автореф. дисс. ... канд. биолог. наук: 03.00.16 / Ирина Михайловна Саражакова. – Красноярск, 2001. – 24 с.
64. Серветник, Г.Е. Использование личинок комнатной мухи для подращивания молоди карпа: автореф. дисс... канд. с.-х. наук: 06.02.02 / Григорий Емельянович Серветник. – Москва, 1982. – 18 с.
65. Сороколетов, О.Н. Технологические и экологические аспекты переработки отходов птицеводства и свиноводства *Musca Domestica*: дисс... канд. с.-х. наук: 06.02.04 / Олег Николаевич Сороколетов. – Новосибирск, 2006. – 160 с.
66. Столляр, Т.А. Мясное птицеводство / Т.А. Столляр. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 125 с.
67. Теймуразов, М.Г. Антимикробная активность личинок *Lucilia Caesar* в отношении бактерий, патогенных для человека и птицы / М.Г. Теймуразов, Э.А. Светоч, О.Ю. Манзенюк, О.И. Тазина, Т.В. Федоров, И.И. Истомин, А.И. Истомин, С.С. Яковлев // Ветеринария. – 2018. – № 2. – С. 9-13.

68. Тимошенко, Н.В. Технология хранения, переработки и стандартизации мяса и мясных продуктов: учебное пособие / Н.В. Тимошенко, А.М. Патиева. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – 615 с.
69. 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.
70. Ткаченко, М.Г. Эффективность использования бентонитов Хакасии в кормлении мясных индюшат: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук: 06.02.10 / Марина Геннадьевна Ткаченко. – Красноярск, 2012. – 16 с.
71. Ушакова, Н.А. Использование протеин-хитинового концентрата личинок черной львинки *Hermetia illucens* в рационе всеядных рыб на примере красной тиляпии / Н.А. Ушакова, С.В. Пономарев, Ю.В. Федоровых, А.И. Бастратов // Известия Уфимского научного центра РАН. – 2018. – № 3. – С. 57-62.
72. Ушакова, Н.А. Особенности биоконверсии органических отходов личинками мухи *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae, Linnaeus, 1758) / Н.А. Ушакова, А.И. Бастратов, В.П. Карагодин, Д.С. Павлов // Успехи современной биологии. – 2018. – Т. 138. – № 2. – С. 172-182.
73. Ушакова, Н.А. Особенности липидной фракции личинок чёрной львинки *Hermetia illucens* / Н.А. Ушакова, Е.С. Бродский, А.А. Коваленко, А.И. Бастратов, А.А. Козлова, Д.С. Павлов // Доклады Академии наук. – 2016. – Т. 468. – № 4. – С. 462-462. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0869565216160258>.
74. Ушакова, Н.А. Перспективы использования насекомых в кормлении сельскохозяйственных животных / Н.А. Ушакова, Н.А. Некрасова, Р.В. Некрасов // Биотехнология: состояние и перспективы развития: Мат. VIII Московского Междунар. Конгр. – ЗАО «Экспо-биохим-технологии», РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. – С. 147-149.
75. Ушакова, Н.А. Физиологические основы питательной ценности концентрата личинок *Hermetia illucens* в рационе рыб / Н.А. Ушакова, С.В. Пономарев, Ю.В. Федоровых, А.И. Бастратов, Д.С. Павлов // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. – 2020. – № 3. – С. 293-300.

76. Федюк, В.В. Влияние подкислителей питьевой воды на гематологические показатели и продуктивность индюков кросса "BIG-6" / В.В. Федюк, С.В. Семенченко, Т.О. Жилин // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 8 (107). – С. 159-167.
77. Федюк, В.В. Откормочная и мясная продуктивность индеек кросса BIG-6 при выращивании на рационах с биодобавками "Глималаск Лакт" И "Агроцид Супер Олиго" / В.В. Федюк, С.В. Семенченко, Т.О. Жилин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 98. – С. 748-758.
78. Фисинин, В.И. Обогащение яиц йодом / В.И. Фисинин, И.А. Егоров, Т.В. Егорова [и др.] // Птица и птицепродукты. – 2011. – № 4. – С. 34-40.
79. Фисинин, В.И. Состояние и стратегия развития мирового и отечественного птицеводства / В.И. Фисинин // Птица и ее переработка. – 2002. – № 3. – С. 9-16.
80. Фисинин, В.И. Эффективность антимикробного наноконплекса на основе алкалоидов из маклей сердцевидной при выращивании цыплят-бройлеров / В.И. Фисинин, И.А. Егоров, Е.Н. Андрианова [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2009. – № 4. – С.26-30.
81. Хатунцев, А.И. Перспективы использования муки из личинок мух в животноводстве / А.И. Хатунцев, В.П. Старухин, В.А. Саакян, М.Н. Аргунов // Инновационные технологии и технические средства для АПК: мат. Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов. – 2016. – С. 174-176.
82. Хорин, С.Н. Аминокислотный состав грудной мышцы цыплят-бройлеров при скормливании протеиновых добавок / С.Н. Хорин, Т.Я. Ильина // Биологические основы и технологические методы интенсификации птицеводства. – М., 1980. – С. 22-28.
83. Шахтамиров, И.Я. Продуктивные и племенные качества индеек отечественных пород / И.Я. Шахтамиров, В.А. Погодаев, Л.А. Шинкаренко, Н.Г. Щербакова // Птицеводство. – 2019. – № 09-10. – С. 14-20.



84. Шевченко, А. Биологические особенности роста и развития индеек / А. Шевченко // Птицеводство. – 2010. – № 7. – С. 35-37.
85. Шевченко, А. Выгульный способ содержания индеек / А. Шевченко // Птицеводство. – 2010. – № 10. – С. 42-43.
86. Шевченко, А. Напольное содержание индеек / А. Шевченко // Птицеводство. – 2011. – № 1. – С. 49-50.
87. Шундулаев, Г. Оптимизация кормления животных – внутренний резерв повышения рентабельности сельхозпроизводителей / Г. Шундулаев // Свиноводство. – 2003. – № 6. – С. 9-10.
88. Adeyemo, G.O. Proximate composition of locust meal / G.O. Adeyemo, O.G. Longe, H.A. Lawal // In Tropentag. – 2007. – P. 1-4.
89. All About Feed. Available online: <https://www.allaboutfeed.net/New-Proteins/Articles/2016/12/Insect-meal-allowance-expected-in-2020-68992E/> (дата обращения 17 февраля 2019).
90. Allegratti, G. Insect as feed: An emergy assessment of insect meal as a sustainable protein source for the Brazilian poultry industry / G. Allegratti, E. Talamini, V. Schmidt, P.C. Bogorni, E. Ortega // J. Clean. Prod. 2018;171:403-412.
91. Alltech. Global Feed Survey. Alltech. URL: <https://go.alltech.com/alltech-feed-survey> (дата обращения 16.10.2019).
92. Aman, P. Grasshoppers as a food source / P. Aman, M. Frederich, R. Uyttenbroeck, S. Hatt, P. Malik, S. Lebecque, B. Gembloux // Journal of Biotechnology, Agronomy Society and Environment. 2016;20(1):1-4.
93. Anand, H. Potential value of acridids as high protein supplement for poultry feed / H. Anand, A. Ganguly, P. Halidar // International Journal of Poultry Science, 2008;7(7): 722-725.
94. Aniebo, A.O. Replacement of fish meal with maggot meal in African catfish (*Clarias gariepinus*) diets / A.O. Aniebo, E.S. Erondu, O.J. Owen // Revista UDO Agrícola. 2009;9:666-671.

95. Awoniyi, T.A.M. Microbiological investigation of maggot meal, stored for use as livestock feed component / T.A.M. Awoniyi, F.C. Adetuyi, F.A. Akinyosoye // *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 2004;2(3&4):104 -106.
96. Ayieko, M. Processed products of termites and lake flies: improving entomophagy for food security within the Lake Victoria region / M. Ayieko, V. Oriaro, I.A. Nyambuga // *Afr. J. Food Agric. Nutr. Dev.* 2010;10(2):2085-2098.
97. Ayieko, M.A. Nutritional value and consumption of black ants (*Carebara vidua* Smith) from the Lake Victoria region in Kenya / M.A. Ayieko, J.N. Kinyuru, M.F. Ndong'a, G.M. Kenji // *Advance Journal of Food Science and Technology*. 2012;4(1):39-45.
98. Barker, D. Nutrient composition of selected whole invertebrates / D. Barker, M.P. Fitzpatrick, E.S. Dierenfeld // *Zoo Biol.* 1998;17:123-134.
99. Barroso, F.G. The potential of various insect species for use as food for fish / F.G. Barroso, C. de Haro, M.J. Sánchez-Muros, E. Venegas, A. Martínez-Sánchez, C. Pérez-Bañón // *Aquaculture*. 2014;422:193-201.
100. Beamish, R.E. Involvement of catecholamines in coronary spasm under stressful conditions. *Stress and Heart Disease* / R.E. Beamish, N.S. Dhalla // Boston: Martinus Nijhoff Publishing. 1985;45:129-141.
101. Bednářová, M. Purine derivate content and amino acid profile in larval stages of three edible insects / M. Bednářová, M. Borkovcová, T. Komprda // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2014;94:71-76.
102. Belghit, I. Potential of insect-based diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*) / I. Belghit, N.S. Liland, R. Waagbø, I. Biancarosa, N. Pelusio, Y. Li, A. Krogdahl, E.J. Lock // *Aquaculture*. 2018;491:72-81.
103. Berg, J. State of the art report insects as food and feed / J. Berg, K. Wendin, M. Langton, A. Josell, F. Davidsson // *Ann. Exp. Biol.* 2017;5:1-9.
104. Bernard, J.B. Feeding captive insectivorous animals: nutritional aspects of insects as food NAG Handbook / J.B. Bernard, M.E. Allen, D.E. Ullrey // *Fact Sheet*. 1997;3:1-7.

105. Biasato, I. Effects of dietary *Tenebrio molitor* meal inclusion in free-range chickens / I. Biasato, M. De Marco, L. Rotolo, M. Renna, C. Lussiana, S. Dabbou, M.T. Capucchio, E. Biasibetti, P. Costa, F. Gai [et al.] // *J. Anim. Physiol. Anim. Nutri.* 2016;100:1104-1112.
106. Biasato, I. Partially defatted black soldier fly larva meal inclusion in piglet diets: Effects on the growth performance, nutrient digestibility, blood profile, gut morphology and histological features / I. Biasato, M. Renna, F. Gai, S. Dabbou, M. Meneguz, G. Perona, S. Martinez, A.C. Barroeta Lajusticia, S. Bergagna, L. Sardi [et al.] // *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 2019;10:12. DOI: [10.1186/s40104-019-0325-x](https://doi.org/10.1186/s40104-019-0325-x).
107. Biasato, I. Yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) inclusion in diets for male broiler chickens: Effects on growth performance, gut morphology and histological findings / I. Biasato, L. Gasco, M. De Marco, M. Renna, L. Rotolo, S. Dabbou, M.T. Capucchio, E. Biasibetti, M. Tarantola, L. Sterpone [et al.] // *Poult. Sci.* 2018;97:540-548.
108. Björntorp, P. Do stress reactions cause abdominal obesity and comorbidities? / P. Björntorp // *Obesity reviews.* – 2001. – Vol. 2. – P. 73-86.
109. Bondari, K. Soldier fly *Hermetia illucens* L., as feed for channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque), and blue tilapia, *Oreochromis aureus* (Steindachner) / K. Bondari, D.C. Sheppard // *Aquacult. Fish. Manag.* – 1987. – V. 18. – P. 209-220.
110. Brah, N. Grasshopper meal (*Ornithacris cavroisi*) in broiler diets in Niger: Bioeconomic performance / N. Brah, F.M. Houndonougbo, S. Issa // *International Journal of Poultry Science.* 2018;17(3):126-133. <http://doi.org/10.3923/ijps.2018.126.133> .
111. Bukkens, S.G. The nutritional value of edible insects. *Ecol. Food Nutr.* 1997;36:287-319. <https://doi.org/10.1080/03670244.1997.9991521>.
112. Calogero A.E. Neurotransmitter regulation of the hypothalamic corticotropin-releasing hormone neuron / A.E. Calogero // *Ann. N. Y. Acad. Sci.* – 1995. – Vol. 771. – P. 31-40.
113. Čičkova, H. The use of fly larvae for organic waste treatment / H. Čičkova, G.L. Newton, R.C. Lacy, M. Kozanek // *Waste Management.* 2015;35:68-80.

114. Dabbou, S. Black soldier fly defatted meal as a dietary protein source for broiler chickens: Effects on growth performance, blood traits, gut morphology and histological features / S. Dabbou, F. Gai, I. Biasato, M.T. Capucchio, E. Biasibetti, D. Dezzutto, M. Meneguz, I. Plachà, L. Gasco, A. Schiavone // *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 2018;9:49.
115. De Oliveira, F.C. Food protein-polysaccharide conjugates obtained via the maillard reaction: a review / F.C. De Oliveira, J.S. dos R Coimbra, E.B. de Oliveira, A.D.G. Zuniga, E.E.G. Rojas [et al.] // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* 2014;56(7):1108-1125. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.755669>
116. Diener, S. Bioaccumulation of heavy metals in the black soldier fly, *Hermetia illucens* and effects on its life cycle / S. Diener, C. Zurbrügg, K. Tockner // *Journal of Insects as Food and Feed.* 2015. – Vol. 1 (4). – P. 261-270.
117. Durst, P.B. Edible Forest Insects: Humans Bite Back! / P.B. Durst, D.V. Johnson, R.N. Leslie, K. Shono // *Proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development.* Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): Bangkok, Thailand. – 2010. – P. 37-64.
118. Dutta, A. Growth of poultry chicks fed on formulated feed containing silkworm pupae meal as protein supplement and commercial diet / A. Dutta, S. Dutta, S. Kumari // *Online J. Anim. Feed Res. (OJAFR).* 2012;2:303-330.
119. El Boushy, A.R. House-fly pupae as poultry manure converters for animal feed: a review / A.R. El Boushy // *Bioresour. Technol.* 1991;38:45-49. [https://doi.org/10.1016/0960-8524\(91\)90220-E](https://doi.org/10.1016/0960-8524(91)90220-E).
120. Eurostat. Waste generated by households by year and waste category – Animal and vegetable wastes. Eurostat. URL: <http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/refreshTableAction.do?tab=table&plugin=1&pcode=ten00110&language=en> (дата обращения 16.02.2020). 2016.
121. Fernanda, O. Assessment of diptera: Stratiomyidae, genus *Hermetia illucens* (L., 1758) using electron microscopy / O. Fernanda, D. Klaus, L. Richard, R.O. Joseph // *Journal of entomology and zoology studies.* – 2015. – Vol. 3 (5). – P. 147-152.

122. 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;119:864-871. <https://doi.org/10.1093/jn/119.6.864>.
123. Fontaneto, D. Differences in fatty acid composition between aquatic and terrestrial insects used as food in human nutrition / D. Fontaneto, M. Tommaseo-Ponzetta, C. Galli, P. Risé, R.H. Glew, M.G. Paoletti // *Ecol. Food Nutr.* 2011;50:351-367. <https://doi.org/10.1080/03670244.2011.586316>.
124. Food Standards Agency. What farm animals eat. Food Standards Agency. URL: <https://www.food.gov.uk/business-industry/farmingfood/animalfeed/what-farm-animals-eat> (дата обращения 16. 02.2020).
125. Gasco, L. Can diets containing insects promote animal health? / L. Gasco, M. Finke, A. van Huis // *J. Insects Food Feed.* 2018;4:1-4.
126. Geipel, J. Barriers to sustainable consumption attenuated by foreign language use / J. Geipel, C. Hadjichristidis, A. Klesse // *Nat. Sustain.* 2018;1:31-33.
127. Han, R. An overview of the South Korean edible insect food industry: Challenges and future pricing/promotion strategies / R. Han, J.T. Shin, J. Kim, Y.S. Choi, Y.W. Kim // *Entomol. Res.* 2017;47:141-151.
128. Hartmann, C. The psychology of eating insects: A cross-cultural comparison between Germany and China / C. Hartmann, J. Shi, A. Giusto, M. Siegrist // *Food Qual. Pref.* 2015;44:148-156.
129. Henchion, M. Future protein supply and demand: strategies and factors influencing a sustainable equilibrium / M. Henchion, M. Hayes, A. Mullen, M. Fenelon, B. Tiwari // *Foods.* 2017;6:53. <https://doi.org/10.3390/foods6070053>.
130. Hussein, M. Sustainable production of housefly (*Musca domestica*) larvae as a protein-rich feed ingredient by utilizing cattle manure / M. Hussein, V.V. Pillai, J.M. Goddard, H.G. Park, K.S. Kothapalli, D.A. Ross, Q.M. Ketterings, J.T. Brenna, M.B. Milstein, H. Marquis [et al.] // *Plos One.* – 2017. – 19 p. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171708>.
131. 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, L. Gasco, L. Genovese, G. Maricchiolo, F. Bovera, G. Piccolo // *Aquaculture*. 2017;476:49-58.

132. IPIFF. The European Insect Sector Today: Challenges, Opportunities and Regulatory Landscape. IPIFF Vision Paper on the Future of the Insect Sector towards 2030. 2018. Available online: [http://ipiff.org/wp-content/uploads/2018/11/Web-version\\_IPIFF\\_Sustainability-consult\\_Brochure-31-10-1.pdf](http://ipiff.org/wp-content/uploads/2018/11/Web-version_IPIFF_Sustainability-consult_Brochure-31-10-1.pdf) (дата обращения 5 августа 2019).

133. Jensen, N.H. We will eat disgusting foods together – Evidence of the normative basis of Western entomophagy-disgust from an insect tasting / N.H. Jensen, A. Lieberoth // *Food Qual. Pref.* 2019;72:109-115.

134. Jongema, Y. World List of Edible Insects / Y. Jongema // Wageningen University, 2015. – 75 p. (Accessed 28 May 2019). [https://www.wur.nl/upload\\_mm/7/4/1/ca8baa25-b035-](https://www.wur.nl/upload_mm/7/4/1/ca8baa25-b035-)

135. Józefiak, D. Insects – a natural nutrient source for poultry – a review / D. Józefiak, A. Józefiak, B. Kierończyk, M. Rawski, S. Świątkiewicz, J. Długosz, R.M. Engberg // *Annals of Animal Science*. 2016;16(2):297-313.

136. JunMing, C. Effects of replacement of fish meal with housefly maggot meal on digestive enzymes, transaminases activities and hepatopancreas histological structure of *Litopenaeus vannamei* / C. JunMing, Y. Jing, W. GuoXia, H. YanHua, Z. RongBin, Z. TingLing, L. QunFang, S. ZhiWu // *South China Fisheries Science* 2012;8:72-79.

137. Kenis, M. Insects used for animal feed in West Africa / M. Kenis, N. Koné, C.A.A.M. Chrysostome, E. Devic, G.K.D. Koko, V.A. Clottey [et al.] // *Entomologia*. 2014;2(218):107-114.

138. 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, A. Sultan // *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* – 2018. – Vol. 102. – P. 662-668.

139. 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, M. Khan, S.U. Hayat, M.S. Shahid // *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. – 2016. – Vol. 100. – P. 649-656.

140. Khan, S.H. Recent advances in role of insects as alternative protein source in poultry nutrition / S.H. Khan // *J. Appl. Anim. Res.* 2018;46:1144-1157.
141. King'ori, A.M. Indigenous chicken production in Kenya : A Review / A.M. King'ori, A.M. Wachira, J.K. Tuitoek // *International Journal of Poultry Science*, 2010;9(4):309-316.
142. Kinyuru, J.N. Nutrient composition of four species of winged termites consumed in western Kenya / J.N. Kinyuru, S.O. Konyole, N. Roos, C.A. Onyango, V.O. Owino, B.O. Owuor, B.B. Estambale, H. Friis, J. Aagaard-Hansen, G.M. Kenji // *J. Food Anal.* 2013;30:120-124. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2013.02.008>.
143. Kolesnyk, N. Cultivation of dipterous (diptera linnaeus, 1758) insects, such as fruit flies, synanthropic flies larvae and chironomids larvae for fish feeding (review) / N. Kolesnyk, M. Simon, O. Marenkov, O. Nesterenko // *Рибогосподарська наука України*. – 2020. – № 1 (51). – С. 53-78.
144. Kroeckel, S. When a turbot catches a fly: Evaluation of a pre-pupae meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as fish meal substitute – Growth performance and chiting degradation in juvenile turbot (*Psetta maxima*) / S. Kroeckel, A.G.E. Harjes, I. Roth, H. Katz, S. Wuertz, A. Susenbeth, C. Schulz // *Aquaculture*. 2012;364/365:345-352.
145. La Barbera, F. Understanding Westerners' disgust for the eating of insects: The role of food neophobia and implicit associations / F. La Barbera, F. Verneau, M. Amato, K. Grunert // *Food Qual. Pref.* 2018;64:120-125.
146. Lahteenmaki-Uutela, A. Laws of the European Union, United States, Canada, Mexico, Australia, and China / A. Lahteenmaki-Uutela, N. Grmelova, L. Henault-Ethier, M.H. Deschamps, G.W. Vandenberg, A. Zhao, Y. Zhang, B. Yang, V. Nemané // *Eur. Food Feed Law Rev. EFFL*. 2017;12:22-36.
147. Lähteenmäki-Uutela, A. The impact of the insect regulatory system on the insect marketing system / A. Lähteenmäki-Uutela, L. Hénault-Ethier, S.B. Marimuthu, S. Talibov, R.N. Allen, V. Nemané, G.W. Vandenberg, D. Józefiak // *J. Insects Food Feed*. 2018;4:187-198.

148. Lalander, C. Faecal sludge management with the larvae of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) – from a hygiene aspect / C. Lalander, S. Diener, M.E. Magri, C. Zurbrügg, A. Lindström, B. Vinnerås // *Sci Total Environ* 2013;10:458-460. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.04.033.
149. Langemeier, M. International Benchmarks for Soybean Production / M. Langemeier, E. Lunik // *Farmdoc daily*. 2015;5:225.
150. Liu, Q. Black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae reduce *Escherichia coli* in dairy manure / Q. Liu, J.K. Tomberlin, J.A. Brady, M.R. Sanford, Z. Yu // *Environmental entomology*. 2008;37(6):1525-1530.
151. Lock, E.R. Insect larvae meal as an alternative source of nutrients in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) postsmolt / E.R. Lock, T. Arsiwalla, R. Waagbø // *Aquac. Nutr.* 2016;22:1202-1213.
152. Magothe, T.M. Small-scale family poultry production indigenous chicken production in Kenya – Current status / T.M. Magothe, T.O. Okeno, W.B. Muhuyi, A.K. Kahi // *World's Poultry Science Journal*. 2012;68(3):119-132.
153. Makkar, H.P.S. Review: Feed demand landscape and implications of food-not feed strategy for food security and climate change / H.P.S. Makkar // *Animal*. 2018;12:1744-1754.
154. Makkar, H.P.S. State-of-the-art on use of insects as animal feed / H.P.S. Makkar, G. Tran, V. Heuzé, P. Ankers // *Animal Feed Science and Technology*. 2014;197:1-33.
155. McGlone, J. Pig production: biological principles and applications / J. McGlone, W.G. Pond // Cengage Learning, NY, USA, 2003. – 191 p.
156. Meneguz, M. Effect of rearing substrate on growth performance, waste reduction efficiency and chemical composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae / M. Meneguz, A. Schiavone, F. Gai, A. Dama, C. Lussiana, M. Renna, L. Gasco // *J. Sci. Food. Agric.* 2018;98:5776-5784.
157. Menozzi, D. Eating novel foods: An application of the Theory of Planned Behaviour to predict the consumption of an insect-based product / D. Menozzi, G. Sogari, M. Veneziani, E. Simoni, C. Mora // *Food Qual. Pref.* 2017;59:27-34.



158. Moreki, J.C. Prospects of utilizing insects as alternative sources of protein in poultry diets in Botswana / J.C. Moreki, B. Tiroesele, S.C. Chiripasi // *Journal of Animal Science Advances*. 2012;2(8):649-658.
159. Müller, A. The black soldier fly, *Hermetia illucens* – A promising source for sustainable production of proteins, lipids and bioactive substances / A. Müller, D. Wolf, H.O. Gutzeit // *Z. Naturforsch.* – 2017. – V. 72. – № 9. – P. 351-363. <https://doi.org/10.1515/znc-2017-0030>.
160. Myers, H.M. Development of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae fed dairy manure / H.M. Myers, J.K. Tomberlin, B.D. Lambert, D. Kattes // *Environmental entomology*. 2014;37(1):11-15.
161. Nakagaki, B.J. Comparison of diets for mass-rearing *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) as a novelty food, and comparison of food conversion efficiency with values reported for livestock / B.J. Nakagaki, G.R. Defoliart // *J. Econ. Entomol.* 1991;84:891-896. <https://doi.org/10.1093/jee/84.3.891>.
162. Nekrasov, R. PSIII-37 Dried Black Soldier Fly larvae as a dietary supplement to the diet of growing pigs / R. Nekrasov, A. Zelenchenkova, M. Chabaev, G. Ivanov, A. Antonov, N. Pastukhova // *Journal of Animal Science*. 2018;96(3):314-314. DOI: <https://doi.org/10.1093/jas/sky404.691>.
163. Newton, L. Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure / L. Newton, C. Sheppard, D.W. Watson, G. Burtle, R. Dove // In: Report for Mike Williams, Director of the Animal and Poultry Waste Management Center, North Carolina State University. 2005. [http://www.cals.ncsu.edu/waste\\_mgt/smithfield\\_projects/phase2report05/cd,web%20files/A2.pdf](http://www.cals.ncsu.edu/waste_mgt/smithfield_projects/phase2report05/cd,web%20files/A2.pdf).
164. Nginya, E.S. Evaluation of grasshoppers as a protein source for improved indigenous chicken growers / E.S. Nginya, J.O. Ondiek, A.M. King'ori, J.M. Nduko // *Livestock Research for Rural Development*. 2019. – Volume 31(1), Article #2. Retrieved June 11, 2020, from <http://www.lrrd.org/lrrd31/1/shilo31002.html>
165. Ochieng-Odero, J.P. A method for rearing crowded (gregarious) and isolated (solitary) locusts (Orthoptera: Acrididae) in the laboratory / J.P. Ochieng-Odero, S.M.

Ndugo, S. El Bashir, P.B. Capstick // P.G.N. Njagi, M.F.B. Chaudhury, (Eds.), Proceedings of a Workshop on Effective Networking of Research and Development on Environmentally Sustainable Locust Control Methods Among Locust Affected Countries. – 1994. – P. 33-44. (Accessed on 28 May 2019). <http://www.icipe.org/publications/conferencepresentation-posters/conference-proceedings?page=1>.

166. Okah, U. Performance of finisher broiler chickens fed maggot meal as a replacement for fish meal / U. Okah, E.B. Onwujiariri // Journal of Agricultural Technology, 2012;8(2):471-477.

167. Oonincx, D.G.B.A. Effects of diet on the chemical composition of migratory locusts (*Locusta migratoria*) / D.G.B.A. Oonincx, A.F. Van der Poel // Zoo Biol. 2011;30:9-16. <https://doi.org/10.1002/zoo.20308>.

168. Oonincx, D.G.B.A. Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products / D.G.B.A. Oonincx, S. Van Broekhoven, A. Van Huis, J.J. van Loon // PLoS One 2015;10/12:20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144601>.

169. Oonincx, D.G.B.A.; de Boer, I.J. Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans – A life cycle assessment. PLoS ONE. 2012. – V. 7(12). – 5 p.

170. Pali-Schöll, I. Edible insects – Defining knowledge gaps in biological and ethical considerations of entomophagy / I. Pali-Schöll, R. Binder, Y. Moens, F. Polesny, S. Monsó // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2019;17(59):2760-2771.

171. Payne, C.L.R. Insects as food and feed: European perspectives on recent research and future priorities / C.L.R. Payne, D. Dobermann, A. Forkes, J. House, J. Josephs, A. McBride, A. Müller, R.S. Quilliam, S. Soares // J. Insects Food Feed. 2016;2:269-276.

172. Pieterse, E. Black soldier fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae meal as a dietary protein source for broiler production ensures a tasty chicken with standard meat quality for every pot / E. Pieterse, S.W. Erasmus, T. Uushona, L.C. Hoffman // J. Sci. Food. Agric. 2019;99:893-903.

173. PROteINSECT (2016) Insect Protein – Feed for the Future. Minerva Communications UK Ltd. URL: <https://www.fera.co.uk/media/wysiwyg/our-science/proteinsect-whitepaper-2016.pdf>.
174. Raheem, D. Traditional consumption of and rearing edible insects in Africa, Asia and Europe / D. Raheem, C. Carrascosa, O.B. Oluwole, M. Nieuwland, A. Saraiva, R. Millán, A. Raposo // *Crit. Rev. Food Sci.* 2018;8398:1-20.
175. Ramos-Elorduy, J. Nutritional value of edible insects from the state of Oaxaca, Mexico / J. Ramos-Elorduy, J.M.P. Moreno, E.E. Prado, M.A. Perez, J.L. Otero, O.L. De Guevara // *J. Food Compos. Anal.* 1997;10:142-157. <https://doi.org/10.1006/jfca.1997.0530>.
176. Raubenheimer, D. Macronutrient contributions of insects to the diets of hunter-gatherers: A geometric analysis / D. Raubenheimer, J.M. Rothman, H. Pontzer, S.J. Simpson // *Journal of Human Evolution.* 2014;71:70-76.
177. Rumpold, B.A. Nutritional composition and safety aspects of edible insects / B.A. Rumpold, O.K. Schlüter // *Mol. Nutr. Food Res.* 2013;57(5):802-823. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201200735>.
178. Rumpold, B.A. Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production / B.A. Rumpold, O.K. Schlüter // *Innovative Food Science and Emerging Technologies.* 2013;17:1-11. <http://doi.org/10.1016/j.ifset.2012.11.005>.
179. Sánchez-Muros, M.-J. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review / M.-J. Sánchez-Muros, F.G. Barroso, F. Manzano-Agugliaro // *Journal of Cleaner Production.* 2014;65:16-27.
180. Sánchez-Muros, M.J. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: A review / M.J. Sánchez-Muros, F.G. Barroso, F. Manzano-Agugliaro // *J. Clean. Prod.* 2014;65:16-27.
181. Schiavone, A. Black soldier fly larva fat inclusion in finisher broiler chicken diet as an alternative fat source / A. Schiavone, S. Dabbou, M. De Marco, M. Cullere, I. Biasato, E. Biasibetti, M.T. Capucchio, S. Bergagna, D. Dezzutto, M. Meneguz [et al.] // *Animal.* 2018;12:2032-2039.

182. Schiavone, A. Nutritional value of a partially defatted and a highly defatted black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) meal for broiler chickens: Apparent nutrient digestibility, apparent metabolizable energy and apparent ileal amino acid digestibility / A. Schiavone, M. De Marco, S. Martínez, S. Dabbou, M. Renna, J. Madrid, F. Hernandez [et al.] // *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 2017;8:1-9.
183. Sealey, W.M., Sensory analysis of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, fed enriched black soldier fly prepupae, *Hermetia illucens* / W.M. Sealey, T.G. Gaylord, F.T. Barrows, J.K. Tomberlin, M.A. McGuire, C. Ross, S. St-Hilaire // *J. World Aquacult. Soc.* 2011. – V. 42. – № 1. – P. 34-45.
184. Secci, G. Barbary partridge meat quality as affected by *Hermetia illucens* and *Tenebrio molitor* larva meals in feeds / G. Secci, G. Moniello, L. Gasco, F. Bovera, G. Parisi // *Food Res. Int.* 2018;112:291-298.
185. Sheppard, D.C. A value added manure management system using the black soldier fly / D.C. Sheppard, G.L. Newton, S.A. Thompson, S. Savage // *Bioresour. Technol.* 1994;50:275-279. [https://doi.org/10.1016/0960-8524\(94\)90102-3](https://doi.org/10.1016/0960-8524(94)90102-3).
186. Simpson, S.J. The geometric analysis of nutrient–allelochemical interactions: a case study using locusts / S.J. Simpson, D. Raubenheimer // *Ecology.* 2001;82:422-439. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2001\)082\[0422:TGAONA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2001)082[0422:TGAONA]2.0.CO;2).
187. Sogari, G. Exploring young foodies' knowledge and attitude regarding entomophagy: A qualitative study in Italy / G. Sogari, D. Menozzi, C. Mora // *Int. J. Gastron. Food Sci.* 2017;7:16-19.
188. Sogari, G. Sensory-liking expectations and perceptions of processed and unprocessed insect products / G. Sogari, D. Menozzi, C. Mora // *Int. J. Food Sys. Dyn.* 2018;9:314-320.
189. Sogari, G. The food neophobia scale and young adults' intention to eat insect products / G. Sogari, D. Menozzi, C. Mora // *Int. J. Consum. Stud.* 2019;43:68-76.
190. Sogbesan, A. Nutritional evaluation of termite (*Macrotermes subhyalinus*) meal as animal protein supplements in the diets of *Heterobranchus longifilis* / A.

Sogbesan, A. Ugwumba // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2008;8:149-157.

191. Sogbesan, A.O. Nutritional values of some non-conventional animal protein feedstuffs used as fishmeal supplement in aquaculture practices in Nigeria / A.O. Sogbesan, A.A. Ugwumba // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2008;8:159-164.

192. Spranghers, T. Gut antimicrobial effects and nutritional value of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) prepupae for weaned piglets / T. Spranghers, J. Michiels, J. Vrancx, A. Owyn, M. Eeckhout, P. De Clercq, S. De Smet // Anim. Feed Sci. Technol. 2018;235:33-42.

193. Stamer A. Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae-meal as an example for a new feeding ingredients' class in aquaculture diets / A. Stamer, S. Wesseless, R. Neidigk, G. Hoerstgen-Schwark // Rahmann G., Aksoy U. (Eds.). Proceedings of the 4<sup>th</sup> ISOFAR Scientific Conference. 'Building Organic Bridges', at the Organic world Congress 2014, 13-15 Oct. Istanbul, Turkey. – 2014. – P.1043-1046.

194. Stamer, A. Insect proteins – a new source for animal feed: The use of insect larvae to recycle food waste in high-quality protein for livestock and aquaculture feeds is held back largely owing to regulatory hurdles / A. Stamer // EMBO Reports. 2015;16(6):676-680.

195. St-Hilaire, S. Fly Prepupae as a Feedstuff for Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss* / S. St-Hilaire, C. Sheppard, J.K. Tomberlin, S. Irving, L. Newton, M.A. McGuire [et al.] // Journal of the world aquaculture society. 2007;38(1):59-67.

196. Straub, P. Experimental feeding studies with crickets and locusts on the use of feed mixtures composed of storable feed materials commonly used in livestock production / P. Straub, C.M. Tanga, I. Osuga, W. Windisch, S. Subramanian // Animal Feed Science and Technology. 2019;255:114-215. DOI:10.1016/j.anifeedsci.2019.114215.

197. Sun, T. The effect of a diet containing grasshoppers and access to free-range on carcass and meat physicochemical and sensory characteristics in broilers / T. Sun, R.J.

Long, Z.Y. Liu // *British Poultry Science*. 2013;54(1):130-137.  
<http://doi.org/10.1080/00071668.2012.756575>.

198. Tang, Q. Immunomodulatory effect of the larvae of yellow mealworm, *Tenebrio molitor* Linnaeus / Q. Tang, Y. Dai, X. Liu // *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 2010;8:235-238.

199. Thompson, S.N. A review and comparative characterization of the fatty acid compositions of seven insect orders / S.N. Thompson // *Comp. Biochem. Physiol.* 1973;45B:467-482.

200. Tremaroli, V. Functional interactions between the gut microbiota and host metabolism / V. Tremaroli, F. Backhed // *Nature*. – 2012. – V. 489. – P. 242-249.

201. Ushakova, N.A. Characteristics of lipid fractions of larvae of the black soldier fly *Hermetia illucens* / N.A. Ushakova, E.S. Brodsky, A.A. Kovalenko, A.I. Bastrakov, A.A. Kozlova, D.S. Pavlov // *Doklady Biochemistry and Biophysics*. 2016. – V. 468. – P. 209-212.

202. Van BROEKHOVEN, S. Growth performance and feed conversion efficiency of three edible mealworm species (Coleoptera: Tenebrionidae) on diets composed of 5 organic by-products / S. Van Broekhoven, D.G.A.B. Oonincx, A. Van Huis, J.J.A. Van Loon // *Journal of Insect Physiology*, article in Press. 2015;73(7):1-10.

203. Van Huis, A. Edible insects: future prospects for food and feed security food / A. Van Huis, J. Van Itterbeeck, H. Klunder, E. Mertens, A. Halloran, G. Muir, P. Vantomme // *Food and agriculture organization of the united nations, Rome, 2013*. – 191 p. ULR: <http://www.fao.org/3/a-i3253e.pdf>.

204. Van Huis, A. Edible insects: future prospects for food and feed security / A. Van Huis, J. Van Itterbeeck, H. Klunder, E. Mertens, A. Halloran, G. Muir, P. Vantomme // *FAO Forestry Paper*. 2013;171:89-97.

205. Van Huis, A. Insects as food and feed, a new emerging agricultural sector: a review / A. Van Huis // *Journal of Insects as Food and Feed*. 2020;6(1):27-44. DOI: <https://doi.org/10.3920/jiff2019.0017>.

206. Van Huis, A. Potential of insects as food and feed in assuring food security / A. Van Huis // *Annu. Rev. Entomol.* 2013;58:563-583. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153704>.
207. Van Huis, A. The environmental sustainability of insects as food and feed / A. Van Huis, D.G.A.B. Oonincx // *A review. Agron. Sustain. Dev.* 2017;37(5):43.
208. Veldkamp, T.; van Duinkerken, G.; van Huis, A.; Lakemond, C.M.M.; Ottevanger, E.; Bosch, G.; van Boekel, M.A.J.S. Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets – A feasibility study. Wageningen Livestock Research; Wageningen UR Livestock Research: Wageningen, The Netherlands. 2012;638:1-48.
209. Verbeke, W. Profiling consumers who are ready to adopt insects as a meat substitute in a Western society / W. Verbeke // *Food Qual. Pref.* 2015;39:147-155.
210. Verneau, F. The effect of communication and implicit associations on consuming insects: An experiment in Denmark and Italy / F. Verneau, F. La Barbera, S. Kolle, M. Amato, T. Del Giudice, K. Grunert // *Appetite.* 2016;106:30-36.
211. Wang, D. Nutritional value of the field cricket (*Gryllus testaceus* Walker) / D. Wang, Y.Y. Bai, J.H. Li, C.X. Zhang // *J. Insect Sci.* 2004;11:275-283. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2004.tb00424.x>.
212. Wang, Y.S. Review of black soldier fly (*Hermetia illucens*) as animal feed and human food / Y.S. Wang, M. Shelomi // *Foods.* 2017;6(10):91. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods6100091>
213. Wasko, A. The first report of the physicochemical structure of chitin isolated from *Hermetia illucens* / A. Wasko, P. Bulak, M. Polak-Berecka, K. Nowak, C. Polakowski, A. Bieganski // *International Journal of Biological Macromolecules.* 2016;92:316-320.
214. Webster, C.D. Bio-Ag reutilization of distiller's dried grains with solubles (DDGS) as a substrate for black soldier fly larvae, *Hermetia illucens*, along with poultry by-product meal and soybean meal, as total replacement of fish meal in diets for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* / C.D. Webster, S.D. Rawles, J.F. Koch, K.R. Thompson, Y. Kobayashi, A.L. Gannam [et al.] // *Aquacult Nutr.* 2015;22(5):976-988. doi:10.1111/anu.12316.

215. Womeni, H.M. Oils of insects and larvae consumed in Africa: potential sources of polyunsaturated fatty acids / H.M. Womeni, M. Linder, B. Tiencheu, F.T. Mbiapo, P. Villeneuve, J. Fanni, M. Parmentier // OCL – Oléagineux, Corps Gras, Lipides. 2009;16(4):230-235.

216. Zhu, F.-X. Housefly maggot-treated composting as sustainable option for pig manure management / F.-X. Zhu, Y.-L. Yao, S.-J. Wang, R.-G. Du, W.-P. Wang, X.-Y. Chen, C.-L. Hong, B. QI, Z-Y. Xue, H.-Q. Yang // Waste Management. 2015;35:62-67.




## **СПИСОК ІЛЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРІАЛА**

1. Рисунок 1 – Схема опыта. – С. 50.



Научно-исследовательский центр «Иннова»

 [ **Д и п л о м** ]

*За активное участие*

*В XXV Международной научно-практической конференции:  
«ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ СОВРЕМЕННОЙ  
НАУКИ» (Россия, город-курорт Анапа, 10 июля 2020 г.)*

**Романенко Е.А.**

*ФГБОУ ВО «Донской государственный  
аграрный университет»*

*Название статьи: «ВЛИЯНИЕ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ  
ИЗ ЛИЧИНОК МУХ ПОПУЛЯЦИИ  
LUSCIA CAESAR НА ОБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ОРГАНИЗМЕ  
ИНДЮШАТ КРОССА BIG-6»*

Руководитель  
Научно-исследовательского  
центра «Иннова»,  
Ген. директор  
ООО «НИЦ ЭСП» в ЮФО



Е.Н. Скорикова

Анапа, 2020

