Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Поволжский научно-исследовательский институт производства
и переработки мясомолочной продукции»
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Волгоградский государственный технический университет»

*На правах рукописи*

**Черняк Александр Александрович**

# ПРОДУКТИВНЫЕ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СВИНЕЙ КРУПНОЙ БЕЛОЙ ПОРОДЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРОТЕИНОВОГО ПИТАНИЯ

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,
профессор, член-кор. РАН
**Сложенкина Марина Ивановна;**

доктор биологических наук,
**Мосолов Александр Анатольевич**

Волгоград – 2020

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

стр.

**ВВЕДЕНИЕ** ..... 4

**1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ** ..... 10

1.1 Биологическая роль лимитирующих аминокислот в организме свиней ..... 10

1.2 Использование низкопротеиновых рационов при выращивании молодняка свиней на откорме ..... 25

**2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ** ..... 36

**3 РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ** ..... 41

3.1 Влияние уровня протеина и аминокислот в рационах свиней на мясную продуктивность и качество свинины ..... 41

3.1.1 Технология кормления и содержания животных ..... 42

3.1.2 Результаты усвояемости питательных веществ корма молодняком свиней в период физиологического опыта ..... 44

3.1.3 Состав крови животных подопытных групп ..... 48

3.1.4 Особенности роста и развития (весовой, линейный рост, оплата корма) ..... 57

3.1.5 Откормочные и мясные качества молодняка свиней ..... 65

3.1.6 Физико-химические свойства мяса и сала ..... 69

3.1.7 Биологическая и технологическая ценность свинины ..... 77

3.1.8 Экономическая эффективность ..... 81

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ** ……..... 84

**РЕКОМЕНДАЦИИ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ**…… 91

**ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ** …… 92

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ** ……. 93

**СПИСОК ИЛЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРИАЛА** ……. 127

**ПРИЛОЖЕНИЕ** ……..…. 128

# ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы.** Свиноводческая отрасль в Российской Федерации развивается довольно динамично, и производство отечественной свинины достигло 95% от объёма потребления (26 кг на человека в год). При этом в странах мировых экспортеров свинины (США, Англии, Германии, Канаде, Дании) производится 100 кг мяса на душу населения. Поэтому в России есть необходимость и возможность дальнейшего увеличения производства мяса свиней не только за счет использования селекционно-генетических инноваций, но и улучшения выращивания животных за счет повышения качества рационов питания.

Актуальность интенсификации отрасли мясного свиноводства обосновывается повышением продуктивности животных, снижением затрат на их содержание, увеличением уровня её рентабельности. Известно, что с увеличением продуктивности животных резко возрастают требования к их кормлению (Стрекозов Н.И. [106]; Барыкин А.А., Иванов С.М. и др. [7]; Горлов И.Ф., Мосолов А.А., Бараников В.А. [35]).

Повышение биоконверсии кормов – одна из основных задач кормления животных, решение которой позволит снизить себестоимость продукции. Основным компонентом корма является белок, переваримость и усвояемость которого определяют содержащиеся в нем аминокислоты и их соотношение между собой, что в дальнейшем имеет решающее значение в формировании мясной продуктивности свиней (Кисиль Н.Н., Тырсин Ю.А. [46]; Обвинцова О.В., Еримбетов К.Т. и др. [88]; Горлов И.Ф., Сложенкина М.И. и др. [36]).

Жировая ткань является важнейшим элементом, определяющим качество свинины. В настоящее время крупные свиноводческие комплексы специализиру-

ются в основном на выращивании гибридного молодняка свиней мясного направления продуктивности, на рынке наблюдается значительный дефицит сала, пригодного для промышленной переработки (Шейко И.П. и др. [119]).

Мы в своём опыте использовали животных крупной белой породы мясосального направления продуктивности.

Производству синтетических аминокислот в нашей стране стало уделяться больше внимания и расширение ассортимента отечественных аминокислот позволит прежде всего балансировать комбикорма для моногастричных животных по аминокислотному составу, а также будет способствовать снижению затрат на корма. На основании этого мы провели исследования, направленные на изучение влияния отечественных синтетических аминокислот лизина и метионина на физиологическое развитие молодняка свиней крупной белой породы в процессе откорма до 100 и 120 кг живой массы, их мясную продуктивность и качественные показатели мяса и сала.

**Степень разработанности темы исследований.** Влияние уровня и качества протеинового питания свиней изучали многие исследователи, показавшие отрицательное влияние недостатка протеина и аминокислот в рационе свиней разных пород и гибридов на потребление, усвояемость кормов и приросты живой массы (Рядчиков В.Г., Кальницкий Б.Д. и др. [101]; Bellego L.L., Noblet J. [138]; Figueroa J.L., Lewis A.S. et al. [157]; Каширина М., Головко Е., Омаров М. [45]; Fastinger N.D., Mahan D.C. [156]; Rakhshanden A., Htoo J.K. [224]; Кулинцев В.В., Османова С.О. и др. [62]; Горлов И.Ф., Шахбазова О.П., Крыштоп Е.А. и др. [37]; Xie C., Zhang S. et al. [259]; Сычева Л.В., [110]; Беляев В. [9]; Zhou L.B., Zeng A.P. [274]; Кононенко С.И. [54]; Будтуев О.В., Будтуева О.Д. [12]; Hulshof T.G., Vander Poel A.F. et al. [179]; Омаров М.О., Слесарева О.А. [95,96]; Головко Е.Н., Забашта Н.Н. [29]; Ниязов Н.С.-А., Панюшкин Д.Е. и др. [84]; Короткая И.В. [57]).

Для устранения дефицита лимитирующих аминокислот в питании свиней

используются аминокислоты зарубежных производителей или в составе биологически активных добавок. Мы в своих исследованиях изучали отечественные препараты L-лизина сульфат 70% (СТО 71461874-002-2014, Россия, Белгородская обл.) и метионин кормовой (ГОСТ 23423-2017, Россия, Волгоградская обл.) и их влияние на продуктивность и качество продукции (мясо, сало).

**Цель и задачи исследований**. Исследования выполнялись в рамках гранта президента РФ НШ-2542.2020.11 и государственного задания ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (№ гос. регистрации 0120.7713080668.06.8.001.4), целью которых являлось изучение возможности корректировки качества протеиновой составляющей рационов молодняка свиней крупной белой породы за счёт введения в комбикорм недостающих аминокислот, в частности лизина и метионина.

Для осуществления намеченной цели были поставлены следующие задачи:

- изучить влияние уровня протеина и незаменимых аминокислот в рационах молодняка свиней на мясную продуктивность и качество свинины в зависимости от весовых кондиций;

- установить усвояемость питательных веществ корма организмом свиней в зависимости от протеиновой составляющей рационов;

- определить влияние отечественных синтетических аминокислот (лизина, метионина) на морфологический и биохимический составы крови при выращивании свиней до 100 и 120 кг живой массы;

- изучить физико-химические свойства мяса и сала в зависимости от сбалансированности рационов по протеину и аминокислотам и весовых кондиций;

- исследовать степень влияния синтетических аминокислот на биологическую и технологическую ценность свинины при откорме животных до 100 и 120 кг живой массы;

- обосновать экономическую эффективность использования в рационах мо-

лодняка свиней синтетических аминокислот с целью обеспечения сбалансированности белкового питания.

**Научная новизна исследований.** Впервые проведены комплексные исследования влияния скорректированных рационов по протеину и аминокислотам, используя отечественные синтетические кормовые аминокислоты, и подтверждено экспериментально их положительное действие на формирование мясной продуктивности, биоконверсию корма, активизацию обменных процессов, качественные показатели свинины при откорме свиней до 100 и 120 кг живой массы.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Теоретическая значимость работы состоит в расширении и углублении знаний теории совершенствования кормления свиней, выявлении дополнительных резервов увеличения производства мяса на основе комплексной оценки биологических, физиологических, зоотехнических и экономических показателей, полученных в процессе исследований.

Выявлены высокие интенсивность роста, биоконверсия питательных веществ корма, мясная продуктивность и потребительские свойства мяса и сала свиней при использовании в их рационах отечественных синтетических аминокислот при откорме животных до разных весовых кондиций.

Оптимизация аминокислотного состава корма синтетическими аминокислотами отечественного производства позволила увеличить уровень переваримости сырого протеина на 2,4%, сырого жира – на 2,6%, а использование азота – на 5,46%; убойный выход повысить на 3,2% при откорме свиней до 100 кг живой массы и на 1,2% – при откорме до 120 кг, уровень рентабельности – на 1,35 и 3,25% относительно положительного контроля (I группа) и на 20,93 и 22,30% относительно отрицательного контроля (II группа).

**Методология и методы исследования.** Методология выполненных исследований основывается на научных положениях отечественных и зарубежных авторов в области кормления свиней, направленных на преобразование имеющихся и

изыскания новых путей повышения биологической ценности белковой составляющей корма для животных с целью увеличить производство свинины, улучшить её качество и снизить себестоимость.

В процессе выполнения исследований применялись доступные, узаконенные, а также оригинальные методы исследований, запланированные при постановке опытов, выполнение которых осуществлялось на современных приборах и оборудовании, что позволило обеспечить объективность полученного материала.

Весь цифровой материал, полученный на протяжении исследований, обработан методом биометрического анализа на ПК, используя пакет программ «Microsoft office».

**Положения диссертации, выносимые на защиту:**

- выявлена высокая эффективность влияния кормов, сбалансированных по протеину и лимитирующим аминокислотам, в питании свиней крупной белой породы на особенности их роста и развития в зависимости от весовых кондиций;

- корректировка качества протеиновой составляющей рационов синтетическими аминокислотами улучшила усвояемость питательных веществ корма и использование азота организмом свиней;

- активизация обменных процессов в организме молодняка свиней при откорме до 100 и 120 кг живой массы под воздействием синтетических аминокислот (лизин, метионин);

- показатели качества мяса и сала свиней (физиологические, биохимические и технологические), выращенных до разных весовых кондиций на рационах с разным уровнем протеиновой и аминокислотной составляющих;

- экономическая эффективность производства свинины.

**Степень достоверности и апробация результатов исследований**. Представленные в работе научные заключения, на основании которых сделаны выводы и даны рекомендации производству подтверждаются многочисленными исследованиями, проведенными на современном оборудовании с использованием

классических методик, на достаточном поголовье животных в условиях промышленной технологии производства свинины. Степень достоверности определяется критериями статистической обработки результатов исследований и положительными результатами при внедрении.

Основные положения и результаты диссертационной работы доложены на международных научно-практических конференциях: «Перспективные аграрные и пищевые инновации» (Волгоград, 2019), «Инновации в производстве продуктов питания от селекции животных до технологии пищевых продуктов» (п. Персиановский, 2019).

Инновационные разработки автора были представлены на агропромышленной выставке «Золотая осень» (Москва, ВДНХ, 2018, 2019) и Всероссийском смотре-конкурсе лучших инновационных разработок (Волгоград, 2019, 2020), где удостоены дипломов и золотых медалей.

**Реализация результатов исследований.** Результаты исследований диссертационной работы внедрены в ПЗК «Им. Ленина» Суровикинского района Волгоградской области.

**Публикация результатов исследований.** По материалам диссертационной работы опубликовано 11 научных работ, в т.ч. 2 статьи – в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 1 – в изданиях, индексируемых в международной информационно-аналитической системе научного цитирования Web of Science или Scopus, 2 патента РФ на изобретения, 2 монографии.

# 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

## 1.1 Биологическая роль лимитирующих аминокислот в организме свиней

Реализовать в полном объеме генетический потенциал животных, который как правило связан с высокой продуктивностью возможно при условии нивелирования дефицита основных питательных веществ корма, в том числе белка и аминокислот. Корма растительного происхождения, являющиеся основой рациона сельскохозяйственных животных бедны белком и, естественно, не способны удовлетворить потребность в нем высокопродуктивных животных и, как следствие в незаменимых аминокислотах [13,21,31,32,56].

В злаковых культурах и кукурузе в белке отсутствует целый ряд незаменимых аминокислот, поэтому необходимо корректировать дефицит этих аминокислот белковыми добавками. Наиболее отработанным сочетанием, обеспечивающим хороший баланс аминокислот, является зерновая смесь и соевая мука. Соевый шрот, как источник идеального белка по аминокислотному составу, применяется в рационах свиней во всем мире. Тем не менее, в различных регионах в зависимости от климатических и экономических условий используются альтернативные растительные источники аминокислот (хлопковый, рапсовый, подсолнечный и арахисовый жмыхи), побочные продукты животного происхождения (мясокостная и рыбная мука, яичный порошок), зерновые побочные продукты (сухие дистилляторы и кукурузная глютеновая мука) или синтетические аминокислоты, используемые в кормах для свиней. Соевый шрот является единственным растительным белком, который сравним с животным по качеству и содержанию аминокислот, и может использоваться в качестве единственного белкового ингредиента в рационах свиней. В рационе свиней, как правило, нет необходимости использовать источники животного, за исключением рационов на ранних стадиях выращивания [15,93,188].

Белковые корма животного происхождения могут различаться по составу и качеству больше, чем источники растительного белка. Чтобы определить относительную питательную ценность альтернативных источников белка, важно сначала сравнить содержание лизина и его усвояемость в альтернативном источнике с соевым шротом.

Концепция идеального белка или идеального аминокислотного баланса состоит в том, чтобы обеспечить идеальную структуру соотношения необходимых организму аминокислот в рационе для роста и развития. Следовательно, идеальный белок подразумевает наличие каждой аминокислоты от рекомендуемого уровня в полном объеме. Как принято в зоотехнической практике, стандартные рационы составляют с учетом удовлетворения потребности свиней в лизине, не обращая внимания на избыток других аминокислот. Во избежание подобного дисбаланса аминокислот, необходимо нормировать остальные незаменимые аминокислоты синтетическими [1,26,64,189,190].

В мировой практике по кормлению животных существует расчет идеального аминокислотного соотношения. Лизин используется в качестве базового значения для других аминокислот, выраженного в процентах. Соотношения треонина, метионина, метионина + цистеина и фенилаланина + тирозина увеличиваются в зависимости от возраста и потребностей выращиваемых свиней.

Регуляторные роли аминокислот в питании и метаболизме долгое время игнорировались до тех пор, пока в недавних исследованиях не было установлено, что диетический глютамин необходим для целостности слизистой оболочки кишечника, а диетический аргинин необходимы для максимального роста новорожденных и выживания эмбрионов [69,79,91,257].

Питательно необходимыми незаменимыми аминокислотами являются те, которые не синтезируются клетками животных и, следовательно, должны быть получены из корма. Двадцать две аминокислоты необходимы для синтеза белка в орга-

низме. Из этих двадцати двух незаменимых аминокислот для свиней являются аргинин, метионин, гистидин, фенилаланин, изолейцин, треонин, лейцин, триптофан, лизин, валин. Тем не менее, растущее количество полученных данных показывает, что некоторые из традиционно классифицированных заменимых аминокислот (например, глутамат, глутамин и аргинин) играют важную роль в регуляции экспрессии генов, метаболизме питательных веществ и окислительной защите [141,261]. Дефицит основных лимитирующих аминокислот нарушает не только синтез белка, но и гомеостаз всего организма.

Аминокислоты, присутствующие в корме в меньшем количестве по сравнению с потребностями свиней, являются «лимитирующими». Требования к аминокислотам у животных четко определены и варьируют в зависимости от вида и возраста животных, которые должны поступать в организм с кормом. В составе полноценного протеина содержатся все незаменимые аминокислоты на необходимом уровне. При условии, что в белке отсутствует хотя бы одна аминокислота, синтез его осуществляется только до уровня, первой ограничивающей аминокислоты. Порядки ограничения аминокислот, в кормах для свиней и бройлеров, состоящих из кукурузной (или пшеничной) и соевой муки, должны быть сбалансированы синтетическими аминокислотами, должны быть добавлены к корму в порядке ограничения аминокислот при снижении содержания белка в корме.

Альтернативными источниками аминокислот в кормлении свиней являются:

– хлопковая мука (шрот, жмых), занимает второе место по производству после соевой муки. Однако его использование в рационах свиней ограничено из-за побочных эффектов, вызываемых остаточным свободным госсиполом. Хотя в хлопковой муке довольно много белка, в ней мало лизина и триптофана. Рекомендуется использовать не более 50% взамен соевого шрота или белковой добавки в рационе, чтобы концентрация свободного госсипола не превышала 0,01%, так как продуктивность свиней снижается при содержании госсипола в корме 0,04%. Возможно использовать хлопковую муку для замены 75% белка в рационе при отсутствии

госсипола и при сбалансированности по лизину;

– подсолнечный шрот производится путём экстракции масла из семян подсолнечника. Из-за высокого содержания клетчатки (22-24%) его следует использовать в ограниченных количествах в рационах свиней. Шрот подсолнечника содержит низкий уровень лизина, но с высоким содержанием серосодержащих аминокислот по сравнению с соевым шротом. Подсолнечная мука может заменить до 25% белка в рационе для свиней на доращивании. Из-за содержания ненасыщенных жирных кислот, подсолнечная мука с высоким содержанием масла, положительно влияет на качество свинины;

– соевые бобы. В качестве альтернативы иногда используют сырые соевые бобы, содержащие большое количество ингибиторов трипсина, которые блокируют нормальное усвоение белка у свиней, однако с возрастом восприимчивость к ингибитору трипсина уменьшается. Если сырые соевые бобы необходимо использовать в рационах молодняка свиней, то желательно их подвергать тепловой обработке при температуре 105-107 °С с целью инактивировать ингибитор трипсина;

– рапсовая мука – побочный продукт переработки растительного масла из рапса. Рапсовая мука содержит в среднем от 35 до 40 процентов сырого белка и содержит меньше лизина, но больше серосодержащих аминокислот, чем соевая мука. Некоторые сорта рапса содержат высокий уровень токсического соединения, глюкозинолата, который влияет на работу щитовидной железы. Рапсовый шрот может использоваться для замены до 50 процентов белка из соевого шрота в рационе без негативного влияния на продуктивность.

Одной из основных и постоянных задач животноводческой отрасли является увеличение уровня эффективности (использования и переваримости) кормов сельскохозяйственными животными. При этом большое внимание уделяется проблеме использования протеина корма, его качеству, которое устанавливается перечнем аминокислот в определенном соотношении, так необходимых для полноценного питания свиней [88].

Качество белка в рационе свиней отражает количество и доступность незаменимых аминокислот. Попадая в желудочно-кишечный тракт, белки диссоциируются на составляющие, то есть аминокислоты, которые попадают в кровоток и транспортируются по всему организму. Эти аминокислоты затем встраиваются в различные типы белков, чтобы удовлетворить различные потребности организма. Таким образом, можно видеть, что в случае дефицита одной или нескольких незаменимых аминокислот в рационе метаболические функции организма нарушаются, что приводит к биологической неэффективности и, возможно, к заболеванию.

Обеспечение высококачественными белками животного происхождения для питания человека является главной задачей животноводства. Аминокислоты, это строительные блоки белка, которые состоят из аминогруппы, карбоксильной группы и белковой цепи, характерной для каждой аминокислоты. Белки представляют собой полимеры аминокислот, где карбоксильная группа одной аминокислоты реагирует с аминогруппой другой.

Основная роль аминокислот заключается в производстве мышечного белка, пищеварительных ферментов, гемоглобина крови, гамма-глобулинов (антител), молочного белка и в метаболизме гормонов. Поскольку белки, используемые в рационах свиней, имеют разное качество, некоторые из незаменимых аминокислот могут быть дефицитными. Их называют лимитирующими, и в большинстве случаев наиболее вероятным является лизин, за которым следует метионин, и обе они постоянно добавляются в рацион.

Оптимизация аминокислотного состава представляет наибольший интерес с точки зрения протеиносбережения и увеличения продуктивности животных. Качество протеина любого корма обусловлено потребностью в аминокислотах, содержащихся в нем. Значит, для определения качества протеина прежде всего необходимо установить потребность животного в незаменимых аминокислотах, исходя из конкретной продуктивности [46,70].

Знание потребности животных в незаменимых аминокислотах и соотношение между ними для различных половозрастных групп свиней позволит более эффективно и экономично использовать кормовые средства при производстве свинины [83,98].

Доказано, что балансирование рациона синтетическими аминокислотами или добавками, содержащими их, экономически выгоднее, нежели использование в кормлении свиней протеинсодержащих кормов. В настоящее время на рынке представлен широкий ассортимент кормовых добавок, содержащих различные синтетические аминокислоты.

Снижение сырого протеина в рационе и обеспечение необходимыми кристаллическими аминокислотами может улучшить их усвояемость, снизить экскрецию, обеспечить лучший баланс для поглощения через кишечник путем снижения конкуренции за транспорт аминокислот энтероцитами. Сами аминокислоты являются индукторами транспортных систем и панкреатических пептидов. Аминокислотные транспортные системы взаимодействуют с несколькими аминокислотами одновременно. Было установлено, что L-метионин и L-лизин совместно используют транспортные системы с катионными и нейтральными аминокислотами в кишечнике цыплят. Ингибирование или конкуренция за поглощение в присутствии других аминокислот происходит между L-метионином и L-лизином. Таким образом, присутствие легкодоступных аминокислот кристаллического происхождения может увеличить скорость абсорбции аминокислот, связанных с пептидами и белками.

Аминокислота лизин является обязательной составляющей всех белков как растительного, так и животного происхождения, а его количественное содержание определяется трансформацией в мышечную ткань, чем напрямую влияет на рост и развитие молодняка. Немаловажное влияние лизин оказывает на энергетический и липидный обмены, воздействует на активность ряда ферментов, определяет кроветворную функцию костного мозга и состояние нервной системы, нормализует процесс жизнедеятельности клеток. Дезаминирование лизина – процесс необратимый,

поэтому важно, чтобы он непрерывно поступал в организм в процессе пищеварения.

В целом, дефицит лизина не будет напрямую влиять на иммунный ответ хозяина, но ограничит синтез белков, включая цитокины, и пролиферацию лимфоцитов [186]. Кроме того, поскольку лизин разделяет те же транспортные системы с аргинином, содержание доступного в рационе лизина может модулировать метаболизм аргинина [256].

Аргинин является незаменимой аминокислотой для поросят из-за недостаточного эндогенного синтеза, и было установлено, что кормовые добавки с аргинином могут усиливать иммунный ответ поросят. Было доказано, что кормовая добавка N-карбамилглутамат увеличивает эндогенный синтез аргинина, активируя кишечную пирролин-5-карбоксилатсинтазу и карбамилфосфат синтазу-1, которая широко используется вместо L-аргинин-HCl из-за опасений по поводу короткого биологического периода полураспада аргинина и антагонизма аргинин/лизин [159,193,268].

Потребность в лизине, треонине, триптофане и валине тщательно изучена и хорошо известна, что позволило определить идеальный профиль белка. В случае изолейцина, следующей лимитирующей аминокислоты после валина, важно знать, каковы его требования для снижения уровня белка при сохранении роста животного.

Изолейцин – это аминокислота с разветвленной цепью (наряду с валином и лейцином), которая принадлежит к длинноцепочечным нейтральным аминокислотам (таким как триптофан, гистидин, фенилаланин и тирозин), которые конкурируют транспортеры на уровне гематоэнцефалического барьера [232].

Аминокислоты с разветвленной цепью (валин, изолейцин и лейцин) рассматриваются как единое целое, поскольку они имеют общие метаболические пути, поэтому при избытке лейцина ускоряется катаболизм валина и изолейцина, а при из-

бытке лейцина и дефиците валина или изолейцина, наблюдается значительное снижение потребления корма [253].

Van Milguen J.M., Gloaguen M. et al. [246], установили требования к изолейцину по отношению к лизину на уровне 53%. Это соотношение должно поддерживаться для достижения лучшего прироста живой массы.

Аминокислоты с разветвленной цепью также можно использовать в качестве предшественников для синтеза новых иммунных клеток, эффекторных и защитных молекул. Исследованиями установлено, что рацион с ограниченным содержанием белка (сырой протеин 17%, соотношение лейцина, валина и изолейцина к лизину – 0,87; 0,51 и 0,41 соответственно) при добавлении 0,07% L-лейцина, 0,27% L-валина и 0,19% L-изолейцина может улучшить функции иммунной защиты кишечника, защищая морфологию ворсинок и повышая уровни иммуноглобулинов в кишечнике у поросят-отъёмышей [226,272].

Немаловажным для синтеза мышечной ткани молодняка свиней является соотношение лизина и обменной энергии в комбикормах. Установлено, что в разные периоды откорма оно должно составлять 0,85; 0,73 и 0,61 г лизина в расчете на 1 МДж обменной энергии при условии балансирования остальных незаменимых аминокислот в соответствии с концепцией «идеального протеина», что способствовало увеличению среднесуточного прироста живой массы поросят на 5,5%, при сокращении затрат кормов на единицу прироста живой массы на 0,18 кг [30].

Нормированное введение треонина в рацион поросят в период их роста и развития благотворно отражается на продуктивности и нормализует работу кишечника, за счет способности сдерживать экскрементацию муцина и других производных протеинов кишечника, вызванную наличием антипитательных веществ в кормосмесях, раздражением или механическим воздействием, что приводит к увеличению его потребности [2,104].

Сбалансированность пищевого треонина в рационах животных особенно важна для синтеза слизистой муцина и поддержания целостности кишечного барьера [249,250]. Авторы установили, что увеличение переваримости подвздошной кишкой треонина с 0,37 до 0,89% при 16%-ном уровне сырого протеина в рационе поросят может значительно улучшить концентрацию ацидомуцинов, дуодунальных сульфомуцинов и общего количества муцинов в двенадцатиперстной кишке. Однако дальнейшее увеличение до 1,11% приводит к подавлению экспрессии муцина в кишечнике, нарушению эпителиального барьера слизистой кишечника, увеличению концентрации иммуноглобулина G в сыворотке крови.

По мнению Xie C.Y, Zhang G.J. et al. [259], уровень треонина, необходимый для максимизации иммунного ответа, выше, чем для увеличения максимального прироста живой массы, а повышенный уровень треонина в рационе с низким содержанием белка повышает концентрацию антител в плазме.

Скармливание треонина и ферментных препаратов молодняку свиней на откорме улучшает способность к перевариванию и использованию питательных веществ кормов, а также технологические свойства, характеризующие в определенной степени кулинарную ценность данного продукта, имея высокую влагоудерживающую способность и меньшую увариваемость [12,97,116].

Важнейшая функция аминокислот – обеспечение процесса синтеза белка, но при этом нельзя не учитывать при составлении рационов и другие их функции: метионин нормализует липидный обмен, предотвращает жировую деградацию печени, а также способствует обновлению клеток печени и почек. Треонин, помимо того, что участвует в синтезе белка, является частью секреции кишечных эпителиальных клеток. Было обнаружено, что из общего количества треонина, абсорбированного в тонкой кишке, только 40% попадает в кровоток. Оставшиеся 60% используются клетками кишечника, прежде всего бокалами, для синтеза миозина. Муцин, как основной компонент слизи, увлажняет слизистую оболочку кишечника, защищая ее от механических повреждений и воздействия пищеварительных ферментов.

Серосодержащие аминокислоты важны для иммунной системы: метионин обеспечивает метильную группу для синтеза спермидина и спермина, что важно для пролиферации и дифференциации лимфоцитов; цистин является предшественником глутатиона, гомоцистеина и таурина, которые играют решающую роль в ответе на иммунологические проблемы. Дефицит цистина подавляет рост эпителия, ухудшает полиферацию лимфоцитов, снижает продукцию клеток CDu и интерферона, снижает активность Т-клеток. Для оптимизации иммунной системы необходимо дополнительное потребление серосодержащих аминокислот, чтобы поддерживать синтез белка в организме и синтез иммунного белка [41,47,80,82,122,126,136,191,224].

Триптофан играет роль в иммунных реакциях через продукты его катаболизма, такие как серотонин, мелатонин и N-ацетилсеротонин, которые могут ингибировать выработку супероксида, устранять свободные радикалы и модулировать индуцируемый синтез оксида азота (NO). Кроме того, имеющиеся данные указывают на то, что катаболизм триптофана может вызывать местный иммуносупрессивный эффект для контроля гомеостаза Т-клеток во время воспаления [5,6,187,217,269].

Наука о кормлении животных включает в себя изучение потребностей животного организма в энергии и питательных веществах и методы удовлетворения этих потребностей, технику подготовки и скармливания кормов. В связи с резким удорожанием всех источников энергии, в том числе тепловой и пищевой, большое значение приобретает вопрос экономного расходования и производства кормов [119].

Сбалансированность рациона по доступным аминокислотам и при снижении уровня сырого протеина на 10-25% от рекомендуемых норм способствовала увеличению продуктивности свиней более чем на 20%, уменьшению затрат кормов на 14,5%, а также удвоить условную прибыль. Экономический эффект составил 12% [29].

Сделан вывод о том, что соя среди масличных семян имеет сравнительно низкую доступность лизина для свиней. Основная причина – ингибиторы протеаз. Баротермическая обработка сои значительно улучшает истинную доступность незаменимых аминокислот, таких как лизин, треонин, аргинин, изолейциндоступность триптофана достигает 88% [54,95,96].

Определение переваримости важнейших аминокислот зерновых с помощью идеального метода на фистулированных свиньях с канюлей из титана, проведенное Омаровым М.О., Слесаревой О.А. и др. [94] позволило установить неоднозначность их использования организмом животных, что дает возможность балансировать рационы с учетом переваримости каждой отдельно взятой лимитирующей аминокислоты.

Питательная ценность пищевого белка (как цельного, так и гидролизованного) определяется содержанием, доступностью, балансом и усвояемостью аминокислот в рационе [149]. Аминокислоты в их биодоступной форме – это те, которые могут перевариваться, поглощаться и использоваться животными, поэтому переваримость аминокислот в значительной степени связана с их биодоступностью [225]. Поэтому возникает необходимость тщательно оценить биодоступность каждой из незаменимых аминокислот, так как это имеет решающее значение для установления баланса между питательной ценностью кормов и потребностью животных в питательных веществах [235]. В свете этого было проведено множество исследований для оценки питательной ценности рационов животных с целью разработки стандартов, отвечающих потребностям животных в питании [140,147,154,169,181,234]. Был проведен эксперимент для определения кажущейся (AID) и стандартизированной перевариваемости в подвздошной кишке (SID) сырого белка и аминокислот соевого шрота, изолята соевого белка, ферментированного соевого шрота, ферментативно обработанного соевого шрота, рыбной муки и казеина поросятами-отъемышами. Результаты показали, что ферментированный соевый шрот и ферментативно обработанный соевый шрот имели идентичный чи-

стому соевому шроту SID большинства аминокислот, а изолят соевого белка зафиксировал самый высокий SID аминокислот среди 4-х соевых продуктов. При этом казеин имел самый высокий SID аминокислот среди всех источников белка [147].

Несмотря на то, что низкобелковые рационы, уменьшают загрязнение окружающей среды азотом и улучшают здоровье и функцию желудочно-кишечного тракта животных, особенно поросят-отъемышей, они ослабляют синтез и рост мышечного белка в результате подавления мишенью рапамицина [157]. Существенное снижение суточного прироста и эффективности кормления наблюдалось, когда свиньи получали низкобелковую диету, тем не менее, эта проблема может быть смягчена с помощью кормовых синтетических добавок аминокислот. Например, когда низкобелковые рационы были дополнены лизином, триптофаном и треонином, продуктивность свиней увеличилась до уровня, сопоставимого с таковой у свиней, получавших рационы с высоким содержанием белка [59,65,81,92,203].

Изменения в скорости переваривания и высвобождения аминокислот в различных источниках кормового белка зависят не только от аминокислотного состава, но и от структуры рациона [238]. Различия в переваримости сырого протеина и аминокислот в различных источниках уже были изучены и установлены [143]. Тем не менее Abdallah A., Wang J. et al. [127] провели эксперименты по изучению удержания азота, потребности содержания аминокислот и аккреции белка у свиней. Результаты показали значительные различия в содержании свободных аминокислот с разветвленной сетью из различных источников кормового белка. В группе, где использовали соевую муку зафиксировано самое высокое содержание аминокислот с разветвленной сетью, затем в группе – где источником белка стала кукурузно-глютеновая мука, а затем в группах с рыбной мукой и ферментированной соевой мукой, которые находились на одном уровне. Дефицит аминокислот был ликвидирован за счет добавления в рацион синтетических аминокислот. Через 4-5 часов после начала пищеварения группа с ферментированной соевой мукой зафиксировала самую высокую скорость высвобождения аминокислот, в то время как группа с кукурузно-глютеновой мукой зафиксировала самую низкую скорость высвобождения аминокислот. При этом содержание аминокислот с разветвленной сетью в группе с

соевой мукой было выше, чем в группе с рыбной мукой, что позволяет предположить лучшую усвояемость корма с соевой мукой по сравнению с рыбной. Эти исследования согласуется с результатами Guan G.P., Tan B.E. et al. [172], которые наблюдали более высокое содержание аминокислот в проксимальном и дистальном отделах тощей кишки свиней, которых кормили рационом из соевых бобов, чем у тех, что кормили рационом из рыбной муки через 1 и 4 ч после скармливания. Однако, Zhou Q.C., Tan B.P. et al. [276] наблюдали более высокую доступность аминокислот в рыбной муке и кукурузной глютеновой муке, чем в соевом шроте, когда изучалась усвояемость выбранных кормовых ингредиентов.

Динамика высвобождения незаменимых аминокислот показала вариации в отношении лизина, метионина и фенилаланина, особенно в течение первых 8 часов пищеварения *in vitro*. Содержание метионина и фенилаланина в группе с соевой мукой было значительно выше, чем в группе ферментированной соевой мукой, однако противоположный результат был получен в отношении содержания лизина, где в группе с ферментированной соевой мукой был значительно выше, чем в группе с соевой мукой. Кроме того, содержание лизина и метионина в группах с кукурузно-глютеновой и ферментированной соевой муки существенно не отличалось, но содержание фенилаланина в группе с кукурузно-глютеновой мукой было значительно выше, чем в группе с ферментированной соевой мукой. Эти изменения являются результатом добавления синтетических аминокислот для достижения баланса их в различных источниках белка. Не было обнаружено значительных различий в содержании треонина во всех подопытных группах. Содержание аминокислот в группе с ферментатированной соевой мукой поддерживалось стабильно в течение 12-20 ч в процессе переваривания, что указывает на более высокую скорость высвобождения аминокислот, в то время как содержание их в группе с кукурузно-глютеновой мукой последовательно снижалось, что указывает на более низкую скорость высвобождения. В течение того же периода скорость высвобождения аминокислот в группе с соевой и рыбной мукой была статистически схожей. Кроме того, результаты показали, что скорость высвобождения изолейцина, лейцина и валина была самой высокой в группе с ферментатированной соевой мукой и самой

низкой в группе кукурузно-глютеновой мукой, а в группах с соевой и рыбной мукой – существенно не отличалась. Высокая скорость высвобождения аминокислот в группе с ферментированной соевой мукой, возможно, была вызвана микробным метаболизмом, происходящим во время ферментации сои [134,185,230]. Кроме того, этот результат может быть связан с удалением таких антипитательных факторов, как фитиновая кислота, α-галактозиды и ингибиторы трипсина, путем ферментации, в то же время поддерживая приемлемое количество белка, крахмала, минералов, пищевых волокон, доступного сахара и витаминов [181]. Низкая скорость высвобождения аминокислот в группе кукурузно-глютеновой мукой, вероятно, была обусловлена высоким количеством проламина в кукурузе, который состоит из высокого содержания гидрофобных аминокислот и, следовательно, имеет низкую растворимость [240]. Проламин является запасным белком, который содержит более высокое содержание пролина и глутамина и более низкое содержание лизина, треонина и триптофана по сравнению с другими белками. Проламин составляет до 40% общего белка в кукурузе и приводит к плохой усвояемости и качеству пищеварения [206].

В заключение следует отметить, что динамика переваривания и высвобождения аминокислот в различных белковых кормах варьирует, и эти вариации в значительной степени зависят от молекулярной структуры и химического состава источника кормового белка. Следовательно, регулируя структуру источника белка и рациона, можно эффективно регулировать схемы высвобождения аминокислот из рациона в пищеварительном тракте животных, чтобы обеспечить динамический баланс между содержанием аминокислот в рационе и потреблением их животными в целях повышения эффективности использования питательных веществ корма и, следовательно, улучшения продуктивности животных.

Исследованиями Омарова М.О., Слесаревой О.А. [96] установлено, что устранение дефицита лимитирующих аминокислот в рационе с помощью кормовых добавок, содержащих синтетические аминокислоты, позволяет сократить использование сои в 5-7 раз, уменьшить уровень протеина – на 34%, снизить затраты

корма – на 23-32% без ущерба для продуктивности животных. все это удешевляет стоимость рационов на 30-35%. Таким образом, за счёт использования низкобелковых рационов можно снизить себестоимость единицы продукции на 40-45%.

Снижение уровня протеина в рационе молодняка свиней на доращивании до 150 г/кг и на откорме до 141 г/кг корма в сравнении с рекомендуемыми нормами, при условии устранения дефицита по незаменимым аминокислотам, не оказывает негативного влияния на интенсивность роста, снижает расход сырого протеина на единицу прироста, чем способствует меньшему выделению азота корма с мочой. Дальнейшее снижение протеина в рационах не обеспечивает высоких показателей продуктивности свиней [61,62,84].

Использование пищевых белков должно рассматриваться в контексте доступного энергоснабжения. Энергия является главной движущей силой обмена веществ. Если энергии недостаточно, кормовой белок будет использоваться в качестве источника энергии вместо того, чтобы эффективно превращаться в белок организма [33,73,202].

Балансирование состава протеина корма до уровня «идеального белка» синтетическими аминокислотами позволит решить две задачи: нивелировать негативное воздействие на окружающую среду за счет снижения выделяемого азота и снизить использование в кормлении свиней зерна злаковых культур, конкурирующих как продукты питания населения планеты [78,89,101,103,111,114,123].

Выделение азота с фекалиями снизилось ($P<0,05$) на 11,0%, 12,3% при скармливании рационов с 10%, 13% сырого протеина, по сравнению с контролем – с 16% сырого протеина в рационе [231]. Ранее сообщалось, что экскреция азота у растущих свиней была снижена на 10 и 40% при снижении концентрации сырого протеина в рационе с 15 до 6% [212], с 16 до 14% [176] и с 17 до 11% [182]. Фекальный микробный азот не отличался между 10, 13 и 16% сырого протеина в рационах, который составил 18,6; 18,1; и 14,4% от общих потерь азота и не был основным фактором снижения общих потерь. Бактериальный азот в сочетании с аммиаком и

азотом мочевины составлял почти 61% от общих потерь азота у свиней, получавших казеиновую диету или диету со свободным белком [251].

Эксперименты с содержанием различного уровня протеина в рационе, с целью сокращения выбросов аммиака, являются реальной и эффективной практикой на каждом этапе цепочки от кормления животных до распределения навоза. Снижение уровня сырого протеина является эффективным методом снижения выбросов аммиака из свиноводческих помещений [201].

Изменение количественного и качественного белкового состава комбикормов в опытах, проведенных Ниязовым Н.С.-А. [81], оказывало неоднозначное влияние на зоотехнические показатели выращивания животных. Снижение уровня сырого протеина в рационах свиней до 12,4% в период доращивания, до 11,5% –10,5% – в период откорма при условии обогащения его лимитирующими аминокислотами не оказывает существенного влияния на продуктивность животных, но улучшает биоконверсию корма в продукцию и качество туш.

## 1.2 Использование низкопротеиновых рационов при выращивании молодняка свиней на откорме

Среди подотраслей животноводства свиноводство занимает одно из ведущих мест в решении важных и стратегически значимых задач обеспечения продовольствием населения России и её регионов. Особую роль мяса и мясных продуктов, как основного источника белков животного происхождения, в питании человека трудно переоценить. В условиях промышленного производства свинины в России, отмечается устойчивый прирост в хозяйствах всех форм собственности, однако существует целый ряд системных проблем развития, таких как: отсутствие финансовых средств, отечественной племенной базы, низкий технологический уровень производства, дефицит зооветеринарных специалистов, ветеринарные проблемы, связанные с ввозом гибридных животных из-за рубежа, негативные последствия

вступления России в ВТО, новые международные ГОСТы качества мяса и его переработки. Все это не позволяет многим свиноводческим предприятиям реализовать в полном объеме свой потенциал. При этом интенсивное развитие свиноводческой подотрасли продолжается, обеспечивая продовольственный рынок России качественной свининой и приобретает особую значимость для агропромышленного комплекса многих регионов страны [4,75,118].

На современном этапе одной из важных задач всех подотраслей агропромышленного комплекса страны является увеличение объемов производства мяса различных видов животных и птиц и полное удовлетворение в нём потребности населения. Эта задача выполнима при условии высокой продуктивности животных и биоконверсии кормов, что в свою очередь требует полной сбалансированности рационов по всем элементам питания – метаболической энергии, сырому протеину, незаменимым аминокислотам, жирным кислотам, минералам и витаминам [23,24,38,39,48].

Проведены многочисленные исследования по испытанию стандартных рационов, руководствуясь нормами, рекомендуемыми ВАСХНИЛ соизмеримо потребности свиней в белке и аминокислотах на поддержание жизни и прирост живой массы, а также различное соотношение лимитирующих аминокислот в рационе, было установлено, что возможно снизить уровень белка на 14-30% не снижая показатели суточных приростов, а наоборот увеличивая их на 12,4% по сравнению с аналогичными значениями, полученными на рационах, рекомендуемых ВАСХНИЛ [90].

Кормовая (биологическая) ценность протеина определяется наличием в нем аминокислот. По сути потребность в белке, есть потребность животных в незаменимых и заменимых аминокислотах. Следовательно, рекомендуемые в отечественных и зарубежных справочниках нормы белка в рационах для свиней могут быть существенно снижены с учётом анализа обменных процессов, в которых белок принимает непосредственное участие. Концепция «идеального» белка базируется не

только на количестве в нем аминокислот, но и на оптимальном для организма животного соотношении [61,62,151].

В свиноводстве содержание сырого протеина в рационе может быть снижено, когда удовлетворяется потребность в лимитирующих аминокислотах и белковом азоте, поскольку для белкового обмена моногастричных животных, в том числе свиней, необходимы незаменимые аминокислоты.

Из-за ограниченного содержания лизина в кукурузе в рационы для удовлетворения потребности свиней в лизине включают большое количество соевого шрота, что приводит к повышению уровня протеина и избыточному содержанию других незаменимых аминокислот и экскреции избытка азота в кале и моче, что приводит к снижению эффективности использования азота. Кроме того, ферментация белка в задней кишке может нанести вред здоровью кишечника [165,166,177].

Доказано, что снижение сырого протеина в рационе до 4% от рекомендуемых норм при одновременном балансировании аминокислот синтетическими препаратами увеличивает использование азота, снижает затраты кормов и экскрецию азота, улучшает состояние кишечника, повышает прирост живой массы свиней. При этом необходимо, чтобы рационы были сбалансированы синтетическими аминокислотами L-лизин, DL-метионин, L-треонин и L-триптофан, поскольку они являются лимитирующими и необходимы для баланса идеального соотношения белков [87,100,112,155,184,211,265].

В странах ЕС в 2012 году в стандартах потребности свиней в питательных веществах исключен термин «сырой протеин» и заменён на «потребность в общем азоте», руководствуясь тем, что если потребность свиней в общем азоте умножить на коэффициент 6,25, то потребность в сыром протеине окажется на 2-4% ниже рекомендуемых норм. К тому же расширяется выпуск синтетических аминокислот, и промышленность в дополнение к имеющимся стала выпускать L-валин и L-изолейцин, что способствует в дальнейшем снижению сырого протеина в хозяйственных рационах. Однако следует отметить, что на низкопротеиновых рационах

от свиней получают более плотные туши, что связано с высокой энергией, доступной для отложения жира. В связи с этим предложено использовать систему чистой энергии при составлении рационов для достижения соответствующих характеристик туш и качества мяса [241,264].

Нехватка высококачественных источников белка является всемирной проблемой. Только в Китае расходуется на нужды сельского хозяйства 8500 млн. тонн сои, что составляет 26% мирового производства, следовательно, снижение содержания белка в рационе может эффективно снизить нагрузку на белковые ингредиенты. Исследования показали, что каждые 10 г/кг снижения сырого протеина в рационе приводят к снижению включения белковых ингредиентов на 3%, при этом увеличивается использование энергии на 3%, что адекватно уменьшению источника белка.

Таким образом, применение низкобелковых рационов можно рассматривать как экономически эффективную альтернативную стратегию кормления из-за высокой цены белковых ингредиентов по сравнению с источниками энергии. Учитывая меньшее количество белковых ингредиентов и большее источников энергии, стоимость дополнительно введенных синтетических аминокислот можно снизить стоимость корма на 1,5%. Эта цифра может колебаться в зависимости от колебаний рыночной цены на корма и синтетические аминокислоты, продуктивности животных и реализационной стоимости готовой продукции [17,43,99,213,255].

Скармливание поросятам на доращивании различного количества протеина, лизина, треонина и метионина отразилось на использовании ими азота корма. При этом и переваримость основных питательных веществ корма, под влиянием изучаемой кормовой добавки с аминокислотами, в опытной группе оказалось выше по сравнению с контролем: сухого вещества на 2,23%, органического вещества – на 1,94, сырого протеина – на 2,75 и БЭВ – на 1,19%. Обнаружена тенденция увеличения биоконверсии сырого жира и сырой клетчатки на 1,33 и 1,30% [83,86].

Применяя кормовую добавку, в состав которой входили синтетические аминокислоты лизин, треонин и метионин, было сокращено потребление сырого протеина и обменной энергии на 1 кг прироста живой массы [16,18,42,68,88].

Несмотря на многочисленные исследования, связанные с изучением влияния низкобелковых рационов, при выращивании молодняка свиней и на откорме, а также определением потребности аминокислот и метаболической энергии у помесных свиней, которые имеют высокий потенциал для роста мышц и отложения белка, уровень их пока еще не установлен. Перед учеными и практиками стоит задача совершенствовать системы энергетического, протеинового и аминокислотного питания и связать их воедино, устранить некоторые разногласия по установлению оптимального уровня протеина и обменной энергии, а главное лимитирующих аминокислот и их соотношения в низкопротеиновых рационах свиней.

Исследованиями Махаева Е.А. [72], Ниязова Н.С.-А. [85] установлено, что снижение содержания сырого протеина в рационе поросят на доращивании до 12,2% и увеличение уровня метаболической энергии на 5%, трех основных лимитирующих амиокислот (лизин, метионин, треонин) на 22,0-26,0%, способствует более интенсивному их росту, обмену белка и использованию азотистых веществ.

Гамко Л.Н., Бадырханов М.Б. и др. [22] установили, что только 10-40% азота, принятого с кормом белка, трансформируется в мышечную ткань, а остальная часть в диапазоне 60% и более выводится из организма.

Показатели роста животных являются важным фактором и индикатором оценки рационов с пониженным содержанием протеина. Хорошо известно, что снижение протеина в рационе в пределах 3% от рекомендуемых норм не влияет отрицательно на прирост живой массы [221]. Однако имеются противоречивые результаты о влиянии дальнейшего снижения сырого протеина в рационе на показатели роста более чем на 3%. Снижение протеина на 4,8% наряду с добавлением четырёх лимитирующих аминокислот привело к значительному снижению показа-

телей роста молодняка свиней по сравнению с теми, которые получали корм, сбалансированный по сырому протеину. Снижение продуктивности было уменьшено за счет введения в рацион валина и изолейцина, предполагая, что эти аминокислоты могут стать следующими лимитирующими в рационах свиней [71,220,228].

По мнению Zheng L., Wei H. et al. [273], добавление в рацион свиней валина и изолейцина при низком уровне протеина может повысить прирост живой массы за счет увеличения потребления корма.

Zhang S., Chu L. [271] также подтвердили, что сбалансированность аминокислот с разветвлённой цепью в рационе с пониженным содержанием протеина на 4,5% является сдерживающим фактором снижения показателей роста свиней на откорме.

Дальнейшее снижение уровня сырого протеина более чем на 6% было бы возможным при балансировании всех незаменимых аминокислот без отрицательного влияния на характеристики роста свиней [204]. Однако есть сведения о том, что при выращивании свиней на рационах с уменьшением сырого протеина на 8,3% при сбалансированности по всем незаменимым аминокислотам были получены низкие приросты живой массы. Это говорит о том, что как недостаток незаменимых аминокислот, так и общего азота, может стать причиной плохих показателей роста свиней [173,200].

По мнению Nemechek J.E. [208], условно незаменимые аминокислоты аргинин и цистеин, вероятно, будут лимитирующими при оптимизации роста молодняка свиней, выращиваемых на рационах с очень низким содержанием белка.

Низкие показатели роста свиней, получавших рацион с очень низким содержанием протеина, могут быть связаны с дефицитом интактного белка или избытком свободных аминокислот. Аминокислоты, связанные с белками, являются более эффективными для удержания азота и гомеостаза белка в организме, чем свободные. Кроме того, сообщалось, что содержание ди- и трипептидов, гидролизованных из интактного белка, положительно коррелирует с активностью пищеварительных

ферментов. Высокая скорость поглощения свободных аминокислот может вызвать чрезмерное их окисление, которое приводит к снижению отложения белка в организме и низким показателям роста свиней [151].

Расхождения в характеристиках роста, вызванные с использованием рационов с пониженным содержанием сырого протеина, среди вышеупомянутых исследователей могут быть вызваны вариациями уровней сырого протеина, типов кормовых ингредиентов, схем кормления, условий эксперимента.

Обобщая имеющиеся сведения, можно заключить, что при снижении сырого протеина ниже 3% требуется, в обязательном порядке, балансировать первые четыре лимитирующие аминокислоты (лизин, метионин, триптофан и треонин), при снижении протеина в рационе до 6% необходимо балансировать еще две аминокислоты с разветвлённой цепью – валин и изолейцин, которые способствуют сохранению показателей роста в том же диапазоне. Снижение сырого протеина, более чем на 6%, влечет за собой балансирование условно незаменимых аминокислот (аргинин и цистеин) для улучшения приростов живой массы свиней.

Кишечные заболевания, такие как энтерит кишечной палочки у подсосных свиней, трансмиссивный гастроэнтерит, колит и дизентерия поросят, которые серьезно повреждают слизистую оболочку кишечника и его способность поглощать питательные вещества, могут оказывать сильное влияние на использование аминокислот и усугублять последствия болезни. При работе с такими заболеваниями важно обеспечить высокий уровень аминокислот в период выздоровления.

Критическими периодами являются первые 14 дней после отъема, и в возрасте от 6 до 12 недель, когда материнские антитела снижаются, и животные подвергаются воздействию новых эндемически инфицированных сред. В эти периоды рекомендуется кормить или продолжать кормить более качественными кормами.

Возникновение диареи у поросят после отъёма, общеизвестная проблема, которую на протяжении многих лет решали, применяя антибиотикотерапию. Однако

запрет на применение антибиотиков обострил данную проблему, решением которой оказалось снижение уровня протеина в рационе.

Желудочно-кишечные заболевания являются основной причиной диареи молодняка, которая вызывает тяжелую заболеваемость и смертность поросят и которые тесно связаны с микробиотой кишечника и их продуктами [133]. На состав желудочно-кишечной микробиоты влияет рацион питания и, в частности содержание в нем белка [223]. Белок является наиболее важным компонентом тканей у животных, и, в отличие от углеводов, высокая концентрация потребляемых с пищей белков может привести к образованию нескольких вредных метаболитов в кишечнике [163], которая является потенциальной причиной диареи у млекопитающих [252].

Исследования, проведенные Gao J., Yin J. et al. [162] на поросятах-отъемышах в течении двух недель показали, что в опытной группе, где в составе рациона находилось высокое содержание белка, в котором уровень казеина достиг 30%, против 17% в контрольной, что корм с высоким содержанием белка вызывает постоянную диарею в течение всего периода исследования, в то время как у контрольных поросят диарея не наблюдается. Живая масса, потребление кормов, среднесуточный прирост и эффективность кормления были снижены в группе с повышенным содержанием протеина по сравнению с контрольной. Содержание всех протестированных аминокислот также значительно снизилось у поросят опытной группы.

Кроме того, рационы с высоким уровнем белка способствовали значительному снижению высоты подвздошной кишки и увеличению глубины крипты подвздошной кишки у поросят опытной группы по сравнению с контрольными поросятами. Как известно поддержание нормального состояния кишечного эпителия важно для деятельности основных физиологических процессов, таких как пищеварение, всасывание и иммунные реакции. Морфометрические результаты тонкой кишки, включая высоту ворсинки, глубину склепа и соотношение ворсинки и крипты, могут представлять здоровье кишечника [174].

Во многих исследованиях сообщалось, что низкопротеиновые рационы эффективно снижали частоту возникновения диареи после отъёма поросят, поддерживали здоровье кишечника и оказывали заметное влияние на морфологию кишечника и микробиоту. В период отъема происходит смена жидкого (молочного) корма на твердый (комбикорм), что сопровождается изменениями психологических, средовых, морфологических и микробных свойств в желудочно-кишечном тракте молодняка свиней [227]. Эти изменения часто связаны с высокой заболеваемостью пост-отъемной диареей в этот период. Пищевые антибиотики широко использовались в качестве эффективных профилактических мер, однако появление устойчивости к противомикробным препаратам вызвала глобальную обеспокоенность по поводу негативных последствий субтерапевтического применения антибиотиков [152]. В результате в 2006 году в Европе был введен запрет на использование антибиотиков в кормлении животных и птиц, а Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) в 2015 году выпустила свой глобальный план действий. Одним из альтернативных планов в стратегии питания борьбы с диареей является снижение сырого протеина в кормлении поросят-отъемышей.

В результате ферментации непереваренного белка и аминокислот микробиотой кишечника в задней кишке образуются многочисленные метаболиты, такие как жирные кислоты с короткой или разветвленной цепью, серосодержащие бактериальные метаболиты (метантиол, сероводород), ароматические соединения (фенольные, индольные соединения), полиамины и аммиак [207,218,219].

Некоторые из метаболитов полезны для организма, например, короткоцепочные жирные кислоты, которые могут использоваться в качестве источника энергии или регулировать пролиферацию и дифференцировку клеток, а с разветвленной цепью – регулировать абсорбцию и секрецию электролита [216]. Тем не менее относительные пропорции жирных кислот, которые образуются в результате ферментации белка присутствуют в гораздо более низких концентрациях, а их содержание в основном регулируется доступным уровнем углеводов [199].

Аммиак, полиамин, фенол и индольные продукты ферментации представляют собой потенциальные токсины, воздействуя на клетки эпителия или ингибирование митохондриального кислорода в качестве нарушителей обмена веществ в отношении энергетического метаболизма колоноцитов. Более того рационы с высоким содержанием протеина обладают более высокой кислотосвязывающей способностью и повышают pH желудочно-кишечного тракта до почти нейтральных значений, которые обеспечивают благоприятную среду для распространения патогенных бактерий, таких как бактероиды и виды Clostridium, тем самым увеличивая заболеваемость пост-отъемной диареей. Таким образом, уменьшение количества белка, достигающего толстой кишки, путем выбора легкоусвояемых белковых ингредиентов или снижения уровня белка в рационе может снизить заболеваемость и облегчить течение пост-отъемной диареи [132,198,266].

Применение низкопротеиновых рационов является инструментом в свиноводстве не только для снижения затрат на корма и выделения азота, но также для эффективного улучшения состояния кишечника в эпоху ограничений на использование антибиотиков. Снижение уровня сырого протеина на 3-4% и добавление кристаллического лизина, треонина, триптофана, метионина и валина не оказывает отрицательного влияния на продуктивность животных и усвоение азота. Проблему более тяжелых туш, генерируемых низким содержанием протеина, можно избежать, если учитывать чистую энергию и сбалансированный состав аминокислот. Низкокалорийные рационы способствуют повышению содержания внутримышечного жира (мраморность), улучшению вкусовых качеств свинины. Однако возникает следующий вопрос, как увеличить содержание внутримышечного жира, но при этом сохранить толщину шпика.

Таким образом, следует выяснить механизм, лежащий в основе низкопротеиновых рационов, влияющих как на белковый, так и жировой обмены, чтобы обеспечить стратегию питания, улучшающую качество мяса. С развитием технологии

производства кристаллических аминокислот с помощью биологической ферментации появилась возможность устранять дефицит многих аминокислот в рационе питания независимо от содержания сырого протеина. Однако все эти вопросы требуют дальнейших исследований.

# 2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальные исследования для подготовки диссертационной работы проводились в условиях племзавода «Колхоз имени Ленина» Суровикинского района Волгоградской области на молодняке свиней крупной белой породы с 2017 по 2020 гг.

В эксперименте в качестве добавок использовали L-лизин сульфат – 70% (СТО 71461874-002-2014; Россия, Белгородская обл.) и метионин кормовой (ГОСТ 23423-2017; Россия, Волгоградская обл.).

Для проведения испытаний по принципу аналогов было сформировано 4 группы животных по 16 голов в каждой. Откормочный процесс был разделён на три периода: до 50, 80 и 120 кг живой массы. Молодняк свиней I группы получал сбалансированный по всем питательным веществам корм, в состав которого было включено 58-65% молотого ячменя, горох, мясокостная мука. Содержание переваримого протеина по периодам откорма составило 119, 106 и 90 г соответственно; животные II группы получали стандартный общехозяйственный рацион (ОР), в котором дефицит по переваримому протеину в 1-м периоде откорма составил 19,0%, во 2-м – 14,4%, а в 3-м – соответствовал нормативным показателям кормления молодняка свиней (ВИЖ). Дефицит по лизину в 1-м периоде – 34,9; метионину + цистин – 37,8%; во 2-м – 29,6 и 23,1%; в 3-м – 14,9 и 8,8% соответственно. Молодняк свиней III группы получал ОР, а для балансирования корма по лизину вводили кормовой лизин. Молодняк свиней IV группы получал ОР, а недостаток лизина и метионина компенсировали за счет соответствующих синтетических аминокислот.

Все рационы были сбалансированы по витаминам и минеральным веществам. Перед скармливанием все комбикорма подвергались экструдированию, перед которым комбикорм подвергался увлажнению до 25% электроактивированным анолитом

при t-ре 50-55ºС.

Действующие вещества в анолите: смесь периксидных соединений (HO• – радикал гидроксила, $HO_{-2}$ – анион пероксида, $O_{-2}$ – супероксил-анион, $O_3$ – озон, O – атомарный кислород) и хлоркислородные соединения (HClO) – хлорноватистая кислота, ClO – гипохлорид-ион, ClO• – гипохлорид-радикал, $ClO_2$ – диоксид хлора. Анолит содержит 0,03-0,06% активного хлора с pH 2,0-3,0. Эта комбинация действующих веществ не позволяет адаптироваться грибкам и микроорганизмам к биоцидному действию анолита, а малая суммарная концентрация соединений активного кислорода и хлора гарантирует безопасность для животных и окружающей среды.

В процессе экструдирования при t-ре 150 ºС и давлении 50 атмосфер происходит глубокое изменение структуры и свойств питательных веществ.

В соответствии с задачами, согласно схеме (рисунок 1), нами были проведены следующие исследования:

- согласно рекомендациям ВИЖа, балансовый опыт был разделён на подготовительный и основной периоды. Подготовительный период проводился в течение 21 дня, животные всех подопытных групп получали основной рацион. Изучение сбалансированности рационов кормления подопытных животных проводили на основании анализа фактического рациона по содержанию в нём протеина, лизина, метионина + цистин специалистами комплексной аналитической лаборатории ГНУ НИИММП и ГБО ВО «Волгоградская областная ветеринарная лаборатория»;

- анализ химического состава кормов, продуктов обмена животных вели по общепринятым методикам зоотехнического анализа (Аликаев В.А., Петухова Е.А. и др., 1967; Лебедев П.Т., Усович А.Т., 1976);

- весовой рост молодняка свиней в период откорма учитывали путём ежемесячного индивидуального взвешивания (утром до кормления), а перед убоем после 24-часовой голодной выдержки;

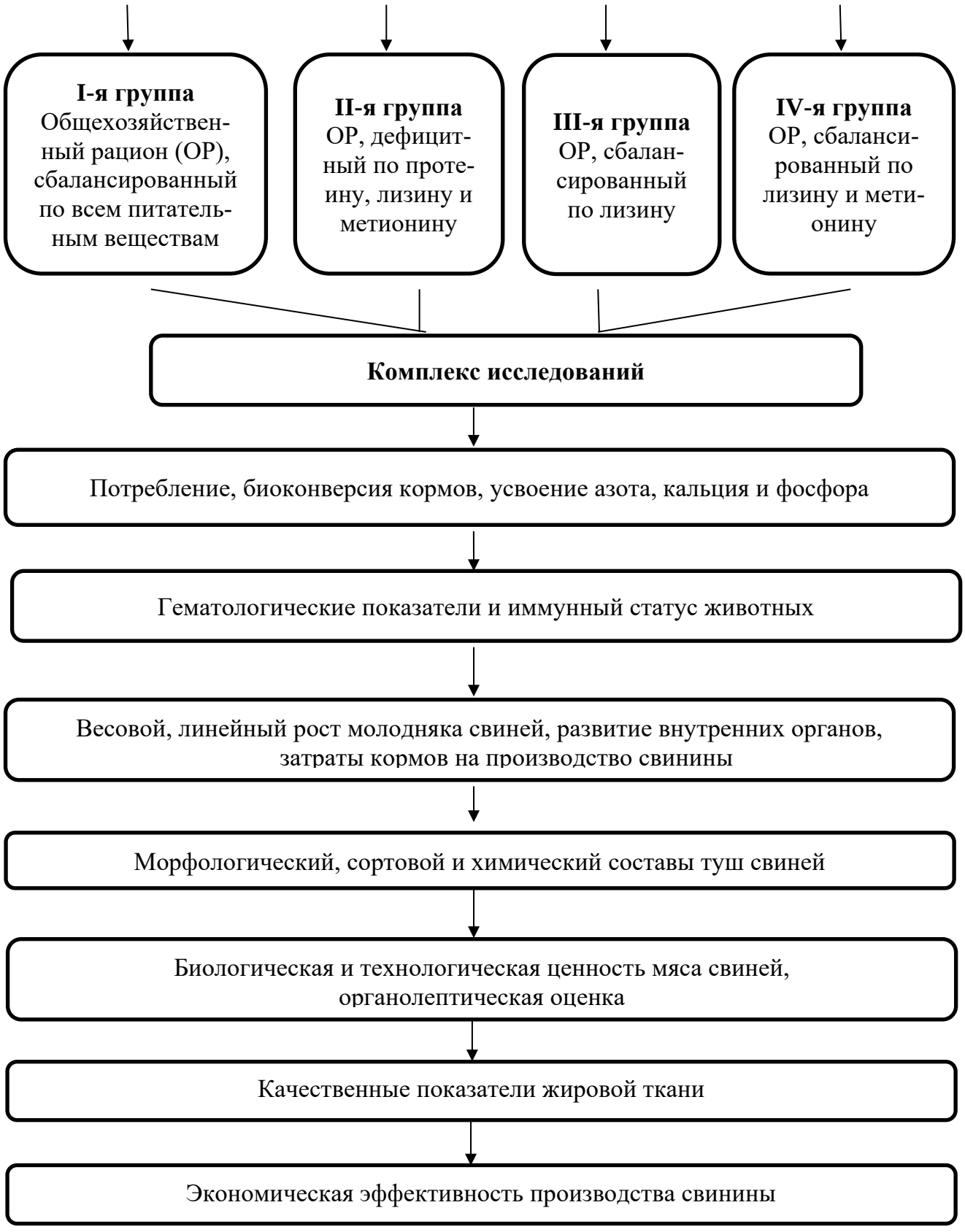


Рисунок 1 – Схема проведения опыта

- линейные измерения: длина туловища (от затылочного гребня до конца хвоста), обхват груди (по вертикальной линии касательной к заднему углу лопатки), высота в холке (от высшей точки холки по отвесу до земли), глубина груди (от высшей точки холки до нижней поверхности грудной клетки). На основании измерений основных статей тела вычисляли индексы телосложения;

- в конце откорма провели контрольный убой трёх голов из каждой группы (после 24-часовой голодной выдержки). Оценку мясной продуктивности туш животных изучали в соответствии с «Методическими рекомендациями ВАСХНИЛ по оценке мясной продуктивности, качества мяса и подкожного жира свиней»;

- химический состав мяса исследовали в соответствии с ГОСТами 9793-74; 25011-81 и 23042-86. Спектр аминокислот длиннейшей мышцы спины изучали на аминокислотном анализаторе «ARACUS» (Германия);

- величину pH (ГОСТ 51478-99, ИСО 2917-74) – с помощью pH-метра непосредственно в мышечной ткани;

- энергетическую ценность мяса оценивали по формуле Александрова В.М. (1951);

- дегустационную оценку мяса, полученного от подопытных животных, и бульона из него, оценивали на основании органолептической оценки по ГОСТ 9959-91 «Продукты мясные. Общие условия проведения органолептической оценки»;

- морфологический состав крови определяли на автоматическом гематологическом анализаторе URiT-3020 Vet Plus (Китай); биохимический состав сыворотки кров – на полуавтоматическом анализаторе URiT-800 (Китай). Резистентность оценивали путём определения бактерицидной активности (Бухарин О.В., Созыкин А.В., 1979), лизоцимной активности (Дорофейчук В.Т., 1968), фагоцитарной активности (Федюк В.В. и др., 1999);

- экономическую эффективность рассчитывали в соответствии с «Методическими рекомендациями по определению экономического эффекта от внедрения ре-

зультатов научно-исследовательских работ в животноводстве» (Шмаков Ю.И., Комаров Л.Л., Черекаев А.В., 1984);

- результаты исследований были обработаны методом вариационной статистики (Плохинаский Н.А., 1970) с определением критерия достоверности разницы по Стьюденту.

# 3 РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

## 3.1 Влияние уровня протеина и аминокислот в рационах свиней на мясную продуктивность и качество свинины

Реализовать в полном объеме генетический потенциал животных, который как правило связан с высокой продуктивностью возможно при условии нивелирования дефицита основных питательных веществ корма, в том числе белка и аминокислот. Корма растительного происхождения, являющиеся основой рациона сельскохозяйственных животных, бедны белком и, естественно, не способны удовлетворить потребность в нем высокопродуктивных животных и, как следствие в незаменимых аминокислотах.

Одной из основных и постоянных задач животноводческой отрасли является увеличение уровня эффективности (использования и переваримости) кормов сельскохозяйственными животными. При этом большое внимание уделяется проблеме использования протеина корма, его качеству, которое устанавливается перечнем аминокислот в определенном соотношении, так необходимых для полноценного питания свиней.

Организм животных в процессе жизнедеятельности и, в частности белковом обмене, нуждается в аминокислотах, как составных частях, которые выделяются из кормового белка при расщеплении в желудочно-кишечном тракте. Для обеспечения необходимыми аминокислотами обменных процессов в организме животных на высоком уровне, общий уровень протеина не может быть уменьшен, однако использование промышленных препаратов синтетических аминокислот позволяет снизить уровень сырого протеина в рационе.

Исследованиями доказано, что балансировать рацион синтетическими аминокислотами выгоднее, чем высокопротеиновыми кормами, как с экономической, так и с физиологической точек зрения.

В настоящее время на рынке представлен широкий ассортимент синтетических аминокислот и препаратов с их включением.

На основании вышесказанного мы провели исследования, направленные на изучение влияния отечественных синтетических аминокислот лизина и метионина на физиологическое развитие молодняка свиней в процессе откорма до 100 и 120 кг живой массы, их мясную продуктивность и качественные показатели мяса и сала.

### 3.1.1 Технология кормления и содержания животных

Молодняк свиней содержался по технологии, принятой в племзаводе «Колхоз имени Ленина» Суровикинского района Волгоградской области.

Полноценное и сбалансированное кормление свиней по всем питательным веществам является ключом не только к постоянному увеличению мясной продуктивности животных, но и их репродуктивных качеств, а также физиологического развития на всех этапах роста.

Для опыта с учетом пола и возраста были сформированы четыре группы молодняка свиней по 16 голов в каждой средней живой массой 30 кг. Откорм животных был разделен на три периода: первый – до достижения молодняком свиней живой массы 50 кг, второй – 80 кг и третий – 120 кг. Убой животных осуществляли при достижении животными массы 100 и 120 кг.

В подготовительный период животные всех подопытных групп на протяжении трех недель получали корм, сбалансированный по протеину, лизину, метионин+цистин, в соответствии с нормативными показателями. Питательность кормов рассчитывали на основании анализа, проведенного в Волгоградской областной ветеринарной лаборатории и комплексной аналитической лаборатории, ГНУ

НИИММП.

В процессе опыта был использован концентрированный тип кормления. Условия кормления были следующими: I-я группа (положительный контроль) – рацион молодняка свиней сбалансирован по всем питательным веществам, в том числе переваримому протеину, который по периодам откорма составил 119, 106 и 98 г соответственно. Горох и мясокостная мука в структуре рациона позволили сбалансировать его по незаменимым аминокислотам, а люцерновая мука ликвидировала дефицит по каротину.

Животные II-й группы (отрицательный контроль) получали общехозяйственный рацион, дефицитный как по протеину, так и аминокислотам. Животные III-й группы получали общехозяйственный рацион, сбалансированный по лизину до нормативных показателей ВИЖа синтетическим L-лизин сульфатом – 70%, а IV-й группы – общехозяйственный рацион, дефицит лизина и метионина которого возмещен включением синтетических L-лизин сульфата – 70% и метионина кормового. Во всех группах в структуре рациона присутствовали мел и поваренная соль для удовлетворения потребности животных в кальции, натрии и хлоре. Данные, характеризующие состав и питательность общехозяйственных рационов в 1-й, 2-й и 3-й периоды, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели питательности общехозяйственных рационов (ОР)

| Показатели | Периоды опыта | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | первый | | второй | | третий | |
| | содер-жится | требу-ется | содер-жится | требу-ется | содер-жится | требу-ется |
| Структура рационов, % комбикорм | 98,2 | - | 98,6 | - | 98,6 | - |
| Грубые корма (травяная мука) | 1,8 | - | 1,4 | - | 1,4 | - |
| В 1кг корма содержится: | | | | | | |
| переваримого протеина, г | 93,2 | 115,0 | 89,0 | 104,0 | 86,0 | 90,0 |
| Аминокислот, г: | | | | | | |
| лизин | 4,43 | 6,8 | 4,0 | 5,6 | 4,0 | 4,7 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| метионин+цистин | 2,86 | 4,6 | 3,0 | 3,9 | 3,1 | 3,4 |

Продолжение таблицы 1

| Показатели | Периоды опыта | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | первый | | второй | | третий | |
| | содер-жание | требу-ется | содер-жание | требу-ется | содер-жание | требу-ется |
| триптофан | 1,43 | 1,20 | 1,40 | 1,00 | 1,40 | 0,87 |
| Кальция, г | 5,89 | 6,20 | 5,90 | 5,80 | 5,30 | 5,20 |
| Фосфора, г | 3,48 | 4,30 | 3,40 | 4,30 | 3,30 | 4,20 |
| Каротина, мг | 5,0 | 3,8 | 4,3 | 5,0 | 4,4 | 3,9 |

Анализ питательности кормов по периодам откорма показал несбалансированность рациона в 1-м периоде опыта по переваримому протеину на 19,0%, лизину – 34,9, метионину+цистин – 37,8%; во 2-й период дефицит протеина в рационе был на уровне 14,4%, лизина – 29,6 и метионина+цистин – 23,1%; в 3-й период опыта количество переваримого протеина соответствовало нормам ВИЖ, но недостаток лизина находился на уровне 14,9, а метионина+ цистин – 8,8%.

Содержались животные в станках, согласно сформированным группам. Кормление осуществлялось двукратно. Аминокислоты вводили в кормовую смесь в сухом виде и скармливали после тщательного перемешивания с кормами.

Как уже отмечалось, перед скармливанием все корма подвергались экструдированию с целью повышения усвояемости и улучшения питательной ценности кормов.

### 3.1.2 Результаты усвояемости питательных веществ корма молодняком свиней в период физиологического опыта

Понимание потребности животных в незаменимых аминокислотах в различные половозрастные периоды выращивания и откорма молодняка свиней даёт возможность эффективно и экономично использовать корма и различные БАДы.

Белок не является критерием оценки протеиновой обеспеченности животных, поэтому при кормлении нужно учитывать количество отдельных аминокислот, а также их соотношение между собой. Оптимизация аминокислотного состава кормов является актуальной проблемой отрасли свиноводства. Очень важно балансировать рационы свиней по лизину, метионину и триптофану, недостаток которых наблюдается в растительных кормах.

Проблема протеинового питания в последнее время перерастает в проблему аминокислотного питания, так как в конечном счете животный организм использует для синтеза собственного белка главным образом аминокислоты, на которые разлагается белок корма в процессе гидролиза в пищеварительном тракте.

До последнего времени в исследованиях по переваримости питательных веществ корма, их усвояемость оценивалась отдельно, поскольку взаимосвязь между ними не была установлена. Однако предпринимаются попытки выявить сложное взаимодействие питательных веществ в организме с целью выявления интерактивного эффекта. Ранее предполагалось, что переваривание и всасывание аминокислот и фосфора у свиней не зависит от уровня сырого протеина в рационе. Исследователи Xue P.C., Ajuwon K.M. [260] установили, что усвоение аминокислот и фосфора является взаимосвязанным между собой процессом, который регулирует рост скелетных мышц и экспрессию генов – активных переносчиков фосфора в тонкой кишке. Ограниченное потребление сырого протеина замедляет активную транспортную систему фосфора.

Ранее в исследованиях Jorgensen H., Jakobsen K. et al. [180] сообщалось о повышенной усвояемости жиров и насыщенных жирных кислот при повышении уровня сырого протеина. Тем не менее Adams K.L., Jensen A.H. [128] установили, что усвояемость сырого жира снижается при повышении уровня протеина в рационе питания, объясняя тем, что свободные жирные кислоты могут связываться с непереваренным белком с образованием мицелл, недоступных для поглощения.

Rist V.T.S., Weiss E. et al. [227] установили синергический эффект между пищевыми волокнами (клетчатка) и пониженным уровнем сырого протеина на здоровье кишечника, что оказывает положительное влияние на усвояемость клетчатки.

По результатам балансового опыта установлено, что переваримость питательных веществ кормов подопытными животными была разной (рисунок 2). Молодняк свиней I-й группы, который получал комбикорм, сбалансированный по всем питательным веществам, включая перевариваемый протеин, и IV-й группы, где дефицит аминокислотного состава корма балансировали за счёт синтетического кормового лизина и метионина, переваривали корм более эффективно и примерно на одинаковом уровне.

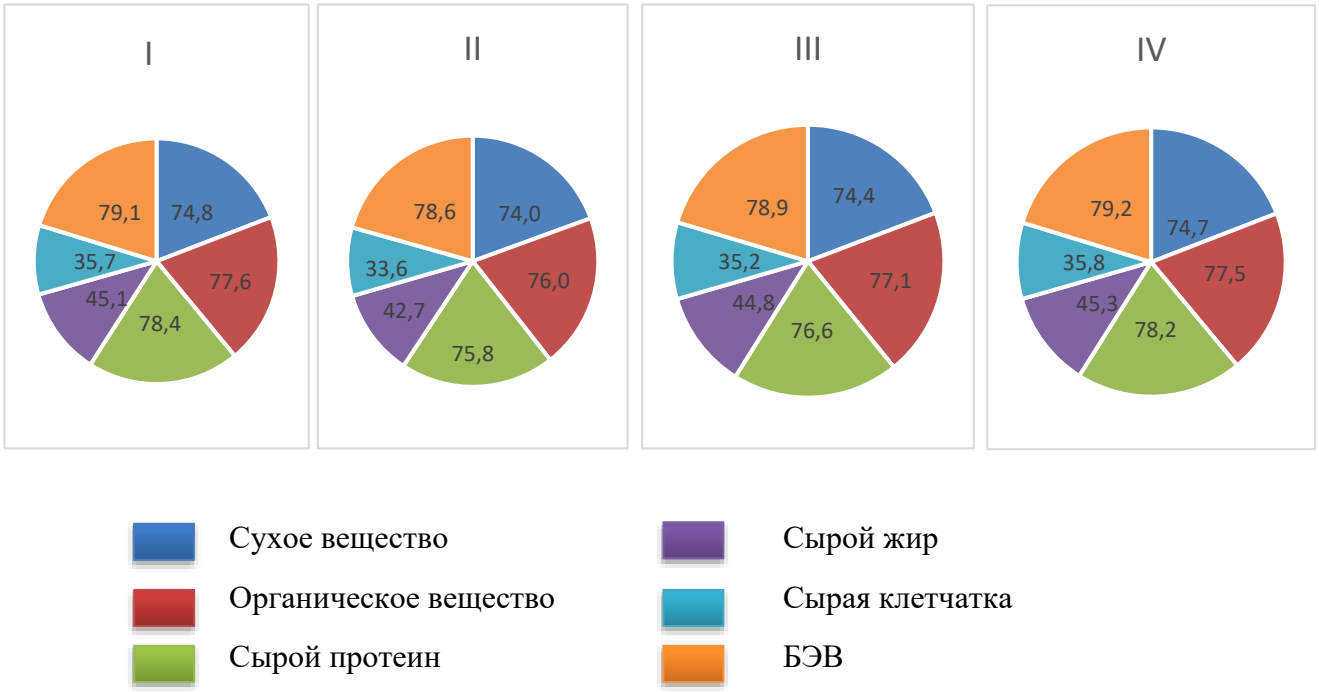


Рисунок 2 – Коэффициенты переваримости питательных веществ корма молодняком свиней

Наиболее низкими коэффициенты были во II-й группе животных, получавших общехозяйственный рацион с недостатком переваримого протеина, лизина и метионина. В III-й группе, где недостаток лизина был обеспечен введением в рацион кормового лизина, переваримость питательных веществ

увеличилась относительно сверстников из II группы (условный контроль).

При рассмотрении уровня переваримости питательных веществ животных III-й и IV-й групп в сравнении со II-й можно сделать вывод, что превышение переваримости сухого и органического веществ составило 0,4 и 0,7%; 1,1 и 1,5%; сырого протеина – 0,8 и 2,4% (P<0,05), сырого жира – 2,1 (P<0,05) и 2,6% (P<0,05), сырой клетчатки – 1,6 (P<0,05) и 2,2% (P<0,05), БЭВ – 0,3 и 0,6% соответственно.

Практически такие же результаты наблюдались и при изучении баланса азота в организме подсвинков подопытных групп (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели баланса и использования азота корма подопытным молодняком свиней, г (n=3)

| Показатели | Группы молодняка свиней | | | |
|---|---|---|---|---|
| | I-я | II-я | III-я | IV-я |
| Принято с кормом | 41,36 | 42,23 | 41,48 | 41,31 |
| Выделено с калом | 8,80±0,47** | 11,40±0,28 | 9,32±0,31** | 8,80±0,45** |
| Переварено | 32,56±0,25** | 30,83±0,17 | 32,16±0,37* | 32,51±0,27** |
| Выделено с мочой | 16,87±0,13 | 17,11±0,12 | 16,91±0,15 | 16,85±0,11 |
| Отложено в теле | 15,69±0,35** | 13,72±0,24 | 15,25±0,52* | 15,66±0,51** |
| % от принятого | 37,95±0,79** | 32,49±0,89 | 36,76±0,67* | 37,91±0,71** |
| % от переваренного | 48,19±0,72** | 44,50±0,49 | 47,42±0,58* | 48,17±0,65** |

Во II-й группе уровень отложения азота в теле животных оказался самым низким и составил 13,72 г. Превышение этого показателя в III-й группе относительно II-й составило 11,15 (P<0,05); в IV-й – 14,14 (P<0,01);, в I-й – 14,36% (P<0,01), соответственно использование азота от принятого было выше на 4,27 (P<0,05); 5,42 (P<0,01) и 5,46% (P<0,01), а от переваренного – на 2,92 (P<0,05); 3,67 (P<0,01) и 3,69% (P<0,01).

Следовательно, можно сделать вывод, что сбалансированный корм по амино-

кислотному составу за счёт синтетических кормовых аминокислот (лизина и метионина) не уступает по переваримости и усвояемости питательных веществ корму, сбалансированному по переваримому протеину.

По результатам исследований было установлено, что несбалансированность корма по аминокислотному составу отрицательно влияет на переваримость питательных веществ, баланс азота, химический состав и технологические свойства мяса. Было доказано, что самая низкая биоконверсия корма наблюдалась у молодняка свиней II-й группы, которые получали ОР с недостатком переваримого протеина, лизина и метионина. Более эффективно переваривали корм животные I-й и IV-й групп. Из этого следует, что дефицит белка в рационе можно компенсировать за счёт недостающих синтетических аминокислот (лизина и метионина).

### 3.1.3 Состав крови животных подопытных групп

Кровь вместе с лимфой и тканевой жидкостью является внутренней средой организма, которая объединяет органы с тканями и выполняет ряд весьма важных функций: дыхательную, питательную, выделительную, защитную, регуляторную [74].

Среди методов, позволяющих объективно оценивать состояние здоровья, уровень и направление продуктивности животных, большое место занимает исследование крови. Однако до настоящего времени ещё недостаточно изучены биохимические процессы в организме свиней в зависимости от уровня и качества протеина в рационах.

Картина крови является симптоматическим отражением патологических процессов в организме животного и веским аргументом в диагностической цепи при определении заболеваний. Анализ крови, благодаря своей доступности, является самым удобным показателем, характеризующим изменения состояния организма под влиянием тех или иных факторов внешней среды, в том числе кормления.

Доказано, что несбалансированное кормление, особенно по протеину, отрицательно сказывается на свойствах состава крови.

Анализируя полученные данные состава крови животных подопытных групп, как убитых массой до 100 кг, так и до 120 кг, можно заключить, что все изучаемые показатели находились в пределах физиологической нормы в зависимости от уровня кормления (таблица 3).

Таблица 3 – Показатели морфологического состава крови (n=3)

| Показатели крови | Группы молодняка свиней | | | |
|---|---|---|---|---|
| | I-я | II-я | III-я | IV-я |
| При убое живой массой 100 кг | | | | |
| Эритроциты, $10^{12}$/л | 6,59±0,23* | 5,43±0,19 | 6,09±0,31 | 6,64±0,27* |
| Лейкоциты, $10^{9}$/л | 14,48±0,84 | 13,61±0,79 | 14,12±0,92 | 14,73±0,77 |
| Гемоглобин, г/л | 117,29±2,38* | 104,12±2,18 | 113,62±2,27* | 117,65±3,23* |
| Гематокрит, % | 34,2±0,41** | 31,4±0,37 | 32,8±0,32* | 34,3±0,43** |
| Средняя концентрация клеточного гемоглобина, г/л | 342,0±4,53* | 319,0±3,41 | 335,0±3,27* | 345,0±5,08* |
| Число тромбоцитов, $10^{9}$/л | 291,5±5,01 | 279,7±4,69 | 285,7±6,12 | 291,8±5,84 |
| Относительный объём тромбоцитов, % | 0,30±0,009 | 0,27±0,008 | 0,29±0,007 | 0,30±0,008 |
| При убое живой массой 120 кг | | | | |
| Эритроциты, $10^{12}$/л | 6,27±0,24* | 5,12±0,21 | 5,84±0,29 | 6,29±0,33* |
| Лейкоциты, $10^{9}$/л | 12,44±0,61 | 12,19±0,41 | 12,27±0,74 | 12,42±0,82 |
| Гемоглобин, г/л | 114,15±2,87* | 101,43±2,24 | 110,34±2,43 | 114,67±3,15* |
| Гематокрит, % | 33,8±0,51* | 30,9±0,42 | 32,4±0,47 | 33,7±0,53* |
| Средняя концентрация клеточного гемоглобина, г/л | 340,0±4,65* | 315,0±3,89 | 330,0±4,12 | 341,0±4,97* |
| Число тромбоцитов, $10^{9}$/л | 286,6±6,18 | 264,2±7,51 | 273,5±5,93 | 288,3±6,71 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Относительный объём тромбоцитов, % | 0,29±0,009 | 0,25±0,012 | 0,27±0,008 | 0,29±0,014 |

Содержание эритроцитов в крови молодняка свиней при убое до 100 кг в I-й и IV-й группах оказалось наиболее высоким и составило 6,59 и $6,64 \cdot 10^{12}$/л, что выше, чем в отрицательном контроле (II-я группа), на 21,36 (P<0,05) и 22,28% (P<0,05). Установлена достоверная разница в концентрации гемоглобина между II-й группой и I-й, IV-й и III-й, которая составила 12,65 (P<0,05), 12,99 (P<0,05) и 9,12% (P<0,05) соответственно. Относительное увеличение среднего значения гемоглобина в эритроците крови свиней I-й, IV-й и III-й групп на фоне отрицательного контроля (II-я группа) составило 7,21 (P<0,05), 8,15 (P<0,05) и 5,02% (P<0,05).

Установлен также более высокий уровень гематокрита в крови животных, получавших сбалансированные рационы по протеину и аминокислотам (I-я и IV-я группы) и частично по аминокислотам (лизину) (III-я группа) в сравнении с животными II-й группы, рационы которых дефицитны как по протеину, так и по аминокислотам. Содержание гематокрита в крови животных I-й и IV-й групп превышало отрицательный контроль на 8,92 (P<0,01) и 9,24% (P<0,01), а III-й – на 4,46 (P<0,05). Показатель числа тромбоцитов и относительный объём тромбоцитов в этих группах, хотя и имели тенденцию к повышению, разница была статистически недостоверной.

Показатели белой крови имеют не менее важное значение в оценке физиологического состояния организма животных, его реактивности, диагностики болезни, прогноза и определения терапевтической эффективности, чем показатели красной крови. Содержание лейкоцитов в крови здоровых свиней колеблется в значительных пределах [115,120,170].

В наших исследованиях уровень лейкоцитов во II-й группе оказался ниже, чем в I-й, на 6,39, в IV-й – на 8,23 и в III-й – на 3,75% при недостоверной разнице.

Все изучаемые показатели крови животных подопытных групп при убое массой до 120 кг оказались несколько ниже, чем при убое до 100 кг, но установленная

закономерность между группами сохранилась, хотя по некоторым показателям была менее значительной. Так, содержание эритроцитов в I-й группе превышало отрицательный контроль (II-я группа) на 22,46 (P<0,05), в IV-й – на 22,85% (P<0,05), а концентрация гемоглобина – на 12,45 (P<0,05) и 13,05% (P<0,05). При этом концентрация гемоглобина в крови молодняка свиней III-й группы имела тенденцию к повышению на 8,78%, однако разница была статистически недостоверной. Средняя концентрация клеточного гемоглобина и гематокрита в крови животных I-й и IV-й групп достоверно превышала данные показатели отрицательного контроля на 7,94 (P<0,05), 8,25% (P<0,05) и 9,39 (P<0,05), 9,06 (P<0,05) соответственно.

На основании полученных данных установлено, что количественный и качественный состав протеина в рационах для молодняка свиней на откорме влияет на морфологический состав крови. При этом следует отметить, что включение в рацион синтетических аминокислот (IV-я группа) оказывает наиболее эффективное влияние на обменные процессы в организме, что связано с более высокой усвояемостью синтетического лизина.

Любая качественная или количественная недостаточность белка в рационе может вызвать нарушение обмена веществ, нередко приводящее к заболеванию.

Общий белок сыворотки крови состоит из смеси белков с разной структурой и функциями. В современном свиноводстве, характеризующемся концентрацией производства мясной продукции на комплексах с промышленной технологией, придаётся большое значение изучению биологических и физиологических особенностей животных [58].

Показатели, характеризующие белковый обмен в организме подопытных животных, представлены в таблице 4. Содержание общего белка в сыворотке крови молодняка свиней при убое массой до 100 кг колебалось в разрезе групп в зависимости от уровня протеинового питания и сбалансированности рационов по аминокислотному составу.

Сбалансированность рационов по протеину и незаменимым аминокислотам (лизину, метионину) в I-й группе способствовало увеличению общего белка в сыворотке крови на 3,59 г/л (4,67%; P<0,05) относительно II-й группы, где рацион дефицитен, как по протеину, так и аминокислотам (отрицательный контроль).

Таблица 4 – Содержание белка и белковых фракций в сыворотке крови подопытного молодняка свиней (n=3)

| Показатели крови | Группы молодняка свиней | | | |
|---|---|---|---|---|
| | I-я | II-я | III-я | IV-я |
| При убое живой массой 100 кг | | | | |
| Общий белок, г/л | 80,46±0,75* | 76,87±0,89 | 78,93±0,67 | 80,79±0,93* |
| Альбумины, г/л | 36,76±1,29* | 30,91±1,15 | 34,12±1,07 | 37,04±1,36* |
| % | 45,69±1,24* | 40,21±1,17 | 43,23±0,98 | 45,85±1,39* |
| Глобулины, г/л | 43,70±0,56* | 45,96±0,49 | 44,81±0,37 | 43,75±0,58* |
| % | 54,31±1,32* | 59,79±1,21 | 56,77±1,09 | 54,15±1,37* |
| в том числе: α (альфа) | 14,33±0,69* | 18,57±0,86 | 16,08±0,71 | 14,48±0,56* |
| β (бетта) | 14,97±0,61 | 18,55±0,73 | 16,47±0,59 | 14,64±0,81* |
| γ (гамма) | 25,01±0,91 | 22,67±0,84 | 24,22±0,74 | 25,03±0,88 |
| При убое живой массой 120 кг | | | | |
| Общий белок, г/л | 75,91±0,81* | 72,53±0,78 | 74,28±0,64 | 76,15±0,97* |
| Альбумины, г/л | 33,42±1,34* | 27,44±1,21 | 30,08±1,09 | 33,90±1,39* |
| % | 44,12±1,43* | 37,84±1,23 | 40,49±1,17 | 44,53±1,52* |
| Глобулины, г/л | 44,09±0,89 | 45,09±0,97 | 44,87±0,79 | 42,25±0,93 |
| % | 55,88±1,13 | 62,16±1,22 | 59,51±1,11 | 55,47±1,17 |
| в том числе: α (альфа) | 15,47±0,83* | 19,27±0,79 | 17,73±0,73 | 15,39±0,88* |
| β (бетта) | 13,28±0,95* | 17,68±0,82 | 15,92±0,57 | 12,99±0,84* |
| γ (гамма) | 27,13±1,76 | 25,21±0,69 | 25,86±0,59 | 27,09±0,77 |

Высокий уровень общего белка зафиксирован и в IV-й группе, где рацион сбалансирован по аминокислотам синтетическими кормовыми добавками. Разница межу показателями IV-й и II-й групп составила 3,92 г/л (5,10%; P<0,05)) в пользу IV-й группы. Содержание общего белка в III-й группе находилось на уровне 78,93 г/л, что выше, чем во II-й, на 2,06 г/л (2,68%) при недостоверной разнице. Полученные результаты позволяют утверждать, что сбалансированность рационов только по лизину не удовлетворяет потребность организма животных в аминокислотах, и уровень белкового обмена ниже, чем в I-й и IV-й группах.

Содержание общего белка в сыворотке крови свиней при убое массой до 120 кг несколько снизилось по отношению к предыдущим исследованиям, однако в разрезе групп сохранилась установленная закономерность. В I-й и IV-й группах превышение относительно отрицательного контроля (II-я группа) составило 4,66 (P<0,05) и 4,99% (P<0,05), в III-й группе – 2,41%.

Альбумины – основной белок плазмы крови, который синтезируется в печени и зависит от доступа аминокислот и, следовательно, скорость синтеза снижается в период белковой недостаточности [10,40].

Показатели уровня альбуминов в сыворотке крови животных I-й, III-й и IV-й групп при убое до 100 кг, как абсолютные, так и относительные, превышали отрицательный контроль. Абсолютные значения уровня альбуминов в I-й и IV-й группах оказались практически одинаковыми и превышали аналогичный показатель II-й группы на 18,93 (P<0,05) и 19,83% (P<0,05), а в III-й группе – на 10,38% при недостоверной разнице.

Как свидетельствуют результаты исследований, абсолютные и относительные показатели уровня альбуминов у всех животных подопытных групп при убое до 120 кг снизились по отношению к аналогичным показателям у животных при убое массой до 100 кг. При этом сохранилась закономерность снижения альбуминов при недостаточном поступлении протеина и аминокислот с кормом в организме молодняка свиней (II-я группа).

Глобулярные белки подразделяются на α, β, γ – фракции. Альфа-глобулины представляют собой комплекс глобулинов с липопротеинами высокой плотности и с билирубином. Бетта-глобулины содержат функциональные белки, такие как трансферин, транспортирующий ионы железа, и церулоплазмин, участвующий в транспорте меди, а также протромбин, превращающий фибриноген крови в фибрин в процессе свёртывания. Гамма-глобулины относятся к гликопротеинам и оказывают защитное действие [40].

В наших исследованиях содержание глобулинов, как в целом, так и в разрезе фракций, значительно варьировало в пределах изучаемых групп в зависимости от кормления. Так, содержание глобулинов в сыворотке крови животных II-й группы превышало данный показатель I-й, IV-й и III-й групп на 5,17 (P<0,05), 5,05 (P<0,05) и 2,57% соответственно. Превышение содержания глобулинов во II-й группе произошло за счёт увеличения α- и β-глобулинов по отношению к I-й группе на 29,59 (P<0,05) и 23,91% (P<0,05), к IV-й – на 28,25 (P<0,05) и 26,71% (P<0,05) и к III-й группе – на 15,49 и 12,63% соответственно. Уровень γ-глобулинов во II-й группе оказался несколько ниже, чем в I-й, IV-й и III-й группах, на 10,32; 10,41 и 9,93% при недостоверной разнице.

В конце опыта при убое животных массой до 120 кг сохранилась установленная закономерность, из чего следует, что уровень белкового обмена у молодняка свиней зависит от сбалансированности рационов по протеину и аминокислотам.

Новые технологии содержания свиней, выращивание поросят и воспроизводство с интенсивной эксплуатацией свиноматок повышает вероятность возникновения заболеваний, связанных с нарушением обмена веществ, что, в свою очередь, приводит к ослаблению общего состояния организма и снижению его естественных защитных функций.

По мнению Шкаленко В.В. [121], состав крови предопределяет не только физиологическое состояние животного, уровень его продуктивности, но и его естественную резистентность.

По мнению Войтеха М.А., Гаглошвили А.А. [19], пониженная резистентность организма животных является причиной массовых заболеваний молодняка в раннем возрасте, в результате чего наблюдаются снижение прироста живой массы и отставание в развитии на протяжении всего периода откорма.

Одним из проявлений клеточной защиты организма является фагоцитоз микро- и макрофагов. Феномен фагоцитоза является одним из механизмов устойчивости организма к инфекционным заболеваниям.

Результаты исследований неспецифической резистентности подопытных животных представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Естественная резистентность подопытного молодняка свиней (n=3)

| Показатели | Группы молодняка свиней | | | |
|---|---|---|---|---|
| | I-я | II-я | III-я | IV-я |
| При убое живой массой 100 кг | | | | |
| Фагоцитарная активность, % | 27,15±0,77* | 22,74±0,61 | 24,48±0,63 | 27,39±0,88* |
| Фагоцитарное число | 2,57±0,07* | 2,29±0,05 | 2,36±0,04 | 2,58±0,08* |
| Фагоцитарный индекс | 10,43±0,27 | 9,56±0,21 | 9,97±0,19 | 10,54±0,31 |
| Фагоцитарная ёмкость, тыс.микр.тел | 27,65±0,62* | 24,46±0,51 | 26,19±0,57 | 27,68±0,66* |
| При убое живой массой 120 кг | | | | |
| Фагоцитарная активность, % | 30,29±0,65* | 26,37±0,56 | 28,19±0,47 | 30,34±0,72* |
| Фагоцитарное число | 2,43±0,08 | 2,26±0,06 | 2,31±0,06 | 2,45±0,07 |
| Фагоцитарный индекс | 9,85±0,34* | 8,32±0,29 | 9,14±0,27 | 0,87±0,45* |
| Фагоцитарная ёмкость, тыс.микр.тел | 28,51±0,64* | 25,47±0,49 | 27,28±0,55 | 28,56±0,73* |

Полученные данные свидетельствуют о том, что адаптационные способности животных подопытных групп были различными. Фагоцитарная активность крови при достижении животными массы 100 кг была выше у свиней I-й и IV-й групп по

сравнению с аналогичными показателями II-й группы на 19,39 (P<0,05) и 20,45% (P<0,05). Фагоцитарная активность крови животных III-й группы, хотя и превышала уровень отрицательного контроля на 7,65%, однако разница оказалась статистически недостоверной.

Установленная закономерность сохранилась при достижении животными массы 120 кг, однако абсолютные значения фагоцитарной активности несколько возросли в сравнении с аналогичным показателем у животных массой 100 кг. По таким показателям естественной резистентности, как фагоцитарное число, фагоцитарный индекс и фагоцитарная ёмкость, наблюдалось достоверное превосходство у животных I-й и IV-й групп по отношению к отрицательному контролю (II гр.).

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что молодняк свиней I-й группы, в период откорма получавший сбалансированный рацион по протеину и аминокислотам, согласно нормативным показателям ВИЖа, и IV-й группы, где животные получали рацион, сбалансированный по незаменимым аминокислотам, с помощью синтетических кормовых аминокислот (лизина, метионина), имели примерно равнозначные показатели морфологического и биохимического составов крови. Молодняк свиней III-й группы, где дефицит в рационе незаменимых аминокислот устранён только по лизину, используя кормовой лизин, хотя и превосходил по изучаемым показателям отрицательный контроль, но в большинстве случаев при недостоверной разнице.

### 3.1.4 Особенности роста и развития (весовой, линейный рост, оплата корма)

Проводимые мероприятия в области свиноводства сводятся к тому, чтобы добиться производства максимального количества свинины высокого качества при минимальных затратах кормов на единицу продукции.

Рост мышц отражает аккрецию белка, которая является балансом между скоростями синтеза и распада белка. Накопившиеся данные показывают, что существует положительная связь между уровнем сырого протеина в рационе и передачей сигналов внутриклеточных белков (протеинкеназа) для синтеза мышечного белка у свиней. В настоящее время процессу распада белка, на который влияют уровни протеина в рационах, уделяется меньше внимания, чем на содержание рибосом с учетом РНК и белков, регулирующих продолжительность жизни, которые включены в убиквитин-протеасомный путь и которые не зависят от снижения уровня сырого протеина в рационе с 14 до 10% при откорме свиней. Убиквитин-протеасомный путь является основной внутриклеточной системой распада белка в скелетных мышцах, что подразумевает, что протеолиз скелетных мышц не зависит от ограничения белка в рационе. При этом добавление аминокислот с разветвленной цепью увеличивали живую массу поросят благодаря преобладанию синтеза белка над распадом [153,273,275].

В процессе изучения живой массы молодняка свиней в период откорма установлено, что интенсивность роста зависит от фактора протеинового и аминокислотного питания. Следует отметить, что наибольшую отзывчивость на использование синтетических аминокислот проявили животные IV-й группы, где комбикорм был сбалансирован по всем недостающим аминокислотам (метионин, лизин, цистин). Результаты динамики живой массы подопытного молодняка свиней представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Динамика живой массы подопытных животных, кг (n=16)

| Группы | Живая масса | | | | При снятии с откорма | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | при постановке на откорм | возраст, месяцев | | | 100 | 120 |
| | | 4 | 5 | 6 | | |
| I-я | 29,7±0,40 | 45,1±0,95 | 64,1±1,22 | 84,2±1,55 | 99,8±3,18 | 119,9±3,28 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| II-я | 29,7±0,43 | 40,9±0,77 | 56,3±1,17 | 73,9±1,34 | 99,9±2,18 | 118,7±4,05 |
| III-я | 29,8±0,46 | 42,3±0,98 | 60,5±1,08 | 78,8±1,68 | 100,2±2,44 | 119,3±3,68 |
| IV-я | 29,9±0,48 | 44,1±0,98 | 62,4±1,06 | 83,2±1,14 | 100,4±3,02 | 120,3±4,20 |

Как свидетельствуют полученные данные, живая масса животных в возрасте 4, 5 и 6 месяцев оказалась наиболее высокой у животных I-й группы (рацион сбалансирован по протеину и аминокислотам). Превосходство по данному показателю относительно II-й группы (отрицательный контроль) составило 10,27 (P<0,01), 13,85 (P<0,01) и 13,94% (P<0,01), относительно III-й группы (рацион сбалансирован по лизину) – на 6,62 (P<0,05), 5,95 (P<0,05) и 6,85% (P<0,05), относительно IV-й группы (рацион сбалансирован по лизину, метионину и цистину) – на 2,26; 2,72 и 6,85% соответственно возрастным периодам. Однако при откорме до 100 и 120 кг живой массы наибольший вес достигнут в IV-й группе. Живая масса молодняка свиней IV-й группы составила 100,4 и 120,3, что выше, чем в I-й группе, на 0,50 и 0,33%, во II-й – на 0,50 и 1,34% и в III-й – на 0,20 и 0,84% соответственно.

По результатам ежемесячных взвешиваний был проведён расчёт среднесуточных приростов живой массы (таблица 7).

Значительное влияние оказал фактор кормления на среднесуточные приросты до 5-ти месячного возраста. У животных II-й группы (отрицательный контроль) величина среднесуточных приростов оказалась меньше, чем у сверстников из I-й группы, получавших корм, сбалансированный по нормам ВИЖ, на 160,0 г (P<0,01). У молодняка свиней III-й группы (недостаток лизина восполнялся синтетической аминокислотой) установлено повышение среднесуточных приростов относительно II-й группы на 118 г (P<0,05).

Таблица 7 – Среднесуточный прирост живой массы, г (n=16)

| Группы | Среднесуточный прирост, г | | | Возраст снятия с откорма, дней | |
|---|---|---|---|---|---|
| | до 5 месяцев | до 100 кг | до 120 кг | до 100 кг | до 120 кг |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| I-я | 558±12,5 | 619±11,3 | 608±10,4 | 194±2,5 | 225±1,8 |
| II-я | 398±10,9 | 505±9,2 | 527±11,3 | 213±2,0 | 239±2,4 |
| III-я | 516±9,7 | 552±13,1 | 569±11,7 | 201±1,9 | 231±3,5 |
| IV-я | 545±13,52 | 604±12,6 | 605±14,1 | 191±2,3 | 223±2,0 |

Положительная закономерность в повышении среднесуточных приростов установлена и у IV-й группы, животные которой получали корм, сбалансированный по лизину и метионину за счет синтетических аминокислот. Уровень среднесуточных приростов в этой группе возрос на 147 г ($P<0,01$) по сравнению со II-й группой. При этом разница по данному показателю по сравнению с I-й группой составила всего 13 г.

Таким образом, эффект действия синтетических аминокислот в повышении среднесуточных приростов в 5-ти месячном возрасте наиболее сильно проявился при совместном применении лизина и метионина, то есть в IV-й группе, показатели которой находились практически на уровне I-й группы.

При дальнейшем откорме животных эффективность влияния синтетических аминокислот на величину среднесуточных приростов III-й и IV-й групп несколько снизилась, однако оставалась на достаточно высоком уровне. Наибольшим среднесуточным приростом от постановки до снятия с откорма при живой массе 100 г характеризовался молодняк свиней IV-й группы, превышение по сравнению с отрицательным контролем (II-я группа) составило 99 г (19,60%; $P<0,05$), а в III-й группе – 47 г (9,31%; $P<0,05$). При снятии с откорма при массе 120 кг среднесуточный прирост у животных IV-й группы оставался на прежнем уровне, а III-й и II-й групп несколько повысился относительно показателей при снятии массой 100 кг на 17 и 22 г соответственно.

Основным критерием скороспелости считается возраст молодняка свиней, в котором они достигают откормочных кондиций. Результаты наших исследований представлены на рисунке 3.

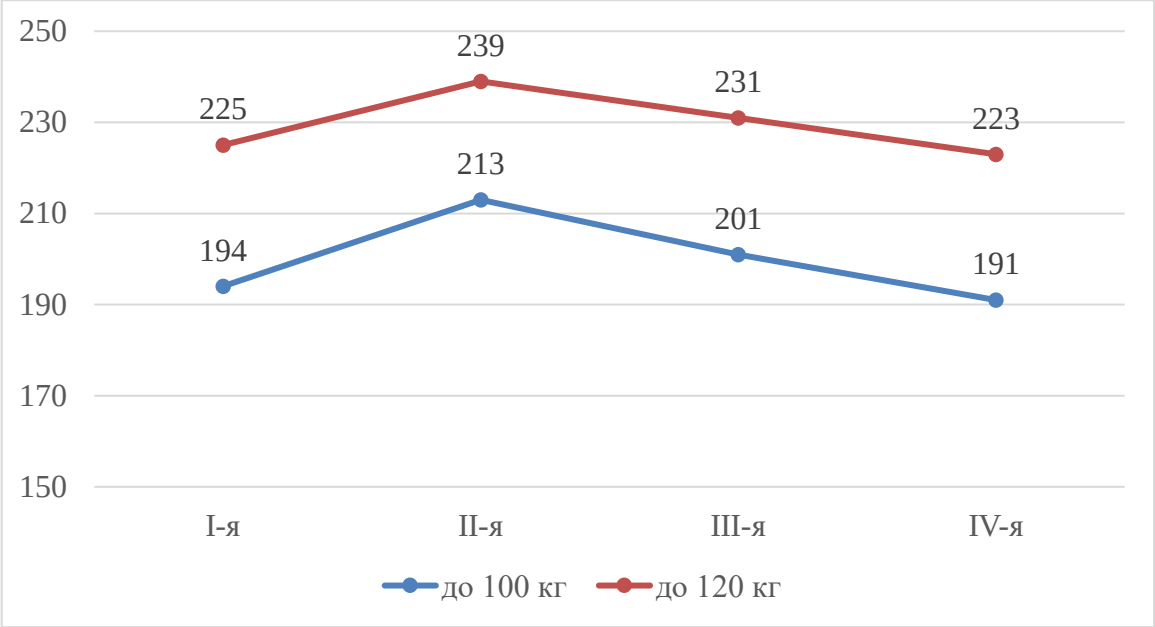


Рисунок 3 – Возраст снятия с откорма подопытных свиней

Несмотря на то, что среднесуточные приросты живой массы животных IV-й группы в 5-ти месячном возрасте при достижении живой массы 100 и 120 кг были несколько ниже, чем у аналогов I-й группы, на 13 г, возраст достижения 100 кг живой массы был меньше на 3 дня, а 120 кг – 2 дня. Если рассматривать данный показатель относительно II-й группы (отрицательный контроль), то молодняк свиней III-й опытной группы достиг массы 100 кг в возрасте 201-го дня, что на 12 дней раньше, а IV-й группы – в возрасте 191-го дня, или на 22 дня раньше. Возраст достижения живой массы 120 кг в III-й группе составил 231 день, в IV-й – 223, что на 8 и 16 дней меньше, чем во II-й группе.

Оценка интенсивности роста животных только по приростам живой массы не даёт полного представления об изменениях роста отдельных частей тела. Довольно часто можно встретить животных с одинаковой массой, но имеющих значительные расхождения в линейных размерах частей тела, поэтому, наряду с изучением динамики весового роста, неотъемлемой частью оценки роста и развития молодняка является определение линейных промеров. Изучение экстерьера животных путём взятия

промеров и вычисления индексов телосложения получило широкое распространение в животноводческой практике.

Нами установлено, что интенсивность линейного роста отдельных частей тела имеет различия в зависимости и от питательной ценности корма (таблица 8).

Таблица 8 – Линейные промеры молодняка свиней при живой массе до 100 кг (n=5)

| Промеры, см | Группы молодняка свиней | | | |
|---|---|---|---|---|
| | I-я | II-я | III-я | IV-я |
| Длина туловища | 119,7±1,13 | 118,8±1,05 | 119,3±1,03 | 119,8±1,22 |
| Обхват груди | 111,0±0,97 | 109,2±1,12 | 110,8±1,11 | 111,2±1,17 |
| Высота в холке | 65,6±0,63 | 64,3±0,47 | 65,8±0,31* | 65,9±0,48* |
| Глубина груди | 34,9±0,41 | 33,5±0,31 | 34,7±0,23* | 35,1±0,37* |
| Ширина груди | 28,4±0,21 | 27,9±0,17 | 28,3±0,19 | 28,5±0,24 |

Анализ результатов показал, что наибольшие длину туловища и обхват груди имели животные IV-й группы (119,8 и 111,2 см), рацион которых удовлетворял потребность в незаменимых аминокислотах. У свиней I-й группы, где комбикорм был сбалансирован по протеину и аминокислотам, получены аналогичные результаты, которые составили 119,7 и 111,0 см. Несколько иная картина наблюдалась в III-й группе, животные которой получали корм, сбалансированный только по лизину (119,3 и 110,8 см), а во II-й группы опытной группе (отрицательный контроль), где в рационе наблюдался дефицит как протеина, так и лимитирующих аминокислот, длина туловища составила 118,8 см, а обхват груди – 109,2 см.

Сравнивая показатели линейных промеров между III-й, IV-й и II-й (отрицательный контроль) группами, можно заключить, что установлена достоверная разница по высоте в холке на 2,33 ($P<0,05$) и 2,49% ($P<0,05$), по глубине груди – на 3,58 ($P<0,05$) и 4,78% ($P<0,05$) соответственно. Показатели ширины груди во всех подопытных группах находились приблизительно на одном уровне.

Аналогичная картина наблюдалась при изучении линейных промеров животных массой 120 кг (таблица 9).

Таблица 9 – Линейные промеры молодняка свиней при живой массе до 120 кг (n=5)

| Промеры, см | Группы молодняка свиней | | | |
|---|---|---|---|---|
| | I-я | II-я | III-я | IV-я |
| Длина туловища | 128,1±1,14 | 125,3±0,97 | 127,1±1,17 | 128,5±1,13 |
| Обхват груди | 124,5±1,03 | 120,1±1,02 | 123,4±1,11* | 124,2±0,89* |
| Высота в холке | 67,7±0,49 | 65,6±0,51 | 66,7±0,38 | 67,8±0,52* |
| Глубина груди | 38,5±0,41 | 36,3±0,36 | 37,4±0,27* | 38,5±0,47** |
| Ширина груди | 31,0±0,21 | 30,1±0,44 | 30,5±0,23 | 31,4±0,33* |

При достижении животными живой массы 120 кг недостаток протеина и незаменимых аминокислот существенно отразился на показателях линейных промеров тела. У свиней IV-й группы установлены достоверные различия в сравнении со II-й группой (отрицательный контроль) по обхвату груди на 3,41% (P<0,05), по высоте в холке на 3,36 (P<0,05), по глубине груди – на 6,06 (P<0,01) и по ширине груди – на 4,32% (P<0,05), а у свиней III-й группы – только по обхвату груди на 2,75 (P<0,05) и по глубине груди – на 3,03% (P<0,05).

Характеризуя индексы телосложения у животных при живой массе до 100 кг, следует отметить, что наибольшие индексы сбитости и длинноногости имели животных I-й и IV-й групп, состав рационов которых был сбалансирован по протеину и лимитирующим аминокислотам (таблица 10).

Таблица 10 – Индексы телосложения молодняка свиней живой массой 100 кг, г (n=5)

| Группы | Индексы телосложения | | | |
|---|---|---|---|---|
| | сбитости (компактности) | растянутости | длинноногости | грудной |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| I-я | 92,73 | 182,47 | 53,20 | 81,37 |
| II-я | 91,92 | 184,76 | 52,10 | 83,28 |
| III-я | 92,88 | 181,31 | 52,74 | 81,56 |
| IV-я | 92,82 | 81,79 | 53,26 | 81,20 |

Индекс растянутости у животных II-й группы (отрицательный контроль) оказался более высоким и составил 184,76, а у молодняка свиней I-й, III-й и IV-й групп находился в пределах 181,31-182,47.

При достижении животными живой массы 120 кг сохраняется тенденция развития тела и, соответственно, индексов телосложения (таблица 11).

Таблица 11 – Индексы телосложения молодняка свиней живой массой 120 кг, г (n=5)

| Группы | Индексы телосложения | | | |
|---|---|---|---|---|
| | сбитости (компактности) | растянутости | длинноногости | грудной |
| I-я | 97,19 | 189,22 | 56,87 | 80,51 |
| II-я | 95,85 | 191,01 | 55,34 | 82,92 |
| III-я | 97,09 | 190,55 | 56,07 | 81,55 |
| IV-я | 96,65 | 189,53 | 56,78 | 81,56 |

Индексы сбитости и длинноногости были наиболее высокими у животных I-й, III-й и IV-й групп по сравнению с отрицательным контролем (II-я группа), где рационы были сбалансированы по протеину и незаменимым аминокислотам.

Анализируя полученные данные, можно заключить, что индексы телосложения у молодняка свиней с живой массой как 100, так и 120 кг, несмотря на указанные выше изменения, находились в пределах физиологической нормы для породы крупная белая.

Одним из наиболее важных показателей, характеризующих качества свиней, являются затраты кормов. В нашем опыте наибольшими затратами корма отличались

животные II-й группы (отрицательный контроль), а самыми низкими – IV-й группы (таблица 12). Так, при откорме до 100 кг живой массы молодняк свиней IV-й группы на 1 кг прироста затрачивал 4,09 кг корма, что ниже, чем во II-й, на 26,41%, III-й – на 15,40, а I-й – на 25,79%. При откорме животных до 120 кг аналогия в уменьшении затрат корма в разрезе групп сохранилась. Если рассматривать данный показатель относительно II-й группы, то в IV-й группе снижение составило 30,19%, в III-й – 15,91 и в I-й – 28,95%.

Таблица 12 – Затраты корма на 1 кг прироста живой массы за период откорма, кг

| Группы | Откорма до живой массы, кг | |
|---|---|---|
| | 100 | 120 |
| I-я | 4,11 | 4,18 |
| II-я | 5,17 | 5,39 |
| III-я | 4,48 | 4,65 |
| IV-я | 4,09 | 4,14 |

На основании полученных данных можно заключать, что балансирование хозяйственных рационов синтетическими аминокислотами (лизин, метионин) в комплексе позволяет снизить затраты кормов на 1 кг прироста до уровня затрат на рационах, сбалансированных за счёт добавок кормов животного происхождения и даже несколько ниже.

### 3.1.5 Откормочные и мясные качества молодняка свиней

Мясной промышленности, торговой и потребительской сети страны небезразлично, каким будет выход съедобной продукции из туши, а также соотношение в ней мяса и сала.

Многочисленными исследованиями установлено, что соотношение мяса и сала в туше зависит от породной принадлежности животных, их скороспелости,

уровня и качества протеинового питания. Однако имеются противоречивые сведения по влиянию указанных факторов на уровень мясной продуктивности свиней, отсутствуют сравнительные данные по влиянию уровня и качества протеина на мясо-сальные свойства крупной белой породы.

Вопрос о влиянии рационов с низким содержанием сырого протеина и добавлением синтетических аминокислот на мясную продуктивность остается спорным.

По мнению Kerr B.J., McKeith F.K. et al. [183], Yen J.T., Kerr B.J. et al. [262], Suarez-Belloch J., Latorre M.A. et al. [236], убойный выход не зависит от снижения уровня протеина в рационе. Тем не менее, увеличение толщины шпика и уменьшение площади «мышечного глазка» наблюдается при откорме свиней на низкопротеиновых рационах [175,205,229]. По мнению Smith J.W., O´ Quinn P.R. et al. [233] эту закономерность можно объяснить тем, что кормление свиней кормом с пониженным содержанием белка близкое к идеальному соотношению аминокислот, которое уменьшает энергию необходимую для экскреции азота, оставляя больше энергии для накопления жировой ткани. А по мнению van Milgen J., Noblet S. et al. [243], относительно большая доля зерновых в рационе с пониженным содержанием протеина приводит к высокому содержанию доступного крахмала, который более эффективен для отложения жира, чем аминокислоты.

Чтобы смягчить негативные влияния низкопротеиновых рационов на мясные характеристики туш, было проведено много исследований, в которых изучалось влияние отдельных аминокислот как незаменимых, так и условно незаменимых, таких как валин, аргинин и другие, сбалансированность которых позволяет уменьшить отложение жира и стимулировать синтез белка. Тем не менее дисбаланс энергии и азота может быть основной причиной более тяжелых туш у свиней, получавших низкопротеиновые рационы [237,258,272].

В наших опытах при убое животных путём обвалки полутуш мы учитывали соотношение мяса, сала, костей, а также площадь «мышечного глазка» и массу наиболее ценной части туши – заднего окорока (таблица 13).

Таблица 13 – Мясные качества животных (n=3)

| Показатели | Группы молодняка свиней | | | |
|---|---|---|---|---|
| | I-я | II-я | III-я | IV-я |
| При убое живой массой 100 кг | | | | |
| Содержится в туше, %: | | | | |
| мяса | 53,0±0,49* | 51,0±0,28 | 52,2±0,43 | 53,5±0,62* |
| сала | 34,9±0,51* | 37,2±0,33 | 35,7±0,63 | 34,9±0,49* |
| костей | 11,5±0,50 | 11,8±0,47 | 11,3±0,55 | 11,4±0,38 |
| Убойный выход, % | 65,8±0,83* | 62,7±0,72 | 64,4±0,69 | 65,9±0,81* |
| Площадь «мышечного глазка», $см^2$ | 28,3±0,29* | 26,8±0,38 | 27,8±0,27 | 28,2±0,24* |
| Масса окорока, кг | 9,22±0,30 | 9,02±0,19 | 9,16±0,30 | 9,33±0,20 |
| При убое живой массой 120 кг | | | | |
| Содержится в туше, %: | | | | |
| мяса | 52,6±0,54* | 49,9±0,41 | 51,8±0,65 | 52,8±0,63* |
| сала | 35,7±0,71* | 38,6±0,62 | 36,4±0,67 | 36,0±0,59* |
| костей | 11,4±0,8 | 11,4±0,7 | 11,3±0,8 | 11,2±0,5 |
| Убойный выход, % | 66,7±0,62 | 65,6±0,29 | 66,1±0,27 | 66,9±0,47 |
| Площадь «мышечного глазка», $см^2$ | 30,3±0,30* | 29,2±0,24 | 29,9±0,28 | 30,5±0,25* |
| Масса окорока, кг | 11,45±0,40 | 11,20±0,37 | 11,39±0,40 | 11,43±0,45 |

Обвалка показала, что на содержание мяса в тушах свиней оказывают влияние уровень и качество протеина в рационах. Недостаток протеина и незаменимых аминокислот оказал влияние на соотношение мяса и сала в тушах свиней II-й группы (отрицательный контроль), как при убое массой 100, так и 120 кг.

Добавка кормового лизина до нормы к хозяйственному рациону (III-я группа) сопровождалась некоторым увеличением содержания мяса в тушах относительно

II-й группы на 1,70% при массе 100 кг и на 1,90% при массе 120 кг. Содержание сала снизилось на 1,50 и 2,20% соответственно.

У молодняка свиней IV-й группы, в рационы которого вводились синтетические аминокислоты (лизин, метионин), установлено достоверное повышение содержания мяса и снижение сала в тушах по отношению к животным II-й группы: при массе 100 кг – увеличение выхода мяса на 2,50% (P<0,05), снижение сала – на 2,30% (P<0,05); при массе 120 кг – на 2,90 (P<0,05) и 2,60% (P<0,05) соответственно. Данные показатели находились на уровне показателей у животных I-й группы, где питательность рациона соответствовала нормам ВИЖ, включая протеин.

Убойный выход, характеризующий результаты откорма, в наших исследованиях оказался самым низким во II-й группе (отрицательный контроль) и составил при откорме до 100 кг 62,7%, а до 120 кг – 65,5%, что ниже, чем в I-й, III-й и IV-й группах, на 3,1 (P<0,05), 1,7 и 3,2% (P<0,05) и на 1,1; 0,5 и 1,2% соответственно.

Площадь «мышечного глазка», как показателя мясной продуктивности животных, в наших исследованиях соответствовала нормативным требованиям породы крупная белая. Однако несбалансированность рационов по протеину и аминокислотам у животных II-й группы негативно повлияла на величину площади «мышечного глазка», которая при откорме до 100 кг оказалась меньше, чем в I-й группе, на 5,59% (P<0,05), в III-й – на 3,73% и в IV-й – на 5,22% (P<0,05), а при откорме до 120 кг – на 3,77 (P<0,05), 2,40 и 4,45% (P<0,05) соответственно.

У свиней I-й, III-й и IV-й групп наблюдалось увеличение массы наиболее ценной части туши – заднего окорока относительно животных II-й группы при откорме до 100 кг на 2,21; 1,55 и 2,33%, а при откорме до 120 кг – на 2,23; 1,70 и 2,05% соответственно.

Важное значение при оценке откормочных и мясных качеств свиней имеет изучение роста и развития внутренних органов. Доказано, что рост внутренних органов во многом определяется условиями кормления.

Абсолютные величины внутренних органов подопытных свиней представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Абсолютная масса внутренних органов, г (n=3)

| Показатели | Группы молодняка свиней | | | |
|---|---|---|---|---|
| | I-я | II-я | III-я | IV-я |
| При убое живой массой 100 кг | | | | |
| Лёгкие с трахеей | 1046±5,15* | 1017±4,46 | 1034±4,12* | 1045±5,61* |
| Сердце | 318±4,73* | 296±2,09 | 307±3,97 | 319±4,13** |
| Печень | 1573±9,97** | 1468±8,21 | 1505±10,18* | 1581±11,62** |
| Почки | 296±2,46 | 298±3,02 | 288±2,17 | 297±4,11 |
| Селезёнка | 145±1,91 | 140±1,83 | 145±1,67 | 148±2,15 |
| При убое живой массой 120 кг | | | | |
| Лёгкие с трахеей | 1108±6,08* | 1079±5,47 | 1098±5,83 | 1105±6,19* |
| Сердце | 365±4,05* | 351±2,65 | 361±4,11 | 363±3,29* |
| Печень | 1879±12,03* | 1742±9,64 | 1834±11,59 | 1882±11,95* |
| Почки | 314±2,69 | 305±2,43 | 311±3,04 | 316±2,57 |
| Селезёнка | 155±2,04 | 151±2,17 | 153±2,61 | 156±2,45 |

Установлено, что дефицит протеина и незаменимых аминокислот в рационах молодняка свиней на откорме (II-я группа) сопровождается уменьшением массы лёгких с трахеей, сердца и печени по сравнению с величиной этого показателя у животных I-й, III-й и IV-й групп.

Так, при откорме животных до 100 кг абсолютная масса лёгких с трахеей в I-й, III-й и IV-й группах превышала аналогичный показатель во II-й группе на 2,85 ($P<0,05$), 1,16 ($P<0,05$) и 2,75% ($P<0,05$), масса сердца – на 7,43 ($P<0,05$), 3,72 и 7,77% ($P<0,01$), масса печени – на 7,15 ($P<0,01$), 2,52 ($P<0,05$) и 7,69% ($P<0,01$) соответственно. При откорме животных до 120 кг масса лёгких с трахеей также превышала показатели отрицательного контроля в I-й группе на 2,69 ($P<0,05$), в III-й –

на 1,76 и в IV-й – на 2,41% (P<0,05), масса сердца – на 3,99 (P<0,05), 2,85 и 3,42% (P<0,05), масса печени – на 7,86 (P<0,05), 5,28 и 8,04% (P<0,05) соответственно.

Сбалансированность рационов по лизину и метионину не оказала значительного влияния на развитие почек и селезёнки, их масса находилась на уровне показателей II-й группы.

Сравнивая рост внутренних органов свиней на откорме от 100 до 120 кг живой массы, можно заключить, что наибольшей интенсивностью роста массы лёгких с трахеей, сердца и печени отличались животные I-й, III-й и IV-й групп, в рацион которых был частично или полностью исключен дефицит протеина и незаменимых аминокислот.

### 3.1.6 Физико-химические свойства мяса и сала

Известно, что химический состав тканей значительно колеблется в зависимости от породы, возраста, пола, упитанности животных, а также анатомического расположения ткани, что связано с её морфологическими и функциональными особенностями.

Химический состав мяса является объективным показателем трансформации питательных веществ корма в мышечную ткань. Нами был изучен химический состав длиннейшей мышцы спины при достижении животными живой массы 100 кг. Результаты исследований указывают на положительное влияние кормовых синтетических аминокислот (лизин и метионин) на химический состав длиннейшей мышцы спины (рисунок 4).

Было зафиксировано увеличение содержания белка в длиннейшей мышце спины в III-й и IV-й группах относительно II-й группы на 3,82 (P<0,05) и 5,09% (P<0,01) на фоне некоторого снижения содержания внутримышечного жира. Содержание белка в I-й группе находилось на уровне показателей IV-й.

Как мы видим, недостаток протеина и незаменимых аминокислот в рационах свиней крупной белой породы привёл к повышению содержания в тканях жира и к понижению протеина (II-я группа), а балансирование рациона синтетическими аминокислотами до нормативных показателей сопровождалось накоплением в мышечной ткани протеина и снижением жира (III-я и IV-я группы). При этом у молодняка свиней IV-й группы содержание протеина возросло до уровня I-й группы.

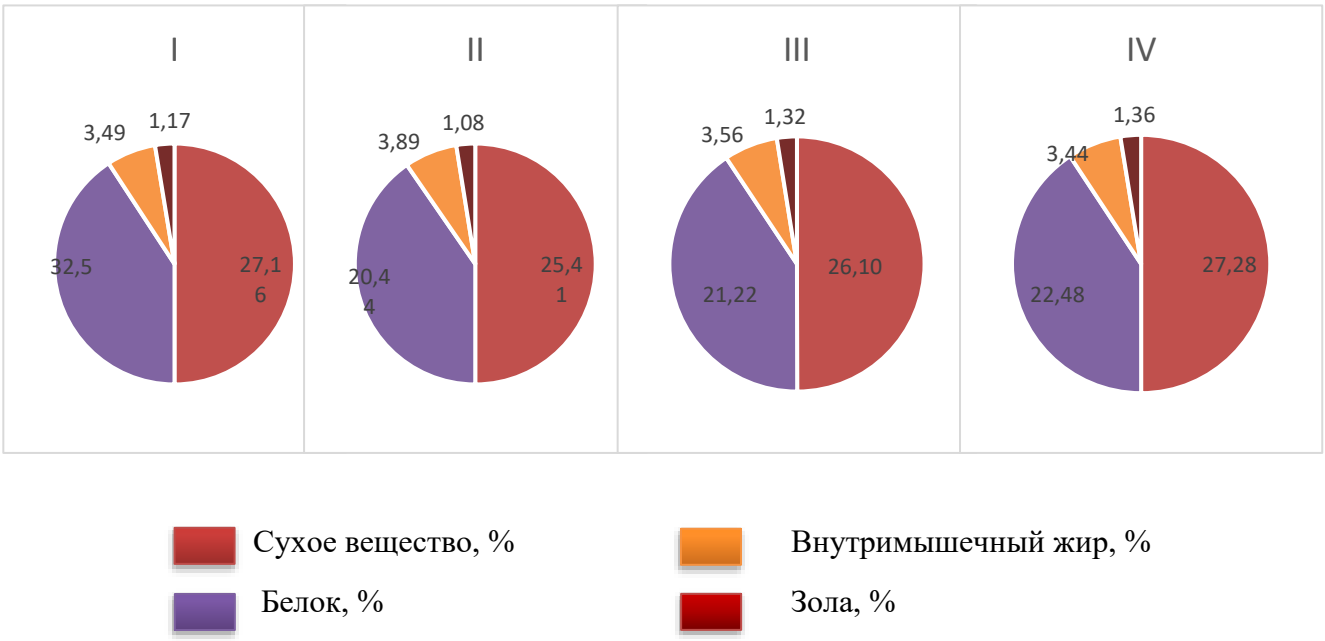


Рисунок 4 – Химический состав длиннейшей мышцы спины

Аминокислотный состав длиннейшей мышцы спины подопытных животных представлен в таблице 15.

Таблица 15 – Аминокислотный состав белков длиннейшей мышцы спины молодняка свиней, % (n=3)

| Аминокислота | Группы молодняка свиней | | | |
|---|---|---|---|---|
| | I-я | II-я | III-я | IV-я |
| Аргинин (Arg) | 6,79±0,19** | 5,01±0,28 | 6,32±0,31* | 6,80±0,20** |
| Гистидин (His) | 3,68±0,13 | 3,20±0,12 | 3,51±0,15 | 3,77±0,18 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Лизин (Lys) | 7,35±0,16** | 5,82±0,17 | 7,28±0,19** | 7,43±0,24** |
| Метионин (Met) | 3,82±0,07** | 3,54±0,08 | 3,62±0,07 | 4,03±0,09** |
| Валин (Val) | 3,59±0,11 | 3,32±0,15 | 3,54±0,13 | 3,62±0,14 |
| Треонин (Thr) | 4,09±0,08 | 3,88±0,10 | 4,03±0,08 | 4,12±0,09 |
| Лейцин (Leu) | 5,27±0,16 | 5,24±0,12 | 5,26±0,15 | 5,28±0,14 |
| Изолейцин (Ile) | 3,37±0,09* | 2,92±0,10 | 3,33±0,07* | 3,39±0,08* |
| Фенилаланин (Phe) | 3,09±0,10 | 3,06±0,08 | 3,08±0,09 | 3,08±0,11 |
| Сумма незамени-мых аминокислот | 41,05±0,73** | 35,99±0,66 | 39,97±0,82* | 41,52±0,71** |
| Глутаминовая кислота (Glu) | 11,85±0,18* | 10,75±0,24 | 11,42±0,17 | 11,97±0,19 |
| Серин (Ser) | 2,41±0,09 | 2,39±0,14 | 2,35±0,12 | 2,43±0,11 |
| Глицин (Gly) | 2,79±0,09 | 2,68±0,08 | 2,72±0,06 | 2,84±0,07 |
| Пролин (Pro) | 3,34±0,11** | 2,65±0,09 | 3,28±0,14** | 3,40±0,10** |
| Аланин (Ala) | 4,79±0,15 | 3,51±0,16 | 4,55±0,17* | 4,81±0,19** |
| Аспарагиновая кислота (Asp) | 7,15±0,35 | 6,89±0,31 | 7,12±0,29 | 7,18±0,43 |
| Тирозин (Tyr) | 2,57±0,16 | 2,53±0,17 | 2,59±0,11 | 2,61±0,15 |
| Сумма заменимых аминокислот | 34,90±0,46* | 31,40±0,55 | 34,03±0,51* | 35,24±0,49** |
| Аминокислотный индекс | 1,18 | 1,15 | 1,17 | 1,18 |

При определении уровня незаменимых аминокислот в разрезе групп было отмечено достоверное увеличение аргинина в I-й, III-й и IV-й группах на 1,78 (P<0,01); 1,31 (P<0,05) и 1,79% (P<0,01), лизина – в I-й, III-й и IV-й – на 1,53 (P<0,01); 1,46 (P<0,01) и 1,61% (P<0,01), метионина – в I-й и IV-й – на 0,28 (P<0,01) и 0,49% (P<0,01), изолейцина – в I-й, III-й и IV-й группах – на 0,45 (P<0,05); 0,41 (P<0,05) и 0,47% (P<0,05). Содержание остальных незаменимых аминокислот варьировало в пределах статистической ошибки.

В целом сумма незаменимых аминокислот в III-й и IV-й группах достоверно

превышала уровень II-й группы на 3,98 (P<0,05) и 5,53% (P<0,01), в I-й группе сумма незаменимых аминокислот находилась на уровне показателей IV-й.

Среди заменимых аминокислот достоверная разница была получена по содержанию пролина и аланина между I-й и II-й группами на 0,69 (P<0,01) и 1,28% (P<0,01), между III-й и II-й – на 0,63 (P<0,01) и 1,04% (P<0,01), между IV-й и II-й группами – на 0,75 (P<0,01) и 1,30% (P<0,01) соответственно. Аминокислотный индекс в I-й и IV-й группах был одинаковым и составил 1,18 против 1,15 во II-й группе, а в III-й группе – на уровне 1,17.

Жировая ткань является важнейшим элементов, определяющим качество свинины. В свою очередь, ценность самой жировой ткани определяется жирнокислотным составом, глубиной залегания шпика, составом и питательностью корма [119].

Жир является важным фактором, влияющим на качество мяса, тем не менее он противопоказан многим потребителям, поэтому манипулирование жирнокислотным составом мышц и жировых тканей вызвало большой интерес в последнее время. У современных свиней, благодаря генетическому отбору внутримышечный жир снижен менее чем до 1% мышечной массы, при одновременном ухудшении сенсорных свойств свинины из-за прямой связи между внутримышечным жиром и формированием нежности, сочности, мраморности и вкуса вареного мяса. Поэтому потребители все больше интересуются мясом, содержащим высокие концентрации внутримышечного жира и полиненасыщенных жирных кислот поскольку.

Доказано, что низкопротеиновые рационы значительно повышают содержание внутримышечного жира в период роста и откорма свиней [131,194,241,254]. Кроме того, добавки с антиоксидантами, такими как эфирное масло и бензойная кислота, еще больше снижают распад липидов в мышцах. Исследования показали, что пониженное содержание сырого протеина в рационах молодняка свиней на откорме регулирует анаболизм и катаболизм липидов по средствам модуляции уровней РНК ключевых регуляторных ферментов и белков транспорта жирных кислот

в различных мышечных тканях [148]. Следовательно, необходимо проводить дальнейшие исследования основных механизмов влияния незкопротеиновых рационов на качество мяса.

В связи с тем, что крупные свиноводческие комплексы специализируются в основном на выращивании гибридного молодняка свиней мясного направления продуктивности, на рынке наблюдается значительный дефицит сала, пригодного для промышленной переработки. Как известно, мы в своём опыте использовали животных крупной белой породы мясо-сального направления продуктивности. Нами был изучен химический состав сала животных с живой массой до 100 и 120 кг, результаты представлены в таблице 16.

Как показали результаты исследований, достоверных различий по химическому составу сала между группами не установлено. Однако во II-й группе (отрицательный контроль) наблюдалась закономерность в снижении влаги и повышении жира в сале. Так, во II-й группе уровень влаги оказался ниже, чем в I-й, на 0,29; в III-й – на 0,19 и в IV-й – на 0,16%, а содержание жира превышало на 0,54; 0,34 и 0,80%.

При достижении животными живой массы 120 кг наблюдалось снижение влаги в I-й и IV-й группах, как относительно II-й (отрицательный контроль), так и по сравнению с предыдущими показателями, а содержание жира увеличилось. В III-й группе все изучаемые показатели остались практически на прежнем уровне.

Таблица 16 – Химический состав сала, % (n=3)

| Группы | Показатели | | | |
|---|---|---|---|---|
| | влага | протеин | жир | зола |
| До 100 кг | | | | |
| I-я | 5,21±0,13 | 2,30±0,11 | 91,90±0,39 | 0,59±0,05 |
| II-я | 4,92±0,15 | 1,87±0,17 | 92,44±0,43 | 0,77±0,06 |
| III-я | 5,11±0,16 | 1,98±0,10 | 92,10±0,27 | 0,86±0,04 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| IV-я | 5,08±0,17 | 2,67±0,12 | 91,64±0,71 | 0,61±0,07 |
| До 120 кг | | | | |
| I-я | 4,51±0,19 | 1,98±0,11 | 93,08±0,52 | 0,43±0,03 |
| II-я | 4,58±0,21 | 1,99±0,07 | 92,85±0,49 | 0,58±0,04 |
| III-я | 5,32±0,20 | 1,88±0,07 | 92,17±0,38 | 0,63±0,05 |
| IV-я | 4,55±0,17 | 1,65±0,10 | 93,09±0,42 | 0,71±0,06 |

Для более полного представления о качестве сала мы изучили его жирнокислотный состав (таблица 17).

Анализ жирнокислотного состава сала показал, что сбалансированность рационов по протеину и аминокислотам влияет и на качество сала. При достижении животными 100 кг в сале I-й и IV-й групп установлена достоверная разница по содержанию полиненасыщенных жирных кислот относительно II-й группы (отрицательный контроль) на 1,63 ($P<0,05$) и 1,52% ($P<0,05$). При достижении животными массы 120 кг зафиксирована достоверная разница межу I-й и IV-й и II-й группами не только по уровню полиненасыщенных, но и мононенасыщенных жирных кислот, которая составила 1,72 ($P<0,05$), 2,09 ($P<0,05$) и 1,39%, 2,29% ($P<0,05$) соответственно.

Таблица 17 – Жирнокислотный состав сала, % (n=3)

| Группы | Показатели | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | сумма жирных кислот | насыщенные | мононенасыщенные | полиненасыщенные | отношение насыщенные / ненасыщенные |
| До 100 кг | | | | | |
| I-я | 85,24±0,29 | 31,92±0,15 | 41,48±0,42 | 11,84±0,34* | 0,60 |
| II-я | 82,13±0,41 | 32,23±0,14 | 39,67±0,59 | 10,23±0,36 | 0,65 |
| III-я | 83,57±0,36 | 32,01±0,13 | 40,72±0,48 | 10,84±0,19 | 0,62 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| IV-я | 85,11±0,23 | 31,97±0,19 | 41,39±0,41 | 11,75±0,28* | 0,60 |
| До 120 кг | | | | | |
| I-я | 86,78±0,32 | 32,45±0,17 | 42,28±0,34* | 12,05±0,37* | 0,60 |
| II-я | 83,71±0,39 | 33,19±0,24 | 40,19±0,53 | 10,33±0,41 | 0,66 |
| III-я | 84,96±0,41 | 32,94±0,33 | 40,95±0,45 | 11,07±0,35 | 0,63 |
| IV-я | 86,63±0,27 | 32,53±0,19 | 42,38±0,47* | 11,72±0,28* | 0,60 |

Известно, что от жирнокислотного состава сала зависят его физико-технологические свойства, такие как температура плавления, плотность, йодное число, результаты которых представлены в таблице 18.

Показатели температуры плавления (тугоплавкость) сала, как при живой массе свиней до 100 кг, так и до 120 кг, в I-й и IV-й группах имели тенденцию к снижению относительно II-й (отрицательный контроль) на 1,50 и 1,39°С. Как известно, на показатель температуры плавления сала влияет соотношение в нём насыщенных и ненасыщенных жирных кислот, от которого зависят эмульгирующая способность и усвояемость сала. Исследованиями установлено, что наиболее оптимальным оказалось отношение ненасыщенных кислот к насыщенным в I-й и IV-й группах, которое составило 0,60 против 0,66 в контроле. В III-й группе этот показатель составил 0,63.

Таблица 18 – Физико-технологические свойства сала (n=3)

| Группы | Показатели | | |
|---|---|---|---|
| | температура плавления, °С | плотность, кг/м$^3$ | йодное число |
| До 100 кг | | | |
| I-я | 34,39±0,49 | 870,14±5,44 | 59,68±0,67* |
| II-я | 35,89±0,53 | 875,09±6,12 | 56,74±0,54 |
| III-я | 35,47±0,37 | 874,11±7,13 | 58,11±0,57 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| IV-я | 34,35±0,45 | 870,07±4,89 | 59,63±0,61* |
| До 120 кг | | | |
| I-я | 34,41±0,64 | 870,32±6,63 | 59,91±0,56* |
| II-я | 35,92±0,39 | 875,23±4,97 | 56,81±0,63 |
| III-я | 35,61±0,61 | 874,12±5,82 | 58,43±0,61 |
| IV-я | 34,38±0,55 | 870,27±5,56 | 59,87±0,54* |

Йодное число, как показатель, дающий возможность оценить степень насыщенности жирных кислот сала, возрос в I-й группе при живой массе 100 г на 5,18% ($P<0,05$), а при массе 120 кг – на 5,46% ($P<0,05$), в IV-й группе – на 5,09 ($P<0,05$) и 5,38% ($P<0,05$) относительно II-й группы. В III-й группе показатель йодного числа имел тенденцию к повышению на 2,41 и 2,85% при недостоверной разнице.

Поученные результаты позволяют сделать вывод, что подкожное сало (шпик) молодняка свиней I-й группы, где рационы были сбалансированы по всем питательным веществам, и IV-й, где дефицит аминокислот устраняли за счёт введения в рацион синтетических аминокислот (лизин, метионин), обладало хорошим качеством, высокой эмульгирующей способностью и усвояемостью по сравнению с животными II-й группы (отрицательный контроль).

### 3.1.7 Биологическая и технологическая ценность свинины

Улучшение качеств мяса является основной задачей свиноводов в условиях интенсивно растущего уровня производства и потребления продукции свиноводства. Фактор кормления влияет на качество, биологический состав и технологические свойства мяса.

Установлено, что введение в кормовой рацион свиней синтетического лизина благотворно влияет на образование мяса и его качество.

Потребительская ценность мяса непосредственно связана с содержанием полноценных белков и уровнем белкового качественного показателя. Недостаток протеина и незаменимых аминокислот в рационе животных II-й группы привел к снижению содержания триптофана (таблица 19).

Таблица 19 – Биологические и технологические свойства длиннейшего мускула спины (n=3)

| Показатели | Группы молодняка свиней | | | |
|---|---|---|---|---|
| | I-я | II-я | III-я | IV-я |
| Триптофан, мг/% | 427,32±1,82** | 409,88±2,41 | 421,48±2,69* | 425,86±1,98** |
| Оксипролин, мг/% | 47,05±0,61* | 49,64±0,53 | 47,13±0,49* | 47,02±0,57* |
| Белковый качественный показатель (БКП) | 9,08 | 8,26 | 8,94 | 9,06 |
| Влагоудерживающая способность (ВУС), % | 62,48±0,22* | 61,49±0,15 | 62,27±0,19* | 62,52±0,24* |
| Увариваемость, % | 39,09±0,11 | 39,28±0,12 | 39,12±0,17 | 39,07±0,13 |
| Кулинарно-технологический показатель | 1,60 | 1,57 | 1,59 | 1,60 |
| Концентрация ионов водорода (pH) | 5,86 | 5,69 | 5,78 | 5,86 |

Установлено, что уровень триптофана в мясе животных II-й группы оказался самым низким – 409,88 мг/%, что ниже, чем в I-й группе, на 4,26% (P<0,01), в III-й – на 2,83 (P<0,05) и в IV-й – на 3,89% (P<0,01).

Белковый качественный показатель длиннейшего мускула мышцы спины во всех подопытных группах находился на высоком уровне, однако в I-й, III-й и IV-й группах, где животные получали сбалансированный комбикорм, по переваримости протеина (I-я гр.), лизину (III-я гр.), лизину и метионину (IV-я гр.) превышал аналогичный показатель II-й группы на 0,82, 0,68 и 0,80.

Водосвязывающая способность определяет свойства мяса на различных стадиях его технологической обработки и влияет на водоудерживающую способность вырабатываемых из него готовых мясопродуктов, на их качество и выход. Водосвязывающая способность мяса в первую очередь зависит от состояния белков, жиры лишь в незначительной степени способны удерживать влагу.

В нашем опыте высокой влагоудерживающей способностью обладало мясо I-й, III-й и IV-й групп животных. Установлено достоверное превышение по данному показателю по сравнению со II-й группой на 1,61 ($P<0,05$), 1,27 ($P<0,05$) и 1,68% ($P<0,05$) соответственно при одновременном снижении в этих группах такого показателя, как увариваемость, – на 0,19; 0,16 и 0,21%. В связи с этим кулинарно-технологический показатель составил в I-й и IV-й группах 1,60, в III-й – 1,59, а во II-й (отрицательный контроль) – 1,57.

Установлено, что показатель pH мяса передаётся по наследству и его можно регулировать селекцией. Свиньи пород, чувствительных к стрессу, обладают более тощей конституцией, и величина pH мышц заднего окорока и филея значительно ниже [74].

В наших исследованиях концентрация ионов водорода (pH) во всех изучаемых образцах находилась в пределах физиологической нормы.

Качество мяса в первую очередь оценивается по следующим сенсорным признакам: цвет, pH, мраморность (содержание внутримышечного жира), нежность, удерживающая способность воды и сочность. В большинстве исследований не было выявлено существенных различий в показателях pH и влагоудерживающей способности через 24 часа после убоя свиней, которых кормили рационами с различным уровнем сырого протеина [131,168,171].

Недавние исследования подтвердили тенденцию к большему отложению жира у свиней живой массой от 40 до 115 кг, получавших низкопротеиновые рационы, при этом свинина была более нежной и сочной [148].

В исследованиях Teye G.A., Sheard P.R. et al. [239] мраморность жира в мышцах longissimus dorsi составила 2,9% у свиней, получавших низкопротеиновые рационы по сравнению с 1,7% у свиней, получавших высокопротеиновые рационы, при этом толщина шпика у них была одинаковой. Баллы нежности и сочности также заметно увеличились у свиней, получавших низкопротеиновые рационы на 0,5 и 0,6 ед. соответственно. Более высокое содержание олеиновой кислоты и более низкое линолевой в мышцах Longissimus и Semimembranosus было обнаружено при низкопротеиновых рационах, что также улучшает качественные показатели мяса. Все эти сенсорные признаки качества мяса в основном зависят от двух связанных биологических процессов, рост мышц и отложение жира [194].

В целях установления пищевой ценности, полученной в ходе исследований свинины, была проведена органолептическая оценка мяса и бульона по 5-ти балльной шкале с привлечением 15 дегустаторов (таблица 20).

Дегустаторами установлено, что по внешнему виду, аромату, вкусу, сочности и нежности наилучшими результатами обладало мясо вареное I-й и IV-й групп, где общая оценка составила 4,83 и 4,84 балла против 4,44 в отрицательном контроле.

Дегустационная оценка бульона после варки мяса подопытных животных показала, что посторонних запаха и привкуса не обнаружено. Общая оценка качества бульона также была выше в I-й и IV-й группах по сравнению с отрицательным контролем (II-я группа) на 0,34 и 0,35 балла.

Таблица 20 – Органолептическая оценка мяса при убое животных массой до 100 кг (n=5)

| Показатели | Группы молодняка свиней | | | |
|---|---|---|---|---|
| | I-я | II-я | III-я | IV-я |
| Мясо | | | | |
| Внешний вид | 4,74 | 4,15 | 4,55 | 4,80 |
| Аромат | 4,95 | 4,45 | 4,70 | 4,95 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Вкус | 4,85 | 4,20 | 4,65 | 4,85 |
| Сочность | 4,87 | 4,30 | 4,50 | 4,86 |
| Нежность | 4,75 | 4,10 | 4,40 | 4,75 |
| Общая оценка | 4,83 | 4,24 | 4,56 | 4,84 |
| Бульон | | | | |
| Внешний вид | 5,00 | 4,20 | 4,95 | 5,00 |
| Аромат | 4,68 | 4,53 | 4,64 | 4,68 |
| Вкус | 4,71 | 4,49 | 4,66 | 4,73 |
| Крепость | 4,78 | 4,54 | 4,69 | 4,78 |
| Наваристость | 4,73 | 4,45 | 4,65 | 4,77 |
| Общая оценка | 4,78 | 4,44 | 4,72 | 4,79 |

В результате проведённой экспериментальной работы установлено, что дефицит аминокислот, таких как лизин и метионин, в рационах свиней пагубно сказывается на продуктивности животных.

Экспериментально доказано, что при откорме свиней до 100 и 120 кг живой массы необходимо поддерживать содержание аминокислот на оптимальном уровне за счёт введения синтетических кормовых добавок, которые обеспечивают увеличение приростов живой массы и снижение возраста снятия с откорма.

Полученные данные позволяют заключить, что восполнение недостатка лизина и метионина в хозяйственных рационах за счёт синтетических аминокислот способствует повышению качественных показателей мяса свиней до уровня, как и на рационах, сбалансированных по всем параметрам кормам животного и растительного происхождения.

### 3.1.8 Экономическая эффективность

Практическая значимость проведённых исследований определяется их экономической эффективностью, результаты которой представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Основные экономические показатели

| Показатели | Группы молодняка свиней | | | |
|---|---|---|---|---|
| | I-я | II-я | III-я | IV-я |
| Срок откорма до живой массы, дн.: | | | | |
| 100 кг | 194 | 213 | 201 | 191 |
| 120 кг | 225 | 239 | 231 | 227 |
| Затраты ЭКЕ на 1 кг прироста: | | | | |
| 100 кг | 4,11 | 5,17 | 4,48 | 4,09 |
| 120 кг | 4,18 | 5,39 | 4,65 | 4,14 |
| Производственные затраты, руб.: | | | | |
| 100 кг | 8225,0 | 9285,0 | 8715,0 | 8169,0 |
| 120 кг | 10095,0 | 11385,0 | 10800,0 | 9873,0 |
| Себестоимость 1 ц прироста живой массы, руб.: 100 кг | 8225,0 | 9285,0 | 8715,0 | 8169,0 |
| 120 кг | 8413,0 | 9488,0 | 9000,0 | 8228,0 |
| Выручка от реализации, руб.: | | | | |
| 100 кг | 10340,0 | 9854,0 | 9989,0 | 10380,0 |
| 120 кг | 12408,0 | 11825,0 | 11986,0 | 12456,0 |
| Прибыль, руб.: 100 кг | 2115,0 | 569,0 | 1274,0 | 2211,0 |
| 120 кг | 2313,0 | 440,0 | 1186,0 | 2583,0 |
| Уровень рентабельности, %: 100 кг | 25,71 | 6,13 | 14,62 | 27,06 |
| 120 кг | 22,91 | 3,86 | 10,98 | 26,16 |

При расчете использовали фактические цены, сложившиеся в 2020 году. Расчеты показали, что затраты кормов на 1 кг прироста живой массы были наиболее низкими у животных I-й и IV-й групп по сравнению с отрицательным контролем (II-я группа) как при откорме до 100, так и до 120 кг.

Низкие затраты кормов на единицу прироста и более короткий срок откорма животных I-й и IV-й групп позволили сократить производственные затраты, в сравнении со II-й группой: при достижении живой массы 100 кг на 1060 и 1116 рублей, 120 кг – на 1230 и 1512 рублей. В связи с этим себестоимость 1 ц прироста живой

массы во II-й группе (отрицательный контроль) возросла по сравнению с I-й и IV-й группами: до 100 кг – на 12,89 и 13,66%, до 120 кг – на 12,78 и 15,31% соответственно.

Реализационная стоимость живого веса также колебалась в разрезе групп в связи с различной упитанностью свиней.

И, как итог, уровень рентабельности оказался наиболее высоким в IV-й группе как при выращивании до живой массы 100, так и до 120 кг. Превышение относительно отрицательного контроля (II-я группа) составило 20,93 и 22,30%. Разница по сравнению с I-й и III-й группами в пользу IV-й составила: до 100 кг – 1,35 и 12,44%, до 120 кг – 3,25 и 15,18% соответственно.

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что экономически более выгодно выращивать свиней до весовых кондиций 100 кг. При этом уровень рентабельности напрямую зависит от сбалансированности рационов по протеину и лимитирующим аминокислотам. В IV-й группе, где животные получали сбалансированный рацион по аминокислотам (синтетическими кормовыми добавками), была получена самая высокая прибыль, а в I-й группе, где животные получали рацион, сбалансированный как по протеину, так и по аминокислотам, за счет кормов животного происхождения прибыль оказалась несколько ниже, хотя почти все производственные показатели находились на уровне IV-й группы. Это можно объяснить более высокой стоимостью кормов животного происхождения. Во II группе (отрицательный контроль), где животные получали рацион, дефицитный как по протеину, так и аминокислотам, уровень рентабельности составил всего 6,13 и 3,86% соответственно весовым показателям. В III-й группе, где животные получали рацион, сбалансированный только по лизину, уровень рентабельности составил 14,62 и 10,98%.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Реализовать в полном объеме генетический потенциал животных, который как правило связан с высокой продуктивностью возможно при условии нивелирования дефицита основных питательных веществ корма, в том числе белка и аминокислот.

Изучение литературного обзора по данной теме и проведенные нами исследования позволили заключить, что в свиноводстве содержание сырого протеина в рационе может быть снижено, когда удовлетворяются потребности организма в незаменимых аминокислотах и общем азоте, потому что для свиней потребность в пищевом белке по существу является потребностью в аминокислотах.

Мы в своих опытах изучили влияние разных уровней протеина и лимитирующих аминокислот в рационах молодняка свиней крупной белой породы на переваримость и использование питательных веществ корма, обменные процессы, продуктивность и качество продукции (мясо, сало). В опыте участвовали четыре группы животных: I-я группа (положительный контроль) – животные получали сбалансированный рацион по сырому протеину и аминокислотам за счёт кормов растительного и животного происхождения по нормам ВИЖа, II-я группа (отрицательный контроль) – животные получали рацион, дефицитный как по протеину, так и по аминокислотам, III-я группа – животные получали рацион, сбалансированный только по аминокислоте лизин, IV-я группа – животные получали рацион, сбалансированный по незаменимым аминокислотам.

В процессе исследований нами установлено, что молодняк свиней I-й и IV-й групп переваривал корм наиболее эффективно и примерно на одном уровне. Животные II-й группы (отрицательный контроль) имели самые низкие коэффициенты переваримости сырого протеина по сравнению с I-й группой на 2,6 ($P<0,05$), с IV-й группой – на 2,4% ($P<0,05$), сырого жира – на 2,4 ($P<0,05$) и 3,0% ($P<0,05$), сырой

клетчатке – на 2,1 (P<0,05) и 2,2% (P<0,05), а использование азота – на 3,69 (P<0,01) и 3,67% (P<0,01) соответственно.

Исследованиями подтверждено утверждение о том, что несбалансированное кормление по протеину и аминокислотам отрицательно сказывается на свойствах состава крови. Включение в рацион синтетических аминокислот (IV-я группа) оказывает наиболее эффективное влияние на обменные процессы в организме, что связано с более высокой усвояемостью синтетического лизина. Зафиксировано увеличение уровня эритроцитов, гемоглобина и гематокрита в I-й и IV-й группах по сравнению с отрицательным контролем (II-я группа) как у животных массой 100 кг, так и 120 кг.

Содержание общего белка в сыворотке крови молодняка свиней колебалось в разрезе подопытных групп в зависимости от уровня протеинового питания и сбалансированности рационов по аминокислотному составу: при убое массой до 100 кг в I-й группе увеличилось относительно II-й на 4,67% (P<0,05), в IV-й группе – на 5,10% (P<0,05); при убое массой до 120 кг в I-й и IV-й группах превышение составило 4,66 (P<0,05) и 4,99% (P<0,05). Содержание альбуминовых фракций также значительно варьировало в пределах изучаемых групп в зависимости от кормления.

Фагоцитарная активность крови при достижении живой массы 100 кг была выше у молодняка I-й и IV-й групп по сравнению с аналогичными показателями II-й группы на 19,39 (P<0,05) и 20,45% (P<0,05). Установленная закономерность сохранилась при достижении животными массы 120 кг, при этом абсолютные значения изучаемого показателя несколько возросли в сравнении с предыдущими исследованиями.

Результаты динамики живой массы подопытных животных позволили установить, что до 6-ти месячного возраста наиболее высокие показатели оказались в I-й группе. Однако при дальнейшем откорме до 100 и 120 кг живой массы превосходство имели животные IV-й группы при одновременном снижении срока откорма как относительно отрицательного контроля, так и I-й группы.

Доказано, что включение в рацион синтетических кормовых аминокислот лизина и метионина способствует сокращению срока откорма по сравнению с отрицательным контролем (II группа) до 100 кг живой массы на 22 дня, до 120 кг – на 12 дней.

Общепринятые исследования по влиянию различных факторов, в том числе кормления, на рост и развитие организма животных дополняются данными по линейным изменениям.

Анализ результатов показал, что наибольшую длину туловища и обхват груди имели животные IV-й группы (119,8 и 111,2 см), рацион которых удовлетворял потребность в незаменимых аминокислотах. У свиней I-й группы, где комбикорм был сбалансирован по протеину и аминокислотам, получены аналогичные результаты, которые составили 119,7 и 111,0 см. Несколько иная картина наблюдалась в III-й группе, животные которой получали корм, сбалансированный только по лизину (119,3 и 110,8 см), а во II-й группе (отрицательный контроль), где в рационе наблюдался дефицит как протеина, так и лимитирующих аминокислот, длина туловища составила 118,8 см, а обхват груди – 109,2 см.

Сравнивая показатели линейных промеров между III-й, IV-й и II-й (отрицательный контроль) группами, можно заключить, что установлена достоверная разница по высоте в холке на 2,33 ($P<0,05$) и 2,49% ($P<0,05$), по глубине груди – на 3,58 ($P<0,05$) и 4,78% ($P<0,05$) соответственно. Показатели ширины груди во всех подопытных группах находились приблизительно на одном уровне.

Аналогичная картина наблюдалась при изучении линейных промеров животных массой 120 кг.

Характеризуя индексы телосложения у животных при живой массе до 100 кг, следует отметить, что наибольший индекс сбитости и длинноногости имели животные I-й и IV-й групп, состав рациона которых был сбалансирован по протеину и лимитирующим аминокислотам. Индекс растянутости у животных II-й группы (отрицательный контроль) оказался более высоким и составил 184,76, а у молодняка

свиней I-й, III-й и IV-й групп находится в пределах 181,31-182,47.

При достижении животными живой массы 120 кг сохранилась тенденция развития тела и, соответственно, индексы телосложения.

Анализ полученных данных позволил заключить, что индексы телосложения у молодняка свиней с живой массой как 100, так и 120 кг, несмотря на указанные выше изменения, находились в пределах физиологической нормы для породы крупная белая.

Многочисленными исследованиями установлено, что соотношение мяса и сала в туше зависит от породной принадлежности животных, их скороспелости, уровня и качества протеинового питания. Однако имеются противоречивые сведения по влиянию указанных факторов на уровень мясной продуктивности свиней, отсутствуют сравнительные данные по влиянию уровня и качества протеина на мясо-сальные свойства русской белой породы.

Обвалка показала, что на содержание мяса в тушах свиней оказывает влияние уровень и качество протеина в рационах. Недостаток протеина и незаменимых аминокислот оказали влияние на соотношение мяса и сала в тушах свиней II-й группы (отрицательный контроль) как при убое массой 100, так и 120 кг.

Добавка кормового лизина до нормы к хозяйственному рациону (III-я) группа сопровождалась некоторым увеличением содержания мяса в тушах относительно II-й группы на 1,70% при массе 100 кг и на 1,90% при массе 120 кг. Содержание сала снизилось на 1,50 и 2,20% соответственно.

У молодняка свиней IV-й группы, в рационы которых вводились синтетические аминокислоты (лизин, метионин), установлено достоверное повышение содержания мяса и снижение сала в тушах по отношению к животным II-й группы: при массе 100 кг – увеличение выхода мяса на 2,50% ($P<0,05$), снижение сала – на 2,30% ($P<0,05$), при массе 120 кг – на 2,90% ($P<0,05$) и 2,60% ($P<0,05$) соответственно. Данные показатели находились на уровне животных I-й группы, где питательность рациона соответствовала нормам ВИЖа, включая протеин.

Убойный выход, характеризующий результаты откорма, в наших исследованиях оказался самым низким во II-й группе (отрицательный контроль) и составил при откорме до 100 кг 62,7%, до 120 кг – 65,5%, что ниже, чем в I-й, III-й и IV-й группах, на 3,1 (P<0,05), 1,7 и 3,2% (P<0,05) и – на 1,1; 0,5 и 1,3% соответственно.

У свиней I-й, III-й и IV-й групп наблюдалось увеличение массы наиболее ценной части туши – заднего окорока относительно животных II-й группы при откорме до 100 кг на 2,21; 1,55 и 2,33%, а при откорме до 120 кг – на 2,23; 1,70 и 2,05% соответственно.

Нами установлено положительное влияние кормовых синтетических аминокислот (лизин, метионин) на содержание биохимических веществ в длиннейшей мышце спины. Зафиксировано увеличение уровня белка в IV-й группе относительно II-й на 5,09% (P<0,01) на фоне некоторого снижения содержания внутреннего жира. Содержание белка в I-й группе находилось на уровне IV-й группы. Сумма незаменимых аминокислот в IV-й группе достоверно превышала уровень II-й группы на 15,37% (P<0,01).

Жировая ткань является важнейшим элементом, определяющим качество свинины.

В связи с тем, что крупные свиноводческие комплексы специализируются в основном на выращивании гибридного молодняка свиней мясного направления продуктивности, на рынке наблюдается значительный дефицит сала, пригодного для промышленной переработки. Как известно, мы в своём опыте использовали животных крупной белой породы мясо-сального направления продуктивности.

Достоверных различий химического состава сала между подопытными группами установлено не было. Однако во II-й группе (отрицательный контроль) наблюдалась закономерность в снижении влаги и повышении жира в сале. Так, во II-й группе уровень влаги оказался ниже, чем в I-й, на 0,29, в III-й – на 0,19 и в IV-й – на 0,16%, а содержание жира превышало на 0,54; 0,34 и 0,80%.

При достижении животными живой массы 120 кг наблюдается снижение

влаги в I-й и IV-й группах как относительно II-й (отрицательный контроль), так и по сравнению с предыдущими показателями, а содержание жира увеличилось.

Анализ жирнокислотного состава сала показал, что сбалансированность рационов по протеину и аминокислотам влияет и на качество сала. При достижении массы 100 кг в сале животных I-й и IV-й групп установлена достоверная разница по содержанию полиненасыщенных жирных кислот относительно II-й группы (отрицательный контроль) на 1,63 ($P<0,05$) и 1,52% ($P<0,05$). При достижении животными массы 120 кг зафиксирована достоверная разница между I-й и IV-й и II-й группами не только по уровню полиненасыщенных, но и мононенасыщенных жирных кислот, которая составила 1,72% ($P<0,05$), 2,09 ($P<0,05$) и 1,39 ($P<0,05$), 2,19% ($P<0,05$) соответственно.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что подкожное сало (шпик) молодняка свиней I-й группы, где рационы были сбалансированы по всем питательным веществам, и IV-й, где дефицит аминокислот устраняли за счёт введения в рацион синтетических аминокислот (лизин, метионин), обладало хорошим качеством и высокой эмульгирующей способностью и усвояемостью по сравнению с животными II-й группы (отрицательный контроль).

Потребительская ценность мяса непосредственно связана с содержанием белков и уровнем белкового качественного показателя.

Нами установлено, что уровень триптофана в мясе животных II-й группы оказался самым низким – 409,88 мг/%, что ниже, чем в I-й группе, на 4,26% ($P<0,01$), в III-й – на 2,83 ($P<0,05$) и в IV-й – на 3,89% ($P<0,01$).

Значительных различий по содержанию оксипролина в мясе подопытных животных не установлено. Высокой влагоудерживающей способностью обладало мясо I-й и IV-й групп. Установлено достоверное превышение по данному показателю по сравнению со II-й группой на 1,61 ($P<0,05$) и 1,68% ($P<0,05$) при одновременном снижении в этих группах такого показателя, как увариваемость, на 0,19 и 0,21%. В связи с этим кулинарно-технологический показатель составил в I-й и IV-й

группах 1,60, а во II-й (отрицательный контроль) – 1,57.

Полученные данные позволяют заключить, что восполнение недостатка лизина и метионина в хозяйственных рационах за счёт синтетических аминокислот способствует повышению качественных показателей мяса свиней до уровня, как на рационах, сбалансированных по всем параметрам кормами животного и растительного происхождения.

В связи с более низкими затратами кормов на единицу прироста и сокращением срока откорма при достижении весовых кондиций в I-й и IV-й группах производственные затраты оказались меньше, чем во II-й группе: при достижении живой массы 100 кг – на 1060 и 1116 рублей, 120 кг – на 1290 и 1512 рублей. Наиболее высокий уровень рентабельности оказался в IV-й группе как при выращивании до живой массы 100 кг, так и до 120 кг. Превышение относительно отрицательного контроля (II-я группа) составило 20,93 и 22,30%. Разница по сравнению с I-й и III-й группами в пользу IV-й составила: до 100 кг – 1,35 и 12,44%, до 120 кг – 3,25 и 15,80% соответственно.

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что экономически более выгодно выращивать свиней до весовых кондиций 100 кг. При этом уровень рентабельности напрямую зависит от сбалансированности рационов по протеину и лимитирующим аминокислотам.

# РЕКОМЕНДАЦИИ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. С целью снижения расхода кормов, сокращения сроков откорма, повышения мясной продуктивности, улучшения потребительских свойств свинины рекомендуем использовать корм, сбалансированный кормовыми синтетическими аминокислотами (лизин, метионин), который не уступает по переваримости и усвояемости питательных веществ корму, сбалансированному по переваримому протеину.

2. Скармливание молодняку свиней на откорме рационов, сбалансированных по лимитирующим аминокислотам (IV-я группа), способствует сокращению срока достижения откормочных кондиций в сравнении с животными, получавшими сбалансированный рацион по протеину (I-я группа), за счет использования кормов животного происхождения при достижении живой массы 100 кг на 3 дня, при 120 кг – на 2 дня, а в сравнении с животными, получавшими общехозяйственный рацион (II-я группа), дефицитный по протеину и аминокислотам, при живой массе 100 кг – на 22 дня, при 120 кг – на 16 дней.

3. Предложенная схема кормления молодняка свиней на откорме позволяет повысить уровень рентабельности относительно отрицательного контроля (II-я группа) на 20,93 и 22,30%, а по сравнению с положительным контролем (I-я группа) – на 1,35 и 3,25%.

# ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Дальнейшие исследования будут направлены на использование разработанной схемы кормления молодняка свиней других пород и гибридов при производстве свинины на крупных комплексах. Предусмотреть проведение комплексных исследований повышения продуктивности животных и снижения экономических затрат за счёт балансирования в их рационах незаменимых аминокислот.

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аверкиева, О.М. Незаменимые аминокислоты / О.М. Аверкиева // Животноводство для всех. – 2005. – № 7. – С. 37.

2. Аверкиева, О.М. Использование аминокислот в кормлении свиней / О.М. Аверкиева // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2008. – № 8. – С. 24–28.

3. Аликаев, В.А. Руководство по контролю качества кормов и полноценности кормления животных / В.А. Аликаев, Е.А. Петухова [и др.]. – М.: Колос, 1967. – 232 с.

4. Анищенко, А.Н. Актуальные проблемы и перспективы развития подотрасли свиноводства / А.Н. Анищенко // Проблемы развития территории. – 2017. – № 4 (90). – С. 147–159.

5. Бараников, В.А. Влияние живой массы поросят при отъеме от свиноматок на показатели естественной резистентности, белкового и ферментативного обмена / В. А. Бараников // История науки образования и бизнеса для обеспечения продовольственной безопасности РФ: мат. межд. науч.-практ. конф. 2–4 февраля 2010 г. – пос. Персиановский, 2010. – Т. 1. – С. 137–142.

6. Бараников, В.А. Влияние биологических добавок на резистентность, обмен веществ и продуктивность свиней / В.А. Бараников // Научный журнал КубГАУ. – 2016. – № 121. – С. 1–12.

7. Барыкин, А.А. Минеральная добавка «Коретрон» в рационах молодняка свиней на откорме / А.А. Барыкин, С.М. Иванов, Д.В. Фризен, Г.Н. Сницаренко // Научный электронный журнал КубГАУ. – Краснодар: КубГАУ. – 2016. – № 120 (06). – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru /2016/06/pdf/137.pdf.

8. Баширов, В.Д. Взаимосвязь гематологических показателей с продуктивностью / В.Д. Баширов [и др.] // Матер. межд. науч.-практ. конференции. – Оренбург, 2000. – С. 42.

9. Беляев, В. Энергия, протеин и здравый смысл / В. Беляев // Свиноводство. – 2015. – № 5. – С. 19-22.

10. Берендяева, Л.А. Некоторые биохимические показатели сыворотки крови свиней в различные физиологические периоды / Л.А. Берендяева // Омский научный вестник. – 2003. – № 3 (24). – С. 165–168.

11. Богданов, Г.А. Интенсификация производства свинины и насущные физиолого-биохимические проблемы аминокислотного питания / Г.А. Богданов // Физиолого-биохимические основы повышения эффективности использования кормов в животноводстве: тз. докл. Всесоюз. совещания. – Боровск, 1973. – Ч. I. – С. 144-145.

12. Будтуев, О.В. Мясная продуктивность и качество мяса свиней при использовании в рационах треонина и ферментных препаратов / О.В. Будтуев, О. Д. Будтуева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2016. – № 1. – С. 122–128.

13. Бурин, В.И. Сравнительная эффективность балансирования ячменных рационов синтетическим лизином и горохом / В.И. Бурин, М.К. Ступак // Физиолого-биохимические основы повышения эффективности использования кормов в животноводстве: тез. докл. Всесоюз. совещания. – Боровск, 1973. – Ч. I. – С. 147–148.

14. Бурцева, С.В. Современные биологические методы исследований в зоотехнии: учебное пособие / С.В. Бурцева, О.Ю. Рудишин, Л.Н. Черемнякова. – Барнаул, 2013. – 215 с.

15. Вишняков, С.И. Аминокислоты, их обмен и использование в питании сельскохозяйственных животных / С.И. Вишняков. – М.: Изд-во МСХА им. К.А. Тимирязева, 2011. – 285 с.

16. Войтенко, О.С. Биологические препараты в свиноводстве / О.С. Войтенко, В.А. Бараников., О.Р. Борило // Ветеринарная патология. – 2013. – № 3. – С. 14–17.

17. Войтенко, О.С. Влияние биологических препаратов на энергию роста свиней и продукты переработки свиноводства / О.С. Войтенко, В.А. Бараников, О.Р. Борило // Ветеринарная патология. – 2013. – № 3. – С. 35–37.

18. Войтенко, О.С. Откормочные качества и некоторые биологические особенности молодняка свиней в зависимости от используемых препаратов / О.С. Войтенко, Л.Г. Войтенко, А.И. Бараников // Зоотехния. – 2014. – № 4. – С. 31–32.

19. Войтеха, М.А. Иммунный и тиол-дисульфидный статус свиней, содержащихся на низкопротеиновых рационах с различной обменной энергией и аминокислотами / М.А. Войтеха, А.А. Гаглошвили // Сельскохозяйственная биология. – 2010. – № 4. – С. 66–72.

20. Востроилова, Г.А. Биохимический и иммунный статус поросят при отъемном стрессе и его фармакокоррекция аминоселетоном / Г.А. Востроилова, Н.А. Хохлова, Т.Е. Лободина, О.Ю. Фоменко, Ю.Н. Алехин, Е.В. Михайлов // Ветеринарная патология. – 2015. – №1 (51). – С. 69–75.

21. Гамко, Л.Н. Рационы с разным уровнем энергии и протеина / Л.Н. Гамко // Свиноводство. – 1982. – № 8. – С. 30–31.

22. Гамко, Л.Н. Прогнозирование отложения белка в приросте в зависимости от использования азота рациона у молодняка свиней на откорме / Л.Н. Гамко, М.Б. Бадырханов, А.Г. Менякина, В.В. Хомченко // Интенсивность и конкурентоспособность отраслей животноводства: матер.а междунар. науч.-практ. конф. 21-22 апреля 2016 года. – Брянск: Брянский ГАУ, 2016. – С. 36–39.

23. Гамко, Л.Н. Влияние скармливания разных доз смектитного трепела на мясную продуктивность свиней на откорме / Л.Н. Гамко, М.Б. Бадырханов // Аграрная наука. – 2016. – № 2. – С. 22–23.

24. Гамко, Л.Н. Влияние сыворотки, гидролизованной обогащённой лактатами на продуктивные качества молодняка свиней: монография / Л.Н. Гамко, И.И. Сидоров, В.Е. Подольников. – Брянск: Изд-во Брянского ГАУ, 2018. – С. 85–92.

25. Головко, Е.Н. Переваримость аминокислот в кормлении свиней / Е.Н. Головко, М.О. Омаров, В.Г. Рядчиков // Научные основы ведения животноводства и кормопроизводства: сб. науч. тр. ин-та / СКНИИЖ. – 1999. – С. 234–243.

26. Головко, Е.Н. Некоторые особенности модификации идеального метода оценки доступности аминокислот в кормлении свиней / Е.Н. Головко, М.О. Омаров, О.А. Тарасенко, М.В. Каширина // Научные основы повышения продуктивности сельскохозяйственных животных: сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф. – Краснодар, 2008. – Ч. 2. – С. 14–16.

27. Головко, Е.Н. Титановая канюля для оценки идеальной переваримости протеина у свиней / Е.Н. Головко // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2009. – № 1. – С. 25–30.

28. Головко, Е.Н Некормовые аминокислоты в терминальном илеуме свиней / Е.Н. Головко, Н.Н. Забашта, О.А. Полежаева и др. // Сб. науч. тр. СКНИИЖ по мат. 7-й междунар. науч.-практ. конф. – Краснодар, 2014. – Т. 3. – Ч. 1. – С. 208–212.

29. Головко, Е.Н Истинная доступность аминокислот кормов в органическом животноводстве / Е.Н. Головко, Н.Н. Забашта // Сб. науч. тр. КНЦЗВ.– 2017. – Т. 2. – С. 145–150.

30. Голушко, В.М. Оптимизация соотношений лизина и обменной энергии комбикормов для синтеза мяса у молодняка свиней белорусской мясной породы / В.М. Голушко, В.А. Рощин, С.А. Линкевич, А.В. Ситько, М.А. Шацкий // Зоотехническая наука Беларуси: сб. науч. тр. Технология кормов и кормления, продуктивность технология производства, зоогигиена, содержание. – Жодино, 2014. – Т. 49. – Ч. 2. – С. 27–36.

31. Голушко, В.М. Оптимизация аминокислотной питательности комбикормов для свиней средствами компьютерного моделирования / В.М. Голушко, А.Я. Райхман, А.В. Голушко, В.Н. Пилюк // Животноводство и ветеринарная медицина. – 2016. – № 1. – С. 8–13.

32. Голушко, В.М. Полноценность протеиновой питательности кормов для свиней / В.М. Голушко, А.В. Голушко, В.Н. Пилюк, А.В. Ситько, А.Я. Райхман // Животноводство и ветеринарная медицина. – 2016. – № 2. – С. 3–7.

33. Голушко, В.М. Совершенствование системы энерго-протеинового питания молодняка свиней / В.М. Голушко, В.А. Рощин, С.А. Линкевич // Зоотехническая наука Беларуси: сб. науч. тр. – Жодино, 2007. – Т. 42.

34. Горлов, И.Ф. Рекомендации по повышению продуктивности и улучшению качественных показателей мяса крупной белой породы свиней нового типа «Краснодонский» за счёт факторов кормления / И.Ф. Горлов, А.В. Ранделин, А.И. Сивко, Е.А. Крыштоп, В.А. Ситников. – М.: Вестник РАСХН, 2007. – 36 с.

35. Горлов, И.Ф. Влияние новых кормовых препаратов на мясную продуктивность свиней скороспелого мясного типа (СМ1) / И.Ф. Горлов, А.А. Мосолов, В.А. Бараников // Аграрно-пищевые инновации. – 2018. – №1 (1). – С. 54-58.

36. Горлов, И.Ф. Качественные показатели свинины, полученной от животных, при использовании в рационах новых антистрессовых препаратов / И.Ф. Горлов, М.И. Сложенкина, О.А. Княжеченко, В.А. Бараников, А.А. Мосолов, В.В. Лодянов // Пищевая промышленность. – 2019. – № 5. – С. 78-81.

37. Горлов, И.Ф. Научные и практические аспекты выращивания ремонтного молодняка и содержания поголовья свиней: монография / И.Ф. Горлов, О.П. Шахбазова, Е.А. Крыштоп, В.А. Бараников. – пос. Персиановский: Изд-во Донского ГАУ, 2012. – 401 с.

38. Гурьянов, А.М. Оптимизация уровня белково-витаминно-минеральных добавок в рационах молодняка свиней / А.М. Гурьянов, В.А. Кокарев, А.В. Борин // Животноводство и ветеринарная медицина. – 2016. – № 4. – С. 29-38.

39. Гусев, И.В. Состояние белкового и азотистого обмена у свиней разных технологических групп в условиях промышленной технологии / И.В. Гусев, Л.С. Гимадеева, Р.А. Рыков // Зоотехния. – 2014. – № 9. – С. 11–14.

40. Дементьева, Т.А. Показатели обмена белков в крови свиней / Т.А. Дементьева, К.В. Жучаев // Фундаментальные исследования. – 2008. – № 10. – С. 36–37.

41. Динис, М.А. Использование синтетических аминокислот в кормлении молодняка норок / М.А. Динис, Е.Г. Квартникова // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 10. – С. 45–47.

42. Ермолова, Е.М. Эффективность использования в рационах свиней кормовой добавки Глаукарин / Е.М. Ермолова // Известия Оренбургского ГАУ. – 2017. – № 1 (63). – С. 147–150.

43. Йылдырым, Е.А. Как решить проблемы пищеварения свиней? / Е.А. Йылдырым, Л.А. Ильина, В.А. Филиппова, А.В. Дубровин, Д.Г. Тюрин [и др.] // Свиноводство. – 2019. – № 8. – С. 80–83.

44. Калашников, А.П. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных / А.П. Калашников, В.Н. Фисинин, В.В. Щеглов, Н.Г. Первов, Н.И. Клеймёнов, Н.Н. Стрекозов [и др.] // Справочное пособие; 3-е издание, переработанное и дополненное. – М., 2003. – 456 с.

45. Каширина, М. Идеальный протеин для свиней / М. Каширина, Е. Головко, М. Омаров // Животноводство России. – 2005. – № 9. – С. 29.

46. Кисиль, Н.Н. Аминокислоты и повышение продуктивности животных / Н.Н. Кисиль, Ю.А. Тырсин // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2014. – № 9. – С. 68–72.

47. Клименко, Т.В. Сравнение разных источников метионина в рационах поросят / Т.В. Клименко // Свиноводство. – 2014. – № 3. – С. 41–42.

48. Ковалев, Ю. Новые возможности российского свиноводства / Ю. Ковалев // Farm animals. – 2015. – № 2. – С. 45–50.

49. Колганов, А.В. Липиды плазмы крови, продуктивность и качество продукции у растущих и откармливаемых свиней на низкопротеиновых рационах с разным уровнем лимитирующих аминокислот и обменной энергии / А.В. Колганов // Современные проблемы интенсификации производства свинины в странах СНГ: сб.

науч. тр. XVII междунар. науч.-практ. конф. по свиноводству. 7–10 июля 2010 г. – Ульяновск, 2010. – Т. 1. – С. 136–142.

50. Комлацкий, В.И. Конституция, экстерьер и этология свиней: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / В.И. Комлацкий, Величко Л.Ф. – Краснодар, 2008. – 57 с.

51. Кондрахин, И.П. Методы оценки состояния белкового обмена / И.П. Кондрахин, А.В. Архипов, В.И. Левченко, Г.А. Таланов [и др.] // Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики: справочник. – М.: КолоС, 2004. – С. 88–89.

52. Кононенко, С.И. Способы повышения мясной продуктивности свиней / С.И. Кононенко, В.В. Семенов, Л.В. Ворсина, В И. Лозовой // Известия Горского ГАУ. – 2014. – № 2. – С. 90–94.

53. Кононенко, С.И. Проблемы и перспективы развития современного свиноводства / С.И. Кононенко // Эффективное животноводство. – 2015. – № 11(120). – С. 9–11.

54. Кононенко, С.И. Актуальные проблемы организации кормления в современных условиях / С.И. Кононенко // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. – 2016. – № 115. – С. 1–30.

55. Кононенко, С.И. Коррекция рационов для свиней, выращиваемых для производства органической свинины / С.И. Кононенко, Е.Н. Головко, Н.Н. Забашта, А.З. Утижев // Вестник аграрной науки Дона. – 2016. – № 2. – С. 49–58.

56. Кононенко, С.И., Инновационные решения в кормлении свиней / С.И. Кононенко, З.В. Псхациева, Н.А. Юрина // Вестник аграрной науки Дона. – 2017. – Т. 2. – № 38. – С. 80–85.

57. Короткая, И.В. Влияние лизинсинтезирующего препарата «Симбиохит» на продуктивность и качество продукции молодняка свиней: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.02.08 / Короткая Инна Витальевна. – Брянская область, с. Кокино, 2019. – 119 с.

58. Косилов, В.И. Воспроизводительные качества свиноматок крупной белой породы при сочетании с хряками разных линий / В.И. Косилов, Ж.А.Перевойко // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. – № 6. – С. 122–127.

59. Кошаров, А.Н. Некоторые показатели обмена веществ у свиней при изменении уровня протеина и энергии в рационе / А.Н. Кошаров, М.Д. Антова // Физиология и биохимия сельскохозяйственных животных: науч. тр. – Боровск, 1980. – Т. XXIV. – С. 117–127.

60. Кукушкин, И.Ю. Мясные качества молодняка свиней разных пород / И.Ю. Кукушкин, А.С. Филатов // Известия Нижневолжского Агроуниверситетского комплекса. – 2011. – № 2 (22). – С. 150–154.

61. Кулинцев, В.В. Влияние сбалансированности рационов по незаменимым аминокислотам на продуктивность молодняка свиней / В.В. Кулинцев, М.О. Омаров // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 2. – С. 39–41.

62. Кулинцев, В.В. Потребность в лизине молодняка свиней / В.В. Кулинцев, С.О. Османова, М.О. Омаров // Аграрная наука. – 2011. – № 9 – С. 25–27.

63. Кульмакова, Н.И. Математическое моделирование технологии воспроизводства свиней / Н.И. Кульмакова, В.Н. Орлов // Вестник Курганской ГСХА. – 2016. – № 2. – С. 40–43.

64. Лаврентьев, А.Ю. L-лизин монохлоргидрат кормовой в составе зерносмеси для молодняка свиней / А.Ю. Лаврентьев / Свиноводство. – 2014. – № 3. – С. 26–27.

65. Лагодюк, П.З. Обмен веществ в организме свиней и птицы и уровень продуктивного действия корма в зависимости от аминокислотного состава рациона / П.З. Лагодюк, В.С. Скварук, Я.И. Слабицкий // Физиолого-биологические и генетические основы повышения эффективности использования кормов в животноводстве: тез. докл. Всесоюзного совещания. – Боровск, 1973 – Ч. 1. – С. 158–159.

66. Лебедев, П.Т. Методы исследования кормов, органов и тканей животных / П.Т. Лебедев, А.Т. Усович. – М.: Россельхозиздат, 1976. – 239 с.

67. Левахин, Г.И. Переваримость питательных веществ рациона в зависимости от типа кормления и направления продуктивности животных / Г.И. Левахин, Г.К. Дускаев // Вестник мясного скотоводства: Всерос. науч.-исслед. ин-т мясн. скотоводства, 2003. – Вып. 56. – С. 324–330.

68. Лисицын, А.Б.Использование в рационах свиней на откорме кормовой добавки «ПРОСТ», содержащей молочный йодированный белок / А.Б. Лисицын, Л.С. Большакова, И.М. Чернуха // Вестник аграрной науки. – 2016. – № 6. – С. 71–79.

69. Макарцев, Н.Г. Протеиновая питательность кормов / Н.Г. Макарцев // Кормление сельскохозяйственных животных. – Калуга: Изд-во «Ноосфера», 2017. – С. 51–55.

70. Марынич, А.П. Эффективность использования высокобелковых кормов на основе зерна сои в рационах молодняка свиней / А.П. Марынич // Кормопроизводство. – 2013. – № 12. – С. 39–43.

71. Махаев, Е.А. Протеиновое питание свиней мясного типа / Е.А. Махаев // Животноводство России. – 2009. – № 8. – С. 35–36.

72. Махаев, Е.А. Использование обменной энергии растущими свиньями мясного типа на жизнедеятельность, синтез и отложение в теле белка и жира / Е.А. Махаев // Современные проблемы и научное обеспечение инновационного развития свиноводства: XXIII междунар. науч.-практ. конф. – 2016. – С. 188–194.

73. Мещеряков, А.Г. Влияние энергетической ценности и качества протеина рациона на морфо-биохимические показатели крови / А.Г. Мещеряков // Мясное скотоводство и перспективы его развития: юбилейный сб. науч. тр. – Оренбург, 2000. – Вып. 53. – С. 492–496.

74. Мирошникова, Е.П. Физико-химические и биохимические основы производства мяса и мясных продуктов / Е.П. Мирошникова, О.В. Богатова, С.В. Стадникова // Учебное пособие. – Оренбург. – 2005. – 246 с.

75. Мысик, А.Т. Современное состояние производства и потребления продукции животноводства в мире / А.Т. Мысик. – Зоотехния. – 2008. – № 1. – С. 41–44.

76. Немиров, В.А. Гематологические показатели и воспроизводительная способность свиней разного генотипа // Вестник Курганской ГСХА. – 2015. – № 3. – С. 31–34.

77. Никонков, Д.Л. Эффективные белково-витаминные добавки в свиноводстве / Д.Л. Никонков, А.А. Резниченко, Н.А. Денисова, В.А. Сыровицкий // Современные проблемы науки и образования, 2015. [Онлайн] доступно по адресу: https://science-education.ru/ru/article/view?id=23217 [дата обращения 26 августа 2019].

78. Ниязов, Н.С.-А. Использование низкопротеинового комбикорма с добавками аминокислот у растущих свиней / Н.С.-А. Ниязов // Проблемы биологии продуктивности животных. – 2009. – № 4. – С. 51–57.

79. Ниязов, Н.С.-А. Особенности белкового обмена у молодняка свиней при разном уровне аминокислот на низкопротеиновых рационах / Н.С.-А. Ниязов, К.Т. Еримбетов, Д.Е. Панюшкин // Современные проблемы интенсификации производства свинины в странах СНГ: сб. науч. тр. XVII межд. науч.-практ. конф. по свиноводству. – Ульяновск, 2010. – Т. 1. – С. 190-196.

80. Ниязов, Н.С.-А. Продуктивность и азотистый обмен у свиней, получавших низкопротеиновые рационы с разным уровнем незаменимых аминокислот / Н.С.-А. Ниязов, Б.Д. Кальницкий // Доклады академии РАСХА. – 2014. – № 3. – 60–62.

81. Ниязов, Н.С.-А. Продуктивность и азотистый обмен у свиней, получавших низкопротеиновые рационы с разным уровнем незаменимых аминокислот / Н.С.-А. Ниязов, Б.Д. Кальницкий // Доклады РАСХН. – 2014. – № 5. – С. 60–63.

82. Ниязов, Н.С.-А. Продуктивность и усвоение питательных веществ корма у растущих свиней при разном уровне незаменимых аминокислот в низкопротеиновых рационах / Н.С.-А. Ниязов, Е.В. Пьянкова, Е.И. Кузнецова // Сб. науч. тр. инта / СКНИИЖ. – 2014. – Т. 2. – С. 1–5.

83. Ниязов, Н.С.-А. Использование в кормлении растущих свиней низкопротеиновых комбикормов, сбалансированных по аминокислотам, доступным для всасывания в кишечнике / Н.С.-А. Ниязов, О.Н. Родионова, Е.В. Пьянкова // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2016. – № 4. – С. 81–88.

84. Ниязов, Н.С.-А. Использование низкопротеиновых рационов, сбалансированных по доступности аминокислот, в питании растущих свиней / Н.С.-А. Ниязов, Д.Е. Панюшкин, О.Н. Родионова, Е.В. Пьянкова // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. – 2017. – № 20. – С. 256–263.

85. Ниязов, Н.С.-А. Комбикорма с разными уровнями протеина, обменной энергии доступных аминокислот для свиней мясного типа / Н.С.-А. Ниязов, О.Н. Родионова, Е.В. Пьянкова // Сб. науч. тр. КНЦЗВ. – 2019. – Т. 8. – № 1. – С. 211–214.

86. Ниязов, Н.С.-А. Продуктивность и азотистый обмен у помесных свиней в зависимости от их генотипа / Н.С.-А. Ниязов, Е.В. Пьянкова // Сб. науч. тр. КНЦЗВ. – 2019. – Т. 8. – № 2. – С. 70–75.

87. Носов, А.Ф. Синтетический лизин при откорме свиней / А.Ф. Носов, З.А. Леонтьева // Кормление сельскохозяйственных животных: сб. работ. Ленинград: Изд-во Колос, 1971. – Вып. 9 – С. 291–294.

88. Обвинцева, О.В. Новая добавка к корму свиней в период откорма / О.В. Обвинцева, К.Т. Еримбетов, Н.С.-А. Ниязов // Зоотехния. – 2016. – № 9. – С. 17–19.

89. Омаров, М. Балансируем рацион по протеину / М. Омаров, Е. Головко, М. Каширина // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2007. – № 6. – С. 42–44.

90. Омаров, М.О. Влияние оптимизации рационов по незаменимым аминокислотам для свиней / М.О. Омаров, О.А. Слесарева // Сб. науч. тр. итн-та / СКНИИЖ. – 2013. – Ч. 2. – № 1. – С. 107-115.

91. Омаров, М.О. Определение потребности поросят в незаменимых аминокислотах факториальным методом / М.О. Омаров, О.А. Слесарева, С.О. Османова, Б.Т.

Абилов // Сб. науч. тр. ВНИИ овцеводства и козоводства. – Сельскохозяйственный журнал. – 2015. – Т 2. – № 8. – С. 87-95.

92. Омаров, М.О. Факториальный метод определения потребности поросят в незаменимых аминокислотах / М.О. Омаров, С.О. Османова, О.А. Слесарева // Сб. науч. тр. СКНИИЖ. – 2015. – Т. 4. – С. 212–216.

93. Омаров, М.О. Определение доступности аминокислот зерна злаков для всасывания в тонком кишечнике у свиней / М.О. Омаров, О.А. Слесарева // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2016. – № 3. – С. 2–90.

94. Омаров, М.О. Особенности изучения доступности аминокислот у свиней / М.О. Омаров, О.А. Слесарева, С.О. Османова, Б.Т. Абилов // Сб. науч. тр. ин-та / ВНИИ овцеводства и козоводства. – Сельскохозяйственный журнал. – 2016. – № 2. – С. 195–202.

95. Омаров, М.О. Доступность аминокислот растительных кормов в кормлении свиней / М.О. Омаров, О.А. Слесарева // Сб. науч. тр. ин-та / СКНИИЖ. – 2017. – С. 212–216.

96. Омаров, М.О. Эффективность низкобелковых рационов в кормлении молодняка свиней / М.О. Омаров, О.А. Слесарева // Сб. науч. тр. ин-та / СКНИИЖ. – 2017. – Ч. 6. – С. 216–220.

97. Орлинский, Б.С. Потребность в аминокислотах свиней / Б.С. Орлинский // Добавки и премиксы в рационах. – Россельхозиздат, 1984. – С. 104–106.

98. Пономаренко, Ю.А. Безопасность кормов, кормовых добавок и продуктов питания: монография / Ю.А. Пономаренко, В.И. Фисинин, И.А. Егоров. – Минск: «Экоперспектива», 2012. – 863 с.

99. Радюхин, А. Протеиновое питание свиней / А. Радюхин // Комбикорма, 2009. – № 7. – С. 69.

100. Родионова, О.Н. Влияние разных уровней энергии и лимитирующих аминокислот на азотистый обмен и продуктивность свиней в период их доращивания /

О.Н. Родионова, Б. Д. Кальницкий // Науч. проблемы производства и улучшения её качества: сб. науч. тр. межд. науч.-практ. конф. – Брянск, 2010. – С. 90–96.

101. Рядчиков, В.Г. Аминокислотное питание свиней / В.Г. Рядчиков, Б.Д. Кальницкий, В.В. Щеглов, М.О. Омаров [и др.] // Рекомендации. – М.: – 2000. – 46 с.

102. Рядчиков, В.Ф. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Методология, ошибки, перспективы / В.Ф. Рядчиков // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство – 2006. – № 9. – С. 18–22.

103. Рядчиков, В.Г. Потребность растущих свиней в переводимых аминокислотах / В.Г. Рядчиков // Животноводство России. – 2007. – № 11. – С. 21–24.

104. Саломатин, В.В. Влияние треонина и ферментных препаратов на морфологический и биохимический состав крови у подопытных свиней на откорме / В.В. Саломатин, В.А. Злепкин, О.В. Будтуев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2010. – № 1 (17). – С. 81–87.

105. Серых, М.М. Морфологические и биохимические показатели резистентности и продуктивность поросят-отъёмышей разных генотипов / М.М. Серых, Л.М. Зайцева // Известия Оренбургского ГАУ. – 2009. – № 2 (22). – С. 155–157.

106. Стрекозов, Н.И. Наше видение развития мясного животноводства России до 2020 года / Н.И. Стрекозов, А.В. Чинаров // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 8. – С. 3–4.

107. Суднеев, П.В. Интенсивность роста, откормочные и мясные качества подсвинков разных генотипов // Вестник Краснодарского ГАУ. – 2015. – № 5. – С. 167–169.

108. Суханова, С.Ф. Использование методов математического моделирования для обработки результатов биологических исследований / С.Ф. Суханова, Г.С. Азаурбаева, Т.П. Лещук // Актуальные проблемы развития профессионального образования: мат. Всероссийской науч.-практ. конф. – Курган, 2017. – С. 210–214.

109. Суханова, С.Ф. Моделирование влияния внешних факторов на показатели биологических систем / С.Ф. Суханова, Г.С. Азаубаева, Т.Л. Лещук // Современные методики учебной и научно-исследовательской работы: мат. Всероссийской науч.-практ. конф. – 2017. – С. 56–59.

110. Сычева, Л.В. Кормление свиней: учебное пособие / Л.В. Сычева. – Пермь: ИПЦ «Прокростъ», 2014. – 149 с.

111. Ткачёв, И.Ф. Обмен аминокислот у молодых свиней и птиц при разных уровнях протеина в рационах / И.Ф. Ткачёв, В.В. Григоров // Тр. ВНИИ физиологии, биохимии и питания сельскохозяйственных животных. – Боровск, 1971. – Т. 10. С. 84-89.

112. Ткачёв, И.Ф. Лизин получение и применение в животноводстве / И.Ф. Ткачёв, В.В. Григоров, В.Г. Пелипенко, Е.Я. Назаров, А.Е. Чичков // Лизин получение и применение в животноводстве. – М., 1973. – 130 с.

113. Федюк, В.В. Практикум по технологии хранения и переработки продукции животноводства / В.В. Федюк, Е.И. Федюк. – пос. Персиановский, 2014. – 148 с.

114. Фисинин, В.И. Биопрепарат на основе штамма Lactobacillus plantarum L-211 для животноводства. Сообщение II. Кормление поросят / В.И. Фисинин, Е.А. Артемьева, И.И. Чеботарев, Г.Ю. Лаптев, И.Н. Никонов [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – Т. 52. – № 2. – С. 418–424.

115. Херувимских, Е.С. Влияние инновационных кормовых добавок на мясную продуктивность свиней / Е.С. Херувимских, М.И. Сложенкина, З.Б. Комарова, О.Е. Кротова, В.Г. Кириченко, С.М. Иванов, А.А. Барыкин // Аграрно-пищевые инновации. – 2019. – № 1(5). – С. 60-67.

116. Чепрасова, О.В. Мясная продуктивность свиней при использовании в рационах синтетических аминокислот и минеральных веществ / О.В. Чепрасова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – № 3. – С. 1–4.

117. Черный, Н.В. Влияние кормовых факторов на резистентность свиней / Н.В. Черный, Ю.П. Балым, Е.Д. Ткачук, Д.И. Барановский, В.Г. Иванова-Сальникова // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. – 2016. – № 1. – С. 38–44.

118. Шарнин, В.Н. Владеть информацией – двигаться вперед / В.Н. Шарнин // Свиноводство. – 2018. – № 1. – С. 4.

119. Шейко, И.П. Качественные показатели мышечной и жировой тканей разводимых в республике пород свиней / И.П. Шейко [и др.] // Перспективы развития свиноводства стран СНГ: мат. междунар. науч.-практ. конф. 23–24 августа 2018 г. – Жодино, 2018. – С. 64-71.

120. Шкаленко, В.В. Гематологические показатели молодняка свиней при использовании в их рационах биологически активных кормовых добавок «Лактумин», «Лактофит» и «Лактофлэкс» / В.В.Шкаленко, З.Б.Комарова // Ветеринарный врач. – Казань. – 2014. – № 5. – С. 64-67.

121. Шкаленко, В.В. Разработка методов интенсификации производства конкурентоспособной продукции свиноводства за счет оптимизации генотипических и паратипических факторов в условиях промышленных комплексов: дис… д-ра. биол. наук: 06.02.10 / Шкаленко Вера Владимировна. – Волгоград, 2015. – 338 с.

122. Шкурин, А. О полезных свойствах жидкого метионина / А. Шкурин // Комбикорма. – 2005. – № 11. – С. 54–56.

123. Шманенков, Н.А. Аминокислоты в кормлении животных / Н.А. Шманенков. – М.: Колос, 1970. – 88 с.

124. Шманенков, Н.А. Влияние разного уровня протеина на использование азота и аминокислот корма хряками-производителями / Н.А. Шманенков, В.А. Потапенко, В.Ф. Каленок // Тр. ВНИИФБиП сельскохозяйственных животных. – Боровск, 1972. – Т. XI. – С. 99–106.

125. Эйдригевич, Е.В. Интерьер сельскохозяйственных животных / Е.В. Эйдригевич, В.В. Раевская. – М.: Колос, 1978. – 249 с.

126. Янушкевич, Б. Влияние уровня энергии, лизина и метионина на привесы свиней / Б. Янушкевич // Свиноводство. – № 2. – С. 24–25.

127. Abdallah, A. Amino acid release patterns of growing pig diets formulated with different dietary protein sources / A. Abdallah, J. Wang, E. Elemba, A.-H. Abubakari, Q. Zhong, Z. Sun // Journal of Applied Animal Research. – 2019. – Issue 1. – Volume 47. – P. 417-422. https://doi.org/10.1080/09712119.2019.1651318.

128. Adams, K.L. Effect of dietary protein and fat levels on the utilization of the fat in sunflower seeds by the young pig / K.L. Adams, AH. Jensen // Anim Feed Sci Technol. – 1985;13:159–70.

129. Ajinomoto Eurolysine, S.A.S. Estimating amino acid requirements through dose-response experiments in pigs and poultry / S.A.S. Ajinomoto Eurolysine // Protocol and results interpretation. Technical note, February. – 2012.

130. Ajinomoto Eurolysine, S.A.S. Ideal amino acid profile and low crude protein diets for fattening pigs / S.A.S. Ajinomoto Eurolysine. – 2016.

131. Alonso, V. Effect of protein level in commercial diets on pork meat quality / V. Alonso, M.D.M. Campo, L. Provincial, P. Roncalés, J.A. Beltrán // Meat Sci. – 2010. – 85:7–14.

132. Andriamihaja, M. Colon luminal content and epithelial cell morphology are markedly modified in rats fed with a high-protein diet / M. Andriamihaja, A. Davila, M. Eklou-Lawson, N. Petit, S. Delpal, F. Allek [et al.] // Am J Physiol-Gastr L. – 2010. – 299:G1030–7.

133. Arrieta, M.-C. The intestinal microbiome in early life: health and disease / M.-C. Arrieta, L.T. Stiemsma, N. Amenyogbe, E.M. Brown and B. Finlay // Frontiers in Immunology. – 2014. – vol. 5. – p. 427.

134. Azeke, M.A. 2005. Nutritional value of African yambean (*Sphenostylis stenocarpa* L): improvement by lactic acid fermentation / M.A. Azeke, B. Fretzdorff, P.H.

Buening, W. Holzapfel, T. Betsche // J Sci Food Agric. – 2005. –85(6):963–970. doi: 10.1002/jsfa.2052.

135. Baker, D. Swine requirements for protein-amino acids / D. Baker // Feed manag. – 1980. – 31, 2:42–43.

136. Bauchart-Thevret, C. Sulfur amino acid deficiency upregulates intestinal methionine cycle activity and suppresses epithelial growth in neonatal pigs / C. Bauchart-Thevret, B. Stoll, S. Chacko, D.G. Burrin // Am J Physiol-Endoc M. – 2009. – 296:E1239–50.

137. Bayley, H. Evaluting energy in animal feeds / H. Bayley // Millg. Feed Fertil. – 1980. – 163, 7:14–16, 20.

138. Bellego, L.L. Performance and utilization of dietary energy and amino acid in piglets fed low protein diets / L.L. Belego, J. Noblet // Lievest. Prod. Sci. – 2002. – 76:45–58.

139. Blok, M.C. A new dutch net energy formula for feed and feedstuffs for growing and fattening pigs / M.C. Blok, G. Brandsma, G. Bosch, W.J.J. Gerrits, A.J.M. Jansman, J. Fledderus, H. Everts // CVB-Documentation Report nr. 56. – 2015.

140. Boisen, S. Prediction of the apparent ileal digestibility of protein and amino acids in feedstuffs and feed mixtures for pigs by *in vitro* analyses / S. Boisen, J.A. Fernhndez // Anim Feed Sci Technol. – 1995. – 51:29–43. doi: 10.1016/0377-8401(94)00686-4.

141. Brasse-Lagnel, C. Control of mammalian gene expression by amino acids, especially glutamine / C. Brasse-Lagnel, A. Lavoinne, A. Husson // FEBS J. – 2009. – 276:1826–44.

142. Brossard, L. Modelling the variation in performance of a population of growing pigs as affected by lysine supply and feeding strategy / L. Brossard, J.Y. Dourmad, J. Rives, J. van Milgen // Animal. – 2009. – 3, 114–1123.

143. Bryden, W.L. Ileal digestible amino acid values in feedstuffs for poultry / W.L. Bryden, X. Li, G. Ravindran, L.I. Hew, V. Ravindran // Australia : RIRDC Publication. – 2009. – № 09/071.

144. Burlacu, G. Die verwertung von futterrationen mit verschiedenem Proteigehalt in der Ferkelaufzuch / G. Burlacu [et al.] // Arch. Tierernahrung. – 1980. – 30, 4:351–361.

145. Campbell, R.G. Energy and protein metabolism in the pig / R.G. Campbell // Manipulation pig nutrition. Proc. Inaugural conf. APSA. Werribee, Victoria, Australia, 1987.

146. Carr, J.R. Energy: Protein interrelationships in pig nutrition / Progress through performance / J.R. Carr / Proc. 2nd Australian. Poultry and stock Feed Conversion, Sydney, Hilton, 1978, 149–153.

147. Cervantes-Pahm, S.K. Ileal digestibility of amino acids in conventional, fermented, and enzyme-treated soybean meal and in soy protein isolate, fish meal, and casein fed to weanling pigs / S.K. Cervantes-Pahm, H.H. Stein // J Anim Sci. – 2010. – 88(8):2674–2683. doi: 10.2527/jas.2009-2677.

148. Cheng, C. Effect of oregano essential oil and benzoic acid supplementation to a low-protein diet on meat quality, fatty acid composition, and lipid stability of longissimus thoracis muscle in pigs / C. Cheng, X. Zhang, M. Xia, Z. Liu, H. Wei, Z. Deng [et al.] // Lipids Health Dis. – 2017. – 16:164.

149. Chung, T.K. Ideal amino acid pattern for 10-kilogram pigs / T.K. Chung, D.H. Baker // J. Anim Sci. – 1992. – 70(10):3102–3111. doi: 10.2527/1992.70103102x.

150. Cole, D.J. Amino acid nutrition of the pig / D.J. Cole // Recent developments in pig nutrition. – 1985. – P. 17–84.

151. Craig, A. Effect of phase feeding and valine-to-lysine ratio during lactation on sow and piglet performance / A. Craig, W. Henry, E. Magowan // J. Anim. Sci.– 2016. – № 94 (9). – P. 3835–3843.

152. Cromwell, G.L. Why and how antibiotics are used in swine production / G.L. Cromwell // Anim Biotechnol. – 2002. – 13:7–27.

153. Deng, D. Impaired translation initiation activation and reduced protein synthesis in weaned piglets fed a low-protein diet / D. Deng, K. Yao, W. Chu, T. Li, R. Huang, Y. Yin [et al.] // J Nutr Biochem. – 2009. – 20:544–52.

154. Evan, C.T. Evaluation of soybean meal, corn gluten meal, blood meal and fish meal as sources of nitrogen and amino acids disappearing from the small intestine of steers / C.T. Evan, R.M. Neal, L.B. Larry // J Anim Sci. – 1989. – 67:262–275. doi: 10.2527/jas1989.671262x.

155. Fan, P. Moderate dietary protein restriction alters the composition of gut microbiota and improves ileal barrier function in adult pig model / P. Fan, P. Liu, P. Song, X. Chen, X. Ma // Sci Rep-Uk. – 2017. – 7:43412.

156. Fastinger, N.D. Determination of the ileal amino acid and energy digestibilities of corn distillers dried grains with solubles using grower-finisher pigs / N.D. Fastinger, D.C. Mahan // J. Anim. Sci. – 2006. – 84:1722–1728.

157. Figueroa, J.L. Nitrogen metabolism and growth performance of gilts fed standard corn-soybean meal diems or low-crude protein, amino acid-supplemented diets / J.L. Figueroa, A.J. Lewis, P.S. Miller, R.L. Fischer, R.S. Gomez // J. Anim. Sci. – 2002. – Vol. 80. – P. 2911–2919.

158. Flynn, N.E. Postnatal changes of plasma amino asids in suckling pigs / N.E. Flynn, D. A. Knabe, B.K. Mallick [et al.] // J. Anim. Sci. – 2000. – 78:2369-2375.

159. Frank, J.W. Oral N-carbamylglutamate supplementation increases protein synthesis in skeletal muscle of piglets / J.W. Frank, J. Escobar, H.V. Nguyen, S.C. Jobgen, W.S. Jobgen, T.A. Davis [et al.] // J Nutr. – 2007. – 137:315–9.

160. Gaines, A.M. Estimation of the standardized ileal digestible valine to lysine ratio in 13 to 32 kg pigs / A.M. Gaines, D.C. Kendall, G.L. Allee, J.L. Usry, B.J. Kerr // J. Anim. Sci. – 2011. – 89:736–742.

161. Gallo, L. Effect of progressive reduction in crude protein and lysine of heavy pigs diets on some technological properties of green hams destined for PDO dry-cured ham production / L. Gallo, M. Dalla Bona, L. Carraro, A. Cecchinato, P. Carnier, S. Schiavon // Meat Sci. – 2016. – № 121 – P. 135–140.

162. Gao, J. Protein Level and Infantile Diarrhea in a Postweaning Piglet Model / J. Gao, J. Yin, K. Xu, H. Han, ZeMin Liu, ChenYu Wang, TieJun Li, YuLong Yin // Journals Hindawi. – 2020. – 15 p.; https://doi.org/10.1155/2020/1937387.

163. García, K.E. Microbial fermentation patterns, diarrhea incidence, and performance in weaned piglets fed a low protein diet supplemented with probiotics / K.E. García, T.C.R. de Souza, G.M. Landín, A.A. Barreyro, M.G.B. Santos, and J. G.G. Soto // Food and Nutrition Sciences. – 2014. – vol. 5. – № 18. – pp. 1776–1786.

164. Gillis, A.M. Influence of dietary methionine to methionine plus cysteine ratios on nitrogen retention in gilts fed purified diets between 40 and 80 kg live body weight / A.M. Gillis, A. Reijmers, J.R. Pluske, C.F.M. de Lange // Canadian J ournal of Animal Science. – 2007. – 87:87–92.

165. Gloaguen, M. Response of piglets to the standardized ileal digestible isoleucine, histidine and leucine supply in cereal-soybean meal-based diets / M. Gloaguen, N. Le Floc'h, Primot Y., Corrent E., J. van Milgen // Animal. – 2013. – 7(6):901–908.

166. Gloaguen, M. Performance of piglets in response to the standardized ileal digestible phenylalanine and tyrosine supply in low-protein diets / M. Gloaguen, N. Le Floc'h, Y. Primot, E. Corrent, J. van Milgen // Animal. – 2014. – 8(9):1412–1419.

167. Gloaguen, M. The use of free amino acids allows formulating very low crude protein diets for piglets / M. Gloaguen, Le Floc'H N, E. Corrent, Y. Primot, J.J. van Milgen // Anim Sci. – 2014. – 92:637–44.

168. Goerl, K.F. Pork characteristics as affected by two populations of swine and six crude protein levels / K.F. Goerl, S.J. Eilert, R.W. Mandigo, H.Y. Chen, P.S. Miller // J Anim Sci. – 1995. – 73:3621–6.

169. Goldberg, A. The digestive release of amino acids and their concentrations in the portal plasma of rats after protein feeding / A. Goldberg, K. Guggenheim // Bioch. – 1962. – 83:129–135. doi: 10.1042/bj0830129.

170. Gorlov, I.F. Chemical Composition, Biological Values And Processing Properties Of Meat From Pigs Fed With A New Biologically Active Supplement In Their Rarions /

I.F. Gorlov, M.I. Slozhenkina, Z.B. Komarova, E.S. Heruvimskikh, O.E. Krotova, V.G. Friesen, S.M. Ivanov, A.V. Rudkovskaya, Y.U. Danilov // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – Vol. 9. – № 6. – P. 1497-1503.

171. Grunert, K.G. Consumer perception of meat quality and implications for product development in the meat sector-a review / K.G. Grunert, L. Bredahl, K. Brunsø // Meat Sci. – 2004. – 66:259–72.

172. Guan, G.P. Dynamic profles of amino acids released from different nitrogen composited diets in the jejunum of pigs / G.P. Guan, B.E. Tan, K. Yao, J. Fang, G.Z. He, T.J. Li, H.L.Y.Y. Sun // J Anim Sci. – 2016. – 94:283–285. doi: 10.2527/jas.2015-9462.

173. Guay, F. Biochemical and morphological developments are partially impaired in intestinal mucosa from growing pigs fed reduced-protein diets supplemented with crystalline amino acids / F. Guay, S.M. Donovan, N.L. Trottier // J Anim Sci. – 2006. – 84:1749–60.

174. Han, F. Effects of high nutrient intake on the growth performance, intestinal morphology and immune function of neonatal intra-uterine growth-retarded pigs / F. Han, L. Hu, Y. Xuan et al. // The British Journal of Nutrition. – 2013. – vol. 110. –№ 10. – pp. 1819–1827.

175. Hinson, R.B Effect of feeding reduced crude protein and phosphorus diets on weaning-finishing pig growth performance, carcass characteristics, and bone characteristics / R.B. Hinson, A.P. Schinckel, J.S. Radcliffe, G.L. Allee, A.L. Sutton, B.T. Richert // J Anim Sci. – 2009. – 87:1502–17.

176. Hobbs, P.J. Reduction of odorous compounds in fresh pig slurry by dietary control of crude protein / P.J. Hobbs, B.F. Pain, R.M. Kay, P.L.Lee // J Sci Food Agric. – 1996. – 71:508–514.

177. Houmard, N.M. High-lysine corn generated by endosperm-specific suppression of lysine catabolism using RNAi / N.M. Houmard, J.L. Mainville, C.P. Bonin, S. Huang, M.H. Luethy, T.M. Malvar // Plant Biotechnol J. – 2007. – 5:605–14.

178. Htoo, J.K. Determining the optimal isoleucine:lysine ratio for ten- to twenty-two-kilogram and twenty-four- to thirty-nine-kilogram pigs fed diets containing nonexcess levels of leucine / J.K. Htoo, C.L. Zhu, L. Huber, C.F.M. de Lange, A.D. Quant, B.J. Kerr, G.L. Cromwell, M.D. Lindemann // J. Anim. Sci. – 2014. – 92:3482–3490.

179. Hulshof, T.G. Amino acid utilization and body composition of growing pigs fed processed soybean meal or rapeseed meal with or without amino acid supplementation / T.G. Hulshof, A.F. Vander Poel, W.H. Hendriks, P. Bikker // Animal. – 2016. – № 5. – P. 1–11.

180. Jorgensen, H. The influence of different protein, fat and mineral levels on the digestibility of fat and fatty acids measured at the terminal ileum and in faeces of growing pigs / H. Jorgensen, K. Jakobsen, B.O. Eggum // Acta Agriculturae Scandinavica A-Animal Sciences. – 1992. – 42:177–84.

181. Juana, F. Immunoreactivity and amino acid content of fermented soybean products / F. Juana, S.S. Young, C. Martínez-Villaluenga // J Agric Food Chem. – 2008. – 56:99–105. doi: 10.1021/jf072177j.

182. Kephart, K.B. Performance and nutrient balance in growing swine fed low-protein diets supplemented with amino acids and potassium / K.B. Kephart, G.W. Sherritt // J Anim Sci. – 1990. – 68:1999–2008.

183. Kerr, B.J. Effect on performance and carcass characteristics of nursery to finisher pigs fed reduced crude protein, amino acid-supplemented diets / B.J. Kerr, F.K. McKeith, R.A. Easter // J Anim Sci. – 1995. – 73:433–40.

184. Kerr, B.J. Influence of dietary protein level, amino acid supplementation, and dietary energy levels on growing-finishing pig performance and carcass composition / B.J. Kerr, L.L. Southern, T.D. Bidner, K.G. Friesen, R.A. Easter // J Anim Sci. – 2003. – 81:3075–87.

185. Khalil, A.A. Nutritional improvement of an Egyptian breed of mung bean by probiotic lactobacilli / A.A. Khalil // Afr J Biotechnol. – 2006. – 5(2):206–212.

186. Kidd, M.T. Dietary interactions between lysine and threonine in broilers / M.T. Kidd, B.J. Kerr, N.B. Anthony // Poult Sci. – 1997. – 76:608–14.

187. Kim, S.W. Functional amino acids and fatty acids for enhancing production performance of sows and piglets / S.W. Kim, R.D. Mateo, Y. Yin, G. Wu // Asian Australas J Anim Sci. – 2007. – 20:295–306.

188. Kim, S.W. Ideal amino acid balance for sows during gestation and lactation / S.W. Kim, W.L. Hurley, G. Wu, F. Ji. // J. Anim. Sci. – 2009. – 87:E123-E132.

189. Knowles, T.A. Ratio of total sulfur amino acids to lysine for finishing pigs / T.A. Knowles, L.L. Southern, T.D. Bidner. // J. Anim. Sci. – 1998. – 76:1081-1090.

190. Lenis, N.P. Effect of the ratio between essential and nonessential amino acids in the diet on utilization of nitrogen and amino acids by growing pigs / N.P. Lenis, H.T. van Diepen, P. Bikker, A.W. Jongbloed, J. van der Meulen // J. Anim. Sci. – 1999. – 77:1777-1787.

191. Li, P. Amino acids and immune function / P. Li, Y. Yin, D. Li, S. Woo Kim, G. Wu // Brit J Nutr. – 2007. – 98:237–52.

192. Liu, X.T. Estimation of the standardized ileal digestible valine to lysine ratio required for 25-to 120-kilogram pigs fed low crude protein diets supplemented with crystalline AA / X.T. Liu, W.F. Ma, X.F. Zeng, C.Y. Xie, P.A. Thacker, J.K. Htoo, S.Y. Qiao // J. Anim. Sci. – 2015. – 93(10):4761–4773.

193. Liu, Y. Dietary arginine supplementation alleviates intestinal mucosal disruption induced by Escherichia coli lipopolysaccharide in weaned pigs / Y. Liu, J. Huang, Y. Hou, H. Zhu, S. Zhao, B. Ding [et al.] // Brit J Nutr. – 2008. – 100:552–60.

194. Liu, Y. Dietary protein intake affects expression of genes for lipid metabolism in porcine skeletal muscle in a genotype-dependent manner / Y. Liu, F. Li, L. He, B. Tan, J. Deng, X. Kong [et al.]. – Brit J Nutr. – 2015. – 113:1069–77.

195. Ma, W.F. Estimation of the standardized ileal digestible lysine requirement and the ideal ratio of threonine to lysine for late finishing gilts fed low crude protein diets supplemented with crystalline AA / Ma W.F., X.F. Zeng, X.T. Liu, C.Y. Xie, G.J. Zhang, S.H. Zhang, S.Y. Qiao // Anim. Feed Sci. Technol. – 2015. – 201:46–56.

196. Ma, W.F. The appropriate standardized ileal digestible tryptophan to lysine ratio improves pig performance and regulates hormones and muscular amino acid transporters in late finishing gilts fed low-protein diets / W.F. Ma, S.H. Zhang, X.F. Zeng, X.T. Liu, C.Y. Xie, G.J. Zhang, S.Y. Qiao // J. Anim. Sci. – 2015. – 93(3):1052–1060.

197. Ma, W. Estimation of the optimum standardized ileal digestible total sulfur amino acid to lysine ratio in late finishing gilts fed low protein diets supplemented with crystalline AA / W. Ma, J. Zhu, X. Zeng, X. Liu, P. Thacker, and S. Qiao // Anim. Sci. J. – 2016. – 87(1):76–83.

198. Macfarlane, G.T Microbiological aspects of the production of short-chain fatty acids in the large bowel / G.T Macfarlane, G.R. Gibson // Physiological and clinical aspects of short-chain fatty acids, 1995. – P. 87–105.

199. Macfarlane, G.T. Bacteria, colonic fermentation, and gastrointestinal health / G.T. Macfarlane, S. Macfarlane // J AOAC Int. – 2012. – 95:50–60.

200. Mansilla, W.D. Nitrogen from ammonia is as efficient as that from free amino acids or protein for improving growth performance of pigs fed diets deficient in nonessential amino acid nitrogen / W.D. Mansilla, J.K. Htoo, de Lange C.F.M. // J Anim Sci. – 2017. – 95:3093–102.

201. Michael, J.H. Effect of reduced crude protein on ammonia, methane, and chemical odorants emitted from pig houses / J.H. Michael, V.N. Jan, P.S.A. Anders, D.P. Hanne // Livest Sci. – 2014. – 169:118–124.

202. Miller. E.L. Protein nutrition requirements of farmed livestock and dietary supply. http://www.fao.org/3/y5019e06.htm.

203. Minekus, M. A standardised static in vitro digestion method suitable for food – an international consensus / M. Minekus, M. Alminger, P. Alvito, S. Balance, T. Bohn, C.

Bourlieu, F. Carriere, R. Boutrou, M. Corredig, D. Dupont [et al.] // Food Funct. – 2014. – 5(6):1113–1124. doi: 10.1039/C3FO60702J.

204. Morales, A. Low-protein amino acid-supplemented diets for growing pigs: effect on expression of amino acid transporters, serum concentration, performance, and carcass composition / A. Morales, L. Buenabad, G. Castillo, N. Arce, B.A. Araiza, J.K. Htoo [et al.] // J Anim Sci. – 2015. – 93:2154–64.

205. Morazán, H. Trade-offs among growth performance, nutrient digestion and carcass traits when feeding low protein and/or high neutral-detergent fiber diets to growing-finishing pigs / H. Morazán, J. Alvarez-Rodriguez, A.R. Seradj, J. Balcells, D. Babot // Anim Feed Sci Technol. – 2015. – 207:168–80.

206. mShane, P.L. Method for reducing prolamine content of cereal products / P.L. mShane, M. Cheryan, S. Knapp // Google Patents. – 2016. – Application US14/677.

207. Neis, E.P. The role of microbial amino acid metabolism in host metabolism / E.P. Neis, C.H. Dejong, S.S. Rensen // Nutrients. – 2015. – 7:2930–46.

208. Nemechek, J.E. Evaluation of compensatory gain, standardized ileal digestible lysine requirement, and replacing specialty protein sources with crystalline amino acids on growth performance of nursery pigs / J.E. Nemechek // Manhattan: M.S. Thesis. Kansas State Univ. – 2011.

209. Nieuwdorp, M. Role of the microbiome in energy 30 / M. Nieuwdorp, P.W. Gilijamse, N. Pai, L.M. Kaplan.

210. NRC. Nutrient requirements of swine. 11th Revised edition // National Academy Press. – Washington, DC. – 2012.

211. Nyachoti, C.M. Performance responses and indicators of gastrointestinal health in early-weaned pigs fed low-protein amino acid-supplemented diets / C.M. Nyachoti, F.O. Omogbenigun, M. Rademacher, G. Blank // J Anim Sci. – 2006. – 84:125–34.

212. Otto, E.R. Nitrogen balance and ileal amino acid digestibility in growing pigs fed diets reduced in protein concentration / E.R. Otto, M. Yokoyama [et al.] // J. Anim. Sci. – 2003. – Vol. 81. – P. 1743–1753.

213. Patience, J.F. Managing energy intake and costs of grow-finish pigs / J.F. Patience // Adv Pork Prod. – 2013/ - 4:29–35.

214. Peak, S. TSAA requirement for nursery and growing pigs. In: Foxcroft G. (ed.): Advances in Pork Production / S. Peak // University of Alberta Press. – Edmonton, Canada. – 2005. – 101–107.

215. Peet-Schwering, C.M.C. van der. Influence of diet composition and level of AA on performance of boars, barrows and gilts / Peet-Schwering, C.M.C. van der, S.B. Straathof, G.P. Binnendijk and J.Th.M. van Diepen // Rapport 563 [in Dutch], Wageningen Livestock Research, Wageningen. – 2012.

216. Pieper, R. Health relevance of intestinal protein fermentation in young pigs / R. Pieper, C.V. Tudela, M. Taciak, J. Bindelle, J.F. Pérez, J. Zentek // Anim Health Res Rev. – 2016. – 17:137–47.

217. Platten, M. Treatment of autoimmune neuroinflammation with a synthetic tryptophan metabolite / M. Platten, P.P. Ho, S. Youssef, P. Fontoura, H. Garren, E.M. Hur [et al.] // Science. – 2005. – 310:850–5.

218. Pluske, J.R. Nutritional influences on some major enteric bacterial diseases of pig / J.R. Pluske, D.W., Pethick D.E. Hopwood, D.J. Hampson // Nutr Res Rev. – 2002. – 15:333–71.

219. Portune, K.J. Gut microbiota role in dietary protein metabolism and health-related outcomes: the two sides of the coin / K.J. Portune, M. Beaumont, A. Davila, D. Tomé, F. Blachier, Y. Sanz // Trends Food Sci Technol. – 2016. – 57:213–32.

220. Powell, S. Growth performance of 20- to 50-kilogram pigs fed low-crude-protein diets supplemented with histidine, cystine, glycine, glutamic acid, or arginine / S. Powell, T.D. Bidner, R.L. Payne, L.L. Southern // J Anim Sci. – 2011. – 89:3643–50.

221. Prandini, A. Microencapsulated lysine and low-protein diets: effects on performance, carcass characteristics and nitrogen excretion in heavy growing-finishing pigs / A. Prandini, S. Sigolo, M. Morlacchini, E. Grilli, L. Fiorentini // J Anim Sci. – 2013. – 91:4226–34.

222. Qiao, S. The optimum methionine to methionine plus cystine ratio for growing pigs determined using plasma urea nitrogen and nitrogen balance / S. Qiao, X. Piao, Z. Feng, Y. Ding, L. Yue, P.A. Thacker // Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. – 2008. – 21. 434–442.

223. Qiu, K. Dietary protein level affects nutrient digestibility and ileal microbiota structure in growing pigs / K. Qiu, X. Zhang, N. Jiao et al. // Animal Science Journal. – 2018. – vol. 89. – № 3. – pp. 537–546.

224. Rakhshandeh, A. Immune system stimulation of growing pigs does not alter apparent ileal amino acid digestibility but reduces the ratio between whole body nitrogen and sulfur retention / A. Rakhshandeh, J.K. Htoo, de Lange C. // Livest Sci. – 2010. – 134:21–3.

225. Ravindran, V. Apparent ileal digestibility of amino acids in dietary ingredients /for broiler chickens / V. Ravindran, L.I. Hew, G. Ravindran, W.L. Bryden // Anim Sci. – 2005. – 81(01):85–97. doi: 10.1079/ASC42240085.

226. Ren, M. Branched-chain amino acids are beneficial to maintain growth performance and intestinal immune-related function in weaned piglets fed protein restricted diet / M. Ren, S. Zhang, X. Zeng, H. Liu, S. Qiao // Asian Australas J Anim Sci. – 2015. – 28:1742–50.

227. Rist, V.T.S. Impact of dietary protein on microbiota composition and activity in the gastrointestinal tract of piglets in relation to gut health: a review / V.T.S. Rist, E. Weiss, M. Eklund, R. Mosenthin // Animal. – 2013. – 7:1067–78.

228. Roux, M.L. Maximizing the use of supplemental amino acids in corn-soybean meal diets for 20- to 45-kilogram pigs / M.L. Roux, A.L. Donsbough, A.M. Waguespack, S. Powell, T.D. Bidner, R.L. Payne [et al.] // J Anim Sci. – 2011. – 89:2415–24.

229. Ruusunen, M. The effect of dietary protein supply on carcass composition, size of organs, muscle properties and meat quality of pigs / M. Ruusunen, K. Partanen, R. Pösö, E. Puolanne // Livest Sci. – 2007. – 107:170–81.

230. Shekib, L.A. Nutritional improvement of lentils, chick pea, rice and wheat by natural fermentation / L.A. Shekib // Plant Foods Hum Nutr. – 1994. – 46(3):201–205. doi: 10.1007/BF01088991.

231. Shi, B. The effects of different dietary crude protein level on faecal crude protein and amino acid flow and digestibility in growing pigs / Baoshi Shi, Jinyan Liu, Zhihong Sun, Tiejun Li, Weiwen Zhu, Zhiru Tang // Journal of Applied Animal Research. – 2016. – №4. – P. 74-80.

232. Sirera, M. Low-protein diets and isoleucine requirements in pigs / M. Sirera. – 2019. https://www.pig333.com/articles/isoleucine-requirements-in-low-protein-pig-diets_15225/

233. Smith, J.W Effects of low-protein, amino acid-fortified diets formulated on a net energy basis on growth performance and carcass characteristics of finishing pigs / J.W. Smith, P.R. O'Quinn, R.D. Goodband, M.D. Tokach, J.L. Nelssen // J Appl Anim Res. – 1999. – № 15. – P. 1–16.

234. Stein, H.H. Amino acid and energy digestibility in ten samples of distillers dried grain with solubles fed to growing pigs / H.H. Stein, M.L. Gibson, C. Pedersen, M.G. Boersma // J Anim Sci. – 2006. – 84(4):853–860. doi: 10.2527/2006.844853x.

235. Stein, H.H. Invited review: amino acid bioavailability and digestibility in pig feed ingredients: terminology and application / H.H. Stein, B. Seve, M.F. Fuller, P.J. Moughan, C.F. De-Lange // J Anim Sci. – 2007. – 85(1):172–180. doi: 10.2527/jas.2005-742.

236. Suárez-Belloch, J. The effect of protein restriction during the growing period on carcass, meat and fat quality of heavy barrows and gilts / J. Suárez-Belloch, M.A. Latorre, J.A. Guada // Meat Sci. – 2016. – 112:16–23.

237. Tan B. Amino Acids and Hormone Secretion in Pigs / B. Tan, Y. Yin, Y. Wang, D. Wu, Y. Lin, X. Ding, Y. Mu, J. Lv // Nutritional and Physiological Functions of Amino Acids in Pigs. – 2013. – pp 141-150.

238. Tan, B.E. Profles of amino acids released from different nitrogen composited diets in different segments of the gastrointestinal tract of pigs / B.E. Tan, G.P. Guan, K. Yao, J. Fang, Y.Y. Liu, T.J. Li, H. Sun, Y.L. Yin // J Anim Sci. – 2016. – 94:276–278. doi: 10.2527/jas.2015-9463.

239. Teye, G.A. Influence of dietary oils and protein level on pork quality 1. Effects on muscle fatty acid composition, carcass, meat and eating quality / G.A. Teye, P.R. Sheard, F.M. Whittington, G.R. Nute, A. Stewart, J.D. Wood // Meat Sci. – 2006. – 73:157–65.

240. Torres-Giner, S. Characterization of the morphology and thermal properties of zein prolamine nanostructures obtained by electrospinning / S. Torres-Giner, E. Gimenez, J.M. Lagaron // Food Hydrocoll. – 2008. –22(4):601–614. doi: 10.1016/j.foodhyd.2007.02.005.

241. Tous, N. Effect of reducing dietary protein and lysine on growth performance, carcass characteristics, intramuscular fat, and fatty acid profile of finishing barrows / N. Tous, R. Lizardo, B. Vilà, M. Gispert, M. Font-i-Furnols, E. Esteve-Garcia // J Anim Sci. – 2014. – 92:129–40.

242. Trevisi, P. A tryptophan-enriched diet improves feed intake and growth performance of susceptible weanling pigs orally challenged with Escherichia coli K88 / P. Trevisi, D. Melchior, M. Mazzoni, L. Casini, De Filippi S., L. Minieri [et al.] // J Anim Sci. – 2009. – 87:148–56.

243. Van Milgen, J. Energetic efficiency of starch, protein and lipid utilization in growing pigs / J. Van Milgen, J. Noblet, S. Dubois // J Nutr. – 2001. – 131:1309–18.

244. Van Milgen, J.M. InraPorc: A model and decision support tool for the nutrion of growing pigs / J.M. Van Milgen, A. Valancogne, S. Dubois, J.Y. Dourmad, B. Sève, J. Noblet // Animal Feed Science and Technology. – 2008. – 143, 387–405.

245. Van Milgen, J.M. Concept and application of ideal protein for pigs / J.M. Van Milgen, Dourmad J.Y. // Journal of Animal Science and Biotechnology. – 2015. – 6, 15–25.

246. Van Milgen, J.M. Meta-analysis of the response of growing pigs to the isoleucine concentration in the diet / J.M. Van Milgen, M. Gloaguen, N. Le Floc'h, L. Brossard, Y. Orimot, E. Corrent. // Animal. – 2012. – 6, 1601–1608. DOI: 10.3920/978-90-8686-781-3_119.

247. Waguespack, A.M. Valine and isoleucine requirement of 20- to 45-kilogram pigs / A.M. Waguespack, T.D. Bidner, R.L Payne, L.L. Southern // J. Anim. Sci. – 2012. – 93:2276–2284.

248. Wang Y. Advances in low-protein diets for swine / Wang Y., Zhou J., Wang G., Cai S., Zeng X., Qiaocorresponding S. // Journal of Animal Science and Biotechnology (2018) 9:60. https://doi.org/10.1186/s40104-018-0276–7.

249. Wang, W. Optimal dietary true ileal digestible threonine for supporting the mucosal barrier in small intestine of weanling pigs / W. Wang, X. Zeng, X. Mao, G. Wu, S. Qiao // J Nutr. – 2010. – 140:981–6.

250. Wang, X. A Deficiency or excess of dietary threonine reduces protein synthesis in jejunum and skeletal muscle of young pigs / X. Wang, S. Qiao, Y. Yin, L. Yue, Z. Wang, G. Wu // J Nutr. – 2007. – 137:1442–6.

251. Warren, M.W. Endogenous components of digesta protein from the terminal ileum of pigs fed a casein-based diet / M.W. Warren, J.M. Paul, F.F. Malcolm // J Agric Food Chem. – 2009. – 57:2072–2078.

252. Weizman, Z. Intestinal protein loss in acute and persistent diarrhea of early childhood / Z. Weizman, M. Binsztok, D. Fraser, R.J. Deckelbaum, and E. Granot // Journal of Clinical Gastroenterology. – 2002. – vol. 34. – № 4. – pp. 427–429.

253. Wiltafsky, M.K. The effects of branched-chain amino acid interactions on growth performance, blood metabolites, enzyme kinetics and transcriptomics in weaned pigs / M.K. Wiltafsky, M.W. Pfaffl, F.X. Roth // British Journal of Nutrition, London. – 2010. – V. 103. – № 7. – P. 964-976.

254. Wood, J.D. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: a review / J.D. Wood, M. Enser, A.V. Fisher, G.R. Nute, P.R. Sheard, R.I. Richardson [et al.] // Meat Sci. – 2008. – 78:343–58.

255. Woyengo, T.A. Nonruminant nutrition symposium: controlling feed cost by including alternative ingredients into pig diets: a review / T.A. Woyengo, E. Beltranena, R.T. Zijlstra // J Anim Sci. – 2014. – 92:1293–305.

256. Wu, G. Arginine nutrition in development, health and disease / G. Wu, C.J. Meininger, D.A. Knabe, F.W. Baze, J.M. Rhoads // Curr Opin Clin Nutr Metab Care. – 2000. – 3:59–66.

257. Wu, G. Functional amino Acids in growth, reproduction, and health / G. Wu // Advances in Nutrition. – 2010. – 1:31-37.

258. Wu, G. Functional amino acids in nutrition and health / G. Wu // Amino Acids. – 2013. – 45:407–11.

259. Xie, C.Y. Estimation of the optimal ratio of standardized ileal digestible tryptophan to lysine for finishing barrows fed low protein diets supplemented with crystalline AA. Czech / C.Y. Xie, G.J. Zhang, F.R. Zhang, S.H. Zhang, X.F. Zeng, P.A. Thacker, S.Y. Qiao. // J. Anim. Sci. – 2014. – 59(1):26–34.

260. Xue, P.C. Phosphorus and nitrogen utilization responses of broiler chickens to dietary crude protein and phosphorus levels / P.C. Xue, K.M. Ajuwon, O. Adeola // Poult Sci. – 2016. – 95:2615–23.

261. Yao, K. Dietary arginine supplementation increases mTOR signaling activity in skeletal muscle of neonatal pigs / K. Yao, Y.L. Yin, W.Y. Chu, Z.Q. Liu, D. Deng , T.J. Li , R.L. Huang , J.S. Zhang , B.E. Tan // J Nutr. – 2008. – 138:867–72.

262. Yen, J.T. Difference in rates of net portal absorption between crystalline and protein-bound lysine and threonine in growing pigs fed once daily / J.T. Yen, B.J. Kerr, R.A. Easter, A.M. Parkhurst // J Anim Sci. – 2004. – 82:1079–90.

263. Yi, G.F. Estimation of the true ileal digestible sulfur amino acid: lysine ratio for growing pigs weighing 28–49 kilograms / G.F. Yi, A.M. Gaines, B.W. Ratliff, P. Srichana, G.L.

Alle, C.D. Knight, K.P. Perryman // Journal of Animal Science. – 2005. – 83 (Suppl. 1), 213.

264. Yi, X. Influence of dietary net energy content on performance of growing pigs fed low crude protein diets supplemented with crystalline amino acids / X. Yi, S. Zhang, Q., Yang H. Yin, S. Qiao // J Swine Health Prod. – 2010. – 18:294–300.

265. Yue, L. Effects of low-protein diets supplemented with crystalline amino acids on performance and intestinal development in piglets over the first 2 weeks after weaning / L. Yue, S. Qiao // Livest Sci. – 2008. – 115:144–52.

266. Yun, J.H. Comparative efficacy of plant and animal protein sources on the growth performance, nutrient digestibility, morphology and caecal microbiology of early-weaned pigs / J.H. Yun, I.K. Kwon, J.D. Lohakare, J.Y. Choi, J.S. Yong, J. Zheng [et al.] // Asian Australas J Anim Sci. – 2005. – 18:1285–93.

267. Zeng, X. N-carbamylglutamate enhances pregnancy outcome in rats through activation of the PI3K/PKB/mTOR signaling pathway / X. Zeng, Z. Huang, X. Mao, J. Wang, G. Wu, S. Qiao // PLoS One. – 2012. – 7:e41192.

268. Zhang, F. Dietary N-carbamylglutamate supplementation boosts intestinal mucosal immunity in escherichia coli challenged piglets / F. Zhang, X. Zeng, F. Yang, Z. Huang, H. Liu, X. Ma [et al.] // PLoS One. – 2013. – 8:e66280.

269. Zhang, G.J. Estimation of the ideal standardized ileal digestible tryptophan to lysine ratio for growing pigs fed low crude protein diets supplemented with crystalline AA / G.J. Zhang, Q.L. Song, C.Y. Xie, L.C. Chu, P.A. Thacker, J.K. Htoo, S.Y. Qiao // Livest. Sci. – 2012. – 149(3):260–266.

270. Zhang, G.J. Optimum proportion of standardised ileal digestible sulphur amino acid to lysine to maximize the performance of 25–50 kg growing pigs fed reduced crude protein diets fortified with AA / G.J. Zhang, P.A. Thacker, J.K. Htoo, S.Y. Qiao. // Czech J. Anim. Sci. – 2015. – 60(7), 302–310.

271. Zhang, S. Effects of dietary leucine supplementation in low crude protein diets on performance, nitrogen balance, whole-body protein turnover, carcass characteristics and

meat quality of finishing pigs / S. Zhang, L. Chu, S. Qiao, X. Mao, X. Zeng // Anim Sci J. – 2016. – 87:911–20.

272. Zhang, S. Novel metabolic and physiological functions of branched chain amino acids: a review / S. Zhang, X. Zeng, M. Ren, X. Mao, S. Qiao // J Anim Sci Biotechno. – 2017. – 8:10.

273. Zheng, L. Supplementation of branched-chain amino acids to a reduced-protein diet improves growth performance in piglets: involvement of increased feed intake and direct muscle growth-promoting effect / L. Zheng, H. Wei, C. Cheng, Q. Xiang, J. Pang, J. Peng // Brit J Nutr. – 2016. – 115:2236–45.

274. Zhou, L.B. Exploring lysine riboswitch for metabolic flux control and improvement of L-lysine synthesis in Corynebacterium glutamicum / L.B. Zhou, A.P. Zeng // ACS Synth. Biol. – 2015. – № 4 (6). – P. 729-734.

275. Zhou, P. Effects of dietary crude protein levels and cysteamine supplementation on protein synthetic and degradative signaling in skeletal muscle of finishing pigs / P. Zhou, L. Zhang, J. Li, Y. Luo, B. Zhang, S. Xing [et al.] // PLoS One. 2015. – 10:e139393.

276. Zhou, Q.C. Apparent digestibility of selected feed ingredients for juvenile cobia Rachycentron canadum / Q.C. Zhou, B.P. Tan, K.S. Mai, Y.J. Liu // Aquac. – 2004. – 241(1-4):441–451. doi: 10.1016/j.aquaculture.2004.08.044.

## СПИСОК ИЛЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРИАЛА

1. Рисунок 1 – Схема проведения опыта. – С. 38.

2. Рисунок 2 – Коэффициенты переваримости питательных веществ корма молодняком свиней. – С. 46.

3. Рисунок 3 – Возраст снятия с откорма подопытных свиней. – С. 60.

4. Рисунок 4 – Химический состав длиннейшей мышцы спины. – С. 70.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**

# ДИПЛОМ

## I степени

## НАГРАЖДАЕТСЯ

## УЧАСТНИК

Международного смотра-конкурса
лучших инновационных разработок
(AGRITECH III – 2020)
Красноярск-Волгоград
4-5 июня 2020 г.

ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции»

*За разработку и внедрение новых видов биологически активных добавок в кормлении сельскохозяйственных животных*

(Комарова З.Б., Иванов С.М., Воронина Т.В., Фризен Д.В., Рудковская А.В., Кротова О.Е., Черняк А.А., Головин В.В., Тарасов Е.П., Струк Е.А.)

Академик-секретарь отделения сельскохозяйственных наук РАН, академик РАН — Ю.Ф. Лачуга

Зам. губернатора Волгоградской области, председатель комитета сельского хозяйства — В.В. Иванов